รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on Increased Quality Coffee Production

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
Supattra Lertwatanakiat

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

รายงานแผนงานวิจัยย่อย

วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on Increased Quality Coffee Production

หัวหน้าแผนงานวิจัยย่อย
สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
Supattra Lertwatanakiat

กรมวิชาการเกษตร

ปี พ.ศ. 2564

คำปรารภ (Foreword หรือ Preface)

รายงานแผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ เริ่มดำเนินการปีพ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2564 รวม 6 ปี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาวิจัยและพัฒนาเพื่อพัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกา และกาแฟโรบัสตาที่มีผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพดี อย่างน้อย 2 พันธุ์ สร้างนวัตกรรมเทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกาการเพิ่มผลิตภาพการผลิตกาแฟคุณภาพ เกษตรกรมีการยอมรับในเทคโนโลยีและนำไปปฏิบัติจริง พัฒนาวิทยาการก่อน-หลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟคุณภาพตรงตามความต้องการตลาด เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มทางเศรษฐกิจ สามารถนำไปสู่การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

รายงานฉบับนี้ ประกอบด้วย 8 โครงการวิจัย ดังนี้

1. โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา
2. โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา
3. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embrygenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม
4. โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร
5. โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย
6. โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ
7. โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ
8. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ

คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า รายงานฉบับนี้จะมีประโยชน์แก่นักวิจัย นักวิชาการเกษตร ตลอดจนเกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป และเป็นการเพิ่มมูลค่าผลผลิตให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟ

นางสุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
ผู้อำนวยการแผนงานวิจัยย่อย
วิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ 1
ผู้วิจัย 2
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ 3
บทนำ 4
บทคัดย่อ 8
1. โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา 20
2. โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา 43
3. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกา โดย Somatic Embrygenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม 77
4. โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร 126
5. โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย 156
6. โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ 201
7. โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ 231
8. โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟคุณภาพ 259
บทสรุปและข้อเสนอแนะ 283
บรรณานุกรม 299
ภาคผนวก 323

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

รายงานแผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ เริ่มดำเนินการปี พ.ศ. 2559 ถึง พ.ศ. 2564 รวม 6 ปี สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากหน่วยงาน บุคคลหลายๆ ท่าน ที่สนับสนุนให้ความร่วมมือ ขอขอบคุณคณะผู้วิจัยทุกท่านในการร่วมงานวิจัยและจัดทำสรุปรายงานผลงานวิจัยฉบับนี้ คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาด้านการผลิตพันธุ์กาแฟ ด้านเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ ตลอดจนด้านวิทยาการก่อน-หลังการเก็บเกี่ยวและการแปรรูปเพื่อยกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟคุณภาพตรงตามความต้องการตลาด ต่อนักวิจัย เกษตรกร และผู้สนใจที่จะได้ศึกษาและนำเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ
ปรีชา อานันท์รัตนกุล
จิรวัสส์ เจียตระกูล
สถิตย์พงศ์ รัตนคำ
ดารากร เผ่าชู
หยกทิพย์ สุดารีย์
สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ
เสรี อยู่สถิตย์
เพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล
อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย
ศจีรัตน์ กางกั้น
ศิริภรณ์ จรินทร
เกตุวดี สุขสันติมาศ
นัด ไชยมงคล
ธารทิพย ภาสบุตร
กุหลาบ คงทอง
กรกช จันทร
สุเมธ พากเพียร
ศิริลักษณ์ อินทะวงศ์
สนอง จรินทร
ศิริพร หัสสรังสี
เมธาสิทธิ์ คนการ
เอกรัตน์ ธนูทอง

ปานหทัย นพชินวงศ์
โกเมศ สัตยาวุธ
นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล
สนอง อมฤกษ์
ทิพยา ไกรทอง
อรทัย ธนัญชัย
บุญเกื้อ ทองแท้
นิตยา คงสวัสดิ์
วิมล แก้วสีดา
สุกัญญา นิติยนต์
สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี
อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์
ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล
บุญปิยธิดา คล่องแคล่ว
จันทร์เพ็ญ แสนพรหม
วีรกรณ์ แสงไสย์
ศศิธร วรปิติรังสี
จรัญญา ปิ่นสุภา
ยุพิน กสินเกษมพงษ์
วิชญา ศรีสุข
พรพนัช มีกุล
นาราญ์ โชติอิ่มอุดม
อุษณีย์ จินดากุล

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ
เกรียงศักดิ์ นักผูก
มานพ รักญาติ
อนุชิต ฉ่ำสิงห์
ประภาพร ฉันทานุมัติ
ปริญดา หรูนหีม
ไพรัตน์ ช่วยเต็ม
บุญพา ชูผอม
วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร
ประยูร เอ็นมาก
วีรา คล้ายพุก
ชิดชนก ก่อเจดีย์
ประสาน สืบสุข
ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี
ธัญพร งามงอน
นฤนาท ชัยรังสี
วีระ วรปิติรังสี
สิริพร มะเจี่ยว
ปฏิพัทธ์ ใจปิน
ปาริฉัตร สังข์สะอาด
อภิรัชต์ สมฤทธิ์
เทอดพงษ์ มหาวงศ์
ผกาสินี คล้ายมาลา

กรมวิชาการเกษตร

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

ซม. = เซนติเมตร
กก. = กิโลกรัม
m/s = เมตรต่อวินาที
kg/hr = กิโลกรัมต่อชั่วโมง
Hp = แรงม้า
% = เปอร์เซนต์
กก/ซม = กิโลกรัมต่อชั่วโมง
m^3/hr = ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

กาแฟนิยมนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นกาแฟสด ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ปัจจุบันกาแฟมีไม่เพียงพอต่ออุตสาหกรรมและการบริโภคจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศอันเนื่องมาจากการเปิดเขตการค้าเสรีในปี 2553 ที่ผ่านมา ทำให้มีการปลอมปนเมล็ดกาแฟจากแหล่งอื่นส่งผลให้ไม่มีมาตรฐานและน่าเชื่อถือ การปลูกกาแฟอะราบิกาบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติประกอบกับพื้นที่ปลูกมีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น ความชื้นสูง และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแต่ละปีค่อนข้างมาก การใช้วัสดุคลุมโคนต้นในช่วงฤดูแล้ง การปลูกกาแฟอะราบิกาภายใต้สภาพร่มเงาโดยอาศัยป่าไม้ธรรมชาติและปลูกในระหว่างแถวไม้ผลหรือไม้ผลเมืองหนาว เช่น มะคาเดเมียนัท บ๊วย หรือปลูกไม้บังร่ม จะช่วยลดการสูญเสียน้ำในดินและต้นกาแฟ สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ตลอดช่วงฤดูแล้ง (ช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตระหว่าง 15 – 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของกาแฟอะราบิกา คือ 10 องศาเซลเซียส ถึงระดับต่ำสุดที่ระดับน้ำค้างแข็ง อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญเติบโตคือ 30 องศาเซลเซียส การลดผลกระทบของอุณหภูมิทำได้โดยการคลุมดิน หรือ การทำบังร่มให้ต้นอ่อนของกาแฟ ผลกระทบของอุณหภูมิจะทำให้ต้นกาแฟเกิดอาการตายยอด (die back) และมีผลต่อการเจริญเติบโตและเร่งการออกดอกของกาแฟ กาแฟอะราบิกาปลูกกันในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 800 – 2,500 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,400 – 1,600 มิลลิลิตรต่อปี นอกจากปริมาณน้ำฝนแล้ว การกระจายตัวของฝนเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่าโดยเฉพาะการกระจายตัวที่ดี จะต้องมีระยะเวลาฝนแล้ง 2 – 3 เดือนเพื่อกระตุ้นให้กาแฟสร้างตาดอก นอกจากนี้การเก็บเมล็ดกาแฟปนกัน อันเนื่องมาจากปัญหาค่าแรงงานในการเก็บผลกาแฟบ่อยครั้งและถ้ากาแฟขาดน้ำช่วงขยายผลคือเป็นช่วงวิกฤตของกาแฟระยะที่ผลกำลังเติบโตทำให้ เมล็ดกาแฟมีขนาดเล็กได้ (ดิเรกและคณะ.มปพ.) เพราะน้ำมีส่วนสำคัญในการพัฒนาของผลกาแฟและแนวโน้มในอนาคต ถ้าไม่มีการจัดการเรื่องน้ำในการผลิตกาแฟก็จะเกิดปัญหาเดิมๆและในหน้าฝนน้ำมาก ในหน้าแล้งขาดน้ำรดกาแฟ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้นในแหล่งปลูกเดิม การจัดการน้ำในสวนกาแฟ จึงน่าจะเป็นทางออกที่ดีอีกด้านหนึ่งมากกว่าการขยายพื้นที่ปลูกและพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในป่าสงวน ควรที่จะมีการสนับสนุน ด้านงานวิจัยและพัฒนาครบวงจร เมื่อได้เทคโนโลยีแล้วควรมีการขยายผลไปในแต่ละสภาพแวดล้อม ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่

ผลกระทบมาจากสภาพภูมิอากาศเกิดการเปลี่ยนแปลง (Climate Change) และส่งผลให้พบปัญหาการเข้าทำลายของโรคและแมลงมากขึ้น ได้แก่ มอดเจาะผลกาแฟ โรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนส เป็นต้น ประกอบกับต้นกาแฟมีอายุมากขึ้น เกษตรกรขาดการดูแลรักษาในเรื่องการจัดการดิน น้ำ และปุ๋ย และมีความเชื่อว่าการเพิ่มพื้นที่ปลูกเป็นการเพิ่มผลผลิต ทำให้บุกรุกพื้นที่ป่าสงวน หรือปลูกเป็นพืชเดี่ยวในพื้นที่ที่เป็นไร่เลื่อนลอยเดิมโดยไม่มีการวางแผนระบบการปลูกพืชที่เหมาะสม ทำให้ไม่ได้ผลผลิตตามที่ต้องการ นอกจากนี้เกษตรกรพบปัญหาต้นทุนค่าแรงที่สูงขึ้นและขาดแคลนแรงงาน มีการนำเข้าเครื่องจักรสำหรับเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟจากต่างประเทศ ทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตมากขึ้น สำหรับคุณภาพของกาแฟไทยในตลาดโลกพบว่า เป็นที่ยอมรับเมื่อเทียบกับคู่แข่งในภูมิภาคเดียวกัน แต่ยังขาดมาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพ

ดังนั้น กรมวิชาการเกษตร ได้มีแนวทางแก้ไขปัญหาสำหรับกาแฟในเรื่องของผลผลิตที่ตกต่ำและไม่เพียงพอกับความต้องการมาตรฐานคุณภาพผลผลิต และลดต้นทุนการผลิต โดยการจัดทำชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพสำหรับกาแฟอะราบิกาและกาแฟโรบัสตาโดยวิจัยและพัฒนาในเรื่องของการปรับปรุงพันธุ์ เทคโนโลยีการผลิต ระบบการปลูก กระบวนการผลิต วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว และ

กรมวิชาการเกษตร

พัฒนาเครื่องจักรกลการเกษตรสำหรับเก็บเกี่ยวและแปรรูป เพื่อให้ได้พันธุ์ที่มีผลผลิตสูง คุณภาพดี ทนทานต่อโรค เทคโนโลยีการผลิตและแปรรูปที่ถูกต้องและเหมาะสม และเครื่องมือที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกร ทำให้ลดต้นทุน ลดการนำเข้า และได้ฐานข้อมูลในการสร้างมาตรฐานในการผลิตกาแฟที่เหมาะสมของประเทศไทย สอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ปี 2552 เป็นต้นมา เพื่อให้สามารถเป็นผู้นำสินค้ากาแฟในอาเซียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของแผนงานย่อย

1. เพื่อวิจัยและพัฒนาพันธุ์กาแฟโรบัสตาและกาแฟอะราบิกาที่มีผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพดี
2. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟอะราบิกาในการขยายพันธุ์และการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนเกษตรกรแบบมีส่วนร่วมเพื่อลดต้นทุนการผลิต
3. เพื่อพัฒนาวิทยาการก่อน-หลังการเก็บเกี่ยว และการแปรรูปเพื่อให้ได้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาคุณภาพมีเพิ่มขึ้น และลดต้นทุนการผลิต

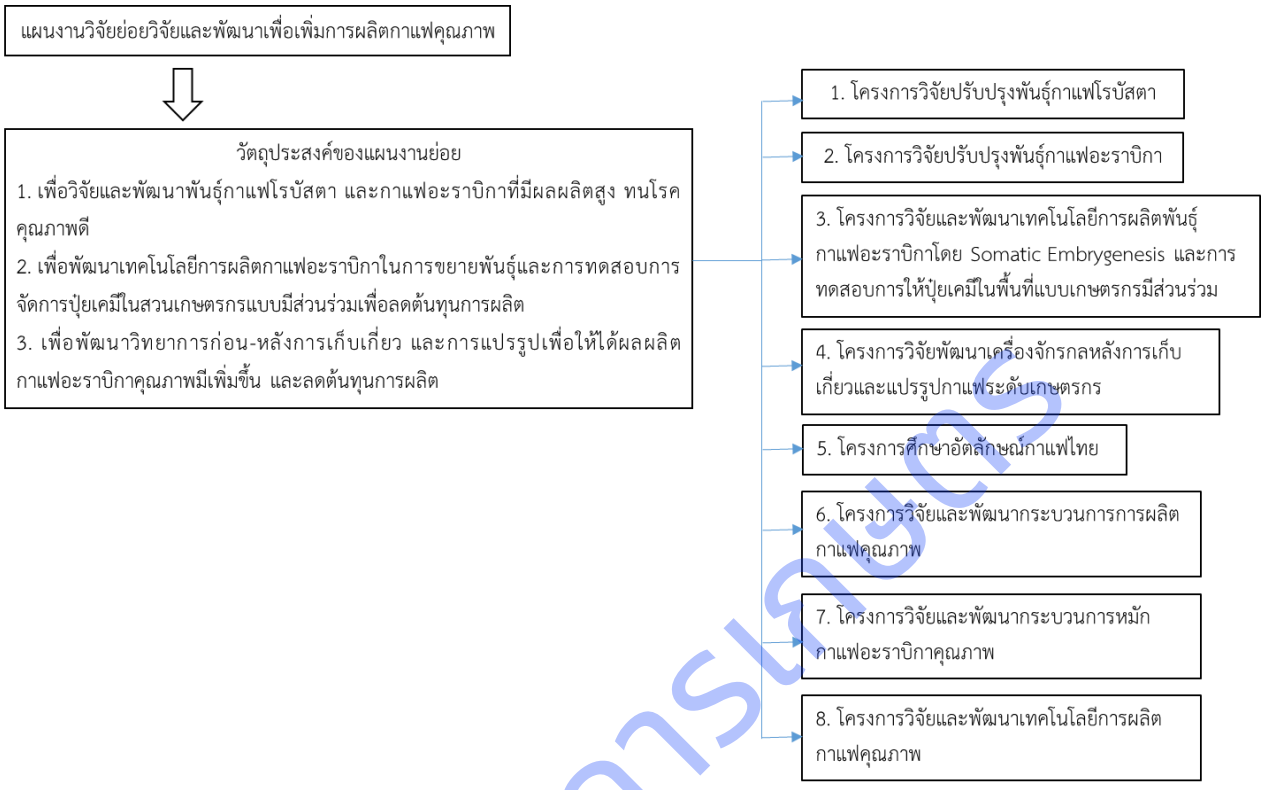
วิธีการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

กรอบแนวคิดของแผนงานย่อย

แนวทาง	- รวบรวม จำแนก จัดทำฐานข้อมูลพันธุ์พืช เพื่อใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงพันธุ์ - ปรับปรุงพันธุ์โดยวิธีการคัดเลือกพันธุ์ ผสมพันธุ์เพื่อนำมาเปรียบเทียบพันธุ์ และทดสอบพันธุ์ จนได้พันธุ์ที่เป็นพันธุ์แนะนำและพันธุ์รับรองตามลำดับ	-พัฒนาเทคโนโลยีการผลิต ได้แก่ การตัดแต่งกิ่ง การดูแลรักษา การอารักขาพืช (โรคและแมลง) การจัดการ (แสง ดิน น้ำ ธาตุอาหาร) -พัฒนาระบบการปลูกพืชร่วม	-พัฒนากระบวนการวิธีแปรรูปกาแฟเพื่อควบคุมคุณภาพของผลผลิต เพื่อลดต้นทุนและนำผลพลอยได้ไปสร้างมูลค่าเพิ่ม -พัฒนาผลิตภัณฑ์จากสิ่งเหลือใช้ของกาแฟ	ถ่ายทอดเทคโนโลยีและนวัตกรรมสู่เกษตรกร กลุ่มเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน หน่วยงานภาครัฐและเอกชน มหาวิทยาลัย และกลุ่มอุตสาหกรรม
ผลสัมฤทธิ์	ด้านวิชาการ 1. ได้พัฒนาพันธุ์กาแฟโรบัสตา และกาแฟพันธุ์อะราบิกาที่มีผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพดี 2. ได้พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ ในการเพิ่มประสิทธิภาพ คุณภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต พัฒนาระบบการผลิต การพัฒนาเครื่องมือ ตลอดจนวิทยาการก่อน-หลังการเก็บเกี่ยว การแปรรูป เพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพยั่งยืน ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ 1. เกษตรกรได้รับผลตอบแทนจากการผลิตต่อพื้นที่เพิ่มขึ้นจากการปรับใช้เทคโนโลยีการผลิต 2. เพิ่มศักยภาพให้เป็นพืชแข่งขันกับประเทศคู่ค้าส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมภายในประเทศได้มากขึ้น 3. สามารถเพิ่มผลิตและคุณภาพจนกระทั่งลดการนำเข้าจากต่างประเทศ ด้านสังคม 1. ได้สร้างความเข้มแข็งให้เกษตรกรผู้ผลิต ในการผลิตสินค้าคุณภาพมาตรฐานสู่มาตรฐานระดับสากล			

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

แผนงานวิจัยย่อยวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มการผลิตกาแฟคุณภาพ ดำเนินการในปี 2559-2564 เนื่องจากปัญหาผลผลิตกาแฟโรบัสตา ในประเทศ ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ จึงได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาเพื่อเพิ่มผลผลิตต่อไร่ โดยการสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาลูกผสมพันธุ์ใหม่ได้ 12 คู่ จากคู่ผสม 15 คู่ นำลูกผสมใหม่ที่ได้มาปลูกเพื่อคัดเลือกต้นที่มีศักยภาพ เก็บข้อมูลผลผลิตการเจริญเติบโตและผลผลิตปีแรก ได้ลูกผสมจำนวน 16 ต้น ที่มีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ให้ผลผลิตที่มีแนวโน้มที่ดี นอกจากนี้ได้รวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตา ที่ให้ผลผลิตสูง 54 พันธุ์ การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตาได้สายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงและเมล็ดมีคุณภาพ จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 และ TPO14 ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงหรือมากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ แต่เนื่องจากเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปีแรก ข้อมูลที่ได้จึงยังไม่เพียงพอในการประเมิน ควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปีต่อเนื่องกัน เพื่อให้กาแฟแต่ละพันธุ์สามารถแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ และการทดสอบพันธุ์กาแฟในแหล่งปลูกต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าร่มเงามีผลต่อปริมาณผลผลิตกาแฟ นอกจากนี้ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนในพื้นที่ปลูกยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต

ส่วนในกาแฟอะราบิกา ได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา เพื่อพัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ให้ผลผลิตปานกลางถึงสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติดี และเพื่อหาความหลากหลายและสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคราสนิม พบว่าพันธุ์ที่มี**ศักยภาพ**ในการให้ผลผลิตปานกลางถึงสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติดี ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10 **สายพันธุ์ก้าวหน้า** (1) ที่มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่สูง ได้แก่ พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82, Catimor CIFC 7963-13-28, H 420/9 ML 2/4 78-31-34, (2) กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมจากต้นเพาะเมล็ด คัดเลือกได้ 17 สายต้น และจากต้นเสียบยอด คัดเลือกได้ 15 สายต้น (3) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 52 สายพันธุ์ ต้านทานโรคราสนิม 99-100%, Catimor CIFC7963-13-28 สายพันธุ์ H528/46ML2/10-29-65-23 และพันธุ์ Caturra มีเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคราสนิมมากที่สุด (4) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ต้านทานโรคราสนิม 100% ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 8 สายพันธุ์ (5) ลูกผสมในการคัดเลือกพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมและแอนแทรกโนส คัดพันธุ์ได้ 11 คู่ผสมต้านทานโรคราสนิม 100% ในระดับโรงเรือน

การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ ดำเนินการ 3 สถานที่ รวบรวมได้ 5,423 สายพันธุ์ พบสายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส 4 สายพันธุ์ 15 สายต้น นอกจากนี้เทคโนโลยีชีวภาพที่พัฒนาเพื่อในการจำแนกพันธุกรรมในกาแฟอะราบิกา 3 เทคโนโลยี ดังนี้ (1) เทคนิคการตรวจสอบยีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ได้แก่ วิธีการคัดเลือกลูกผสมกาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมด้วยการตรวจยีนต้านทานโรค การคัดเลือกลูกผสมกาแฟจากองค์ประกอบโครงสร้างทางพันธุกรรม วิธีการตรวจการต้านทานโรคราสนิมกาแฟที่รวดเร็วด้วยวิธี leaf disc inoculation (2) เทคนิคการตรวจสอบยีนในเชื้อราที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของเชื้อ 3 ลักษณะคือ (ก) ขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆ (ข) ขุย

กรมวิชาการเกษตร

สีส้มฟูทั้งโคโลนี (ค) ขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนีและมีเชื้อราสีขาวอยู่ตรงกลางโคโลนี เมื่อนำไปศึกษาลักษณะทางพันธุกรรม พบว่าคือ เชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix* แต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ได้เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล (3) การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา 143 สายพันธุ์ พบว่า ได้ข้อมูลต้นแบบการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ด้วยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR โดยใช้ไพรเมอร์ 19 คู่ ให้รูปแบบการเกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 63 ตำแหน่ง ไพรเมอร์ต่างชนิดกันทำให้เกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในกาแฟแต่ละสายพันธุ์ พบค่าความหลากหลาย (PIC) ตั้งแต่ 0.13-0.79 มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน 0.55 ค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกา 0.72 ถึง 1.00 จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA ได้ 5 กลุ่ม

การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอะราบิกาจากเมล็ด Peaberry พบว่าเมื่อเพาะกล้าเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ คิดเป็น 89.1% โดยสายพันธุ์ H420/9 ML2/4 78-31-34 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด และพันธุ์เชียงใหม่ 80 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด และอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ร่วมกับพันธุกรรม

ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟอะราบิกาและลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพและยั่งยืน ต้องประกอบด้วยแนวทางในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา เพื่อการปลูกกาแฟอะราบิกาที่ยั่งยืน พบว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลมีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 315-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ และและมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า

นอกจากนี้ในการพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มผลิตภาพทางการผลิต โดยเทคโนโลยีการใส่ปุ๋ย ในการผลิตกาแฟอะราบิกา ได้แก่ คำแนะนำการใส่ปุ๋ยกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือคือ ใส่ปุ๋ย N 43 กก./ไร่ (46-0-0 84 กก./ไร่) P2O5 12 กก./ไร่ (18-46-0 26 กก./ไร่) และ K2O 26 กก./ไร่ (0-0-60 43 กก./ไร่) แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลังตัดแต่งกิ่งเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือนสิงหาคม ในการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำได้ผลตอบแทน 45,744 บาท/ไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร 11,874 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.0 ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25.8 ส่วนในการศึกษาผลของการให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม) พบว่าต้นกาแฟที่มีการให้น้ำมีจำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อมากกว่า และผลผลิตกาแฟเฉลี่ยต่อต้นทั้งกาแฟผลสดและกาแฟกะลา มากกว่าไม่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง

ส่วนในกาแฟอะราบิกาพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 ขยายพันธุ์โดยวิธี somatic embryogenesis โดยใช้ส่วนใบอ่อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร

การจัดการศัตรูพืชในกาแฟ ได้ศึกษาโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส ของกาแฟอะราบิกาได้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.ในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสในกาแฟอะราบิกา พบว่า benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ให้ผลในการป้องกันกำจัดดีที่สุด และการทำความสะอาดตัดแต่งกิ่งก็สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกาได้ใกล้เคียงกับการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ในเรื่องการจัดการมอดเจาะผลกาแฟพบว่าการจัดการแบบผสมผสาน วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ การใช้ Beauveria bassiana สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ ส่วนวัชพืชได้ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกและหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟเพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่กระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟและไม่ตกค้างในดินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ส่วนในการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในกาแฟ พบว่า สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช glufosinate-ammonium + fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกรมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเกษตรกร ผลการดำเนินงาน ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ซึ่งมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.33 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร มีอัตราการทำงานในการขัดเมล็ดกะลาเมือก 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นผลสดประมาณ 1,300 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดปราศจากเมือกสามารถนำไปตากได้ทันที ต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร เป็นการนำเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมาประกอบเป็นชุดให้ทำงานต่อเนื่อง ประกอบด้วยเครื่องคัดผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดกะลาเมือก และเครื่องขัดเมือก ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง

การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณค่าอัตลักษณ์ของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ ในปี พ.ศ. 2559-2561 โดยศึกษาลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1499 เมตร จากระดับน้ำทะเล ในจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา โดยแปรรูป 4 รูปแบบได้แก่ สีเปียก สีกึ่งเปียก แห้งแบบที่ 1 (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้งล้าง และตากแห้ง) และ วิธีแห้งแบบที่ 2 (ล้าง และตากแห้ง) จากการดำเนินการพบว่า มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านสภาพภูมิศาสตร์ ได้แก่

พิกัด พืชที่ปลูกร่วม พืชร่มเงา ระบบการปลูก ความลาดชันของพื้นที่ การปฏิบัติดูแลรักษา ลักษณะดินโดยแบ่งหน้าตัดดินตามระดับความลึก และปริมาณธาตุอาหารที่พบในแต่ละระดับความลึกของรากกาแฟ และสภาพภูมิอากาศ สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 เมื่อปลูกในพื้นที่ต่างๆ พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ และในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 79.72±0.97 คะแนน (%RSD=1.22) โดยมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ และดอกไม้ ส่วนในการศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา พบว่าลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์พื้นเมืองมีขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร (พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5) ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ดกาแฟพันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พื้นเมือง และเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการพันธุ์กาแฟที่มีขนาดเมล็ดใหญ่เนื่องจากเก็บเกี่ยวและแปรรูปได้ง่าย ขนาดของเมล็ดกาแฟขึ้นกับพันธุ์ การปฏิบัติดูแลรักษา สภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ส่วนกรรมวิธีในการแปรรูปสัมพันธ์กับน้ำหนักของเมล็ด โดยอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่ากรรมวิธีการตากแห้ง จากข้อมูลทั้งสองการทดลองทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดอัตลักษณ์เฉพาะถิ่นของกาแฟเพื่อสามารถยกระดับในการเพิ่มมูลค่ากาแฟต่อไป

รูปแบบที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ พบว่าการเก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน ซึ่งพบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน โดยเฉพาะคุณภาพการชิมในแต่ละเดือนมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึง เดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคุณภาพการชิมสูงที่สุด

การหมักกาแฟอะราบิกาโดยจุลินทรีย์ถือเป็นนวัตกรรมการพัฒนากลิ่นรสกาแฟคุณภาพที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน ซึ่งหัวใจสำคัญของการหมักกาแฟคือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเมือกกาแฟ ได้แก่ ยีสต์ และ แบคทีเรีย ที่มีศักยภาพในการผลิตกลิ่นรส โครงการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพจึงได้พัฒนากระบวนการหมักกาแฟให้มีประสิทธิภาพรูปแบบใหม่ 3 กระบวนการได้แก่ การหมักกาแฟโดยเทคนิค AAF หรือการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ Saccharomyces cerevisiae strain BAwine แบบเติมอากาศและปรับกรด ที่สามารถควบคุมการหมักให้เสร็จภายในเวลา 18 ชั่วโมงมีการผลิตกลิ่นรสผลไม้ นอกจากนี้มีการใช้จุลินทรีย์ Pichia Klyuvari strain Pro-Y17 ในการหมักแบบไม่เติมอากาศที่มีศักยภาพดีในพื้นที่สูงและพัฒนากลิ่นรสกลุ่มชอคโกแลต และกระบวนการหมักแบบจำลองทางเดินอาหารสัตว์โดยเชื้อที่สกัดจากชะมดโดยเบื้องต้น สามารถพัฒนากลิ่นรสนมเนยให้กาแฟได้ โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ผสมชนิด Lactobacillus plantarum, Pichia kudriavzevii ผสมกับเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ที่ 2.0 เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดรสชาติใหม่ ทั้งนี้มีการพัฒนาเครื่องช่วยหมักกาแฟทำให้ควบคุมการหมักง่ายโดยใช้หลักการของอากาศแบบยก มีการควบคุมการเติมอากาศและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์นอกสภาวะการหมัก ต้นทุนต่ำและกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมต่อครั้ง ผลพลอยได้จากการหมักกาแฟที่มีกว่าร้อยละ 60 ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เมือกกาแฟและน้ำเสียจากการหมักกาแฟมีการนำไปวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีกรดอินทรีย์สูงสามารถพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งรสได้เมื่อผ่านการหมักแบบกึ่งแห้งโดยเชื้อ Streptococus spp. และหากนำเชื้อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

Aspergillus niger หมักสารสกัดที่ความเข้มข้น 40% จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคแอนแทรคโนสในกาแฟ โดยเพคตินจากเมือกที่เป็นชนิด High Methoxy Pectin สามารถนำมาผลิตสารเคลือบส้มเพื่อยืดอายุกว่า 10 วันในขณะที่น้ำหมักกาแฟสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำได้ถึงสามครั้ง และตามผลการวิเคราะห์อัตราส่วนของ Cafestol และ Kahweol สามารถระบุอัตลักษณ์แหล่งผลิตกาแฟที่ผลการทดลองยืนยันว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออัตราส่วนระหว่างกระบวนแปรรูป สามารถใช้ในการป้องกันการละเมิดสิทธิ์ของการสร้างกาแฟอัตลักษณ์โดยใช้หลักการทาง Chemometric ที่ประเมินอย่างรวดเร็วนี้

การผลิตกาแฟคุณภาพ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและรับรองการผลิตตั้งแต่แปลงทดสอบถึงแหล่งผลิตเพื่อสร้างความเชื่อถือให้แก่ผู้รับซื้อรวมทั้งผู้บริโภค ได้พัฒนา (1) ระบบการตรวจสอบและพัฒนากาแฟคุณภาพตั้งแต่การพัฒนาข้อมูลสนับสนุนการเก็บเกี่ยวกาแฟ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ กาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 โดยใช้เกณฑ์ความหวาน ($^{\circ}$Brix) และโรบัสตา พันธุ์ชุมพร 2 ใช้การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาตรผลเชอรี่ที่มีผลรวมทั้งปริมาณสารประกอบกรดเมทิลบิวทาโนอิกและคาเฟอีน (2.)ระบบการตรวจจำแนกกาแฟอะราบิกาและอะราบิกาและจำแนกอัตลักษณ์แหล่งผลิตด้วยสารกลุ่มไดเทพีนสองชนิดได้แก่ คาเฟสโทล และ คาเวออล ที่สามารถใช้อัตราส่วน C/K เป็นตัวกำกับอัตลักษณ์ซึ่งจากผลการทดสอบจะคงที่ตั้งแต่ 90 วันหลังดอกบานถึงกระบวนการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ (3.) ระบบการจัดชั้นสารกาแฟโดยอ้างอิงจากมาตรฐานกาแฟโลกจัดจำแนกข้อบกพร่องของประเทศไทยโดยพบว่า ข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุด คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Research and Development on Increased Quality Coffee Production Sub Plan was carried out in 2016-2021 due to the problems with the insufficient production of robusta coffee for domestic demand. We implemented the robusta coffee breeding program was implemented to productivity improvement. The 15 new hybrids were trialed to select potential plants and could harvest the first crop; and found 16 progenies were trend in good growth and vigor and yield with good prospects production. In addition biodiversity of robusta coffee, which could select the 54 selected potential robusta coffee high yielding cultivars; were collected. In varietal trial of robusta coffee got the progressive breed with good growth, high yields and quality seeds; 6 cultivars: TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 and TPO14, which the yield equivalent to Chumphon 2. However, since the harvest was only stored for the first 2 years, the data obtained was insufficient to assess. Product data should be kept for at least 4 consecutive years, so that each coffee variety can show its full yield potential. And the comparison trial of robusta coffee cultivars in different growing regions showed that shade affects coffee yields. In addition, the amount and distribution of rainwater in the planting area is also an important factor for growth and production.

In Arabica coffee breeding project carried out to improvement the arabica coffee cultivars with medium to high yield, disease resistance, good taste quality. And also studied on biodiversity and create identity by the DNA level of Arabica coffee. The study found that the cultivars with medium to high yielding potential, disease resistance and good taste quality were H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13, H420/. 9 ML 3/1-106-WW 29/6 and H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10. The progenies line of Arabica coffee (1) which were well in growth rate; height, stem circumference, canopy size and yield per plant; such as, H 420/9 ML 2/1 KW 82, Catimor CIFC 7963-13-28, H 420/9 ML 2/4 78-31-34, (2) 22 rust resistant progenies from seedling and grafted, (3) the F1 hybrid selection was selected for 52 cultivars that passed the selection criteria, 99-100 % rust resistant; Catimor CIFC7963-13-28, H528/46ML2/10-29-65-23 and Caturra, (4) the selection of Sarchimor Arabica hybrid were 100 % rust resistant which that passed the selection criteria for 8 selections (5) the hybrids in the selection of rust and anthracnose resistance 11 crossbreeds 100% rust resistant at the greenhouse level.

Morphological characterization of Arabica coffee in biodiversity collection was carried out at 3 sites, collecting 5,423 cultivars and identified potential strains that could be developed for breeding, high yields, resistance to fungal disease; rust and anthracnose for 4 cultivvars (15 progenies). In addition, biotechnology developed for genetic identification in Arabica coffee 3 technologies as follows: (1) Gene detection technique for resistance to rust in arabica coffee; as follows: selection of rust resistant arabica coffee hybrids through disease resistance gene testing,

selection of coffee hybrids based on genetic structural components, and rapid detection of coffee rust resistance by leaf disc inoculation method. (2) Gene detection technique in fungi that cause rust. There were 3 physical characteristics of the germ: (a) orange flakes condensed into clumps (b) orange flakes full of colonies (c) orange flakes full of colonies and white mold on the surface middle colony. The genotype was found to be *Hemileia vastatrix*, but the race could not be identified because the structure was not found in the Genebank, a new race rust which that was not available in the database (3). And DNA fingerprinting examination of 143 arabica coffee species found that the prototype data for DNA fingerprinting of arabica coffee was obtained. using molecular markers SSRs using 19 primers yielded 63 different DNA banding patterns. Different primers produced different DNA bands in different coffee varieties. The polymorphisms (PIC) from 0.13-0.79 had the same mean of 0.55 and the Arabica coffee genotypical values 0.72 to 1.00. The UPGMA genotypical associations were grouped into 5 groups.

A study of the transfer of quality characteristics peaberry arabica coffee seeds showed that when seedlings were grown as normal seedlings. H420/9 ML2/4 78-31- 34 and Chiang Mai 80 were 89.1 of peaberry coffee beans, respectively. The appearance of peaberry seeds were affect by temperature, humidity and rainfall and also the genetics.

The increase the efficacy of arabica coffee production and reduce production costs, the objective was the quality and sustainable productivity. In the studied found the guidelines for growing coffee under the shade for the sustainable cultivation of arabica coffee, it was found that coffee grown in shade at the harvest, flowering and fruiting stages showed the highest photosynthetic rate of 315-485 µmol m-2s-1, 4.19-9.85. µmol CO2m-2s-1 and and has a light intensity that makes the rate of photosynthesis equal to the respiration rate (Light compensation point) is between 19-73 µmol m-1 s-2 and has a respiration rate (Rd) of coffee leaves in each area condition were similar, between 0.15-1.53 µmol m-2s-1. The coffee plant which were underneath the macadamia and *Prunus cerasoides* or agroforestry system which had tall trees and dense canopies, the result, coffee was exposed to low light intensity to near zero from normal light intensity (1,800-2,000 µmol m-1 s-2) when compared to co-plants with tall stems, sparse canopies such as silver oak. The acacia plants in which coffee get a higher light intensity.

In addition, in increase productivity of arabica coffee, by develop the fertilizer application technology, the recommendation for the arabica coffee in the northern region was fertilizing N 43 kg/rai (46-0-0 84 kg/rai), P2O5 12 kg/rai. (18-46-0 26 kg/rai) and K2O 26 kg/rai (0-0-60 43 kg/rai) divided 3 times: after pruning January - February, after Fruiting in May and fruit enlargement in August; respectively. After trial the recommendation in arabica coffee

plantations with farmers participation, it was found that fertilizer application at the recommended rate yields a yield of 45,744 baht/rai, higher than that of the farmers at 11,874 baht/rai (increased 26.0%). The cost of chemical fertilizer was decreased by 25.8%. In addition, the case study was the irrigation arabica coffee plants during the dry season (February to May) found that watered coffee plants had a higher number of fruit node, number of fruit per node and the average yield per plant were higher than no irrigation on dry season

The propagation of arabica coffee varieties H 528/46 ML 2/10-29-65-23 could induced the young leaves through the somatic embryogenesis and to plantlets. In the studied on pest management; the anthracnose disease of arabica coffee, it was found that the morphological characteristics were able to identify the causative fungi of anthracnose was *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. In the prevention and elimination of anthracnose in arabica coffee, found that benomyl 50% WP at the rate of 20 g / 20 liters of water gave the best preventive effect. And cleaning and pruning could reduce the incidence of anthracnose coffee arabica similar to spraying plant preventive agents. In the management of coffee berry borer, were the combination of management. The most effective method was to use *Beauveria bassiana* DOA B4 + pheromone trap (Methyl alcohol : ethyl alcohol = 50 : 50) + coffee pruning. The weeding in arabica coffee, the efficacy of pre-germinated: acetochlor and oxyfluorfen were effective in controlling weeds until 60 days after spraying. In the study on the efficacy of spray herbicides after germination in coffee, it was found that all herbicides were toxic to coffee plants but does not affect growth especially herbicides glufosinate-ammonium + fomesafen at a rate of 105+50 grams of active ingredient per rai and glufosinate-ammonium + oxyfluorfen at a rate of 105+24 grams of active ingredient per rai, the effective for weed control until 30 days after spraying.

The objective of this project; Research and Development of Coffee Post-harvest and Processing, was to developed phototypes of machinery for postharvest and processing of arabica coffee for farmer.This project consisted of of 4 activities: 1)Study and develop a prototype for coffee harvester by striping. The results showed that the prototype were capable of working an average of 30.54 kg per hour. 1.33% loss of splash out of support. The machine is 2.04 times more capable than the collector. 2)Research and Development of Green Coffee Separator. The Machine can separate 90.50% of the green cherry with average working capacity of 929.62 kg/hr. and use 1.5 HP motor as power source. 3)Research and Development of Arabica coffee De-mucilage Machine for Farmer Group. The prototype evaluation result shows a capacity of 701 kg/hr, mucilage parchment equivalent to around 1,300 kg/h fresh cherry, 1.9 per cent of damage kernel and readily to sun drying. 4)Research and development of fresh fruit Arabica coffee processing machinery. The processing machinery consisting of Green coffee

separator, pulping machine, coffee bean cleaning machine, and de-mucilage machine. Test results showed that the average work rate was 802.65 kilograms of fresh fruit per hour. The fracture of coffee bean after de-mucilage is 2.63%, the average water consumption is 1.65 m^3/hr

Research on identity of Thai coffee aim to study and develop the value and identity of coffee for use as a basis for registering geographic indications of Arabica Coffee Bean characteristics (*Coffea arabica* L. cv. Catimor) in 5 provinces (Chiang Mai, Chiang Rai, Mae Hong Son, Nan and Phayao) found that there were differences in geographic conditions such as intercropping, shade plants, planting systems, slopes of area, cultural practices, soil characteristics and climatic conditions which has physical characteristics as follow size of parchment, size of green bean, weight of 1000 of green bean, number of green beans per 100 g. ม, grade 1 -4, % Grade A, and peaberry. Chemical composition by cup tasting, the average score was 79.91±2.42 from 100 score and found that different in area and variety has different aroma as macadamia, chocolate, dried flower, roasted coffee, cinnamon, nutty, peach, apricot, plum Hazelnut, ripe banana, gingerbread, caramel, butter, apple, jasmine, honey, lime, camphor, cocoa, spice, cereal and roasted fruit. The study of Robusta Coffee Bean characteristics found that the physical characteristics of size of green bean of the local variety were larger than the recommended varieties of the Department of Agriculture (Chumpon 2, Chumpon 84-4 and Chumpon varieties). Chumpon 2, Chumphon 84-4 and Chumphon 84-5 weighed 100 seeds less than the local variety. The processing method was related to the weight of the seed that the conversion rate of fresh fruit to dry seed was higher than that of drying method. From the result of the two experiments could provides the basis for determining the identity of the coffee and able to raise the level in adding value of coffee to create community products.

The identity of arabica coffee objective to study and develop the identity value of Catimor Arabica coffee in the year 2016-2018 by studying geographical characteristics. Physical characteristics and chemical composition of 35 Catimor Arabica coffee cultivars in 29 plots grown in an area with an elevation of 839-1499 m above sea level. In Chiang Mai, Chiang Rai, Nan, Mae Hong Son, and Phayao, 4 types of processing were processed, namely wet paint, semi-wet paint, dry type 1 (into the cracker twice, wash and dry) and dry method 2 (wash and dry). found There are clearly differences in geography such as coordinates, co-planted plants, shade plants, planting system, slope of the area. maintenance practice Soil characteristics by dividing the soil section according to the depth. and the amount of nutrients found at each depth of coffee roots and climate For Catimore Chiang Mai 80 Arabica coffee varieties when grown in different areas It was found that there was a statistical difference in the weight of 1,000 coffee beans, the number of coffee beans per 100 grams, the percentage of grade 1-4, the

percentage of grade A beans, the percentage of pea berry, the groove characteristics of the coffee compound. and in the sensory properties of cup testing quality with a mean score of 79.72±0.97 (%RSD=1.22), with different odors in each region and processing method: macadamia, chocolate. Gingerbread, butter, honey, dried flowers, roasted coffee, nuts, grains, honey, cinnamon, herbs, fruits, cocoa, baked goods and flowers. In a study of the characteristics of Robusta coffee, it was found that the physical characteristics of the native coffee beans were larger in size than the cultivars. Recommended by the Department of Agriculture (Chumphon 2, Chumphon 84-4 and Chumphon 84-5) by weight of 100 beans, Chumphon 2, Chumphon 84-4 and Chumphon 84-5 have a weight of 100 seeds less than the native variety. And most farmers prefer large-grain coffee varieties because they are easy to harvest and process. The size of the coffee beans depends on the variety. maintenance practice planting area climate The process of processing was related to the weight of the seeds. The conversion rate of fresh fruit to dry seed by fresh color process was higher than that of drying process. The data from these two experiments provide the basis for determining the endemic identity of coffee so that it can be leveraged to further increase the value of coffee.

The proper format for storing coffee beans It was found that storage in HDPE bags with a thickness of 40 microns was found to be of similar quality to that of HDPE bags with a thickness of 78 microns. Especially the monthly tasting quality tended to increase in tasting quality over a longer storage period, starting from 0. to the 12th month and decline respectively from the 15th to the 24th month, with the shelf life of 12 months having the highest tasting quality.

Arabica fermentation valids as novel innovation for developing the flavor of coffee quality is known worldwide. However, there are still problems since incontrollable fermentation process, absence of microorganisms, labor problems, time consuming, wastewater resources, and polluted fermentation waste which related to the core of coffee fermentation 'Microorganisms' included yeast and bacteria. Arabica Coffee Fermentation Project had developed 3 new efficient coffee fermentation processes as follows: AAF techniques or oxidative fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine with aerated and acidified. This technique reduces time consume to 18 hours with the production of fruit flavor. In addition, *Pichia Klyuvari* strain Pro-Y17 was used in anaerobic fermentation with good potency at high altitudes and developed chocolate flavor. Thirdly, the bio-processing fermentation imitated the animal gastrointestinal model extracted from civet enhances milk and butter flavor to coffee. Pilot coffee fermenter has been developed in parallel to facilitate these processes by using the air-lifting principle. This pilot-fermenter model help aeration controlled and evitated microbial with affordable cost and the production capacity is at less 50 kg per process. Futhermore, coffee fermentation by-products, which are Coffee cherry pulp, Coffee mucile and

coffee wastewater, were analyzed and utilized. Especially, coffee pulp with high organic acid was able to develop as a flavoring agent after solid-state fermentation by *Streptococus spp*., indeed if using *Aspergillus niger*, the extract could inhibit the growth of anthracnose pathogens in coffee. These technogy have been tested in coffee farm to realize the feasibility of extending to the industrial level for sustainability. Thai Premium Coffee network affected in Department of Agriculture has been established to support this technology, extend to meet the needs of farmers, prevent problems causing throughout the production process in the future. The innovation of Arabica coffee fermentation, both new processes and product prototypes from the project, will enable farmers to raise the quality of arabica coffee to high-value added, creating farmers' identity. Finally, whole process aims to meet the creative bio-business needs in accordance with government policies with an integrated Bio-Circular-Green economy community.

Qualitative Coffee production requires new innovations to meet this disruptive society. To create new coffee flavors by simulating the fermentation of coffee, mimicking the animal feed pathway using mixed microorganisms such as *Lactobacillus Plantarum* and *Pichia Kudriavzevii* mixture combine with pepsin and pancreatic enzymes at pH 2.0 adjustment for at least 24 hours, which enhance mimic 'luwak' flavors. In addition, environmental concerned aborted the important issues, marked the importance of using more than 60% of coffee by-products from coffee fermentation, such as coffee husks, mucilage and wastewater. High methoxy pectin could obtain from coffee mucilage and used to produce 'orange coating' to extend its lifespan by more than 10 days, while coffee ferment water can be reused up to three times. However, the treatment of fermented wastewater is prior to reduce pollution through sedimentation, filtration, aeration processes and wetland plants to meet the national standards. However, in the prevention of infringement of coffee authentication, the results shown the important of chemometric principles, this rapid assessment based on the results of 'Cafestol and Kahweol ratio' analyzes was able to identify coffee producing identities that the experimental results confirmed had no effect on alteration. The ratio of both diterpenes is constant mend to 'the golden ratio' named that can be used to regulate the import coffee bean. The results of research and development on the production of quality coffee to focus on solving the problems that have been set. Through experimental results that are tested in real areas and farmer plots to test the feasibility of extending to industrial level for sustainability. Premium coffee production network of the department of Agriculture has been created to support technology and development, extending to meet the needs of farmers, preventing problems that can occur throughout the manufacturing process in the future. Coffee fermentation innovation Inspection of new production processes and product prototypes from

the project will enable farmers to upgrade coffee quality to add value. By creating a unique identity, there is also the utilization of resources from bio-based bases to meet the needs of creative bio-businesses according to the government's policy and to add value to the integrated Bio-Circular-Green based economy.

Qualitative coffee production requires necessary transparence inspection and certification system from farm to cup in order to persuade among buyers as well as consumers. The project focused on solving all three issues of production system management through cooperation from the government sector, academic sector and the private sector, which results were (1.) Harvest decision making system for quality coffee production of two regional coffee varieties, Arabica Coffee var Chiang Mai 80 using the sweetness criteria ($^{\circ}$Brix) and Robusta var Chumpon 2 using the bark color and the volume of fruit cherries including the content of methyl butanoic acid and caffeine compounds. (2.) Authentication system for Arabica and Robusta coffee using chemometric method of diterpenes compounds: cafestol and kahweol, with their C/K ratio with constantly stable from 90 days after flowering to the coffee bean storage process (3.) Green coffee bean classification system based on the specialty coffee association (SCA) applied to local deficiencies of Thailand which found the most common defect is insects' seed followed by the fungus seed exceeding from current Thai ACFS standard.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 1

วิจัยการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา
Improvement of Robusta Coffee Varieties

ชื่อผู้วิจัย (คณะผู้วิจัย)
ปานหทัย นพชินวงศ์ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ดารากร เผ่าชู ทิพยา ไกรทอง
อรทัย ธนัญชัย หยกทิพย์ สุดารี เสรี อยู่สถิตย์ ไพรัตน์ ช่วยเต็ม บุญเกื้อ ทองแท้
เพ็ญจันทร์ สุทธานุกูล นิตยา คงสวัสดิ์
Parnhathai Nopchinwong, Sureerat Panyatona, Darakorn Paochoo, Tippaya Kraithong
Orathai Thananchai, Yokthip Sudaree, Seree U-Satit and Phairat Chuaytem Boonkuea Thongthae,
Penchan Suithanukul, Nittaya Kongsawad

คำสำคัญ (Key words)
กาแฟอะราบิกา ความแปรปรวนของพันธุกรรม การคัดเลือกพันธุ์ องค์ประกอบของผลผลิต คุณภาพของเมล็ด
Robusta, *Coffea canephora*, genetic variation, selection, yield component, bean quality

บทคัดย่อ (Abstracts) ไทยและอังกฤษ

ช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมา ผลผลิตกาแฟโรบัสตาในประเทศไทยลดลงอย่างมากและคาดการณ์ว่าปี 2565 ผลผลิตโรบัสตา อาจมีเพียง 20,000 ตัน ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรจึงได้ดำเนินโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาเพื่อสร้างพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมพันธุ์ใหม่ และทำการคัดเลือกกาแฟพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูง ดำเนินการ ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ระหว่าง ต.ค. 2559-ก.ย. 2564 โครงการนี้แบ่งเป็น 2 กิจกรรม ได้แก่ 1) กิจกรรมการสร้างลูกผสมกาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่ และ 2) การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตาที่ให้ผลผลิตสูง จากการทดลองสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่สามารถสร้างลูกผสมกาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่ได้ 12 คู่ จากคู่ผสม 15 คู่ นำลูกผสมใหม่ที่ได้มาปลูกเพื่อคัดเลือกต้นที่มีศักยภาพ เก็บข้อมูลผลผลิตการเจริญเติบโตและผลผลิตปีแรก ได้ลูกผสมจำนวน 16 ต้น ที่มีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ให้ผลผลิตที่มีแนวโน้มที่ดี

กิจกรรมที่ 2 การทดลองรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟ 54 พันธุ์และการทดสอบพันธุ์กาแฟในแหล่งปลูกต่าง ๆ แสดงให้เห็นว่าร่มเงามีผลต่อปริมาณผลผลิตกาแฟ นอกจากนี้ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนในพื้นที่ปลูกยังเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตด้วย

ส่วนผลจากการทดลองการเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตาได้สายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงและเมล็ดมีคุณภาพ จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 และ TPO14 ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงหรือมากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ แต่เนื่องจากเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปีแรก ข้อมูลที่ได้จึงยังไม่เพียงพอในการประเมิน ควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปีต่อเนื่องกัน เพื่อให้กาแฟแต่ละพันธุ์สามารถแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตอย่างเต็มที่ จะทำให้ผู้ประเมินสามารถประเมินพันธุ์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The robusta coffee production in Thailand has been declining in the last two decades. In 2022 estimated demand of coffee bean is 80,000 tons but supply only 20,000 tons, not enough to meet the domestic demand. Chumphon Horticultural Research Center (CHRC) aims to develop new robusta coffees for high yielding. The project "Improvement of Robusta Coffee Varieties" was carried out at CHRC between October 2016 to September 2021. It divided into 2 activities, namely 1) the activity of creating new robusta coffee and 2) the collection and selection of high yield robusta coffee. The first activity's result showed that 12 pairs of new robusta hybrids can be produced out of 15 pairs. The 16 hybrids performed good growth, vigor and start yield.

The results of the last activity, the 2 experiments, such as The Collection and Selection of 54 Robusta Varieties and The Evaluation Trials of DOA Recommended Robusta Clones at Certain Sites, indicated that robusta coffee yield had depend on shading. In addintion quantity and distribution of rainfall were the prime factors for robusta growth and yield.

For comparison, there were 4 batch of robusta coffee cultivars, batch lot 7, 8, 9 and 10, were harvested for 2 years. There were 6 varieties of which yield with high yield and good bean quality, namely TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 and TPO14 which yield closer or higher than Chumphon 2, the control variety. However, since two yield data is insufficient, yield should be kept for further 4 consecutive years. This will allow the assessor to assess the species accurate and precise.

บทนำ (Introduction)

สถานการณ์การผลิตกาแฟโรบัสตาในประเทศไทยมีสภาวะถดถอยตลอดช่วง 2 ทศวรรษที่ผ่านมา ผลผลิตกาแฟลดลงจาก 78,020 ตัน ในปี พ.ศ. 2539 เหลือเพียง 12,682 ตัน ในปีพ.ศ.2564 ผลกระทบจากปริมาณผลผลิตที่ลดลงนี้ ทำให้ต้องนำเข้ากาแฟโรบัสตามากขึ้น โดยเริ่มนำเข้าตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จำนวน 14,541 ตัน เป็นมูลค่า 1,094 ล้านบาท และในปีพ.ศ. 2556 มีการนำเข้า 34,335 ตัน เป็นมูลค่า 2,200 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) และคาดการณ์ว่าปี 2565 ผลผลิตโรบัสตาอาจมีเพียง 20,000 ตัน ในขณะที่ความต้องการใช้ภายในประเทศมีประมาณ 80,000 ตัน ในปี พ.ศ. 2564 มีการนำเข้าเมล็ดกาแฟดิบ 57,966 ต้น มูลค่ากว่า 3,500 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ปริมาณผลผลิตกาแฟที่ลดลงในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาเป็นผลเนื่องมาจากพื้นที่ปลูกกาแฟลดลง มีการปรับเปลี่ยนไปปลูกพืชทางเลือกอื่นที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่า เช่น ยางพารา ปาล์มน้ำมัน ทุเรียน นอกจากนี้ต้นกาแฟมีอยู่มีอายุมากกว่า 10 ปี ต้นอยู่ในสภาพเสื่อมโทรมให้ผลผลิตลดลงมาก กอร์ปกับเกษตรกรมีความรู้จำกัดในการจัดการสวนกาแฟให้มีผลผลิตดีเช่นเดิม

การแก้ไขปัญหาผลผลิตกาแฟต่อไร่ตกต่ำ อาจทำได้โดยการตัดฟื้นต้นกาแฟที่มีอายุระหว่าง 10-15 ปี เพื่อให้ต้นฟื้นสภาพและเริ่มรอบการผลิตใหม่ ซึ่งจะให้ผลผลิตดีเหมือนต้นกาแฟอายุ 3-4 ปี และให้ผลผลิตไปอีก 4-6 ปี จนครบรอบการผลิต และการปลูกต้นพันธุ์ดีทดแทนต้นเดิมที่มีอายุมาก สำหรับต้นกาแฟที่มีอายุมากกว่า 15 ปี ขึ้นไป จะช่วยให้การปลูกกาแฟโรบัสตาของประเทศไทยยั่งยืนได้ เนื่องจากเมื่อเกษตรกรนำพันธุ์ดีไปปลูก เมื่อต้น

กรมวิชาการเกษตร

กาแฟให้ผลผลิตครบรอบวัฏจักรการผลิตจนมีอายุ 8 ปีขึ้นไปแล้วก็จะประสบปัญหาต้นกาแฟให้ผลผลิตตกต่ำเช่นเดิม จึงควรเผยแพร่องค์ความรู้เกี่ยวกับกาแฟและการจัดการดูแลสวนกาแฟโรบัสตาที่อายุต่าง ๆ อย่างเหมาะสมเพื่อให้มีผลผลิตอย่างยั่งยืน นอกจากนี้การใช้พันธุ์ดีก็จะช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ ซึ่งศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพรได้ดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532-2533 โดยเป็นการรวบรวมพันธุ์และคัดเลือกพันธุ์ทั้งสิ้น ปัจจุบันมีพันธุ์ดีซึ่งเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรแล้ว 5 พันธุ์ ได้แก่ ชุมพร 1 ชุมพร 2 ชุมพร 3 ชุมพร 84-4 และ ชุมพร 84-5 ในแผนการปี พ.ศ.2553-2558 ได้ผลสำเร็จ สามารถสรุปข้อมูลการคัดเลือกพันธุ์ไทยพื้นเมือง 80 พันธุ์ ได้พันธุ์ L69 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5 ปี ประมาณ 269 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมล็ดมีขนาดกลาง น้ำหนักแห้ง 100 เมล็ดประมาณ 16-17 กรัม จะเห็นได้ว่า พันธุ์แนะนำทั้ง 5 พันธุ์และพันธุ์ L69 ดังกล่าว สามารถแยกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มพันธุ์ไทย ได้แก่ พันธุ์ชุมพร 1 และ L69 และกลุ่มพันธุ์ต่างประเทศ ได้แก่ ชุมพร 2 ชุมพร 3 ชุมพร 4 และ ชุมพร 5 ซึ่งพันธุ์ต่างประเทศมีความสามารถในการปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและเจริญเติบโตได้รวดเร็ว แข็งแรง โดยโตเร็วกว่าพันธุ์ไทยในช่วงปีแรก ให้ผลผลิตเร็ว (precocity) แต่มีลักษณะที่ด้อยกว่า คือ ขนาดเมล็ดเล็กกว่าพันธุ์ไทย และช่วงเวลาเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วงที่ฝนชุกในแหล่งปลูกทางภาคใต้ (ต.ค.-ธ.ค.) ส่วนพันธุ์ไทยมีเมล็ดขนาดค่อนข้างใหญ่และมีช่วงเวลาเก็บเกี่ยวช้ากว่าซึ่งเป็นช่วงที่ฝนน้อยหรือไม่มีฝน (พ.ย.-ม.ค.) ซึ่งหากสามารถรวมลักษณะเด่นของทั้งสองกลุ่มเข้าด้วยกันได้ คาดว่าจะได้พันธุ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิม โดยการใช้พันธุ์ดีทั้งสองกลุ่มเป็นพ่อพันธุ์และแม่พันธุ์ ทำการผสมแล้วคัดเลือก ซึ่งอาจต้องทำมากกว่าหนึ่งรอบ เป็นการคัดเลือกแบบ recurrent selection จนได้ต้นพันธุ์ที่มีลักษณะที่ต้องการและยังสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ขยายเพื่อกระจายพันธุ์ให้แก่เกษตรกรต่อไปได้อีกด้วย เนื่องจากมีต้นพ่อและแม่อยู่ในพื้นที่แล้ว ต่างจากเดิมที่กระจายพันธุ์ด้วยวิธีไม่อาศัยเพศ เช่น การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และการเปลี่ยนยอดเท่านั้น

ดังนั้นการดำเนินการในช่วงนี้จึงมีความสำคัญในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาของประเทศไทย เป็นการสร้างพันธุ์ให้ได้พันธุ์ที่ดีขึ้นจากพันธุ์ดีซึ่งคัดเลือกมาแล้ว หากสามารถสร้างพันธุ์ดีเช่นนี้ได้จะส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกาแฟโรบัสตามากขึ้น ปริมาณการผลิตจะเพิ่มขึ้น แก้ปัญหาการขาดแคลนเมล็ดกาแฟในประเทศ และลดปริมาณการนำเข้าได้ เป็นการส่งเสริมการพัฒนากาแฟโรบัสตาและอุตสาหกรรมกาแฟที่ยั่งยืน ซึ่งวัตถุประสงค์ของโครงการ 1) เพื่อสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟสูงกว่า 320 กก. เมล็ดมีคุณภาพดี และ 2) เพื่อคัดเลือกและเปรียบเทียบพันธุ์ให้ได้พันธุ์กาแฟโรบัสตาที่ดีไว้ใช้เป็นพันธุ์เผยแพร่แก่เกษตรกร หรือเป็นฐานเชื้อพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟต่อไปในอนาคต โดยการทดลองในโครงการจะคลอบคลุมงานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา การเปรียบเทียบพันธุ์ เพื่อให้ได้กาแฟโรบัสตาพันธุ์ดีที่ให้ผลผลิตสูงเพื่อให้เกษตรกรสามารถปลูกกาแฟได้เพียงพอกับความต้องการ ผลผลิตมีคุณภาพ รสชาติดี รวมทั้งเป็นที่ต้องการของตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

กิจกรรมที่ 1 การสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตา พันธุ์ใหม่

การทดลองที่ 1.1 การสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2560)

แบบและวิธีการทดลอง

ไม่มีแบบแผนการทดลอง ทำการผสมเกสรด้วยมือ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 มี 10 คู่ผสม ได้แก่

1) พันธุ์ L3 X พันธุ์ FRT03
2) พันธุ์ FRT03 X พันธุ์ L3
3) พันธุ์ L3 X พันธุ์ชุมพร 4
4) พันธุ์ชุมพร 4 X พันธุ์ L3

5) พันธุ์ชุมพร 1 X พันธุ์ FRT03
6) พันธุ์ FRT03 X พันธุ์ ชุมพร 1
7) พันธุ์ชุมพร 1 X พันธุ์ ชุมพร 4
8) พันธุ์ชุมพร 4 X พันธุ์ ชุมพร 1
9) พันธุ์ชุมพร 1 X พันธุ์ L69
10) พันธุ์ L69 X พันธุ์ชุมพร 1

- กลุ่มที่ 2 มี 6 คู่ผสม ได้แก่

1) พันธุ์ SC05 X พันธุ์ PP05
2) พันธุ์ PP05 X พันธุ์ SC05
3) พันธุ์ FRT65 X พันธุ์ SKE01
4) พันธุ์ FRT65 X พันธุ์ SKE06
5) พันธุ์ FRT65 X พันธุ์ PP05
6) พันธุ์ FRT65 X พันธุ์ SC05

เมื่อเก็บเมล็ดที่ได้จากการผสม ทำการเก็บข้อมูล progenies เพื่อเปรียบเทียบกับต้นพ่อ-แม่ และต้นเปรียบเทียบต่อไป

วิธีการดำเนินงาน

เตรียมต้นกาแฟที่เป็นพ่อ-แม่พันธุ์ให้สมบูรณ์ ด้วยการให้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี 46-0-0 18-46-0 และ 0-0-60 ตามคำแนะนำการให้ปุ๋ยของศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร และตัดกิ่งแขนงที่ไม่ต้องการออก เตรียมอุปกรณ์ในการผสมเกสร ได้แก่ ปากคีบปลายแหลม ป้ายติดกิ่ง เป็นต้น เมื่อต้นเริ่มมีดอก คลุมถุงช่อดอกบนต้นแม่พันธุ์ ทำไว้เป็นจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เก็บละอองเกสรจากพันธุ์ที่ใช้เป็นพ่อพันธุ์ก่อนวันผสม 1 – 2 วัน ผสมเกสรคู่ผสมพ่อ-แม่ ตามกรรมวิธีที่กำหนด คลุมถุงไว้ตามเดิม หลังจากวันผสมละอองเกสร หมั่นตรวจดูช่อดอกที่ทำการผสม คอยลิดดอกที่เกิดตามมาในภายหลัง ซึ่งเป็นดอกที่ไม่ต้องการออกเสมอ ๆ พร้อมทั้งบำรุงต้นให้สมบูรณ์เพื่อจะได้เมล็ดที่สมบูรณ์ รอจนผลเปลี่ยนเป็นสีแดง เก็บผลมาเพาะต่อไป ทำการบันทึกข้อมูล ต้นพ่อ-แม่พันธุ์ที่คัดเลือกไว้ วันที่เก็บละอองเกสร วันที่ดอกบาน วันที่ผสมเกสร จำนวนผลที่ได้แต่ละคู่ผสม วันที่เก็บผล การมีโรค-แมลง และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับฝน

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2558 - ก.ย. 2560

การทดลองที่ 1.2 การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

แผนการทดลอง

ไม่มีการวางแผนการทดลอง นำเมล็ดพันธุ์กาแฟโรบัสตาลูกผสมที่ได้จากการทดลองที่ 1.1 ไปปลูกทดสอบ โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

- กลุ่มที่ 1 มี 10 คู่ผสม ได้แก่

1) พันธุ์ L3 X พันธุ์ FRT03
2) พันธุ์ FRT03 X พันธุ์ L3
3) พันธุ์ L3 X พันธุ์ชุมพร 84-4
4) พันธุ์ชุมพร 84-4 X พันธุ์ L3
5) พันธุ์ชุมพร 1 X พันธุ์ FRT03
6) พันธุ์ FRT03 X พันธุ์ ชุมพร 1
7) พันธุ์ชุมพร 1 X พันธุ์ ชุมพร 84-4
8) พันธุ์ชุมพร 84-4 X พันธุ์ ชุมพร 1
9) พันธุ์ชุมพร 1 X พันธุ์ L69
10) พันธุ์ L69 X พันธุ์ชุมพร 1

- กลุ่มที่ 2 มี 6 คู่ผสม ได้แก่

1) พันธุ์ชุมพร 2 (Control)
2) พันธุ์ PP05 X พันธุ์ SC05
3) พันธุ์ SKE01 X พันธุ์ FRT65
4) พันธุ์ SKE06 X พันธุ์ FRT65
5) พันธุ์ PP01 X พันธุ์ SKE06
6) พันธุ์ FRT65 X พันธุ์ SC05

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ทำการเก็บผลสุกจากทุกคู่ผสมแบบแยกต้น ทำการเพาะเมล็ดเป็นต้นกล้า คัดเลือกต้นกล้าที่แข็งแรงคู่ผสมละ 50-100 ต้น ขึ้นกับการติดผล เริ่มทำการคัดเลือก ต้นกล้าที่แข็งแรงสมบูรณ์นำไปปลูกลงแปลงเพื่อ

ศรีวิชาการเกษตร

คัดเลือกต่อไป เตรียมพื้นที่แปลงทดลอง ระยะปลูก 3 เมตร x 3 เมตร ขุดหลุมปลูก 30 ซม. x 30 ซม.และส่งตัวอย่างดินเพื่อตรวจวิเคราะห์ จากนั้นนำต้นลูกที่ได้ลงปลูกเปรียบเทียบกับต้นพันธุ์พ่อ-แม่ และพันธุ์เปรียบเทียบ (พันธุ์แนะนำต่าง ๆ) ลงปลูกในแปลงทดลอง ใช้ปุ๋ยคอก 1-2 กก. ร็อคฟอสเฟต 200 กรัม ต่อหลุม คลุกเคล้ากับดินบน ใส่ก้นหลุม ใส่ดินล่างตาม ปลูกให้ผิวดินเสมอกัน ให้น้ำหลังปลูกและพรางแสงต้นกล้าด้วย ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทุก 3 เดือนหลังจากปลูกเป็นต้นไป และ เมื่อต้นกาแฟมีดอกและมีการติดผล เก็บข้อมูลผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต และดูแลรักษา ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้น้ำ กำจัดวัชพืช ใช้สารเคมี เพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความจำเป็น บันทึกข้อมูล ต้นพ่อ-แม่พันธุ์ และ ต้น progenies การให้ผลเร็วและการให้ผลสม่ำเสมอทุกปี ลักษณะการให้ผล และลักษณะเฉพาะตัว ผลผลิต และ yield components คุณภาพของเมล็ด ขนาดเมล็ดและน้ำหนัก 100 เมล็ดกาแฟ สี ปริมาณเมล็ดลีบ สัดส่วนผลสดต่อเมล็ดกาแฟสาร (% Out-turn) การเข้าทำลายของโรคและแมลง วันที่ดอกบาน ระยะเวลาจากวันที่ดอกบานถึงวันที่ผลสุกเก็บเกี่ยวได้ ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว และข้อมูลอุตุนิยมวิทยา โดยเฉพาะที่เกี่ยวกับฝน

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2559 - ก.ย. 2564

กิจกรรมที่ 2 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตา

การทดลองที่ 2.1 การรวบรวมและศึกษาพันธุ์กาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ต่าง ๆ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

แบบและวิธีการทดลอง : ไม่มีการวางแผนการทดลอง

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ปลูกร่วมกับต้นมะพร้าวแบบแถวคู่ ดูแลรักษาในช่วง 2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 300 และ 500 กรัม/ต้น/ปี ตามลำดับโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง พร้อมทั้งใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตรา 100 และ 300 กรัม/ต้น/ปี ในช่วงปลายฤดูฝน บำรุงต้นโดยใส่ปุ๋ยสูตร 12-12-17 อัตรา 1 กก./ต้น/ปี แบ่งใส่ 2 ครั้งพร้อมทั้งใส่ปุ๋ยยูเรีย 300 กรัม/ต้น/ปี ในช่วงปลายฤดูฝน ทำการตัดแต่งกิ่งทรงต้นให้แต่ละต้นมี 4 กิ่งหลัก และปลิดกิ่งแขนงออกทุกๆ 2-4 เดือน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและคุณลักษณะประจำพันธุ์ต่าง ๆ บันทึกผลผลิต เช่น ปริมาณผลสด และเมล็ดกาแฟแห้ง บันทึกคุณภาพผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด และอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn)

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2559 - ก.ย. 2564

การทดลองที่ 2.2 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตาเมล็ดใหญ่ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 บล็อก ให้พันธุ์ (สายต้น) เป็นกรรมวิธีมี 10 กรรมวิธี กำหนดให้มี 6 ต้นต่อพันธุ์ต่อบล็อก กรรมวิธีมีดังนี้

1. พันธุ์ชุมพร 1 (พันธุ์เปรียบเทียบ)
2. พันธุ์ชุมพร 84-4 (พันธุ์เปรียบเทียบ)
3. พันธุ์ชุมพร 84-5 (พันธุ์เปรียบเทียบ)
4. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L3
5. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L21
6. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L32
7. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L49
8. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L59
9. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L66
10. พันธุ์เมล็ดใหญ่ L69

รวมทั้งสิ้น 6 x 11 x 4 = 288 ต้น (ยังไม่รวม guard rows รอบแปลงและระหว่างบล็อก)

กรมวิชาการเกษตร

วิธีปฏิบัติการทดลอง

การดูแลรักษาการให้ปุ๋ยและการตัดแต่งกิ่งตามคำแนะนำของศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร การกำจัดวัชพืชกระทำเท่าที่จำเป็น ในฤดูแล้งจัดระหว่างเดือน มีนาคม – เมษายน มีการให้น้ำ 1-2 ครั้ง/เดือน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ความสูงและทรงพุ่มของต้น องค์ประกอบของผลผลิตบางลักษณะ ให้คะแนนความอุดมสมบูรณ์ของต้น บันทึกระยะเวลาการออกดอก จำนวนครั้งที่ออกดอก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และจำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว บันทึกปริมาณผลผลิตสดและเมล็ดกาแฟ (ความชื้นเมล็ด 12-13%) ต่อต้น และคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ด ขนาดเมล็ด ฯลฯ

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2558 - ก.ย. 2561

การทดลองที่ 2.3 การเปรียบเทียบพันธุกาแฟโรบัสตา 10 สายพันธุ์ ชุดที่ 7 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ พันธุ์เป็นกรรมวิธี มี 10 กรรมวิธี ดังนี้

- FRT 23
- FRT 32
- FRT 35
- FRT 52
- FRT 55
- FRT 60
- FRT 61
- FRT 67
- FRT 79
- ชุมพร 2 (พันธุ์เปรียบเทียบ)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดูแลรักษาในช่วง 2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ทำการตัดแต่งกิ่งทรงต้นให้แต่ละต้นมี 3-5 กิ่งหลัก และปลิดกิ่งแขนงออกทุก 2-4 เดือน การกำจัดวัชพืช กระทำเท่าที่จำเป็น ฤดูแล้งมีการให้น้ำ 1-2 ครั้ง/เดือน บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น รอบโคน ความสูง จำนวนกิ่ง/ต้น ความยาวกิ่ง จำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อก่ง ความยาวข้อจำนวนผลต่อข้อ การให้ผลผลิต เช่น การออกดอกและระยะเวลาเก็บเกี่ยว บันทึกข้อมูลผลผลิต เช่น ปริมาณผลสดและเมล็ดกาแฟ บันทึกคุณภาพผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด เปอร์เซ็นต์คาเฟอีน อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) บันทึกการเข้าทำลายของโรคและแมลง

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2559 - ก.ย. 2561

การทดลองที่ 2.4 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 8 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB 3 ซ้ำ พันธุ์เป็นกรรมวิธี มี 12 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พันธุ์ FRT 107	กรรมวิธีที่ 2 พันธุ์ FRT 137
กรรมวิธีที่ 3 พันธุ์ PP 01	กรรมวิธีที่ 4 พันธุ์ PP 05
กรรมวิธีที่ 5 พันธุ์ SC 05	กรรมวิธีที่ 6 พันธุ์ SKE 01
กรรมวิธีที่ 7 พันธุ์ SKE 06	กรรมวิธีที่ 8 พันธุ์ SC12
กรรมวิธีที่ 9 พันธุ์ PA03	กรรมวิธีที่ 10 พันธุ์ TST07
กรรมวิธีที่ 11 พันธุ์ TST08	กรรมวิธีที่ 12 พันธุ์ ชุมพร 2 (พันธุ์เปรียบเทียบ)

โดยกาแฟปลูกในแปลงทดลองใช้ระยะปลูก 3 x 3 เมตร

กรมวิชาการเกษตร

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดูแลรักษาแปลงปลูก กำจัดวัชพืช ทำการให้น้ำในช่วงแล้ง ประมาณ 2 สัปดาห์/ครั้ง บำรุงต้นกาแฟโดยการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งใส่ 4 ครั้งตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ทำการตัดแต่งกิ่งทรงต้นให้แต่ละต้นมี 4 กิ่งหลัก และปลิดกิ่งแขนงออกทุก 2-4 เดือน ทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคกาแฟตามความเหมาะสม บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น รอบโคน ความสูง จำนวนกิ่ง/ต้น ความยาวกิ่ง จำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อกิ่ง ความยาวข้อจำนวนผลต่อข้อ บันทึกการให้ผลผลิต เช่น การออกดอก และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ปริมาณผลสด และ เมล็ดกาแฟแห้ง คุณภาพผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด %คาเฟอีน อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) และบันทึกการเข้าทำลายของโรคและแมลง

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2559 - ก.ย. 2564

การทดลองที่ 2.5 เปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 9 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ต้น ให้พันธุ์เป็นกรรมวิธี มีทั้งหมด 12 กรรมวิธี ใช้ 6 ต้น เป็น 1 experimental unit กรรมวิธี มีดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พันธุ์ชุมพร 2 (Control)	กรรมวิธีที่ 2 พันธุ์ FRT133
กรรมวิธีที่ 3 พันธุ์ JM04	กรรมวิธีที่ 4 พันธุ์ JM03
กรรมวิธีที่ 5 พันธุ์ FRT135	กรรมวิธีที่ 6 พันธุ์ FRT141
กรรมวิธีที่ 7 พันธุ์ SC10	กรรมวิธีที่ 8 พันธุ์ SC11
กรรมวิธีที่ 9 พันธุ์ PP08	กรรมวิธีที่ 10 พันธุ์ SKE08
กรรมวิธีที่ 11 พันธุ์ SWJ02	กรรมวิธีที่ 12 พันธุ์ JM08

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดูแลรักษาแปลงปลูก กำจัดวัชพืช ทำการให้น้ำในช่วงแล้ง ประมาณ 2 สัปดาห์/ครั้ง บำรุงต้นกาแฟโดยการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งใส่ 4 ครั้งตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ทำการตัดแต่งกิ่งทรงต้นให้แต่ละต้นมี 4 กิ่งหลัก และปลิดกิ่งแขนงออกทุก 2-4 เดือน ทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคกาแฟตามความเหมาะสม บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น รอบโคน ความสูง จำนวนกิ่ง/ต้น ความยาวกิ่ง จำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อกิ่ง ความยาวข้อจำนวนผลต่อข้อ บันทึกการให้ผลผลิต เช่น การออกดอก และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ปริมาณผลสด และ เมล็ดกาแฟแห้ง คุณภาพผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด %คาเฟอีน อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) และบันทึกการเข้าทำลายของโรคและแมลง

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2559 - ก.ย. 2564

การทดลองที่ 2.6 เปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 8 สายพันธุ์ ชุดที่ 10 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 3 ซ้ำ ซ้ำละ 9 ต้น ให้พันธุ์เป็นกรรมวิธี มีทั้งหมด 8 กรรมวิธี ใช้ 6 ต้น เป็น 1 experimental unit กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 พันธุ์ชุมพร 2 (Control)	กรรมวิธีที่ 2 พันธุ์ SC07
กรรมวิธีที่ 3 พันธุ์ SKE10	กรรมวิธีที่ 4 พันธุ์ TPO14

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 5 พันธุ์ TPO17 กรรมวิธีที่ 6 พันธุ์ Pro –SRP13
กรรมวิธีที่ 7 พันธุ์ SKS03 กรรมวิธีที่ 8 พันธุ์ TPO10

วิธีปฏิบัติการทดลอง

ดูแลรักษาแปลงปลูก กำจัดวัชพืช ทำการให้น้ำในช่วงแล้ง ประมาณ 2 สัปดาห์/ครั้ง บำรุงต้นกาแฟโดยการใส่ปุ๋ยคอกและปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน แบ่งใส่ 4 ครั้งตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ทำการตัดแต่งกิ่งทรงต้นให้แต่ละต้นมี 4 กิ่งหลัก และปลิดกิ่งแขนงออกทุก 2-4 เดือน ทำการพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคกาแฟตามความเหมาะสม บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต เช่น รอบโคน ความสูง จำนวนกิ่ง/ต้น ความยาวกิ่ง จำนวนข้อที่ให้ผลผลิตต่อกิ่ง ความยาวข้อจำนวนผลต่อข้อ บันทึกการให้ผลผลิต เช่น การออกดอก และระยะเวลาเก็บเกี่ยวผลผลิต เช่น ปริมาณผลสด และ เมล็ดกาแฟแห้ง คุณภาพผลผลิต เช่น ขนาดเมล็ด %คาเฟอีน อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) และบันทึกการเข้าทำลายของโรคและแมลง

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จังหวัดชุมพร **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2559 - ก.ย. 2564

การทดลองที่ 2.7 การทดสอบพันธุ์กาแฟโรบัสตา ชุดที่ 2 ในแหล่งปลูกต่าง ๆ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

แบบและวิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 6 บล็อก ให้พันธุ์ (สายต้น) เป็นกรรมวิธี มี 3 กรรมวิธี กำหนดให้มี 6 ต้นต่อพันธุ์ต่อบล็อก กรรมวิธี ดังนี้

1. พันธุ์ชุมพร 2 (FRT 65)
2. พันธุ์ชุมพร 84-4 (FRT 09)
3. พันธุ์ชุมพร 84-5 (FRT 68)

รวมทั้งสิ้น 3 x 6 x 6 = 180 ต้น (ไม่รวม guard rows)

วิธีปฏิบัติการทดลอง

การดูแลรักษา เพื่อให้มีการจัดการสวนที่ดี มีการให้คำแนะนำการเขตกรรมแก่เจ้าของแปลงในเรื่องการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ปูน การตัดแต่งกิ่ง การกำจัดวัชพืช การป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น บันทึกข้อมูลการเจริญเติบโต ความสูงและทรงพุ่มของต้น องค์ประกอบของผลผลิตบางลักษณะ ให้คะแนนความอุดมสมบูรณ์ของต้น การปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อม การออกดอกและติดผลครั้งแรก (precocity) ระยะเวลาการออกดอก และจำนวนครั้งที่ออกดอก ระยะเวลาการเก็บเกี่ยว และจำนวนครั้งที่เก็บเกี่ยว บันทึกปริมาณผลผลิตสดและเมล็ดกาแฟ (ความชื้นเมล็ด 12-13%) ต่อต้น คุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ น้ำหนัก 100 เมล็ดกาแฟ ขนาดเมล็ด ฯลฯ และลักษณะเฉพาะอื่น ๆ เช่น กิ่งหักง่ายเมื่อติดผลมาก การเป็นโรค ฯลฯ

สถานที่ทำการทดลอง แปลงเกษตรกร อ.สวี จ.ชุมพร, จ.ระนอง, อ.ท่าปลา จ.อุตรดิตถ์ และ อ.เมือง จ.ศรีสะเกษ **ระยะเวลาการทดลอง** ต.ค. 2558 - ก.ย. 2561

ผลการวิจัย (Results)

กิจกรรมที่ 1 การสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตาพันธุ์ใหม่

การทดลองที่ 1.1 การสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่มที่ 1 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

กรมวิชาการเกษตร

1. สัณฐานวิทยาของดอกกาแฟและวันที่ดอกบาน โดยทั่วไปดอกเกิดที่ข้อตรงซอกใบ มีจำนวนประมาณ 8-20 ดอกต่อซอกใบ ดอกมีกลีบเลี้ยงห้าแฉก รองรับกลีบดอกสีขาว 5 กลีบ ส่วนล่างของกลีบดอกเชื่อมติดกันคล้ายเป็นถ้วยทรงกระบอก มีอับละอองเกสรเพศผู้สีเหลืองติดอยู่กับกลีบดอกแต่ละกลีบ มีก้านอับละอองเกสรตัวผู้สั้นทำหน้าที่ยึดอับละอองเกสรไว้กับกลีบดอก ก้านเกสรเพศเมียมีปลายแยกเป็นสองแฉกและมีรังไข่ตรงส่วนฐานของดอก (inferior ovary) ซึ่งแบ่งเป็นสองช่อง แต่ละช่อง มีไข่ (ovule) อยู่ข้างละใบ ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับการผสมเมื่อดอกบานเช้าตรู่ หลังจากนั้นไม่นานอับละอองเกสรเพศผู้เริ่มแตก ปล่อยละอองเกสร จึงเกิดการผสมเกสรขึ้นและมีการติดผลต่อไป ในเขตภาคใต้ของประเทศไทยกาแฟโรบัสตาออกดอกประมาณเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ (สุรีรัตน์ และ เสาวนีย์ 2548) ในช่วงที่ทำการทดลอง มีวันที่ดอกบาน 5-6 ชุด แต่ในปี 2559-2560 ทำการผสมได้เพียง 3 ชุดเท่านั้น เนื่องจากฝนตกหนักในวันที่ดอกบาน ทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้และชุดวันที่ 23 ธันวาคม พ.ศ. 2559 นั้นฝนตกหนักมากหลังวันผสม จนถุงคลุมช่อดอกเปียกโชกลู่ลีบลงไปติดกับช่อดอก ดอกไม่น่าจะติดผลได้ จึงได้ดำเนินการผสมเพิ่มในปี 2560-2561 เพื่อให้ได้ปริมาณเมล็ดมากขึ้น

2. ผลการผสมเกสรและอัตราการติดผล จากการสังเกตพบว่า อัตราการติดผลขึ้นกับ

1) สภาพความพร้อมของดอก การผสมดอกที่ตูม (เริ่มคลี่กลีบดอกพร้อมที่จะบานวันรุ่งขึ้น) แม้เพียงวันเดียวก็ทำให้ไม่ติดผล อาจเนื่องจากยอดเกสรเพศเมียยังไม่พร้อมผสม (non-receptive) การผสมเกสรในปีแรกที่ทำการทดลองได้อัตราการติดผลต่ำมาก เนื่องจากผสมขณะดอกอ่อนเกินไป การที่เลือกผสมดอกขณะตูมเพราะปฏิบัติงานได้ง่ายกว่า แต่เมื่อพบว่าให้ผลต่ำ ในปีต่อ ๆ มาจึงได้ทำการผสมเมื่อดอกบาน ทำให้ได้ผลดีขึ้น

2) อายุของกิ่งและตำแหน่งของกิ่งที่ทำการผสมเกสร กิ่งที่อายุน้อยน่าจะมีอัตราการติดผลดีกว่า พบว่าอายุของกิ่งและตำแหน่งความสูงของกิ่งมีความเกี่ยวเนื่องกัน ผลที่ติดส่วนใหญ่อยู่บนกิ่งที่แตกใหม่ (ซึ่งมักจะอยู่ในระดับต่ำไม่ต้องเอื้อมมือสูง) มากกว่ากิ่งที่อายุมาก (ซึ่งมักจะอยู่สูงบนต้น) ผลติดบนกิ่งอายุมากมีน้อยและถ้าติดก็มักจะอยู่ไม่ถึงระยะสุกเก็บเกี่ยวได้ ผลก็จะแห้งหรือฝ่อไปหรือแห้งทั้งกิ่งก่อนผลสุก กิ่งที่นับว่าอยู่ในตำแหน่งที่สะดวกในการปฏิบัติงานควรสูงจากพื้นดินประมาณ 120 $\pm$ 20 ซ.ม. ทั้งนี้ขึ้นกับความสูงของผู้ปฏิบัติงานด้วย

3) สภาพแวดล้อม

- ควรทำการผสมในช่วงเช้า ตั้งแต่ดอกเริ่มบานเช้าตรู่ 7.00-10.00 น. อากาศที่ไม่ร้อนเกินไปช่วยให้การทำงานผ่อนคลายและได้ผลงานที่ดี
- การปฏิบัติงานบางวันมีฝนตกขณะทำการผสมเกสรทำให้ไม่สามารถปฏิบัติงานได้และมีอัตราการติดผลต่ำ
- สภาพแวดล้อมหลังการผสม มีฝนตกในวันที่ผสมหรือวันรุ่งขึ้นหลังผสมเกสรแล้วมีผลต่อการปฏิบัติงานและการติดของผลเป็นอย่างมาก ควรเปิดถุงออกภายใน 2-4 วัน สภาพอากาศหลังจากผสมแล้วน่าจะมีผลต่อการติดผลเช่นกัน หากอากาศร้อนจัดและถอดถุงช้าไป (7 วัน)
- สภาพการเจริญเติบโตของผลบนต้นจนถึงวันเก็บเกี่ยวได้

4) การเข้ากันได้ของพันธุ์ พันธุ์ L69 x ชุมพร 1 มีอัตราการติดผลสูงกว่าคู่อื่น ๆ เฉพาะคู่ผสมนี้ แม้แต่คู่ผสมสลับแม่-พ่อพันธุ์ (reciprocal) ก็ได้อัตราการติดผลต่ำกว่ามาก (ตารางที่ 1.1)

5) ความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน ขณะปฏิบัติงานต้องทำอย่างระมัดระวัง เพื่อให้ส่วนต่าง ๆ ของพืชมีการบอบช้ำน้อยที่สุด ซึ่งผลกระทบจากการปฏิบัติดูแลหลังการผสมเกสร การปลิดผลที่เกิดภายหลังออกให้หมดบ่อย ๆ อาจมีผลกระทบกระเทือนต่อผลอ่อนที่ต้องการได้

กรมวิชาการเกษตร

โดยธรรมชาติแล้วอัตราการติดผลเป็นผลลัพธ์มาจากการผสมเกสรอย่างสมบูรณ์ กาแฟอะราบิกาเป็นพืชผสมข้าม (crossed pollinated) และผสมเกสรโดยลม (wind pollinated) เป็นหลัก มีรายงานว่าอัตราการติดผลของกาแฟเพิ่มขึ้นได้หากมีการช่วยผสมเกสรของแมลง (Le Pelley, 1973; Klein et al., 2003) อย่างไรก็ตาม ในการทดลองนี้อัตราการติดผลต่ำอาจมีสาเหตุจากการติดผลไม่สมบูรณ์เนื่องจากสาเหตุหลักสองประการดังที่ได้กล่าวไว้แล้ว คือ สภาพของดอกที่มีเกสรเพศเมียไม่พร้อมผสมและสภาพฝนขณะผสมและหลังวันผสม ส่วนปัจจัยอื่นนอกเหนือจากนั้นน่าจะเป็นสาเหตุรองลงมา อย่างไรก็ดี แม้ว่าการที่ผลจะเจริญเติบโตจนสุกเก็บเกี่ยวได้ ขึ้นกับปัจจัยอื่น ๆ ด้วย เช่น แมลง สภาพแวดล้อม และธาตุอาหาร (สุรีรัตน์ และ เสาวนีย์ 2548; Cannel, 1985) แต่ได้มีการจัดการปัจจัยอื่น ๆ ในการทดลองนี้อย่างเหมาะสม จึงไม่น่าจะเป็นสาเหตุในการติดผลต่ำดังกล่าว

ตารางที่ 1.1 คู่ผสมและประมาณการจำนวนดอกที่ทำการผสม จำนวนต้นกล้าที่ได้และอัตราการติดผล

คู่ผสมที่	คู่ผสม (แม่)	คู่ผสม (พ่อ)	ปี 2558/59			ปี 2560/61		
			จำนวนดอก	จำนวนกล้า	อัตราการติดผล (%)	จำนวนดอก	จำนวนกล้า	อัตราการติดผล (%)
1	L3	FRT 03	60	1	0.83	210	28	7.00
2	FRT 03	L3	90	0	0	120	19	7.92
3	L3	ชุมพร 4	570	1	0.0009	240	44	9.17
4	ชุมพร 4	L3	300	1	0.17	240	0	0
5	ชุมพร 1	FRT 03	60	1	0.83	360	69	0.10
6	FRT 03	ชุมพร 1	270	1	0.19	420	47	5.60
7	ชุมพร 1	ชุมพร 4	210	0	0	480	21	2.19
8	ชุมพร 4	ชุมพร 1	420	0	0	300	0	0
9	ชุมพร 1	L69	300	0	0	120	6	2.5
10	L69	ชุมพร 1	150	7	2.33	270	157	29.07
รวม			2430	12	0.25	2760	391	14.17

หมายเหตุ 1) ใน 1 ช่อดอก มีจำนวนดอกที่ทำการผสม ประมาณ 20-40 ดอก ค่าเฉลี่ย 30 ดอกต่อถุง

2). อัตราการติดผล = $\frac{\text{จำนวนกล้าที่ได้}}{\text{จำนวนดอกที่ผสม } \mathbf{X}\ 2} \times 100$ (เนื่องจาก 1 ดอกสามารถติดเมล็ดได้ 2 เมล็ด)

การสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่มที่ 2

ทำการผสมพันธุ์ในแปลงพ่อ-แม่พันธุ์ พบว่า ในปี2558/59 ดอกกาแฟมีหลายชุด ปริมาณดอกมากน้อยแตกต่างกันในแต่ละครั้ง โดยการบานของดอกกาแฟจะขึ้นอยู่กับปัจจัยของฝนเป็นหลัก จากการนับจำนวนผลที่ติดหลังจากการผสมพันธุ์ 6 เดือน พบว่า คู่ผสมที่ 5 (PP01 X SKE06) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด คือ 65.14 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสมที่ 6 (ชุมพร 2 X SC05) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลต่ำที่สุด คือ 23.29 เปอร์เซ็นต์ สำหรับพันธุ์ SC05 (คู่ผสมที่ 1 SC05 X PP05) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลค่อนข้างดี แต่ไม่สามารถเก็บผลมาเพาะได้ เนื่องจากหลังจาการผสมดอกกาแฟมีการพัฒนามาจนถึงเป็นผลกาแฟที่ใกล้กำหนดเก็บเกี่ยว จะแสดงอาการผลเหลืองและร่วง

กรมวิชาการเกษตร

หล่นในที่สุด อีกทั้งต้นแม่พันธุ์ SC 05 จะออกดอกน้อยกว่าพันธุ์อื่นๆ การผสมเกสรในปี 2559/60 พบว่า คู่ผสมที่ 2 (PP05 X SC05) มีเปอร์เซ็นต์การติดผลสูงที่สุด คือ 59.91 เปอร์เซ็นต์ ส่วนคู่ผสมที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์การติดผลต่ำที่สุด คือ 14.83 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1.2) โดยมีกาแฟชุดใหญ่ 1 ชุด ไม่สามารถทำการผสมเกสรได้เนื่องจากมีฝนตกติดต่อกัน 11 วัน สำหรับการติดผลมีลักษณะการไม่ติดผล 2 ลักษณะด้วยกัน คือหลังจากได้รับการผสมพันธุ์แล้วดอกกาแฟจะเหี่ยวและไม่มีการพัฒนาไปเป็นผลกาแฟ กับผลมีการพัฒนาแต่หลุดร่วงก่อนการเก็บเกี่ยว (พันธุ์ SC05)

ตารางที่ 1.2 จำนวนดอกกาแฟที่ได้รับการผสมพันธุ์ จำนวนผลที่ติดหลังการผสมพันธุ์ จำนวนผลที่เพาะ ตามกรรมวิธีต่าง ๆ ปี59/60

คู่ผสม	จำนวนดอกที่ผสมพันธุ์	จำนวนผลที่ติด	เปอร์เซ็นต์การติดผล	จำนวนผลที่เพาะ (ก.ย.60)
1. SC05 X PP05	304	130	42.76	33
2. PP05 X SC05	3,012	1,755	58.27	1,070
3. SKE01 X ชุมพร 2	4,847	2,441	50.36	866
4. SKE06 X ชุมพร 2	3,369	1,682	49.93	840
5. PP01 X SKE06	3,497	1,259	36.00	912
6. ชุมพร 2 X SC05	4,430	657	14.83	129

การทดลองที่ 1.2 การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา (เริ่มต้น 2561 – สิ้นสุด 2564)

การทดลองที่ 1.2 เป็นการนำลูกผสมกาแฟโรบัสตาจากการทดลองที่ 1.1 มาทำการคัดเลือกเพื่อให้ได้พันธุ์ลูกผสมที่ให้ผลผลิตสูงและมีขนาดเมล็ดค่อนข้างใหญ่ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่ม 1

ทำการปลูกเมื่อเดือนพฤศจิกายน 2561 เนื่องจากมีฝนตกต่อเนื่องหลายเดือน ทำให้ไม่สามารถปรับพื้นที่ได้ ทำให้ปลูกล่าช้าจากปกติที่จะปลูกในเดือนพฤษภาคม 2561 ปัจจุบันต้นกาแฟอะราบิกาอายุ 3 ปี ทำการบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตและข้อมูลการให้ผลผลิต ดังนี้

1. การเจริญเติบโต ลูกผสมคู่ที่ 4 พันธุ์ชุมพร 4 x L3 ลูกผสมคู่ที่ 8 พันธุ์ชุมพร 4 x ชุมพร 1 และลูกผสมคู่ที่ 9 พันธุ์ชุมพร 1 x L69 มีปัญหาจำนวนต้นไม่เพียงพอจึงได้ตัดออกจากการทดลอง และได้ทำการผสมพันธุ์เพิ่ม ได้แก่ พันธุ์ L69 x ชุมพร 4 และนำเมล็ดที่ได้มาทำการคัดเลือกร่วมกัน จากข้อมูลพบว่าลูกผสมพันธุ์ L3 x ชุมพร 4 มีการเจริญเติบโตในด้านความสูงและทรงพุ่มดีกว่าลูกผสมพันธุ์อื่น (ตารางที่ 1.3) รองลงมา ได้แก่ ลูกผสม FRT03 x ชุมพร 1

ศูนย์วิจัยการเกษตร

ตารางที่ 1.3 ค่าเฉลี่ยความสูงและความกว้างทรงพุ่มของกาแฟลูกผสมพันธุ์ต่าง ๆ

คู่ที่	พันธุ์	ความสูง (ซม.)	ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.)	ผลผลิตเมล็ดแห้ง (กก./ไร่/ปี)	อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ด (กรัม)	ค่าเมล็ดเต็มผล
1	L3 x FRT03	147.71	155.71	6.64	16.70	16.27	1.59
2	FRT03 x L3	126.27	141.90	0.42	16.00	13.08	1.68
3	L3 x ชุมพร 4	**174.74**	**178.62**	**15.63**	18.68	15.91	**1.80**
5	ชุมพร 1 x FRT03	147.80	166.88	**23.86**	18.04	12.72	1.76
6	FRT03 x ชุมพร 1	**161.02**	**168.99**	9.22	18.57	14.02	1.72
7	ชุมพร 1 x ชุมพร 4	136.00	122.00	2.41	**20.21**	**17.35**	**1.86**
10	L69 x ชุมพร 1	146.83	148.17	2.81	**21.42**	**17.23**	1.71
11	L69 x ชุมพร 4	154.92	161.25	10.36	16.75	**17.39**	1.74

2. ผลผลิต ปี 2563/64 ต้นกาแฟบางคู่ผสมออกดอก แต่เนื่องจากกาแฟอายุน้อยเพียง 2 ปี จึงได้ทำการปลิดดอกออกเพื่อให้ต้นมีความสมบูรณ์ ปี 2564/65 เป็นการเก็บผลผลิตปีแรกซึ่งบางต้นยังให้ผลผลิตไม่เต็มที่ จากการเก็บข้อมูล พบว่าลูกผสมพันธุ์ชุมพร 1 x FRT03 ให้ผลผลิตเมล็ดแห้งมากที่สุด 23.86 กิโลกรัม/ไร่/ปี รองลงมาได้แก่ลูกผสม L3 x ชุมพร 4 และ L69 x ชุมพร 4 ซึ่งให้ผลผลิต 15.63 และ 10.36 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 1.3) โดยลูกผสมพันธุ์ L69 x ชุมพร 1 มีอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดกาแฟแห้งเฉลี่ย น้ำหนักเมล็ดแห้งและค่าเมล็ดเต็มผลมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าลูกผสมนี้มีเปลือกผลบาง ส่งผลให้ค่าอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งมีค่าสูง สอดคล้องกับสุรีรัตน์ และคณะ (2555) ที่รายงานว่าอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งที่ดีจะมีค่าตั้งแต่ 20.4-25.0 เปอร์เซ็นต์ และมีน้ำหนักเมล็ดสูงกว่ามาตรฐานของเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ปกติจะมีน้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ดอยู่ในช่วง 12-15 กรัม (Charrier and Berthaud, 1987 *อ้างถึงใน* สุรีรัตน์ และคณะ, 2555; Clarke, 1988) ส่วนค่าเมล็ดเต็มผลเป็นค่าที่แสดงให้เห็นว่าในกาแฟพันธุ์นั้นมีเมล็ดคู่มากหรือน้อย (IPGRI, 1996) (ค่าเมล็ดเต็มผล = 2) ซึ่งกาแฟที่มีเมล็ดเดี่ยวหรือเมล็ดลีบมากจะส่งผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลง ซึ่งการมีเมล็ดเดี่ยวเพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์หมายถึงการลดลงของผลผลิต 0.75 เปอร์เซ็นต์ (Ferwerda, 1948)

เนื่องจากกาแฟทดลองเป็นกาแฟที่มาจากการเพาะเมล็ดจึงมีความไม่สม่ำเสมอในเรื่องการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต ไม่เหมือนกับกาแฟที่มาจากวิธีการเปลี่ยนยอดหรือเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่จะมีความสม่ำเสมอมากกว่า จากการทดลองพบว่าภายในคู่ผสมเดียวกันมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก หากคัดเลือกลูกผสมเฉพาะต้นที่มีความดีเด่นโดยพิจารณาจากอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (% Out-turn) น้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ด และปริมาณผลผลิต พบว่ามี 5 คู่ผสม 7 ต้น ที่มีลักษณะดี ให้ปริมาณผลผลิตมากกว่าค่าเฉลี่ยในกลุ่มลูกผสมเดียวกัน (ตารางที่ 1.4) โดยลูกผสมทั้ง 7 ต้น มี Out-turn อยู่ในช่วง 17.47 – 22.71 เปอร์เซ็นต์ บางต้นมี Out-turn ต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ แต่มีน้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ดสูงกว่า 17 กรัม ซึ่งเป็นเมล็ดที่มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (น้ำหนัก 17-18 กรัม) ไปจนถึงเมล็ดใหญ่ (น้ำหนักมากกว่า 18 กรัม) การที่เมล็ดมีขนาดค่อนข้างใหญ่น่าจะมาจาก

กรมวิชาการเกษตร

การใช้ต้นแม่เป็นพันธุ์ที่มีเมล็ดขนาดใหญ่ เช่น พันธุ์ชุมพร 1 และ L3 ซึ่งเป็นพันธุ์ไทยพื้นเมือง ทั้งนี้ขนาดและน้ำหนักของเมล็ดจะได้รับการถ่ายทอดลักษณะที่ดีจากต้นแม่ (Ferwerda, 1948)

ตารางที่ 1.4 ลูกผสมกาแฟโรบัสตาต้นที่มีอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งและน้ำหนักเมล็ดแห้งสูง

คู่ที่	พันธุ์	ต้นที่	อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนักเมล็ดแห้ง 100 เมล็ด (กรัม)	ค่าดัชนีเมล็ดเต็มผล (fruit filling)	ผลผลิตเมล็ดแห้ง/ไร่/ปี (กก.)
1	L3 x FRT03	11	17.47	**21.61**	1.43	20.10
3	L3 x ชุมพร 4	21	**22.71**	16.55	**1.95**	16.88
		35	**19.47**	**21.38**	1.69	**39.63**
7	ชุมพร 1 x ชุมพร 4	3	18.10	17.21	1.77	21.30
		6	**22.33**	17.49	**1.94**	17.39
10	L69 x ชุมพร 1	11	**19.86**	**21.21**	1.68	**41.1**
11	L69 x ชุมพร 4	15	**21.42**	17.23	1.71	16.68

การคัดเลือกพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา กลุ่ม 2

จากการทดลองกาแฟโรบัสตาลูกผสมแปลงที่ 1 ได้จากการผสมพันธุ์ของปี 2558/59 ให้ผลผลิตเพียง 1 ปี และผลผลิตปีที่ 2 ยังอยู่ระหว่างการเก็บเกี่ยวผลผลิต หากพิจารณาคัดเลือกในภาพรวมของคู่ผสม จากการเจริญเติบโตดี การออกดอกและการให้ผลผลิตเร็ว พบว่า ลูกผสมของสายพันธุ์ SKE06 X พันธุ์ชุมพร 2 มีการเจริญเติบโตดีที่สุด (ตารางที่ 1.5-1.6) ให้ผลผลิตและออกดอกเร็วกว่าคู่ผสมอื่นๆ ปีที่ 1 มีการออกดอกมากที่สุด 76 เปอร์เซ็นต์ จากจำนวนต้นทั้งหมด และปีที่ 2 มีการออกดอก 82 จากจำนวนต้นทั้งหมด แต่ยังพบการกระจายตัวของกาแฟลูกผสมแต่ต้นภายในคู่ผสมเดียวกัน จึงทำการคัดเลือกแยกแต่ละต้น เพื่อคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ดีเด่น การเจริญเติบโตดี ออกดอกเร็ว ผลผลิตดก จำนวนข้อที่ติดผลและจำนวนผลต่อกิ่งให้ผลมาก จำนวน 9 ต้น ประกอบด้วย ลูกผสมของสายพันธุ์ SKE01X พันธุ์ชุมพร 2 ต้นที่ 4 ลูกผสม สายพันธุ์ SKE06 X พันธุ์ชุมพร 2 ต้นที่ 12, ต้นที่ 14, ต้นที่ 25, ต้นที่ 27, ต้นที่ 32 และต้นที่ 49 ลูกผสม สายพันธุ์ PP01 X สายพันธุ์ SKE06 ต้นที่ 18 และต้นที่ 29

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1.5 ขนาดรอบโคนต้นเฉลี่ยของกาแฟโรบัสตาลูกผสม อายุ 3 ปี

คู่ผสม	รอบโคนต้น (ซม.)	ความสูงต้น (ซม.)	ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.)	จำนวนกิ่งที่ให้ผลผลิต/กิ่งหลัก (กิ่ง)	ความยาวกิ่ง (ซม.)	จำนวนข้อที่ติดผล/กิ่ง (ข้อ)
พันธุ์ชุมพร 2	**18.55**	**191.23**	**218.52**	25.60	**96.40**	9.21
ลูกผสม PP05X SC05	15.63	148.78	131.63	20.90	72.94	8.50
ลูกผสม SKE01X ชุมพร 2	15.21	171.29	165.21	24.38	83.43	8.38
ลูกผสม SKE06 X ชุมพร 2	**18.32**	**175.69**	**189.22**	**28.41**	**87.38**	**10.57**
ลูกผสม PP01 X SKE06	16.01	169.21	153.20	25.25	75.00	7.53
ลูกผสมชุมพร 2 X SC05	17.66	155.45	138.98	21.58	71.25	7.48

ตารางที่ 1.6 จำนวนกิ่งที่ให้ผลผลิต/กิ่งหลัก ความยาวกิ่ง จำนวนข้อที่ติดผล/กิ่ง ความยาวข้อจำนวนผล/ข้อ และจำนวนผล/กิ่ง ของกาแฟสายพันธุ์ต่าง ๆ (แปลงที่ 1)

คู่ผสม	ความยาวข้อ (ซม.)	จำนวนผล/ข้อ (ผล)	จำนวนผล/กิ่ง (ผล)	ต้นที่ออกดอกเมื่ออายุ 1 ปี (%)	ต้นที่ออกดอกเมื่ออายุ 2 ปี (%)	ผลผลิต (กรัม)
พันธุ์ชุมพร 2	4.01	**20.16**	108.73	96	100	3,882
ลูกผสม PP05X SC05	3.42	18.50	82.83	30	68	1,529
ลูกผสม SKE01X ชุมพร 2	3.74	16.18	99.57	40	84	2,982
ลูกผสม SKE06 X ชุมพร 2	3.41	**18.58**	**117.50**	76	82	**6,239**
ลูกผสม PP01 X SKE06	**3.25**	12.13	74.88	68	74	2,908
ลูกผสมชุมพร 2 X SC05	3.82	10.81	71.19	50	67	1,625

การเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟปี 2564/65 เป็นการเก็บเกี่ยวผลผลิตปีแรก ซึ่งกาแฟยังให้ผลไม่เต็มที่ทำให้ไม่สามารถประเมินศักยภาพของกาแฟได้อย่างถูกต้อง หากประเมินผลผลิตเฉพาะในช่วง 1-2 ปีแรก อาจทำให้การประเมินศักยภาพของกาแฟแต่ละต้น/พันธุ์มีความผิดพลาดได้ เนื่องจากกาแฟบางพันธุ์มีการให้ผลผลิตเร็วและมีปริมาณมากในช่วง 1-2 ปีแรก หลังจากนั้นจะเริ่มให้ผลผลิตลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บข้อมูล เช่น พันธุ์ FRT11, FRT16, FRT48 และพันธุ์ไทยพื้นเมือง (สุรีรัตน์ และคณะ, 2555) หรือบางพันธุ์มีลักษณะการให้ผลผลิตดีแบบปีเว้นปี (alternation phenomena) (ปานหทัยและคณะ, 2561) การให้ผลผลิตแบบปีเว้นปีนี้มักพบในกาแฟโรบัสตา และพบมากในกาแฟโรบัสตา (Cilas and Motagnon, 2011) ซึ่งกาแฟพันธุ์ดีควรมีลักษณะการให้ผลผลิตสม่ำเสมอตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บเกี่ยว ดังนั้นจึงควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปีต่อเนื่องกัน (Carvalho et al., 1969; Cilas et al.,

กรมวิชาการเกษตร

2003; da Fonseca et al., 2004) เพื่อให้ต้นกาแฟแสดงลักษณะเด่นและศักยภาพของแต่ละต้น/พันธุ์ได้อย่างเต็มที่ จะทำให้ผู้ประเมินพันธุ์สามารถประเมินได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

กิจกรรมที่ 2 การรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตา

การทดลองที่ 2.1 การรวบรวมและศึกษาพันธุ์กาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ต่าง ๆ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

1. **ข้อมูลการเจริญเติบโต**

1.1) ความสูง จากการสุ่มวัดเหนือระดับพื้นดิน 5 ซม. ถึงยอดที่คลี่เต็มที่ เมื่ออายุ 5 – 9 ปี พบว่า ในแต่ละปีต้นกาแฟแต่ละพันธุ์มีความสูงใกล้เคียงกัน โดยพันธุ์ PT6 มีความสูงเฉลี่ย 354 ซม.

1.2 ขนาดรอบโคน วัดเหนือระดับพื้นดิน 5 ซม. เมื่อต้นกาแฟอายุ 5 – 9 ปี ในแต่ละปีมีขนาดรอบโคนแตกต่างกัน ค่าเฉลี่ยขนาดรอบโคนแบ่งเป็น 3 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 มากกว่า 30 ซม. ประกอบด้วย PT 6, MRK3, MKR 4 และ D2ช่วงที่ 2 ตั้งแต่ 20-30 ซม. ประกอบด้วย PT 5, PT 8, PT 9, เวียดนาม, PT 1, C1/11, V 25, V 5, V 1, RJ 27, RJ 106, RJ 5, P2, MKR 2, MCR 61, MCR 64, K 3, K 4, IN 3, J 1, J 3, J 4, J 5, B 5, B 2, FRT 68, FRT 65, FRT 48, FRT 15, FRT 14, FRT 03, FRT 17, FRT 10, FRT 09, FRT 08, FRT 01 และ FRT 04 ช่วงที่ 3 ตั้งแต่ น้อยกว่า 20 ซม. ประกอบด้วยพันธุ์ PT5, RJ12, K2, FRT48, FRT47, FRT27, FRT05, FRT07, SKE09 และ TTK07 เกิดจากการปลูกซ่อมในบางพันธุ์ ส่งผลให้ขนาดรอบโคนมีขนาดเล็ก

2. ข้อมูลด้านผลผลิต ระหว่างปี 2559-2564 พบว่า สายพันธุ์ PT9 ให้ผลผลิตเฉลี่ยมากที่สุด 224 กก./ไร่/ปี และ มีน้ำหนักเมล็ดแห้งสูง 19.42 กรัม รองลงมาเป็นสายพันธุ์ R3 และ MKR 3 220 และ 214 กก./ไร่/ปี

การทดลองที่ 2.2 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตาเมล็ดใหญ่ (เริ่มต้น 2559-2561)

ผลจากการทดลอง คัดเลือกได้พันธุ์ L69 ซึ่งให้ผลผลิตสูงสุดและใกล้เคียงกับพันธุ์แนะนำชุมพร1 ชุมพร 4 และชุมพร 5 โดยให้ผลผลิตเมล็ดแห้ง 269 กก./ไร่/ปี เมล็ดมีขนาดปานกลาง น้ำหนัก100 เมล็ดอยู่ระหว่าง 15.0-17.3 กรัม หรือมีค่าเฉลี่ยรวม 15.8 กรัม มีเมล็ดขนาดใหญ่พรีเมี่ยม (เบอร์ 16 ขึ้นไป) เฉลี่ยรวม 60.4% รสชาติเมื่อชงดื่มเป็นกลาง เป็นที่ยอมรับได้ และมีอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้งเฉลี่ยรวม 19.9% (ตารางที่ 2.1) การที่ผลผลิตกาแฟอะราบิกาจะสูงหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะที่เป็นองค์ประกอบของผลผลิต (Yield components) ซึ่งมีอยู่มากมายด้วยกันและแต่ละลักษณะเป็นส่วนสำคัญของผลผลิตมากน้อยต่างกันไป (Cilas et al., 2006; Panyatona and Nopchinwong, 2006) เช่น จำนวนกิ่งหลักต่อต้น จำนวนกิ่งให้ผลชั้นที่ 1 (Primary branches) ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งที่สำคัญที่บ่งบอกถึงผลผลิตของต้นกาแฟโรบัสตา ในช่วงปีแรก ๆ (ปีที่ 2 และ 3) กิ่งให้ผลชั้นที่ 1 จะเพิ่มตามอายุและตามจำนวนกิ่งหลัก แต่เมื่อจำนวนกิ่งหลักเริ่มคงที่เมื่อต้นโตเต็มที่ จำนวนกิ่งให้ผลจะเป็นไปตามความอุดมสมบูรณ์ของต้นพันธุ์ในแต่ละปีด้วย

นอกจากนี้คุณภาพของเมล็ดกาแฟแห้งถูกควบคุมด้วยพันธุกรรมและปัจจัยสภาพแวดล้อมภายนอก น้ำหนักเมล็ดแห้งของกาแฟโรบัสตาที่ได้มาตรฐานสากลอยู่ที่ 12 - 15 กรัม (Charrier and Berthaud, 1987; Clarke, 1988) ซึ่งปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝนมีผลต่อการออกจากการพักตัวและการขยายตัวของผลอย่างรวดเร็ว ถือเป็นระยะวิกฤตดังนั้นควรมีการให้น้ำอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ผลกาแฟเติบโตอย่างเต็มที่ สุรีรัตน์ และเสาวนีย์ (2548) รายงานว่าฝนมีผลต่อพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของเมล็ดกาแฟโรบัสตา หากผลกาแฟชุดใดขาดฝนในช่วงการขยายขนาดซึ่งเป็นระยะวิกฤต ผลชุดนั้นจะเบาและมีขนาดเล็ก ส่วนในปีที่มีฝนตกสม่ำเสมอตลอดฤดูกาลผลิต ผลจะมีพัฒนาการที่ดี มีขนาดใหญ่และมีคุณภาพดี

ตารางที่ 2.1 ผลผลิตเมล็ดแห้งของกาแฟโรบัสตาพันธุ์เมล็ดใหญ่เฉลี่ย 5 ปี (พ.ศ. 2555/56-2559/60)

พันธุ์	ผลผลิตเมล็ดแห้ง (กก./ไร่)	อัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	ค่าเมล็ดเต็มผล	เมล็ดกาแฟ เบอร์ 11-15 (%)	เมล็ดกาแฟ เบอร์ 16-20 (%)
L3	197 bcd	20.6 bcd	18.8 b	**1.83 ab**	20.5	**79.3**
L21	138 d	18.9 de	14.2 e	**1.85 a**	42.8	56.8
L32	111 d	20.3 b-e	**21.3 a**	1.64 f	22.4	77.6
L49	116 d	20.2 b-e	**21.4 a**	1.70 ef	21.5	**79.3**
L59	147 cd	18.6 e	18.7 bc	1.71 def	32.7	68.8
L66	129 d	20.8 bc	16.8 cd	1.79 a-d	38.5	61.4
L69	**269 ab**	19.9 cde	15.8 de	1.81 abc	39.7	60.4
ชุมพร 1	**313 a**	21.8 b	18.2 bc	1.74 cde	22.8	77.5
ชุมพร 4	**234 abc**	**23.7 a**	15.6 de	**1.84 ab**	49.5	50.1
ชุมพร 5	187 bcd	**24.2 a**	16.7 cd	1.77 b-e	52.9	46.9
CV (%)	35.8	5.6	8.3	3.2		

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

การทดลองที่ 2.3 การเปรียบเทียบพันธุกาแฟโรบัสตา 10 สายพันธุ์ ชุดที่ 7 (เริ่มต้น 2559-2561)

การทดลองนี้เป็นงานที่ต่อเนื่องจากงานเดิมในโครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา ปี 2553-2558 ซึ่งทำการปลูกกาแฟในปี 2554 และบันทึกข้อมูลการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง กาแฟเริ่มให้ผลผลิตในปีที่ 3 หลังปลูก (ปี 2557) จากการทดลองปลูกกาแฟทั้ง 10 พันธุ์ พบว่าพันธุ์ชุมพร 2 มีการเจริญเติบโตในด้านขนาดรอบโคน ความสูงมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ (ตารางที่ 2.2) รวมถึงการให้ผลผลิตที่สูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ โดยการให้ผลผลิตปีที่ 3 หลังปลูก ผลผลิตเฉลี่ย 5 ปี พันธุ์ชุมพร 2 ให้ผลผลิตต่อไร่ 145 กิโลกรัม ส่วนพันธุ์อื่นให้ผลผลิตน้อยกว่า 120 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.6) ทั้งนี้ปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปริมาณและการกระจายตัวของน้ำฝนในแต่ละปีประกอบกับการที่มีฝนตกในช่วงที่ดอกกาแฟบานส่งผลต่อปริมาณผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ โดยในปีที่เก็บเกี่ยวผลผลิตปี 2560/61 มีฝนตกในวันที่ดอกกาแฟบาน 4 ครั้งจาก 6 ครั้ง ส่งผลให้การติดผลลดลง เนื่องจากกาแฟเป็นพืชที่มีการผสมเกสรโดยอาศัยลมเป็นหลัก (Ferwerda, 1948) เมื่อฝนตกจะชะละอองเกสร ทำให้ละอองเกสรไม่สามารถปลิวไปผสมได้

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.2 ค่าเฉลี่ยผลผลิตและลักษณะทางคุณภาพของกาแฟโรบัสตา ชุดที่ 7

พันธุ์	ผลผลิตเมล็ดกาแฟ (กก./ไร่/ปี)	อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ดแห้ง (กรัม)	สัดส่วนเมล็ดเต็มผล
FRT 23	90.7 abc	16.3 d	13.6 d	**1.84 a**
FRT 32	113.3 abc	17.9 bcd	**17.5 ab**	1.71 cd
FRT 35	36.3 c	**20.1 ab**	16.0 a-d	1.58 e
FRT 52	73.67 bc	17.2 cd	17.0 abc	1.69 cd
FRT 55	120.3 abc	**20.7 a**	**18.7 a**	1.78 abc
FRT 60	75.0 bc	18.8 abc	14.4 bcd	1.72 bcd
FRT 61	**180.0 a**	19.0 abc	13.8 cd	1.80 abc
FRT 67	**156.7 ab**	18.8 abc	14.9 bcd	**1.83 ab**
FRT 79	119.7 abc	**21.1 a**	14.3 cd	1.78 abc
ชุมพร 2	**174.3 a**	**20.2 ab**	16.7 a-d	1.64 de
% CV	43.4	8.2	13.9	3.3

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

การทดลองที่ 2.4 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 8 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

ปัจจุบันกาแฟอะราบิกาอายุ 5 ปี 2 เดือนหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟโรบัสตา เป็นปีที่ 4 (2564/65) ซึ่งในเดือนธันวาคม 2564 อยู่ระหว่างการเก็บผลผลิต จึงสามารถนำเสนอข้อมูลผลผลิตได้เพียง 3 ปี สามารถคัดเลือกพันธุ์ก้าวหน้าเบื้องต้นได้จำนวน 3 พันธุ์ ประกอบด้วยพันธุ์ TST08, SC 12 และ TST07 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 221.62, 214.17 และ 201.49 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 163.18 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.3) เปอร์เซ็นต์คาเฟอีนของสายพันธุ์ต่างๆ อยู่ระหว่าง 1.49 - 2.39 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ที่มีเปอร์เซ็นต์คาเฟอีนน้อยที่สุด ได้แก่ สายพันธุ์ SC05 ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า สายพันธุ์ PP01 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 20.54 กรัม สำหรับอัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดกาแฟสาร (Out-turn) พบว่า สายพันธุ์ PP 01 มีเปอร์เซ็นต์ Out-turn เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 23.20 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ TST08 มีเปอร์เซ็นต์ Out-turn เท่ากับ 22.73 เปอร์เซ็นต์ ขนาดเมล็ดแห้ง (Bean size) พบว่า สายพันธุ์ PP01, PP05, SC05, SKE01, SC12, TST07 และ TST08 ขนาดเมล็ดส่วนใหญ่เป็นเกรดพรีเมี่ยมอยู่ในช่วงเบอร์ 16-20 สำหรับการเจริญเติบโต พบว่า สายพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดีที่สุด ได้แก่ สายพันธุ์ TST07, PA03 และTST08 (ตารางที่ 2.8) ซึ่งการเจริญเติบโตทางลำต้นที่ดีและแข็งแรง สามารถส่งผลให้ต้นกาแฟโรบัสตาให้ผลผลิตสูง

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.3 ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยและคุณภาพเมล็ดของกาแฟ ชุดที่ 8

พันธุ์	ผลผลิตเมล็ดกาแฟ (กก./ไร่/ปี)	อัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ดแห้ง (กรัม)	เปอร์เซ็นต์คาเฟอีน (%)
FRT107	78.59 ef	21.14 b-e	14.44 f	1.77
FRT137	69.01 f	20.93 b-e	14.54 f	1.77
PP01	152.83 cd	**23.22 a**	**20.54 a**	2.22
PP05	160.40 bcd	21.66 a-d	17.65 c	1.75
SC05	126.78 de	21.84 abc	**19.75 b**	1.49
SKE01	141.65 d	20.07 cde	16.47 d	2.01
SKE06	107.77def	19.72 de	16.24 de	1.91
SC12	**214.17 ab**	20.96 b-e	19.13 b	2.17
PA03	111.44 def	20.19 cde	17.42 c	1.76
TST07	201.49 abc	20.10 cde	17.61 c	2.02
TST08	**221.62 a**	**22.73 ab**	17.44 c	1.60
ชุมพร 2 (Control)	163.18 bcd	21.21 b-e	15.63 e	2.39
CV (%)	20.6	5.0	2.50	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

การทดลองที่ 2.5 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 12 สายพันธุ์ ชุดที่ 9 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

ปัจจุบันต้นกาแฟอายุ 5 ปี 5 เดือน เก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟโรบัสตา เป็นปีที่ 3 (2564/65) ซึ่งในเดือนธันวาคม 2564 อยู่ระหว่างการเก็บผลผลิตจึงนำเสนอข้อมูลผลผลิตได้เพียง 2 ปี โดยสามารถคัดเลือกพันธุ์ก้าวหน้าเบื้องต้นได้จำนวน 3 พันธุ์ ประกอบด้วย สายพันธุ์ JM03 และ JM04 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 162.67 และ 160.06 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ มากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 157.00 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.4) แต่ละสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์คาเฟอีนอยู่ระหว่าง 1.28 - 2.21 เปอร์เซ็นต์ น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า สายพันธุ์ PP08 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 20.05 กรัม สัดส่วนผลสดต่อเมล็ดกาแฟสาร (เปอร์เซ็นต์ Out-turn) พบว่า สายพันธุ์ FRT 133 มีเปอร์เซ็นต์ Out-turn สูงที่สุด เท่ากับ 22.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนขนาดเมล็ดแห้ง (Bean size) พบว่า สายพันธุ์ JM08, PP08 และJM04 ขนาดเมล็ดส่วนใหญ่เป็นเกรดพรีเมี่ยมอยู่ในช่วงเบอร์ 16-20 การทดลองสามารถเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปี ซึ่งสำหรับกาแฟอะราบิกาหลังจากให้ผลผลิตแล้ว ควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 4 ปี จึงควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติมเพื่อให้แต่ละสายพันธุ์แสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ สำหรับการเจริญเติบโตพันธุ์ชุมพร 2 มีการเจริญทางลำต้นดีกว่าพันธุ์อื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.4 ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดกาแฟและคุณภาพเมล็ดของกาแฟพันธุ์ต่าง ๆ ชุดที่ 9

สายพันธุ์	ผลผลิตเมล็ดกาแฟ (กก.ต่อไร่)	อัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดกาแฟแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	คาเฟอีน (%)
ชุมพร 2 (Control)	157.00	20.90 abc	16.07 cd	2.15
FRT133	137.42	**22.54 a**	16.07 de	2.13
JM04	**160.06**	20.61 abc	**19.36 a**	1.28
JM03	**162.67**	21.72 abc	17.43 b	1.89
FRT135	122.01	20.61 abc	14.91 e	1.97
FRT141	156.72	21.40 abc	15.49 de	1.60
SC10	**160.45**	20.11 abc	14.77 e	2.03
SC11	154.28	21.71 abc	16.63 bc	1.98
PP08	153.69	20.53 abc	**20.05 a**	2.00
SKE08	129.10	**22.22 ab**	15.44 de	1.89
SWJ02	133.59	19.95 bc	14.92 e	2.21
JM08	149.47	19.69 c	**20.19 a**	2.07
CV (%)	17.6	6.1	3.5	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

การทดลองที่ 2.6 การเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา 8 สายพันธุ์ ชุดที่ 10 (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2564)

ปัจจุบันกาแฟอะราบิกาอายุ 5 ปี 3 เดือนหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟโรบัสตา เป็นปีที่ 3 (2564/65) อยู่ระหว่างการเก็บผลผลิตจึงสามารถนำเสนอข้อมูลผลผลิตได้เพียง 2 ปี สามารถคัดเลือกพันธุ์ก้าวหน้าเบื้องต้นได้จำนวน 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TPO14 ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 157.16 และ 141.58 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ใกล้เคียงกับพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ให้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเฉลี่ยเท่ากับ 135.83 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2.5) เนื่องจากมีฝนตกในช่วงที่ดอกกาแฟบานในเดือนธันวาคม (2562/63) ซึ่งเป็นช่วงการออกดอกชุดใหญ่ของกาแฟ ส่งผลต่อการผสมเกสรและทำให้การติดผลลดลง (สถานีอุตุนิยมวิทยาสวี, 2564) ประกอบกับมีการปลูกซ่อมต้นกาแฟบางส่วน ทำให้ผลผลิตต่อต้นน้อย การวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์คาเฟอีน พบว่ากาแฟทดลองมีคาเฟอีนอยู่ระหว่าง 1.31 - 2.39 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ด พบว่าพันธุ์ TPO14 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 19.42 กรัม และมีเปอร์เซ็นต์ Out-turn เฉลี่ยสูงที่สุด เท่ากับ 22.34 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองสามารถเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปี ซึ่งสำหรับกาแฟโรบัสตาหลังจากให้ผลผลิตแล้ว ควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตต่อเนื่องไม่น้อยกว่า 4 ปี จึงควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตเพิ่มเติม เพื่อให้แต่ละสายพันธุ์แสดงศักยภาพการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ ในด้านการเจริญเติบโต พบว่าพันธุ์ SKE10 มีการเจริญเติบโตทางลำต้น และมีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการให้ผลผลิต เช่น จำนวนกิ่งให้ผล ที่มากกว่าหรือใกล้เคียงพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญ

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.5 ค่าเฉลี่ยผลผลิตเมล็ดกาแฟและคุณภาพเมล็ดของกาแฟสายพันธุ์ต่าง ๆ ชุดที่ 10

สายพันธุ์	ผลผลิตเมล็ดกาแฟ (กก.ต่อไร่)	อัตราการเปลี่ยนผลสด เป็นเมล็ดกาแฟแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	คาเฟอีน (%)
ชุมพร 2 (Control)	139.17	20.20 bc	15.26 d	2.15
SC07	118.30	19.93 bc	16.16 c	1.85
SKE10	118.03	19.08 c	**17.88 b**	2.00
TPO14	**157.16**	**22.34 a**	**19.42 a**	1.83
TPO17	**141.58**	19.16 c	15.16 d	1.31
Pro–SRP13	80.18	19.93 bc	15.18 d	1.69
SKS03	104.75	19.19 c	15.57 cd	1.75
TPO10	86.76	**21.59 ab**	15.17 d	2.39
CV (%)	21.1	5.30	2.80	

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

การทดลองที่ 2.7 การทดสอบพันธุ์กาแฟโรบัสตา ชุดที่ 2 ในแหล่งปลูกต่าง ๆ (เริ่มต้น 2559 – สิ้นสุด 2561)

การทดลองนี้เป็นงานต่อเนื่องจากโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาของปีงบประมาณ 2553-2558 เนื่องจากต้องทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 5 ปี จึงจะสรุปข้อมูลได้ จึงได้ขอขยายเวลาในการวิจัยและทำการเก็บข้อมูลต่อเนื่องจนถึงปี 2564 ทั้งนี้แปลงกาแฟที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษได้เข้าร่วมในการทดลองเมื่อปี 2559 โดยใช้ต้นกาแฟโรบัสตาอายุ 2 ปี (ปลูกปี 2557) จึงมีข้อมูลตั้งแต่ปี 2559 เป็นต้นไป และในปี 2560 เกษตรกรจังหวัดชุมพรและระนองขอพื้นที่คืนเพื่อปลูกพืชอื่น ทำให้เก็บข้อมูลผลผลิตต่อเนื่องได้ถึงปี 2559/60 ซึ่งเพียงพอในการประเมินศักยภาพของพันธุ์กาแฟได้ พบว่าการเจริญเติบโตของต้นกาแฟในเขตภาคใต้ดีกว่าในเขตภาคเหนือ เนื่องจากปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝนดีกว่า โดยพันธุ์ชุมพร 2 สามารถปลูกได้ดีในทุกแหล่งปลูก (ตารางที่ 2.6-2.7) แต่หากปีใดมีปริมาณฝนน้อย กาฟพันธุ์ชุมพร 2 จะสลัดผลทิ้งทำให้ผลผลิตในปีนั้นลดลง ส่วนพันธุ์ชุมพร 4 จะให้ผลผลิตดีในสภาพอากาศทางภาคใต้ ดังนั้นการพิจารณาแหล่งปลูกกาแฟ อะราบิกาควรคำนึงถึงสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ด้วย เนื่องจากกาแฟโรบัสตาต้องการน้ำในช่วงที่ผลกาแฟมีการขยายขนาด การปลูกกาแฟโรบัสตาในสภาพพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของน้ำฝนดีจะส่งผลให้กาแฟให้ผลผลิตดี

จะเห็นได้ว่าทั้งปัจจัยด้านพันธุกรรมและปัจจัยสภาพแวดล้อมมีส่วนสำคัญในการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ แม้ว่ากาแฟทั้ง 3 พันธุ์มีการเจริญเติบโตดีแต่สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะน้ำเป็นปัจจัยสำคัญมากสามารถจำกัดการเจริญเติบโตของกาแฟได้ ปริมาณน้ำฝนและการกระจายตัวของน้ำฝนสำคัญมาก (สุรีรัตน์ และเสาวนีย์, 2548; Cannell, 1985) โดยเฉพาะแหล่งปลูกส่วนใหญ่ที่ยังคงอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ซึ่งกาแฟโรบัสตาที่ปลูกในแหล่งที่มีช่วงการกระจายตัวของน้ำฝนแคบ เช่น จังหวัดอุตรดิตถ์ ซึ่งเป็นตัวแทนภาคเหนือจะมีการเจริญเติบโตรวมต่ำกว่าภาคใต้และน่าจะมีผลต่อการสร้างผลผลิตด้วยเช่นกัน

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 2.6 ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตของกาแฟโรบัสตาพันธุ์แนะนำในแต่ละแหล่งปลูก

พันธุ์	ความสูง (ซม.)	ความกว้างทรงพุ่ม (ซม.)
แหล่งปลูก : ชุมพร		
ชุมพร 2	228 a	235 a
ชุมพร 4	191 b	218 ab
ชุมพร 5	188 b	197 b
%CV	7.8	11.0
แหล่งปลูก : ระนอง		
ชุมพร 2	169 a	191 a
ชุมพร 4	130 b	155 b
ชุมพร 5	157 a	182 a
%CV	7.2	7.1
แหล่งปลูก : อุตรดิตถ์		
ชุมพร 2	165 a	220 a
ชุมพร 4	135 b	185 b
ชุมพร 5	144 b	181 b
%CV	6.9	5.2
แหล่งปลูก : ศรีสะเกษ		
ชุมพร 2	253	253
ชุมพร 4	198	212
ชุมพร 5	214	209
%CV		

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT ค่าเฉลี่ยที่ไม่มี CV (Coefficient of variance) เนื่องจากจำนวนซ้ำไม่เพียงพอ

ตารางที่ 2.7 ค่าเฉลี่ยผลผลิตและลักษณะทางคุณภาพของกาแฟโรบัสตาพันธุ์แนะนำในแต่ละแหล่งปลูก

พันธุ์	ผลผลิตเมล็ดแห้ง (กก./ไร่)	อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ดแห้ง (กรัม)	อัตราเมล็ดเต็มผล
แหล่งปลูก : ชุมพร				
ชุมพร 2	278	19.5 b	16.2 ab	1.61 b
ชุมพร 4	228	22.7 ab	15.7 b	1.77 a
ชุมพร 5	172	24.0 a	17.9 a	1.79 a
%CV	37.1	10.1	7.1	2.1
แหล่งปลูก : ระนอง				
ชุมพร 2	260	21.4	18.4	1.44 b
ชุมพร 4	210	24.1	17.0	1.65 ab
ชุมพร 5	270	25.2	18.6	1.72 a
%CV	22.0	12.9	6.7	7.7

กรมวิชาการเกษตร

พันธุ์	ผลผลิตเมล็ดแห้ง (กก./ไร่)	อัตราการเปลี่ยนจากผลสดเป็นเมล็ดแห้ง (%)	น้ำหนัก 100 เมล็ดแห้ง (กรัม)	อัตราเมล็ดเต็มผล
แหล่งปลูก : อุตรดิตถ์				
ชุมพร 2	178	22.0	16.8	1.55
ชุมพร 4	106	23.4	14.4	1.78
ชุมพร 5	144	22.8	18.2	1.70
%CV				
แหล่งปลูก : ศรีสะเกษ				
ชุมพร 2	20.3	17.7	12.2	N/A
ชุมพร 4	16.4	16.4	13.5	N/A
ชุมพร 5	9.4	9.4	14.4	N/A
%CV	97.2			

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรไม่เหมือนกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี DMRT
ค่าเฉลี่ยที่ไม่มี CV (Coefficient of variance) เนื่องจากจำนวนซ้ำไม่เพียงพอ, N/A = ไม่มีข้อมูล

อภิปรายผล (Discussion)

การสร้างพันธุ์กาแฟโรบัสตา พันธุ์ใหม่ด้วยการผสมมือและคลุมถุงสามารถสร้างพันธุ์ลูกผสมกาแฟโรบัสตา พันธุ์ใหม่ได้ แต่ความสำเร็จในการผสมเกสรจะไม่สูงมากนักเนื่องจากกาแฟโรบัสตาเป็นพืชผสมข้าม (crossed pollinated) และผสมเกสรโดยลม (wind pollinated) เป็นหลัก และช่วงกาแฟโรบัสตาออกดอกประมาณ 5-6 ครั้ง จะอยู่ในช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ เป็นช่วงฝนของภาคใต้ หากมีฝนตกในวันที่ดอกกาแฟบาน ฝนจะชะละอองเกสรไป ดอกกาแฟจะผสมไม่ติด ในระหว่างการทดลองมีสภาพของดอกที่มีเกสรเพศเมียไม่พร้อมผสมและสภาพฝนขณะผสมและหลังวันผสมจึงทำให้ความสำเร็จในการผสมเกสรไม่สูงมากนัก นอกจากนี้บางคู่ผสมไม่สามารถผสมได้ หรือผสมได้แต่ผลฝ่อร่วงหลุดไป ดังนั้นในการผสมเกสรให้ประสบความสำเร็จควรพิจารณาปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สภาพความพร้อมของดอก อายุของกิ่งและตำแหน่งของกิ่งที่ทำการผสมเกสร สภาพแวดล้อมในวันผสมและหลังวันผสมเกสร สภาพการเจริญเติบโตของผลบนต้นจนถึงวันเก็บเกี่ยวได้ ความเข้ากันได้ของพันธุ์ และความสามารถของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งหากควบคุมได้ก็จะเพิ่มความสำเร็จในการผสมเกสรของกาแฟโรบัสตาได้มากขึ้น สำหรับการนำกาแฟโรบัสตาลูกผสมใหม่ที่ได้จากการผสมข้างต้นมาปลูกเพื่อคัดเลือกต้นกาแฟที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตนั้น ปัจจุบันต้นกาแฟอายุ 3 ปี ทำการเก็บเกี่ยวปีแรก ในเบื้องต้นได้ลูกผสมจำนวน 16 ต้น ได้แก่ ลูกผสม L3 x FRT03 ต้นที่ 11, ลูกผสม L3 x ชุมพร 4 ต้นที่ 21 และ 35, ลูกผสมชุมพร 1 x ชุมพร 4 ต้นที่ 3 และ 6, ลูกผสม L69 x ชุมพร 1 ต้นที่ 11, ลูกผสม L69 x ชุมพร 4 ต้นที่ 15, ลูกผสม SKE06 X ชุมพร 2 ต้นที่ 4, 12, 14, 25, 27, 32 และ 49 และลูกผสม PP01 xSKE06 ต้นที่ 18 และ 29 ที่มีการเจริญเติบโตดี แข็งแรง ให้ผลผลิตที่มีลักษณะดี แต่เนื่องจากมีการเก็บผลผลิตได้เพียง 1 ปี ยังไม่สามารถประเมินพันธุ์ได้ชัดเจน เนื่องจากกาแฟบางพันธุ์มีการให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ เช่น ให้ผลผลิตดีเฉพาะ 1-2 ปีแรก หรือให้ผลผลิตดีแบบปีเว้นปี ดังนั้นจึงควรมีการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปีต่อเนื่องกัน เพื่อให้กาแฟแต่ละต้น/พันธุ์สามารถแสดงศักยภาพในด้านต่าง ๆ อย่างเต็มที่

กรมวิชาการเกษตร

ซึ่งจะทำให้ผู้ประเมินพันธุ์สามารถประเมินได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เมื่อได้พันธุ์ที่ดีจะนำไปปลูกเพื่อเปรียบเทียบพันธุ์และเสนอเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเพื่อเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป

จากการรวบรวมและคัดเลือกพันธุ์กาแฟโรบัสตาโดยการปลูกร่วมกับมะพร้าว ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตกาแฟต่ำกว่าที่ควรจะเป็น จึงควรคัดเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะดีนำไปปลูกกลางแจ้งเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์มากขึ้น สำหรับการทดลองเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟโรบัสตา ชุดที่ 7-10 มีช่วงเวลาในการปลูกไม่พร้อมกัน โดยการทดลองชุดที่ 7 เป็นการทดลองต่อเนื่องจากปี 2553 ทำการเก็บข้อมูลผลผลิตเป็นเวลา 5 ปี ได้พันธุ์กาแฟพันธุ์ดี 1 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ L69 ซึ่งมีเมล็ดขนาดกลาง ให้ผลผลิตเมล็ดแห้ง 269 กิโลกรัม/ไร่/ปี ปริมาณผลผลิตน้อยกว่าพันธุ์ชุมพร 1 แต่มากกว่าพันธุ์ชุมพร 4 และชุมพร 5 ที่ใช้เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ แต่พันธุ์ L69 ยังให้ผลผลิตต่ำกว่าเป้าหมายที่ตั้งไว้ที่ 320 กิโลกรัม/ไร่/ปี ส่วนการทดลองชุดที่ 8-10 ปลูกปี 2558 กาแฟมีอายุ 5 ปี ทำการเก็บเกี่ยวแล้ว 2 ปี ได้สายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีการเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงและมีลักษณะเมล็ดดี มีคุณภาพตรงตามความต้องการของตลาด จำนวน 6 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ TST08, SC12, TST07, JM03, JM04 และ TPO14 ซึ่งมีผลผลิตใกล้เคียงหรือมากกว่าพันธุ์ชุมพร 2 ซึ่งเป็นพันธุ์เปรียบเทียบ แต่เนื่องจากสามารถเก็บผลผลิตได้เพียง 2 ปีแรก ข้อมูลที่ได้จึงยังไม่สมบูรณ์ ควรทำการเก็บข้อมูลผลผลิตอย่างน้อย 4 ปีต่อเนื่องกัน เพื่อให้กาแฟแต่ละพันธุ์สามารถแสดงศักยภาพในการให้ผลผลิตได้อย่างเต็มที่ จะทำให้ผู้ประเมินสามารถประเมินพันธุ์ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้ได้พันธุ์ที่ดีเผยแพร่แก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป สำหรับการทดสอบพันธุ์ในแหล่งปลูกต่าง ๆ กาแฟโรบัสตา พันธุ์ชุมพร 2 และชุมพร 5 สามารถปลูกได้ดีในทุกแหล่งปลูก ส่วนพันธุ์ชุมพร 4 จะให้ผลผลิตดีในสภาพอากาศทางภาคใต้ ดังนั้นการพิจารณาแหล่งปลูกกาแฟโรบัสตาควรคำนึงถึงสภาพอากาศและปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ด้วย เนื่องจากกาแฟโรบัสตาต้องการน้ำในช่วงที่ผลกาแฟมีการขยายขนาด การปลูกกาแฟโรบัสตาในสภาพพื้นที่ที่มีการกระจายตัวของน้ำฝนดีจะส่งผลให้กาแฟให้ผลผลิตดี แต่หากปลูกในแหล่งปลูกที่มีช่วงการกระจายตัวของน้ำฝนแคบ เช่น จ.อุตรดิตถ์ จะทำให้การเจริญเติบโตโดยรวมต่ำและส่งผลต่อการสร้างผลผลิตด้วยเช่นกัน ข้อมูลนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ภาคเหนือหรือภาคอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมในการปลูกกาแฟโรบัสตาให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

จากการดำเนินงานโครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา สามารถสร้างลูกผสมกาแฟอะราบิกาพันธุ์ใหม่และคัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีแนวโน้มในการให้ผลผลิตสูง ในเบื้องต้นคัดเลือกได้จำนวน 16 ต้น ซึ่งเมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตได้ครบถ้วนจะนำมาทำการเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อคัดพันธุ์ดีอีกครั้ง สำหรับกาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีแนวโน้มดีอีก 6 พันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตครบถ้วนจะนำเสนอพันธุ์ที่ดีเพื่อเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรและเผยแพร่เป็นพันธุ์ปลูกแก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป และจะใช้เป็นฐานเชื้อพันธุกรรมสำหรับต่อยอดงานปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาในอนาคต ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนากาแฟคุณภาพมีมูลค่าเป็นที่สนใจของเกษตรกรและบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ข้อมูลการปลูกกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ภาคเหนือ หรือภาคอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกกาแฟโรบัสตาให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพได้ เป็นการส่งเสริมให้มีการปลูกกาแฟเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ลดการนำเข้าเมล็ดกาแฟซึ่งจะส่งผลดีต่อภาคเกษตรกรและภาคเอกชนตลอดห่วงโซ่คุณค่า (value chain) สินค้ากาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

โครงการที่ 2

วิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา

Improvement of Arabica coffee Varieties

ผู้วิจัย

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ ศิริภรณ์ จรินทร สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล วิมล แก้วสีดา ชิดชนก ก่อเจดีย์ เกตุวดี สุขสันติมาศ ประสาน สืบสุข บุญปิยธิดา คล่องแคล่ว ธัญพร งามงอน วีรกรณ์ แสงไสย์ นัด ไชยมงคล ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี ธารทิพย ภาสบุตร โกเมศ สัตยาวุธ จันทร์เพ็ญ แสนพรหม กุหลาบ คงทอง

Chatnapa Khomarwut Siriporn Jarintorn Supattra Leartwattanakieat Suchirat Sakuanrungsirikul Wimol Kaewseda Chitchanok Kaojedee Kedwadee Sooksantimas Prasan Seasook Boonyatida Klongkaeng Thunyaporn Ngamngon Werakorn Saengsai Nat Chaimongkol Yuthasak Jiemchaisri Tharntip Pasboot Komet Sattayawut Chanpen Saenprom Kulab Kongtong

คำสำคัญ

กาแฟอะราบิกา โรคราสนิมในกาแฟ โรคแอนแทรกโนส ความหลากหลายทางพันธุกรรม

Keywords

Arabica coffee (*Coffea arabica*), coffee leaf rust, anthracnose, genetic diversity

บทคัดย่อ

โครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา ดำเนินการในปีงบประมาณ 2559-2564 วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ให้ผลผลิตปานกลางถึงสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติดี และเพื่อหาความหลากหลายและสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ดำเนินการ 3 กิจกรรม 16 การทดลอง ดังนี้ กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคราสนิม มี 13 การทดลองคือ (1.1) ทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1 พบว่า พันธุ์ที่มีศักยภาพได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 และH420/9 ML 3/1-106-WW 29/10 เหมาะสมสำหรับปลูกที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ และศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย จ.เชียงราย (1.2) เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ พบว่า พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82 มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่มากที่สุด (1.3) ทดสอบกาแฟอะราบิกาพันธุ์คัดเลือกชุดที่ 2/2 ในแหล่งต่างๆ ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ พบว่า สายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 มีน้ำหนักแห้งกะลามากที่สุด เช่นเดียวกับศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ แต่สำหรับที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย พบว่า สายพันธุ์ H 420/9 ML 2/4 78-31-34 มีน้ำหนักแห้งกะลามากที่สุด (1.4) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 มี 2 การทดลองย่อยคือ (1.4ก) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 จากต้นเพาะเมล็ด คัดเลือกได้ 17 เบอร์ได้แก่ No.1, No.9, No.10, No.11, No.13, No.15, No.17, No.19, No.20, No.26,

ศูนย์วิจัยการเกษตร

No.27, No.29, No.31, No.32, No.34, No.35 และ No.36 รวม 66 สายต้น (1.4ข) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 จากต้นเสียบยอด คัดเลือกได้ 15 เบอร์ได้แก่ No.2, No.4, No.5, No.6, No.7, No.11, No.14, No.17, No.19, No.20, No.29, No.31, No.32, No.35 และ No.37 รวม 40 สายต้น (1.5) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 พบว่า ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 52 สายพันธุ์ ต้านทานโรคราสนิม 99-100% (1.6) การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ พบว่า สายพันธุ์ Catimor CIFC7963-13-28 สายพันธุ์ H528/46ML2/10-29-65-23 และพันธุ์ Caturra มีเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคราสนิมมากที่สุด แต่พันธุ์ Caturra ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ ผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่มากที่สุด (1.7) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ พบว่า ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 8 สายพันธุ์ได้แก่ ได้แก่ CIFC No.1-T8, CIFC No.1-T15, CIFC No.1-T16, CIFC No.1-T51, CIFC No.2-T10, CIFC No.2-T14, CIFC No.2-T21 และ CIFC No.2-T27 ต้านทานโรคราสนิม 100% (1.8) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่ พบว่า คู่ผสมระหว่าง Caturra Amarelo x CIFC 7963-13-28 B.C.) มีน้ำหนักผลสด และน้ำหนักแห้งกะลามากที่สุด ทุกคู่ผสมมีความอ่อนแอต่อโรคราสนิม แต่คู่ผสมระหว่าง Caturra Amarelo X CIFC 7963-13-28 B.C. พบการเข้าทำลายของโรคราสนิมน้อยที่สุด มี 2 คู่ผสมที่ยังไม่พบการเข้าทำลายของโรคแอนแทรกโนส คือคู่ผสมระหว่าง Caturra Amarelo X Catimor CIFC 7963-13-28 และคู่ผสมของ Caturra Amarelo X H 420/9 ML2/4-78-62-26 (1.9) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ พบว่า คู่ผสมระหว่าง H528/76ML2/1029-65-23 x Sanramon มีน้ำหนักผลสด และน้ำหนักแห้งกะลามากที่สุด รองลงมาคือ คู่ผสมระหว่าง H528/46 ML2/10 29-65-23 x SL6 ไม่พบการเข้าทำลายของโรคราสนิมใน 1 คู่ผสมคือ H528/46ML5/1029-65-23 x Catuai (1.10) การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ ดำเนินการ 3 สถานที่ รวบรวมได้ 5,423 สายพันธุ์ พบสายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส โดยศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ 2 สายพันธุ์ 9 สายต้น ได้แก่ สายพันธุ์ 6-2 (51-269), สายพันธุ์ Catuai km18, สายต้น H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19 H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 B6/1T1 และ H7262/8-2 B6/1T3 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย 1 สายพันธุ์ 5 สายต้น ได้แก่ สายพันธุ์ H306 1/7EK, สายต้น 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8 และ 5-4-2764 ต้นที่ 9 และศูนย์วิจัยพืชสวนเลย 1 สายพันธุ์ คือ 4-1-130-35 (1.11) การหายีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาลูกผสม ชุดที่ 1 พบว่า ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ได้แก่ วิธีการคัดเลือกลูกผสมกาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมด้วยการตรวจยีนต้านทานโรค, การคัดเลือกลูกผสมกาแฟจากองค์ประกอบโครงสร้างทางพันธุกรรม และวิธีการตรวจการต้านทานโรคราสนิมกาแฟที่รวดเร็วด้วยวิธี leaf disc inoculation (1.12) การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบน ในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย พบว่า ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนในเชื้อราที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของเชื้อ 3 ลักษณะคือ (ก) ขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆ (ข) ขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนี (ค) ขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนีและมีเชื้อราสีขาวอยู่ตรงกลางโคโลนี ซึ่งก็คือ เชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix*

แต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ได้เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล (1.13) การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา 143 สายพันธุ์ ด้วยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR พบว่า ได้ข้อมูลต้นแบบการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA ได้ 5 กลุ่ม กิจกรรมที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส มี 2 การทดลองคือ (2.1) การผสมพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่ ผสมพันธุ์และคัดเลือกได้สายพันธุ์ที่ต้านทานโรคแอนแทรกโนสในระดับโรงเรือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ จำนวน 6 สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 1/4 B3SF คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 2/20 B2SF คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/2-1 B7T6 คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T8 คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T9 และ คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/14-2 B7T10 สำหรับใช้ทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในระดับแปลง (2.2) คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่นำเข้าจากต่างประเทศต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ คัดเลือกได้ 1 สายพันธุ์ ได้แก่ 3/2-1-T7-B7 ที่มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสในระดับโรงเรือน กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอะราบิกา มี 1 การทดลองคือ (3.1) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาจากเมล็ด Peaberry ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ พบว่า กาแฟอะราบิกา 9 สายพันธุ์ได้แก่ H420/9 ML2/4 78-31-34, H420/9 ML2/4 78-62-26, H420/9 ML2/4 87-84-35, H420/9 ML1/3 KW54, H528/46 ML2/10 29-65-23, H420/9 ML2/1 KW82, H420/9 ML2/10 KW46, Caturra และพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่เมล็ดมีลักษณะ Peaberry เพาะเป็นต้นกล้า พบว่า สามารถงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ และให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเฉลี่ยมากกว่าเมล็ดที่มีลักษณะ Peaberry คิดเป็น 89.1% และ 9.4% ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ H420/9 ML2/4 78-31-34 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด และพันธุ์เชียงใหม่ 80 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด และอุณหภูมิ ความชื้นและปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ร่วมกับพันธุกรรม

ABSTACT

Improvement of arabica coffee varieties project were conducted during 2016-2021 that aim to develop and improve arabica coffee varieties for medium to high yield, disease resistance, good taste quality and to find diversity and create genetic identity at the DNA level of Arabica coffee which consisted of 3 subprojects. Subproject 1 has 13 experiments as follow. Experiment 1.1 Varietal trail on 'Catimor' arabica coffee for rust resistance series 2/1 found that the potential varieties which suitable for the Chiang Mai Royal Agricultural Research Center (CMRARC) and Chiang Rai Agricultural Research and Development Center is H420/9 ML 3/1-106-WW 29/24-13 and H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6. Experiment 1.2: Varietal trial of selected line series 2/2 and introduced varieties found that H420/9 ML 2/1 KW 82 had the highest of plant growth rate, bush and had the highest yield at CMRARC. Experiment 1.3: Regional Variety testing of Arabica coffee line series 2/2 found that Catimor CIFC 7963-13-28 had the highest of dry weight of parchment at CMRARC and the Phetchabun Highland Agricultural Research Center but

H420/9 ML 2/4 78-31-34 had the highest dry weight of parchment at Loei Horticulture Research Center. Experiment 1.4: Selection of F5 Arabica Coffee Varieties for Rust Resistance had 2 sub-experiments. Sub-experiment 1 could select 17 numbers of No.1, No.9, No.10, No.11, No.13, No.15, No.17, No.19, No.20, No.26, No.27, No.29, No.31, No.32, No.34, No.35 and No.36 total 66 clones. Sub-experiment 2 could select 15 numbers of No.2, No.4, No.5, No.6, No.7, No.11, No.14, No.17, No.19, No.20, No.29, No.31, No.32, No.35 and No.37 total 40 clones. Experiment 1.5: F1 hybrid Selection in Arabica coffee series 3/1 could selection 52 clones which pass the criteria that resistance to coffee leaf rust (100% in lab scale and 99-100% at field trial) and had high yield at CMRARC. Experiment 1.6: Varietal trial of Arabica coffee introduced from Australia found that Catimor CIFC7963-13-28, H528/46ML2/10-29-65-23 and Caturra showed 100 percentage of coffee leaf rust resistance. Caturra had the highest yield at CMRARC. Experiment 1.7: Clonal selection of Arabica coffee var. Sarchimor seri 1 could select 8 clones from criteria of breeding program specially to resistance to coffee leaf rust 100 percent at field trial as follow CIFC No.1-T8, CIFC No.1-T15, CIFC No.1-T16, CIFC No.1-T51, CIFC No.2-T10, CIFC No.2-T14, CIFC No.2-T21and CIFC No.2-T27 at CMRARC. Experiment 1.8: Selected line of F1 Arabica coffee series 3/2 found that hybrid of Caturra Amarelo x CIFC 7963-13-28 B.C. had the highest dry weight of parchment and hybrid of Caturra Amarelo X Catimor CIFC 7963-13-28 and hybrid of Caturra Amarelo X H 420/9 ML2/4-78-62-26 had resistance to anthracnose 100 percent at field trial. Experiment 1.9: Selected line of F1 Arabica coffee series 3/3 found that hybrid of H528/76ML2/1029-65-23 x Sanramon had the highest dry weight of parchment and hybrid of H528/46ML5/1029-65-23 x Catuai had resistance to coffee leaf rust 100 percent at field trial at CMRARC. Subproject 2 has 2 experiments as follow. Experiment 1.10: Genetic Characterization of the morphology of Arabica coffee collected in the field (Ex situ) could keep and collect in 3 place 5,423 clones. A potential plant that could be developed for breeding, high yield, resistance to rust and anthracnose was found. CMRARC can select 2 species, 9 tree lines, namely 6-2 (51-269), Catuai km18, H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19 H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 B6/1T1 and H7262/8-2 B6/1T3, CRHARDC selected 1 cultivar, 5 tree lines, namely H306 1/7EK, 5-1-54 No.7, 5-1-54 No.4, 5-4-2764 No.11, 5-4-2764 No.8 and 5-4-2764 No.9 and LHRC can select 1 species, namely 4-1-130-35. Experiment 1.11: Determination of rust resistance genes in Arabica coffee hybrids series 1 obtained rust resistance gene techniques in Arabica coffee as follow (1) screening of Arabica coffee hybrids resistant to rust by means of disease resistance gene testing (2) selection of coffee hybrids based on genetic structure (3) method Rapid determination of coffee rust resistance by leaf disc inoculation method. Experiment 1.12: Diagnosis and classification of rust species and race in Arabica coffee in the upper northern region in Chiang Mai and Chiang Rai

provinces obtain the gene detection technique in fungi that cause rust disease and there were 3 physical characteristics of rust: (1) orange flaky, clumped together (2) flaky orange, full of colonies (3) scaly orange swells throughout the colony, and had a white mold in center of colony. When study the genetic characteristics found that it was *Hemileia vastatrix*, but unable to identify rust race. Experiment 1.13: Use Molecular markers to assess genetic diversity and DNA fingerprinting of Arabica coffee obtained prototype data for DNA fingerprinting of Arabica coffee by useing molecular markers SSRs. That are use 19 primers yielded 63 different DNA band formations. Different primers produced different DNA bands in each coffee strain. The polymorphisms (PIC) from 0.13-0.79 had the same mean of 0.55 and the Arabica coffee genotypical values 0.72 to 1.00. The UPGMA genotypical associations were grouped into 5 groups. Experiment 2.1: Breeding of Arabica coffee Anthracnose Resistance could select 6 anthracnose resistance crosses breeding of Catimor CIFC 7963-13-28 x 1/4 B3SF (no.3), Catimor CIFC 7963-13-28 x 2/20 B2SF (no.4), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/2-1 B7T6 (no.6), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T8 (no.8), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T9 (no.9) and Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/14-2 B7T10 (no.12) and evaluated of the anthracnose resistance trail at CMRARC. Experiment 2.2: Selection of Arabica coffee varieties imported from abroad for resistance to anthracnose could select 1 clones of 3/2-1-T7-B7 resistance to anthracnose at lab scale at CMRARC. Subproject 3 has 1 experiment is Experiment 3.1: Selection in Arabica coffee from Peaberry seeds found that Peaberry seeds of 9 varieties of Arabica coffee as follow H420/9 ML2/4 78-31-34, H420/9 ML2/4 78-62-26, H420/9 ML2/4 87-84-35, H420/9 ML1/3 KW54, H528/46 ML2/10 29-65-23, H420/9 ML2/1 KW82, H420/9 ML2/10 KW46; Caturra and Chiamg Mai 80 could germinate, grow, fruit set and had yield like a seedling from normal seeds.

บทนำ

ผลผลิตกาแฟโลกในปี 2561 อันดับที่ 1 คือ ประเทศบราซิล 3.072 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 32.04 (อะราบิกา 2.328 ล้านตัน อะราบิกา 0.744 ล้านตัน) อันดับ 2 คือ เวียดนาม 1.794 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 18.7 (อะราบิกา 0.078 ล้านตัน อะราบิกา 1.716 ล้านตัน) อันดับ 3 คือ โคลัมเบีย 0.882 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 9.19 (อะราบิกา 0.882 ล้านตัน) และอันดับ 4 คือ อินโดนีเซีย 0.654 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 6.82 (อะราบิกา 0.078 ล้านตัน อะราบิกา 0.576 ล้านตัน) ช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (ปี 2557-2561) ผลผลิตมีอัตราเพิ่มร้อยละ 0.45 แต่มีความต้องการใช้อัตราเพิ่มร้อยละ 2.92 แต่ในปี 2560-2561 พบว่า ผลผลิตกาแฟทั้งของโลกและไทยลดลงคือ อัตราลดลงร้อยละ 0.42 และ 10.17 ตามลำดับ ในปี 2561 ประเทศไทยมีเนื้อที่ให้ผล 259,867 ไร่ เพิ่มขึ้นจากปี 2559/2560 เป็น 253,054 ไร่ เพิ่มขึ้นร้อยละ 2.69 เนื่องจากมีการขยายพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ได้รับการสนับสนุนจากภาครัฐและเอกชน โดยปลูกแซมกับต้นไม้ใหญ่และไม้ยืนต้น ที่เริ่มให้ผลผลิตปี 2557 แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟอะราบิกา พบว่า มีเนื้อที่ให้ผลลดลง ด้านผลผลิตพบว่า ปี 2560/2561 ให้ผลผลิต 23,273 ตัน ซึ่งมีผลผลิตลดลงจากปี 2559-2560 ซึ่งมีปริมาณ 25,909 ตัน (ลดลงร้อยละ

10.17) เนื่องจากมีฝนตกชุกใน จ.ระนอง และ จ.ชุมพร ความต้องการใช้กาแฟของไทยจากปี 2557/2558 80,000 ตัน เป็น 95,000 ตันในปี 2560/2561 คิดเป็นอัตราเพิ่มร้อยละ 5.56 ปัจจุบันพบว่า มีอัตราส่วนพื้นที่ปลูกของกาแฟอะราบิกา และอะราบิกาคิดเป็นร้อยละ 52.17 และ 47.86 ตามลำดับ ผลผลิตกาแฟของไทยโดยเฉพาะกาแฟพันธุ์อะราบิกาพบว่าเพิ่มขึ้น จากปี 2557/2558 มี 8,929 ตัน และปี 2560/2561 มี 11,138 ตัน คิดเป็นอัตราเพิ่มร้อยละ 24.56 โดยแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกา ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน น่าน ลำปาง แพร่ อุตรดิตถ์ ตาก พะเยา พิษณุโลก เพชรบูรณ์ เลย อุดรธานี ชัยภูมิ นครราชสีมา กาญจนบุรี เป็นต้น (กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน, 2561; ณัฐวณี ยมโชติ, 2561) เนื่องจากกระแสความนิยมดื่มกาแฟคั่วบด และกาแฟสำเร็จรูปในประเทศเพิ่มขึ้น ประกอบกับมีการส่งออกกาแฟสำเร็จรูปเพิ่มขึ้นแต่ต้นทุนการผลิตสูงกว่าประเทศเพื่อนบ้าน พันธุ์กาแฟเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญโดยทั้งกาแฟโรบัสต้าและกาแฟอะราบิกา มีข้อจำกัดทั้งในด้านการให้ผลผลิตและคุณภาพกาแฟอะราบิกาที่เกษตรกรปลูกอยู่ทั่วไปมีความอ่อนแอต่อโรคราสนิม และแอนแทรกโนส ทำให้ผลผลิตลดลงส่งผลต่อปริมาณผลผลิตซึ่งปกติมีปริมาณต่ำอยู่แล้วตามคุณลักษณะของพันธุ์ แม้ว่าผลการดำเนินงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟในช่วงปี 2532-2558 วิจัยได้พันธุ์กาแฟอะราบิกาได้พันธุ์รับรองจำนวน 1 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 80 และในปี 2558 สามารถคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่6 ในสภาพธรรมชาติ ได้จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 และ H 420/9 ML 2/4-78-31-34 และคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม HDT Derivatives กลุ่มพันธุ์ Cavimor ชั่วที่ 6 จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML 1/3 KW 54 และ H 420/9 ML 2/1 KW 82 ซึ่งจะสามารถนำไปทดสอบและเปรียบเทียบเพื่อให้ได้พันธุ์ที่จะได้พันธุ์แนะนำในอนาคต ประกอบกับการจำแนกลักษณะประจำพันธุ์ของเชื้อพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกาเป็นการประเมินจากลักษณะทางฟีโนไทป์ รวมถึงลักษณะทางการเกษตรต่าง ๆ ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาและพื้นที่ในการศึกษา แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงความหลากหลายทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกาในระดับดีเอ็นเอ ทำให้การใช้ประโยชน์จากเชื้อพันธุกรรมได้ไม่เต็มที่มากนัก การจำแนกด้วยลักษณะภายนอกเพียงอย่างเดียวอาจให้ข้อมูลที่อาจไม่ถูกต้อง เพราะลักษณะบางอย่างแยกจากกันได้ยาก บางลักษณะอาจจะเป็นผลจากสภาพแวดล้อมภายนอกที่แตกต่างกัน การประเมินลักษณะ ประจำพันธุ์ที่ถูกต้องจะส่งผลดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งงานปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งนอกจากต้องมีการบ่งบอกพันธุ์และลักษณะประจำพันธุ์ที่ถูกต้องแม่นยำแล้ว ยังต้องมีข้อมูลที่สามารถระบุความใกล้ชิดทางพันธุกรรมอีกด้วย การหาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอ จึงเป็นวิธีที่ตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี สามารถใช้เป็นหลักฐานยืนยันลักษณะจำเพาะของพันธุ์ต่าง ๆ ได้ รวมทั้งเป็นฐานข้อมูลสำหรับการปรับปรุงพันธุ์พืช แต่ความหลากหลายทางด้านพันธุกรรมยังอยู่ในปริมาณจำกัด ซึ่งเอื้อประโยชน์ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชกาแฟซึ่งเป็นพืชหนึ่งในนโยบายปรับโครงสร้างการผลิตของรัฐบาลได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นเพื่อเตรียมความพร้อมในการพัฒนาสินค้ากาแฟให้มีความสมบูรณ์ทั้งระบบตามยุทธศาสตร์ของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงจำเป็นต้องมีการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาอย่างต่อเนื่อง เพื่อขยายฐานพันธุกรรมให้มีความหลากหลายสำหรับใช้เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตให้สามารถแข่งขันกับประเทศผู้ผลิตรายอื่นได้อย่างยั่งยืน

วัตถุประสงค์

1) เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ให้ผลผลิตปานกลางถึงสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติดี
2) เพื่อหาความหลากหลายและสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา

กรมวิชาการเกษตร

ระเบียบวิธีการวิจัย (research methodology)

ดำเนินการปีงบประมาณ 2559-2564 ประกอบด้วย 3 กิจกรรม 16 การทดลอง ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคราสนิม จำนวน 13 การทดลอง

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1 (2559-2562)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสมที่เป็นกลุ่มกาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 6 ที่เป็นผลจากการรวบรวมพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ได้รับต้นพันธุ์จาก อ.อาภรณ์ ธรรมเขต ปลูกที่ ศวพ.กส.เชียงราย (วาวี) จ.เชียงราย เมื่อปี พ.ศ. 2545-2546 พื้นที่ 4 ไร่ จำนวน 38 สายพันธุ์ ปี 2553-2554 คัดเลือกต้นที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ (แปลง) 100% จำนวน 12 สายพันธุ์ เพาะเมล็ดสายพันธุ์ละ 500 เมล็ด ที่ศวพ.กส.เชียงราย แล้วคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์มาทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิม (*Hemiliea vastratrix*) ในสภาพควบคุม (โรงเรือน) ที่ ศวส.เชียงราย พบว่ามีผลการเป็นโรคราสนิมต่ำกว่า 4% และได้มีการพิจารณาถึงผลผลิตต่อต้น และความสมบูรณ์ของต้นแม่ คัดได้ 9 สายพันธุ์ ได้แก่ H490/9 ML3/1-106-ww29/5, H490/9 ML3/1-106-ww29/6, H490/9 ML3/1-106-ww29/10, H490/9 ML3/1-106-ww29/13, H490/9 ML3/1-106-ww29/14, H490/9 ML3/1-106-ww29/15, H490/9 ML3/1-106-ww29/23 และ H490/9 ML3/1-106-ww29/26 (2) เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มีการวางแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างในแต่ละสายพันธุ์โดยปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 50 ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม ในหลุมปลูกขนาด 0.50 x 0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุม ปลูกร่วมกับไม้บังร่ม ดังนี้ กาแฟพันธุ์ที่คัดเลือก 9 สายพันธุ์ ได้แก่ H490/9 ML3/1-106-ww29/5, H490/9 ML3/1-106-ww29/6, H490/9 ML3/1-106-ww29/10, H490/9 ML3/1-106-ww29/13, H490/9 ML3/1-106-ww29/14, H490/9 ML3/1-106-ww29/15, H490/9 ML3/1-106-ww29/23 และ H490/9 ML3/1-106-ww29/26 ไม้ร่มเงา 5 ชนิด ได้แก่ ซิลเวอร์โอ๊ค ต้นกางหลวง ถั่วหูช้าง เหรียง ระยะปลูก 10x12 ม. ปลูกชนิดละ 4 ต้น และกระถินอินโด ระยะปลูก 6x6 เมตร จำนวน 24 ต้น

3. ปฏิบัติดูแลรักษาต้นกาแฟที่เป็นผลจากงานทดลองที่ 01-27-54-01-02-02-03-54การคัดเลือกและทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิม (ดำเนินการปี 2554-2558) ซึ่งได้ปลูกในปี 2555 ตามแหล่งต่างๆ ที่ระดับความสูงต่างๆ คือ 400 1,000 1300 และ 1,400 เมตรจากระดับน้ำทะเล

4. บันทึกข้อมูล ได้แก่ ความเป็นโรคราสนิม การเจริญเติบโตและผลผลิต คุณภาพการชิมสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อม

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558 - สิ้นสุด กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (1300 ม.) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) 1400 ม.) ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (ภูเรือ) (1000 ม.) และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย (400 ม.)

การทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ (2559-2562)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์

1.1 ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสม 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 6 ได้แก่ H 528/46 ML 2/10 29-65-23 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 H 420/9 ML 1/3 KW 54 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กลุ่มที่ 2 กาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 7 ได้แก่ Catimor CIFC 7963-13-28 และกลุ่มที่ 3 กาแฟอะราบิกา Non-HDT derivative ได้แก่ San Ramon Sln. 7.3 P2 ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์แท้ 2 พันธุ์ ได้แก่ ได้แก่ Typica, Caturra

1.2 อื่นๆ ได้แก่เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น

1.3 วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ

1.4 วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น

1.5 วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพริ้นท์

2. แบบและวิธีการทดลอง แผนการทดลองแบบ RCB มี 9 กรรมวิธี (พันธุ์) 4 ซ้ำๆ ละ 100 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 H 528/46 ML 2/10 29-65-23 กรรมวิธีที่ 2 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 กรรมวิธีที่ 3 H 420/9 ML 1/3 KW 54 กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กรรมวิธีที่ 5 P2 (พันธุ์จากประเทศจีน) กรรมวิธีที่ 6 San ramon (พันธุ์จากประเทศออสเตรเลีย) กรรมวิธีที่ 7 Catimor CIFC 7963-13-28 กรรมวิธีที่ 8 Typica และกรรมวิธีที่ 9 Caturra

3. ปฏิบัติดูแลรักษาต้นกาแฟที่เป็นผลจากรหัสการทดลองที่ 01-14-49-01-02-01-02-49 ทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต่างประเทศ (ปี 2549-2553) รหัสการทดลองที่ 01-14-49-01-02-01-03-49 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 6 ในสภาพธรรมชาติ (ปี 2549-2553) รหัสการทดลองที่ 01-14-49-01-02-01-04-49 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม HDT Derivertive กลุ่มพันธุ์ Carvimore ชั่วที่ 6 (ปี 2549-2553) งานทดลองการศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของพืชสวนอุตสาหกรรมในแปลงรวบรวมพันธุ์ (Ex situ) กาแฟอะราบิกาที่เป็นต้นที่นำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย (ปี 2549-2553) และรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-03-01-54เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาพันธุ์คัดเลือกกับ พันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ (ปี 2554-2558) ที่ปลูกในปี 2555 เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น, ความสูง, ทรงพุ่ม, อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น, ความยาวระหว่างข้อของลำต้น, ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล, ขนาดของใบ, สีของใบ, สีผล, ลักษณะการเกิด Pea berry, ผลผลิต, เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558 - สิ้นสุด กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 ในแหล่งต่างๆ (2559-2562)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสม 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 6 ได้แก่ H 528/46 ML 2/10 29-65-23, H 420/9 ML 2/4 78-31-34, H 420/9

ML 1/3 KW 54, H 420/9 ML 2/1 KW 82 กลุ่มที่ 2 กาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 7 ได้แก่ Catimor CIFC 7963-13-28 พันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์แท้ ได้แก่ ได้แก่ Caturra (2) อื่นๆได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

2. แบบและวิธีการทดลอง แผนการทดลองแบบ RCB 6 กรรมวิธี (พันธุ์) 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 ต้น ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 H 528/46 ML 2/10 29-65-23 กรรมวิธีที่ 2 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 กรรมวิธีที่ 3 H 420/9 ML 1/3 KW 54 กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กรรมวิธีที่ 5 Catimor CIFC 7963-13-28 กรรมวิธีที่ 6 Caturra

3. ปฏิบัติดูแลรักษาต้นกาแฟที่เป็นผลจากรหัสการทดลองที่ 01-14-49-01-02-01-03-49 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 6 ในสภาพธรรมชาติ (ปี 2549-2553) รหัสการทดลองที่ 01-14-49-01-02-01-04-49 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม HDT Derivertive กลุ่มพันธุ์ Carvimore ชั่วที่ 6 (ปี 2549-2553) และรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-03-02-54 ทดสอบกาแฟอะราบิกาพันธุ์คัดเลือกในแหล่งต่างๆ (ปี 2554-2558) ที่ปลูกในปี 2555 เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง เดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น, ความสูง, ทรงพุ่ม, อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น, ความยาวระหว่างข้อของลำต้น, ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล, ขนาดของใบ, สีของใบ, สีผล, ลักษณะการเกิด Pea berry, ผลผลิต, เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง: 1300 ม.) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย (ภูเรือ: 1000 ม.) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบูรณ์ (เขาค้อ: 800 ม.)

การทดลองที่ 1.4 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 (ปี 2559-2560)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสมกลุ่มกาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 5 ได้จากการรวบรวมพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ได้รับต้นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 4 จาก อ.อาภรณ์ ธรรมเขต ปลูกที่ ศวพ.ตาก (มูเซอ) จ.ตาก ปลูกปี พ.ศ. 2541-2546 จำนวน 14 สายพันธุ์ ๆ ละ 50 ต้น ได้แก่ 5-3-50-43, 5-4-57-2, 5-4-3-37, 5-3-74-29, 5-4-40-37, 5-3-74-35, 5-4-78-17, 313.1/7, 305.2/8, 5-4-30-45, 5-4-48-7, 5-4-40-21, 5-4-78-4 และ 5-3-50-13 ปี 2554-2555 คัดเลือกต้นที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ (แปลง) 100% และมีลักษณะการสุกแก่ เพาะเมล็ดสายพันธุ์ละ 500 เมล็ด ที่ ศวพ.ตาก แล้วคัดเลือกต้นที่สมบูรณ์มาทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิม (*Hemiliea vastratrix*) ในสภาพควบคุม (โรงเรือน)ที่ ศวพ.ตาก คัดเลือกต้นกล้ากาแฟที่ไม่แสดงอาการของโรคราสนิมหลังจากปลูกเชื้อได้ 45 วัน จำนวน 26 เบอร์ๆ ละ 5 ต้น (เบอร์No.1-No.27) (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

ศูนย์วิชาการเกษตร

2. แบบและวิธีการทดลอง มี 2 การทดลองย่อย ดังนี้ (1) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 6 จากต้นเพาะเมล็ด (2) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 6 จากต้นเสียบยอด

3. ปฏิบัติดูแลรักษาต้นกาแฟที่เป็นผลจากรหัสการทดลองที่ 01-27-54-01-02-02-08-55การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 (ปี 2554-2558) เป็นต้นที่ปลูกในปี 2556 เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น, ความสูง, ทรงพุ่ม, สีผล และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลง

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2560 ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก (มูเซอ:800 ม.)

การทดลองที่ 1.5 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 (2559)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นกาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 จำนวน 59 ต้น ได้แก่ Caturra Vermelhox San ramon จำนวน 1 ต้น (ต้นที่ 3),H.528/46 ML2/10-29-65-23 x K7 จำนวน 2 ต้น (ต้นที่ 9 และ12), Catimor CIFC 7963-13-28x Colchin จำนวน 3 ต้น (ต้นที่ 3, 4 และ6), SL6 x H.528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 1 ต้น (ต้นที่ 1), ColchinxH.420/9 ML2/4-78-62-26 จำนวน 20 ต้น (ต้นที่ 1, 2, 3, 5, 7, 10, 12, 16, 17, 21, 25, 26, 27, 29, 31, 45, 65, 66, 70 และ71), Catimor CIFC 7963-13-28x K7 จำนวน 30 ต้น (ต้นที่ 2, 3, 5, 6, 14, 15, 22, 27, 29, 31, 36, 39, 41, 56, 57, 63, 64, 65, 66, 70, 72, 73, 78, 79, 81, 86, 89, 90, 91 และ92), Catimor CIFC 7963-661-36 x San ramon จำนวน 1 ต้น (ต้นที่ 11) และ SL34 x H.420/9 ML2/4-78-62-26 จำนวน 1 ต้น (ต้นที่ 1) (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มีการวางแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละสายพันธุ์กับพ่อแม่พันธุ์และพันธุ์อ่อนแอ (Typica และ Caturra) ปลูกแป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น ระยะห่างระหว่างต้น 1x 1 ม.

3. ดูแลรักษากาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ที่ได้จากโครงการวิจัยและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธีการผสมพันธุ์ ที่ผ่านการทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพโรงเรือน ที่ต้านทานต่อโรคราสนิม 100% ปลูกปี 2552-2553 ปลูกเป็นกลุ่ม แต่ละกลุ่ม ประกอบด้วยต้นพ่อพันธุ์ แม่พันธุ์ และพันธุ์อ่อนแอ(Typica และ caturra) ต่อมาได้ดำเนินการต่อในรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-03-54 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ที่ได้จากโครงการวิจัยและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธีการผสมพันธุ์ (ปี 2554-2558)โดยเมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป เมื่อต้นอายุ 3 ปี เริ่มให้ผลผลิต ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ได้แก่ เดือน พ.ค., ส.ค. และ ต.ค.

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น, ความสูง, ทรงพุ่ม, อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น, ความยาวระหว่างข้อของลำต้น, ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล, ขนาดของใบ, สีของใบ, สีผล, ลักษณะการ

เกิด Pea berry, ผลผลิต, เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2559 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.6 การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย(2559)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสม 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 6 ได้แก่ H 420/9 ML 2/4-78-62-26,H 528/46 ML 2/10-29-65-23 กลุ่มที่ 2 กาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 7 ได้แก่ Catimor CIFC 7963-13-28 กลุ่มที่ 3 กาแฟอะราบิกา Non-HDT derivative ได้แก่ San Ramon Sln. 7.3 พันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์แท้ 2 พันธุ์ ได้แก่ Typica, Caturra (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

2. แบบและวิธีการทดลอง แผนการทดลอง RCB มี 7 กรรมวิธี ขนาดหลุมปลูก 0.50x0.50x0.50 เมตร ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 San ramon กรรมวิธีที่ 2 Java Typica กรรมวิธีที่ 3 Catuai Rojo กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/4-78-62-26 กรรมวิธีที่ 5 H 528/46 ML 2/10-29-65-23 กรรมวิธีที่ 6 Cartimor CIFC 7963-13-28 กรรมวิธีที่ 7 Caturra

3. ปฏิบัติดูแลรักษาต้นกาแฟที่เป็นผลจากรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-09-55 คัดเลือกสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย (ปี 2555-2558) ที่ปลูกในปี 2555 ใช้หลุมปลูกขนาด 0.50x0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุม เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4) คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2559 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.7 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 (2559-2560)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟสายพันธุ์ลูกผสมกลุ่มกาแฟอะราบิกา HDT derivative สายพันธุ์ Sarchimor 5 เบอร์ ได้แก่ CIFC No.1, CIFC No.2,CIFC No.3, CIFC No.4 และ CIFC No.5 (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์

คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มีการวางแผนการทดลอง ปลูกเป็นกลุ่ม 5 กลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 1x1 เมตร ขนาดหลุม 0.50x0.50x0.50 เมตร ดังนี้ (1) CIFC No.1 (2) CIFC No.2 (3) CIFC No.3 (4) CIFC No.4 (5) CIFC No.5

3. ปฏิบัติดูแลรักษาต้นกาแฟที่เป็นผลจากรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-07-55 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 (ปี 2555-2558) ที่ปลูกในปี 2555 ที่ได้จากการเพาะเมล็ดที่ได้รับจากศูนย์วิจัยโรคราสนิม (CIFC) ประเทศโปรตุเกตุ ซึ่งเป็นลูกผสมระหว่าง Villa Sachi CIFC 971-10 x Hibrido de Timor CIFC 832/2 ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น หลุมปลูกขนาด 0.50 x 0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุมเมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไปหากพบต้นที่เป็นโรคราสนิม ให้คัดและตัดทิ้ง คัดเลือกต้นที่ไม่เป็นโรคราสนิมที่ให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพการชิมดี โดยนำเมล็ดไปทดสอบความทนทานโรคราสนิมในสภาพโรงเรือน แล้วนำไปปลูกทดสอบในสภาพแปลงเพื่อประเมินความทนทานต่อโรคราสนิม

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2560 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.8 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 (2559-2562)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ระหว่างสายพันธุ์แท้กับสายพันธุ์ลูกผสม จำนวน 22 คู่ผสม ได้แก่ H 528/46 ML2/10-29-65-23 X SL 6 จำนวน 60 ต้น, SL 6x H 528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 80 ต้น,Catuai Amarelox H 528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 70 ต้น, H 420/9 ML2/4-78-62-26 X Catuai Amarelo จำนวน 34 ต้น, Catuai Amarelox H 420/9 ML2/4-78-62-26 จำนวน 43 ต้น, Catimor CIFC 7963-661-36 X Cioccie จำนวน 5 ต้น, Catuai X H 528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 4 ต้น, H 528/46 ML2/10-29-65-23 x Catuai จำนวน 80 ต้น, Bourbon X H 528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 70 ต้น, Bourbon X H 420/9 ML2/4-78-62-26 จำนวน 37 ต้น, H 420/9 ML2/4-78-62-26 x Bourbon จำนวน 90 ต้น, Caturra Vermelho X H 528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 22 ต้น, Caturra Vermelho X H 420/9 ML2/4-78-62-26 จำนวน 19 ต้น, Catimor CIFC 7963-13-28 x Caturra Vermelho จำนวน 32 ต้น, Caturra Amarelo X H 420/9 ML2/4-78-62-26 จำนวน 7 ต้น, H 420/9 ML2/4-78-62-26 x Caturra Amarelo จำนวน 29 ต้น, Caturra Amarelo X Catimor CIFC 7963-13-28 จำนวน 3 ต้น, Catimor CIFC 7963-13-28x Caturra Amarelo จำนวน 35 ต้น, K7 X H 528/46 ML2/10-29-65-23 จำนวน 5 ต้น, H 528/46 ML2/10-29-65-23 x K7 จำนวน 59 ต้น, Catimor CIFC 7963-13-28 x K7

กรมวิชาการเกษตร

จำนวน 92 ต้น และ SL34 X Catimor CIFC 7963-13-28 จำนวน 15 ต้น (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (4) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (5) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มีการวางแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละสายพันธุ์ กับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ คือ พันธุ์ Typica ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 4 เมตร

3. ดูแลรักษาและคัดเลือกต้นกาแฟที่ได้จากรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-01-01-54 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟโดยวิธีการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุแท้กับสายพันธุ์ลูกผสม จำนวน 24 คู่ผสม (ปี 2554-2556) รหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-01-54 การศึกษาปฏิกิริยาของกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ระหว่างสายพันธุแท้กับสายพันธุ์ลูกผสม ต่อโรคราสนิมในสภาพโรงเรือน (ปี 2554-2556) รหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-06-55การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ระหว่างสายพันธุ์แท้กับสายพันธุ์ลูกผสมต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ (ปี 2558-2558) ที่ปลูกในปี 2557 ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 4 เมตร หลุมปลูกขนาด 0.50x0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุม เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.9 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 (2559-2562)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ระหว่างสายพันธุ์แท้ กับสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 6 จำนวน 14 คู่ผสม ได้แก่ H420/9ML2/4 78-31-34 x Catuai, H420/9ML2/4 78-31-34 x Typica, H420/9ML2/4 78-31-34xCaturra, H420/9ML2/4 78-31-34xSanramon, H528/46ML2/1029-65-23xCatuai, H528/46ML2/1029-65-23xTypica, H528/46ML2/1029-65-23xCaturra, H528/46ML2/1029-65-23xSanramon, H420/9ML2/1 KW82xCatuai, H420/9ML2/1 KW82xTypica, H420/9ML2/1 KW82xSanramon, H420/9ML2/1 KW54xCatuai, H420/9ML2/1 KW54 xTypica และ H420/9ML2/1 KW54xSanramon (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เครื่องปอกเปลือกกาแฟ ชั้นวาง ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15, 13-13-21, 46-0-0, 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (2) วัสดุวิทยาศาสตร์ สำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของกาแฟ (3) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น (4) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

ศูนย์วิชาการเกษตร

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มีการวางแผนการทดลอง เปรียบเทียบความแตกต่างแต่ละสายพันธุ์กับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ Typica) ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 4 เมตร

3. ดูแลรักษาและคัดเลือกต้นกาแฟที่ได้จากรหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-01-02-54 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟโดยวิธีการผสมพันธุ์ระหว่างสายพันธุ์แท้กับสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 6 จำนวน 16 คู่ผสม (ดำเนินการปี 2554-2556) รหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-02-54 การศึกษาปฏิกิริยาของกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ระหว่างสายพันธุ์แท้กับสายพันธุ์ลูกผสมสายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 6 ต่อโรคราสนิมในสภาพโรงเรือน (ปี 2554-2556) รหัสการทดลอง 01-27-54-01-02-02-06-55 การทดสอบและคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 (F1) ระหว่างสายพันธุ์แท้กับสายพันธุ์ลูกผสมต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ (ดำเนินการปี 2558-2558) ที่ปลูกในปี 2557 ปลูกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 25-50 ต้น ระยะห่างระหว่างกลุ่ม 4 เมตร หลุมปลูกขนาด 0.50 x 0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุมการปฏิบัติดูแลรักษา เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

การทดลองที่ 1.10 การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ (2559-2564)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟที่รวบรวม 3 สถานที่ ได้แก่ (1) ศกล.ชม.(ขุนวาง) เป็นพันธุ์ที่ได้รับเมล็ดจากประเทศออสเตรเลีย มี42 พันธุ์ๆ ละ 20 ต้น รวม 840 สายพันธุ์ ได้แก่ PoPv-4, H 722/16-1 แดง, Catura red km 4, Catuai RoJo, CSFRI 11 km 23, Java km 46, Dk 1/6 CIFC 32/1, Bour bon km 51, Bour bon km 45, CSFRI 11 km 21, LB km 11, SL 14 km 8, San Ramon sin 7.2 km 30, Catimor PT 1 km 42, H 722/16-2, Catimor do co 11670, Catimor 8664 PT1, 67(2-2) No 5, A5 7958, H 739/4-5, H 762/8-2, KL south Africa, H 722/16-1 เหลือง, 64 (4-1) No 5, 62 (2-2) No 12AH, 62 (2-2) No.9, H 762/8-2 เหลือง, Catimor km 68, Giesha km 40, 64 (2-4) No 8 AH, Catura rojo km 33 และ Catuai km 18 (2) ศวพ.กล.เชียงราย (วาวี) มี 4 ชุด คือ ชุดที่ 1 สายพันธุ์ที่ได้จากกองโรคพืชและจุลชีววิทยา 17 สายพันธุ์ ชุดที่ 2 สายพันธุ์ HDT Derivative 33 สายพันธุ์ ชุดที่ 3 สายพันธุ์กาแฟอะราบิกาจากรัฐฮาวาย 30 สายพันธุ์ และชุดที่ 4 กาแฟอะราบิกาจากเมืองโคน่า รัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกา 104 สายพันธุ์ (3) ศวส.เลย เป็นต้นที่ซื้อเมล็ดพันธุ์จากศูนย์วิจัยกาแฟแม่หลอด มูลนิธิโครงการหลวง อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ 6 สายพันธุ์ ได้แก่ 4-1-130-35, 301 1/12, 8-7-78-108, 8-7-78-129, Catimor และ H761/5-6 (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุงตะกร้า ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15 13-13-21 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เครื่องวัดพิกัด (GPS) เป็นต้น (3) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์

กรมวิชาการเกษตร

2. สำรวจ รวบรวมเชื้อพันธุ์ที่มีอยู่เดิมในศูนย์วิจัยพืชสวน และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร ซึ่งได้รับเมล็ดพันธุ์จากต่างประเทศ เพื่อศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ การประเมินคุณลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาอย่างละเอียด และประเมินลักษณะทางการเกษตร ข้อมูลผลผลิต และความต้านทานโรคและแมลง และดูแลรักษาแปลงรวบรวมพันธุ์พืชอย่างสม่ำเสมอ

3. การบันทึกข้อมูล ลักษณะประจำพันธุ์ตามหลัก IPGR การประเมินคุณลักษณะทางพันธุกรรม โดยใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาอย่างละเอียด และประเมินลักษณะทางการเกษตร ข้อมูลผลผลิต และความต้านทานโรคและแมลง โดยมีหลักการคัดเลือกพันธุ์คือ มีสายเลือดกาแฟอะราบิกา 87.25% ต้านทานโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ มากกว่า 96% ต้นเตี้ย สูงปานกลาง ข้อสั้น ความยาวระหว่างข้อไม่เกิน 4 ซม. จำนวนเมล็ด/น้ำหนัก 100 กรัม ไม่น้อยกว่า 400 เมล็ด ผลผลิตสูง (เกรด A) 70% คุณภาพการชิม (Cup Quality test) ระดับคะแนนรวมไม่น้อยกว่า 6 จาก 10 คะแนน ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง:1400 ม. จากระดับน้ำทะเล) จ.เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี:1300 ม. จากระดับน้ำทะเล) จ.เชียงราย ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (ภูเรือ:700 ม. จากระดับน้ำทะเล) จ.เลย

การทดลองที่ 1.11 การหายีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาลูกผสม ชุดที่ 1 (2559-2564)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) กาแฟอะราบิกาที่รวบรวมไว้ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง (ขุนวาง) ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด 44 ตัวอย่างในตัวอย่างกาแฟกลุ่ม CM80 (12 ตัวอย่าง) ลูกผสม F1 (Hybrid) (8 ตัวอย่าง) Typica (16 ตัวอย่าง) Catuai Rojo (4 ตัวอย่าง) Catura Rojo (2 ตัวอย่าง) Marati (1 ตัวอย่าง) และ Sanromon (1 ตัวอย่าง) (2) เครื่องแก้ว หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ น้ำกลั่น เครื่องวัดความเป็นกรดด่าง เครื่องมือในการตรวจยีนและการแสดงออกของยีน ประกอบด้วย ชุดแยกสารพันธุกรรมด้วยกระแสไฟฟ้า เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม (PCR) เครื่องตรวจสารพันธุกรรมในสภาพจริง (qPCR) เครื่องวัดปริมาณดีเอ็นเอ อุปกรณ์และสารเคมีในการสกัดดีเอ็นเอ ชุดสกัดอาร์เอ็นเอและซีดีเอ็นเอ ชุดสกัดชิ้นส่วนดีเอ็นเอบริสุทธิ์ สารเคมีในการทำปฏิกิริยา PCR สารเคมีในการแยกขนาดดีเอ็นเอด้วยกระแสไฟฟ้า สารเรืองแสง (SYBR gold) ไพร์เมอร์ตรวจจับยีนเป้าหมาย 7 ยีน ได้แก่ CaPR1b, CaR111, CaGT, CaWRKY1, CaRLK, CaUbiquitin กระดาษพิมพ์ผลชนิด HGG thermal printer เครื่องตรวจวิเคราะห์ขนาดดีเอ็นเอด้วยแสงยูวี เครื่องปั่นเหวี่ยงความเร็วรอบสูง อุปกรณ์ดูดสารละลายแบบอัตโนมัติ หลอดพลาสติกขนาด 0.2, 1.0 10 มิลลิลิตร ทิปขนาด 0.2 และ 1 มิลลิลิตร ฯ

2. แบบและวิธีการทดลอง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การตรวจยีนต้านทานโรคราสนิม

(1) การแยกความแตกต่างของยีนต้านทานโรคราสนิมด้วยเทคนิค HRM และการวิเคราะห์ลำดับนิวคลิโอไทด์ โดยเก็บตัวอย่างใบ ทำการสกัดดีเอ็นเอ ตรวจสอบชิ้นส่วนยีนเป้าหมายทั้ง 7 ยีนด้วยเทคนิคพีซีอาร์โดยไพร์เมอร์ที่อ้างอิงตาม Ramiro, et al. 2009 ดังนี้

CaPR1b*(DQ335594)	F-GATTACCTGGACGCCCATAA	R-GCTGCCAGGTTTTCTCCATA
CaPR10 *(CF589103)	F- GCCACCATCCTTGAAGAGAA	R- CAACTCTCTGCTTGGCAGTCT
CaR111 *(CF589193)	F-TCCAAATCGCTTCGACACC	R-GAGACGTCTTGCAAGGTTTTGA
CaGT *(CO773975)	F- ACTCCAGCAACAACCACCATTA	R- GTTGCGGTTTGTATATGGAGATTG
CaWRKY1*(CO773974)	F-TGCAACAAGGACAGCACCAG	R- CGTGATCGCGGCCGT

CaRLK *(CF589181)	F- ATGGGAGAAAAGAATGGCAGAAG	R- GGCCAATTACAGTTTGAAAACACC
CaUbiquitin *(AF297089)	F- AACATTGAGGGTGGTTCTGTTC	R- GCAGAAAACCAACTAAGACCTAACAA

(2) การทำพีซีอาร์ พบว่า ปฏิกิริยา PCR ประกอบด้วย 10X buffer 1.5 µl, 2.5 mM dNTP 1.2 µl, 25 mM $MgCl_2$ 0.9 µl, 5U Taq DNA polymerase 0.3 U, DNA template 3 µl ในปริมาตรรวม 15 µl เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยโปรแกรม Pre-incubation 95°ซ/5 นาที 1 รอบ, ตามด้วย Denaturation 95 °ซ /15 วินาที Annealing 57 °ซ/30 วินาที Extension 72 °ซ/40 วินาที จำนวน 40 รอบ ตามด้วย Final extension 72 °ซ/7 นาที 1 รอบ

(3) การตรวจ Tm ด้วย Real-Time PCR : ยีนแต่ละตัวจะใช้สภาวะในการเพิ่มชิ้นส่วนยีนไม่เท่ากัน และสภาวะในการทำ Real-Time PCR กับ conventional PCR ก็แตกต่างกัน โดยจะใช้สภาวะเริ่มต้น ดังนี้ Pre-incubation 95 °ซ/10 นาที ตามด้วย Denaturation 95 °ซ /15 วินาที Annealing 58 °ซ/20 วินาที Extension 72 °ซ/40 วินาที จำนวน 45 รอบ ตามด้วย Melting Curve denaturing 95 °ซ Annealing 65 °ซ Extension 97 °ซ /5 วินาที 1 นาที Cooling 40 °ซ/30 วินาที

(4) การตรวจลำดับเบส (sequencing) คือ นำตัวอย่างดีเอ็นเอที่เตรียมไว้โดยผ่านการทำให้บริสุทธิ์แล้วทำการหาลำดับเบสด้วยสารเคมีชุด ABI Big Dye Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kit ตามตามที่วิธีที่ระบุในคู่มือ และตรวจสอบลำดับเบสด้วยเครื่อง ABI 3500 Genetic Analyzer อ่านผลลำดับเบสด้วยโปรแกรม Seqscap (Appliedbiosystems) เมื่อได้ลำดับเบส ให้นำมาเปรียบเทียบกับลำดับเบสที่อยู่ในฐานข้อมูล

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจการแสดงออกของยีนต้านทานโรคราสนิม

(1) การสกัดอาร์เอ็นเอ : นำตัวอย่างใบกาแฟ มาสกัด RNA โดยใช้ชุดสกัด GF-1 Total RNA Extraction kit (Vivantis, California, U.S.A.) ตามที่วิธีที่ระบุในคู่มือ จากนั้นตรวจคุณภาพของอาร์เอ็นเอด้วยวิธีอิเล็กโทรโฟริซิส วัดความเข้มข้นและความบริสุทธิ์ของอาร์เอ็นเอที่สกัดได้ด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ NanoDrop® (Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington, U.S.A.) กำจัดดีเอ็นเอที่อาจหลงเหลืออยู่ในสารละลายอาร์เอ็นเอด้วยเอนไซม์ DNaseI (Vivantis, California, U.S.A.) หาก RNA ที่สกัดได้มีความเข้มข้นและมีความบริสุทธิ์อยู่ในระดับที่เหมาะสมคือช่วง 2.0-2.2 จึงนำไปใช้เป็นต้นแบบในการสังเคราะห์ cDNA ด้วย Thermo Scientific RevertAid First Strand cDNA Synthesis kit (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, U.S.A.) โดยใช้ไพรเมอร์ชนิดออลิโกดีที (oligo dT primer) เป็นตัวตั้งต้นในการสังเคราะห์สายดีเอ็นเอสายแรก (first strand cDNA) ด้วยเครื่องพีซีอาร์ แล้วนำ cDNA ที่ได้ไปเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20 °ซ เพื่อนำไปใช้ในปฏิกิริยาลูกโซ่พอลิเมอเรส (Polymerase Chain Reaction, PCR)

(2) การสังเคราะห์ cDNA : สังเคราะห์ cDNA ด้วย Thermo Scientific RevertAid First Strand cDNA Synthesis kit (Thermo Fisher Scientific, Massachusetts, U.S.A.) โดยใช้ RNA เริ่มต้น 1µg/µl ใช้ไพร์เมอร์ชนิด Oligo(dT) 18 primer 1 µl ในปริมาตรรวม 12 µl นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 65 °ซ เป็นเวลา 5 นาที ในเครื่องพีซีอาร์ แล้วเก็บไว้ในน้ำแข็ง เตรียมส่วนผสม RT-Mix (Reaction Buffer (5X, green,) 4 µl RioLock RNase Inhibitor (20 U/µl) 1 µl dNTP mix (10 mM each) 2 µl , Revert Aid M-MuLV reverse transcriptase (200 U/µl) 1 µl เฉพาะหลอดทดสอบ ส่วนหลอด control ไม่เติม ปริมาตรรวม 20 µl นำไปสังเคราะห์ cDNA ในเครื่องพีซีอาร์โดยใช้อุณหภูมิและจำนวนรอบ ดังนี้ Pre-heating 94 °ซ/3 นาที Incubation 42 °ซ/60 นาที Heating 70 °ซ/ 5 นาที

(3) การเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอของยีนที่สนใจด้วยปฏิกิริยา real time PCR : การทดสอบสภาวะที่เหมาะสมในการวิเคราะห์การแสดงออกของยีนด้วยเครื่อง real-time PCR (Roche Diagnostics, Thailand) โดยส่วนประกอบที่ใช้ในการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วนดีเอ็นเอของยีนที่สนใจ Pre-incubation 95 °ซ/10 นาที 1 รอบ ตามด้วย Denaturation 95 °ซ /15 วินาที Annealing 60 °ซ/20 วินาที Extension 72 °ซ/40 วินาที จำนวน 45 รอบ ตามด้วย Melting Curve denaturing 95 °ซ Annealing 65 °ซ Extension 97 °ซ/5 วินาที 1 นาที Cooling 40 °ซ/30 วินาที

(4) การวิเคราะห์ผลการแสดงออกของยีน ใช้วิธีการวัดปริมาณแบบสัมพัทธ์ (relative quantification) ซึ่งเป็นการหาปริมาณ DNA เริ่มต้นที่ต่างกัน 2 ตัวอย่างโดยเปรียบเทียบค่า Crossing point (cp) หรือค่า threshold cycler (ct) ซึ่งค่าที่ได้จากการคำนวนจำออกมาเป็นจำนวนเท่า โดยนำค่า cp ของยีนที่ใช้เป็น reference (housekeeping gene) ใช้เป็นเป็นค่าเปรียบเทียบกับค่า cp ของยีนที่ใช้ศึกษาการแสดงออกของยีน การหาปริมาณการแสดงออกของยีน (expression level) คำนวนจากวิธี ΔΔCt (ΔΔCt method) ของ Livak and Schmittgen, (2001) จากสมการ

$$\text{Ratio} = 2^{-\Delta\Delta Ct} \text{ โดย } \Delta\Delta Ct = (Ct\ Target - reference)_{sample} - (Ct\ Target - reference)_{calibrator}$$

(5) การบันทึกข้อมูล ได้แก่ รอยโรคราสนิมบนใบ ขนาดชิ้นยีน ระดับการแสดงออกของยีน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น จ.ขอนแก่น และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

การทดลองที่ 1.12 การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบน (2559-2564)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟ และเชื้อราสนิม (2) วัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับสกัดดีเอ็นเอ (3) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น และ (4) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์ เป็นต้น

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มี

3. สำรวจและเก็บตัวอย่างราสนิมกาแฟในแปลงปลูกกาแฟอะราบิกาใน จ.เชียงใหม่ และ จ.เชียงราย ปลูกเชื้อราสนิมกาแฟที่รวบรวมได้ลงต้นกล้ากาแฟ สกัดดีเอ็นเอเชื้อราสนิมที่ได้แหล่งต่างๆ เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอเชื้อราสนิมที่สำรวจพบ ด้วยไพร์เมอร์ที่จำเพาะต่อเชื้อราสนิมกาแฟ ตรวจสอบผลผลิตดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ นำผลผลิตที่สังเคราะห์ได้ไปวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ (sequencing) นำผลวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ ไปออกแบบไพรเมอร์ให้ครอบคลุมส่วนของยีนที่ต้องการ เพื่อจำแนกชนิดของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ละ race วิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ละ isolate ที่รวบรวมได้เพื่อจำแนก race ของเชื้อราสนิมกาแฟ

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ละ isolate เพื่อจำแนก race ของเชื้อราสนิมกาแฟ

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย จ.เชียงราย และแปลงเกษตรกร จ.เชียงใหม่ และ จ.เชียงราย สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรุงเทพฯ และศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) จ.เชียงใหม่

ศูนย์วิจัยการเกษตร

การทดลองที่ 1.13 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา (2562-2564)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ประชากรกาแฟอะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ (2) ไพรเมอร์ และโพรบที่ติดฉลากสารเรืองแสง โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ดีเอ็นเอ (3) สารเคมี ได้แก่ ชุดสกัดสกัดดีเอ็นเอจากพืช Taq DNA polymerase, ดีเอ็นเอมาตฐาน 100 bp DNA Ladder agarose สีย้อมดีเอ็นเอ และสารเคมีอื่น ๆ (4) วัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ปิเปตต์ทิป microtube 1.5 ml PCR tube 0.2 ml PCR plate 96 well capillary กระดาษพิมพ์ชนิด Thermal paper และวัสดุวิทยาศาสตร์อื่น (5) เครื่องมือวิทยาศาสตร์ ได้แก่ เครื่องผสมสารละลาย เครื่องหมุนเหวี่ยง เครื่องชั่งสาร เครื่องวัดการดูดกลืนแสง เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม Thermal Cycler GeneAmp PCR System เครื่องแยกสารด้วยไฟฟ้า เครื่อง UV transilluminator (Biorad) ชุดถ่ายภาพเครื่องอัตโนมัติ เป็นต้น

2. การเตรียมตัวอย่างพืชและการสกัดดีเอ็นเอจากกาแฟ คือ เก็บรวบรวมตัวอย่างใบกาแฟ เพื่อสกัดดีเอ็นเอจากใบกาแฟ โดยใช้ชุดสกัดดีเอ็นเอสำเร็จรูปสำหรับพืช Plant Genomic DNA Mini Kit (Geneaid, Taiwan) ตามรายละเอียดของวิธีการในชุดสกัด จากนั้นตรวจสอบคุณภาพ และปริมาณของดีเอ็นเอที่ได้ โดยวิธีการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ และตรวจสอบด้วยวิธีอะกาโรสเจลอิเล็คโทรโฟรีซีส บันทึกแถบดีเอ็นเอด้วยชุดถ่ายภาพ แล้วเจือจางดีเอ็นเอให้ได้ความเข้มข้น 10 นาโนกรัม/ไมโครลิตร เพื่อนำไปทำปฏิกิริยาพีซีอาร์ และเก็บดีเอ็นเอที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในขั้นตอนการทดสอบหาไพรเมอร์ที่ให้ความแตกต่างของแถบดีเอ็นเอ และการหารูปแบบการเกิดดีเอ็นเอของกาแฟแต่ละพันธุ์

3. การคัดเลือกไพรเมอร์ที่เหมาะสมในการศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมด้วยเทคนิค SSR คือ

3.1 สืบค้นข้อมูลลำดับเบสของไพรเมอร์ SSR ที่จำเพาะกับลำดับเบสของกาแฟ จากข้อมูลที่มีการตีพิมพ์จำนวน 100 คู่ไพรเมอร์ และสังเคราะห์ไพรเมอร์กับบริษัท Integrated DNA Technologies (USA)

3.2 ทดสอบการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของไพรเมอร์ SSR แต่ละคู่กับกาแฟอะราบิกาพันธุ์ CM80 2/23 โดยใช้ชุด Type-it Microsatellite PCR Kit โดยปฏิกิริยาทั้งหมด 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 2x Type-it Multiplex PCR Master Mix 12.5 ไมโครลิตร, 0.2 uM upstream primer, 0.2 uM downstream primer, 10 ng ดีเอ็นเอต้นแบบ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 25 ไมโครลิตร และตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วย 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที 60 องศาเซลเซียส 90 วินาที 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที จำนวน 30 รอบ และ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที จำนวน 1 รอบ ตรวจสอบดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้โดยใช้ 2% อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส โดยมีดีเอ็นเอมาตรฐาน 100 bp DNA ladder marker เป็นตัวเปรียบเทียบขนาดชิ้นดีเอ็นเอ และบันทึกภาพด้วยเครื่อง Gel-Doc Transilluminator (Bio-Rad Laboratories, CA, USA)

3.3 คัดเลือกไพรเมอร์ที่เพิ่มปริมาณได้ในข้อ 2 นำไปติดฉลากด้วยสารเรืองแสง FAM VIC NED และ PET แล้วนำไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอกับกาแฟ 32 สายพันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Typica _2/47, Bourbon vermelho_2/44, Caturra vermelho_1/4 SF, Caturra amarello_1/5 SF, Catuai vermelho_2/39 SF, Catuai amarello_2/25 SM, Mundo Novo_2/9 SM, K7_2/8 SM, CM80-2/23 SF, CM80-2/25 SF, CM80-2/28 SF, CM80-2/31 SF, CM80-2/33 SF, CM80-2/36 SM, CM80-2/39 SM, CM80-2/42 SM, CM80-2/45 SM, CM80-2/48 SM, CM80-T1R1, CM80-T2R1, CM80-T3R1, CM80-T4R1, CM80-T5R1, CM80-T6R1, CM80-T7R1, CM80-

T8R1, CM80-T9R1, CM8-T10R1, H420/9-2/20 SF, H528-2/1 SF, H528-2/2 SF และ H528-2/3 SF โดยใช้ชุด Type-it Microsatellite PCR Kit โดยปฏิกิริยาทั้งหมด 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 2x Type-it Multiplex PCR Master Mix 12.5 ไมโครลิตร, 0.2 uM upstream primer ที่ติดฉลากด้วย FAM หรือ VIC หรือ NED หรือ PET, 0.2 uM downstream primer, 10 ng ดีเอ็นเอต้นแบบ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 25 ไมโครลิตร และตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วย 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที 60 องศาเซลเซียส 90 วินาที 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที จำนวน 30 รอบ และ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้นตรวจสอบดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้โดยใช้ 2% อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส เช่นเดียวกับข้อ 2 จากนั้นนำผลผลิตพีซีอาร์ที่เหลือไปตรวจสอบขนาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเออย่างละเอียด โดยการแยกขนาดชิ้นดีเอ็นเอด้วยเครื่องอัตโนมัติ ABI 3730 Genetic Analyzer ที่มีตัวเปรียบเทียบขนาดชิ้นดีเอ็นเออยู่ทุกตัวอย่าง (Internal Size Standard) เป็นตัวเปรียบเทียบขนาดของชิ้นดีเอ็นเอ (LIZ 500 Size Standard) และคัดเลือกไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอมีความแตกต่างในกาแฟแต่ละพันธุ์

4. การประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกาโดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR

4.1 นำดีเอ็นเอของกาแฟที่สกัดได้ในข้อ 2 จำนวน 143 สายพันธุ์ นำไปเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอ โดยใช้ชุด Type-it Microsatellite PCR Kit ที่ใช้ไพรเมอร์ติดฉลากสารเรืองแสงที่คัดเลือกได้จากข้อ 2.3 โดยปฏิกิริยาทั้งหมด 25 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 2x Type-it Multiplex PCR Master Mix 12.5 ไมโครลิตร, 0.2 uM upstream primer ที่ติดฉลากด้วย FAM หรือ VIC หรือ NED หรือ PET, 0.2 uM downstream primer, 10 ng ดีเอ็นเอต้นแบบ ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 25 ไมโครลิตร และตั้งสภาวะการทำงานของเครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรมที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 5 นาที จำนวน 1 รอบ ตามด้วย 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที 60 องศาเซลเซียส 90 วินาที 72 องศาเซลเซียส 30 วินาที จำนวน 30 รอบ และ 60 องศาเซลเซียส 30 นาที จำนวน 1 รอบ จากนั้นตรวจสอบดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้โดยใช้ 2% อะกาโรสเจลอิเล็กโทรโฟรีซิส เช่นเดียวกับข้อ 2.2 จากนั้นนำผลผลิตพีซีอาร์ที่เหลือไปตรวจสอบขนาดของชิ้นส่วนดีเอ็นเออย่างละเอียด โดยการแยกขนาดชิ้นดีเอ็นเอด้วยเครื่องอัตโนมัติ ABI 3730 Genetic Analyzer ที่มีตัวเปรียบเทียบขนาดชิ้นดีเอ็นเออยู่ทุกตัวอย่าง (Internal Size Standard) เป็นตัวเปรียบเทียบขนาดของชิ้นดีเอ็นเอ (LIZ 500 Size Standard) และคัดเลือกไพรเมอร์ที่ให้แถบดีเอ็นเอมีความแตกต่างในกาแฟแต่ละพันธุ์

4.2 วิเคราะห์ข้อมูลขนาดชิ้นดีเอ็นเอในรูปของอิเล็กโทรฟีโรแกรม (Electropherogram) ของตัวอย่างกาแฟแต่ละพันธุ์ ที่ได้จากการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยไพรเมอร์แต่ละคู่ โดยใช้โปรแกรม GeneMapper™ Software 5

5. การบันทึกผลและวิเคราะห์ข้อมูลความหลากหลายทางพันธุกรรม ได้แก่ ขนาดชิ้นดีเอ็นเอของกาแฟแต่ละพันธุ์ของแต่ละไพรเมอร์ โดยแปลงข้อมูลขนาดชิ้นดีเอ็นเอที่ปรากฏในแต่ละตำแหน่งให้เป็นเลข 1 และการไม่ปรากฏชิ้นดีเอ็นเอที่ตำแหน่งเดียวกันให้เป็นเลข 0 โดยบันทึกลงใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel, วิเคราะห์ประสิทธิภาพของไพรเมอร์แสดงความหลากหลายของอัลลีล หาค่า Polymorphic Information Content (PIC) จากจำนวนอัลลีลที่ได้จากการใช้เครื่องหมายโมเลกุลแต่ละตำแหน่ง โดยค่า PIC เป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการตรวจสอบความแตกต่างระหว่างจีโนไทป์ของเครื่องหมายโมเลกุลที่ใช้ และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกา 143 พันธุ์ สร้างแผนภูมิเดนโดรแกรม (dendrogram) โดยใช้ Unweighted Pair Group Method Arithmetic Average (UPGMA) เพื่อจัดแบ่งกลุ่มพันธุ์กาแฟอะราบิกาตามความสัมพันธ์กันทางพันธุกรรม

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ

กิจกรรมที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559 - 2564)

การทดลองที่ 2.1 การผสมพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559-2563)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟ พู่กัน ปากคีบ กระบอกฉีดน้ำ กระถาง เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เวอร์เนียแคลิปเปอร์ เป็นต้น (2) วัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับทดสอบความความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (3) วัสดุสำนักงานได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น (4) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์ เป็นต้น

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มี

3. ปลูกต้นกาแฟคู่ผสมไว้ในโรงเรือนที่หลังคามุงด้วยพลาสติกใส ด้านข้างเป็นตาข่ายสีขาว และแบ่งภายในโรงเรือนเป็นห้อง ๆ ของแต่ละคู่ผสม การผสมพันธุ์จะเริ่มช่วงเดือนเมษายนก่อนดอกบาน 3-4 วัน ในช่วงเช้า โดยจะมีเก็บละอองเกสรตัวผู้ (ก่อนดอกบาน 1-2 วัน) ไว้ไม่เกิน 24 ชม. ในตู้เก็บละอองเกสร ใช้กิ่งแขนงจำนวน 5 กิ่ง/ต้น เก็บเมล็ด และเพาะลูกผสม นำไปทดสอบความความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสในระดับโรงเรือน โดยวิธีการ inoculation บนส่วน hypocotyl ของต้นกล้าที่มีอายุ 6 สัปดาห์ จากนั้นคัดเลือกและนำไปปลูกในแปลงสำหรับใช้ในงานทดสอบพันธุ์ต่อไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การผสมติดและไม่ติด การร่วงหลังการผสมของดอก การร่วงหลังติดผล จำนวนผลที่เก็บเกี่ยว ลักษณะสีของผล เมล็ด ขนาดผล ประเมินความต้านทานโรคแอนทรกโนส โดยยึดจากการประเมินของศูนย์วิจัยโรคราสนิม (CIFC) ประเทศโปรตุเกต

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2563 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง:1300 ม.) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ และสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช

การทดลองที่ 2.2 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่นำเข้าจากต่างประเทศต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559-2564)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) ต้นพันธุ์กาแฟ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เวอร์เนียแคลิปเปอร์ ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15, 13-13-21, 46-0-0, 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (2) วัสดุและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์สำหรับทดสอบความความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (3) วัสดุสำนักงาน ได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น (4) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์ เป็นต้น

2. เพาะเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่นำเข้าจากต่างประเทศต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนสที่ได้จากการทดลองการศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ที่มีความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในสภาพธรรมชาติ เตรียมหลุมปลูกขนาด 0.50x0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุม เมื่ออายุ 1-2 ปี แรก ให้ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือนพฤษภาคม และสิงหาคม กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

3. วิเคราะห์ความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในการต้านทานโรคของกาแฟสายพันธุ์ลูกผสม โดยมีหลักการคัดเลือกพันธุ์ คือ ระดับโรงเรือน (ห้องปฏิบัติการ) คือ ต้านทานโรคราสนิมและโรคแอน

แทรกโนส 100% และระดับแปลง คือ มีสายเลือดกาแฟอะราบิกาเพิ่มขึ้นจาก 50-75 % เป็น 87.25% ต้านทานโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส 80-100% ต้นเตี้ย สูงปานกลาง ข้อสั้น ความยาวระหว่างข้อไม่เกิน 4 ซม. จำนวนเมล็ด/น้ำหนัก 100 กรัม คือ ไม่น้อยกว่า 400 เมล็ด ผลผลิตสูง (เกรด A) 70% คุณภาพการชิม (Cup Quality test) ระดับคะแนนรวมไม่น้อยกว่า 6 จาก 10 คะแนน ทนทานต่อความแห้งแล้งได้ช่วงระยะเวลาหนึ่ง

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลงทุกเดือน

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.) และสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรุงเทพฯ

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอะราบิกา

การทดลองที่ 3.1 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาจากเมล็ด Peaberry (2559)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. วัสดุและอุปกรณ์ได้แก่ (1) เมล็ดพันธุ์กาแฟอะราบิกาจำนวน 9 พันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML2/4 78-31-34, H420/9 ML2/4 78-62-26, H420/9 ML2/4 87-84-35, H420/9 ML1/3 KW54, H528/46 ML2/10 29-65-23, H420/9 ML2/1 KW82, H420/9 ML2/10 KW46, Caturra และพันธุ์เชียงใหม่ 80 (2) อื่นๆ ได้แก่ เครื่องชั่งน้ำหนัก ตาข่าย ถุง ตะกร้า เวอร์เนียแคลิปเปอร์ ปุ๋ยคอก (มูลไก่ มูลวัว) ปุ๋ยเคมี (15-15-15, 13-13-21, 46-0-0 0-0-60) ปูนขาว ฟางข้าว เป็นต้น (3) วัสดุสำนักงาน ได้แก่ กล้องถ่ายรูป กระดาษ ดินสอ ปากกา เป็นต้น (4) วัสดุคอมพิวเตอร์ ได้แก่ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ หมึกพิมพ์ เครื่องพรินท์ เป็นต้น

2. แบบและวิธีการทดลอง ไม่มีการวางแผนการทดลอง

3. นำเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะ Peaberry เพาะเป็นต้นกล้าพร้อมปลูกหลุมปลูกขนาด 0.50 x 0.50x0.50 เมตร รองก้นหลุมด้วยหินฟอสเฟตอัตรา 100 กรัม/หลุม และปุ๋ยคอกอัตรา 2 กก./หลุมปลูกเป็นกลุ่มในปี 2554 เมื่ออายุ 1-2 ปีแรก ใส่ปุ๋ยปีละ 2 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. และ ส.ค. ปีที่ 3-8 ใส่ปุ๋ยปีละ 3 ครั้ง ในช่วงเดือน พ.ค. ส.ค. และ ต.ค. กำจัดวัชพืชปีละ 4 ครั้ง คลุมโคนต้นทั้งปลายฤดูฝนของปีถัดไป

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ขนาดเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง ทรงพุ่ม อัตราการเพิ่มขนาดของเส้นรอบวงโคนต้น ความยาวระหว่างข้อของลำต้น ความยาวระหว่างกิ่งที่ให้ผล ขนาดของใบ สีของใบ สีผล ลักษณะการเกิด Pea berry, ผลผลิต เปอร์เซ็นต์สารกาแฟแยกตามขนาด (เกรด 1-4), คุณภาพการชิม และความเป็นโรคราสนิมในสภาพแปลง โดยมีหลักการคัดเลือกพันธุ์คือ มีการถ่ายทอดลักษณะ Pea berry 70% ขึ้นไป

เวลาและสถานที่ เริ่มต้น ตุลาคม 2558-สิ้นสุด กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ (1300 ม.)

ผลการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคราสนิม จำนวน 13 การทดลองได้แก่

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1

ศึกษาเพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ เพื่อให้ต้านทานต่อโรคราสนิม โดยคัดเลือกจากต้นพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ซึ่งปลูกที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย เมื่อปี พ.ศ. 2545-2546 พื้นที่ปลูก 4 ไร่ จำนวน 38 สายพันธุ์ คัดเลือกพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี และไม่เป็นโรคราสนิม ได้จำนวน 20 พันธุ์ คลุมดอกเมื่อผสมเกสร และนำเมล็ดชั่วที่ 6 มาเพาะกล้า และทดสอบปฏิกิริยาโรคราสนิมที่เกิดจากเชื้อรา *Hemileia vastratrix* B.& Br. ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย โดย inoculate เชื้อราสนิม ที่อุณหภูมิ 22 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-91 เปอร์เซ็นต์ ในห้องมืดนาน 24 ชั่วโมง จำนวน 2 ครั้ง แต่ละครั้งห่างกัน 1 เดือน inoculate เชื้อราสนิมกับต้นกล้ากาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 7 ในปี 2554 และปี 2555 และคัดต้นที่ไม่เป็นโรคราสนิม ได้จำนวน 9 สายพันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW29/5, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/14, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/15, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/23, H420/9 ML 3/1-106-WW 29/24 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/26 และในปี 2555 ได้นำต้นกล้าที่ผ่านการปลูกเชื้อไปปลูกทดสอบพันธุ์ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (แปลงแม่จอนหลวง) และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจังหวัดเชียงราย โดยปลูกร่วมกับไม้บังร่มเงาได้แก่ ซิลเวอร์โอ๊กและกระถินอินโดนีเซีย พบว่า พันธุ์ที่มีศักยภาพได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 เนื่องจาก พันธุ์ 29/13 เนื่องจากมีผลผลิตสูงและมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความต้านทานโรคปานกลาง เกษตรกรจะได้ผลผลิตมากกว่า ระดับความรุนแรงของโรคต่ำ แนะนำควรปลูกภายใต้ในร่มเงา เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพดี และมีระดับความทนทานของโรค ประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพที่มีค่าความสว่าง (L*) สูงสุด ประมาณ 46.46 มีค่าความชอบสูง และ พันธุ์ 29/6 เนื่องจากมีผลผลิตสูงและมากกว่าค่าเฉลี่ย และมีความต้านทานโรคปานกลาง เกษตรกรจะได้ผลผลิตมากกว่า เนื่องจากระดับความรุนแรงของโรคต่ำ แนะนำควรปลูกภายใต้ในร่มเงา เพื่อให้ผลผลิตมีคุณภาพดี และมีระดับความทนทานของโรค ประกอบด้วยองค์ประกอบทางกายภาพที่มีค่าความสว่าง (L*) ประมาณ 44.33 มีค่าความชอบปานกลาง เมื่อนำไปทดสอบคุณภาพการชิมที่ Acaemia do Café, Lisboa ประเทศโปรตุเกส พบว่า พันธุ์ 29/6, 29/13 ได้คะแนนการประเมิน 78 และ 79 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนรสชาติและกลิ่น นั้น พันธุ์ 29/6 : Fragrance of caramel, Nutty aroma, Sweet and mild flavor พันธุ์ 29/13 : Fragrance of sweet spices like clove, Spicy aroma, Mild acidity

การทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต การเกิดโรค และผลผลิต ของกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 เปรียบเทียบกับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง: 1400 ม. จากระดับน้ำทะเล) อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 9 กรรมวิธี (พันธุ์) 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 ต้น ได้แก่ Catimor CIFC 7963-13-28, Caturra, P2 (พันธุ์จากประเทศจีน), H 420/9 ML 2/4 78-31-34, H 528/46 ML 2/10 29-65-23, H 420/9 ML 1/3 KW 54, H 420/9 ML 2/1 KW 82, San Ramon และ Typica พบว่า พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82 มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย มากที่สุดคือ 23.21 ซม., 2.38 ซ.ม และ 23.6 ซ.ม ตามลำดับ และพันธุ์ H 420/9 ML 1/3 KW 54 มีอัตราการเพิ่มขนาดความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 17.93 ซม. พันธุ์ Caturra มีอัตราการเพิ่มขนาดเส้นรอบวงโคนต้นเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 2.11 และพันธุ์ P2 มีอัตราการเพิ่มขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ 21.1 ซม.พันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW 82 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น

และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ มากที่สุด คือ 1.52 607.59 0.30 และ 119.77 กก. ตามลำดับ ส่วนพันธุ์ San Ramon ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น น้ำหนักสดต่อไร่ น้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ น้อยที่สุด คือ 0.72 285.99 0.18 และ 70.75 กก. ตามลำดับ และควรมีการศึกษาข้อมูลผลผลิตเพิ่มอีก 1-2 ปี เพื่อข้อมูลที่สมบูรณ์ต่อไป

การทดลองที่ 1.3 ทดสอบกาแฟอะราบิกาพันธุ์คัดเลือกในแหล่งต่างๆ (2559-2562)

วัตถุประสงค์เพื่อทดสอบพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพื้นที่ ดำเนินการเดือนตุลาคม 2559–กันยายน 2562 ใน 3 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง: 1300 ม.) ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (ภูเรือ: 1000 ม.) และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ: 800 ม.) วางแผนการทดลองแบบ RCBD มี 6 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 H 420/9 ML 2/4 78-31-34 กรรมวิธีที่ 2 H 528/46 ML 2/10 29-65-23 กรรมวิธีที่ 3 H 420/9 ML 1/3 KW 54 กรรมวิธีที่ 4 H 420/9 ML 2/1 KW 82 กรรมวิธีที่ 5 Catimor CIFC 7963-13-28 และกรรมวิธีที่ 6 Cattura ผลการดำเนินการ เมื่ออายุ 9 ปี หลังการปลูกดังนี้

1. ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ พบว่า สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีความสูงมากที่สุดคือ 229.11 ซม. สายพันธุ์ H 420/9 ML 1/3 KW54 มีขนาดเส้นรอบโคนต้นมากที่สุด 20.28 ซม. และ สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 120 ซม. และพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 199.6 ซม. สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10 29-65-23 มีอัตราการเพิ่มขนาดความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 23.1 ซม. สายพันธุ์ H 420/9 ML1/3 KW54 มีอัตราเพิ่มเส้นรอบวงโคนต้นมากที่สุด 2.3 ซม. และสายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 มีอัตราเพิ่มขนาดทรงพุ่มเฉลี่ย มากที่สุด 24.46 ซม. ผลผลิต รวม 5 ปี (2558-2561) พบว่า สายพันธุ์ Caturra มีผลผลิตน้ำหนักสดมากที่สุด 814.30 กิโลกรัมต่อไร่ และ Catimor CIFC 7963-13-28 น้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 146.88 กิโลกรัมต่อไร่ และ พันธุ์ H 420/9 ML 2/4 78-31-34 ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กะลา) น้อยที่สุด 294.57 กิโลกรัมต่อไร่ และ 59.34 กิโลกรัมต่อไร่ และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อการเกิดโรคราสนิม 100 %

2. ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย พบว่า สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีความสูงมากที่สุด 103.54 ซม. สายพันธุ์ H 420/9 ML2/4-78-31-34 มีเส้นรอบวงโคนต้นมากที่สุด 55.92 มม. และ สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 86.54 ซม. สายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 มีอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยมากที่สุด 20.44 ซม. และสายพันธุ์ Caturra มีอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตด้านความสูงเฉลี่ยน้อยที่สุด 5.71 ซม. สายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 54.77 กิโลกรัมต่อไร่ และ 10.95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และ พันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 มีให้ผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (กะลา) น้อยที่สุด 18.71 และ 3.74 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อการเกิดโรคราสนิม 100%

3. ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ เมื่ออายุ 4 ปีหลังปลูก พบว่า สายพันธุ์ Caturra มีความสูงมากที่สุด 142 ซม. สายพันธุ์ Catimor 7963-13-28 มีขนาดเส้นรอบโคนต้นมากที่สุด 9.47 ซม. และ สายพันธุ์ H 420/9 ML 2/4-78-31-34 ขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยมากที่สุด 156 ซม. สายพันธุ์ H 528/46 ML 2/10 29-65-23 มีอัตราการเพิ่มการเจริญเติบโตในด้านของความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดเส้นรอบโคนต้นมากที่สุด และ สายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28 มีค่าเฉลี่ยของความสูง ขนาดทรงพุ่ม และขนาดเส้นรอบโคนต้นน้อยที่สุด สายพันธุ์ H 420/9 ML1/3 KW54 ให้ผลผลิตน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง (กะลา)เฉลี่ยมากที่สุด 169 กิโลกรัมต่อไร่ และ 33.8

กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และ สายพันธุ์ H 420/9 ML 2/1 KW28 ผลผลิตเฉลี่ยน้อยที่สุด 65 กิโลกรัมต่อไร่ และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานต่อการเกิดโรคราสนิม 100 %

จากข้อมูลการให้ผลผลิตทั้ง 3 สถานที่พบว่า แต่ละสายพันธุ์ให้ผลผลิตแตกต่างกัน ซึ่งให้ผลผลิตน้อยมากที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย และศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ สาเหตุเนื่องจากปลูกภายในร่มเงาของต้นลิ้นจี่ และมะคาเดเมีย ซึ่งทึบมากเกินไป ดังนั้นจึงแนะนำให้มีการตัดแต่งกิ่งลิ้นจี่ เพื่อเพิ่มการสังเคราะห์แสงให้แก่กาแฟอะราบิกา

การทดลองที่ 1.4 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 (2559-2560)

วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟอราบิกาที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ดำเนินการคัดเลือกต้นที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ (แปลง) 100% จากต้นกาแฟสายพันธุ์ลูกผสมกลุ่มกาแฟอะราบิกา HDT derivative ชั่วที่ 5 ที่ได้จากการรวบรวมพันธุ์ในแปลงปลูกของ ศวพ.ตาก เมื่อปี 2541 จำนวน 14 รหัสสายพันธุ์ ๆ ละ 50 ต้น ได้แก่ 5-3-50-43, 5-4-57-2, 5-4-3-37, 5-3-74-29, 5-4-40-37, 5-3-74-35, 5-4-78-17, 313.1/7, 305.2/8, 5-4-30-45, 5-4-48-7, 5-4-40-21, 5-4-78-4 และ 5-3-50-13 คัดเลือกต้นที่ไม่แสดงอาการของโรคราสนิมได้ 37 ต้น และให้รหัสใหม่เป็น No.1-No.37 เริ่มทดลองปี 2555-2560 ที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก แบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย คือ (1) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 จากต้นเพาะเมล็ด พบว่า เมื่อนำเมล็ดกาแฟจากลูกผสมชั่วที่ 5 ทั้ง 37 เบอร์ เพาะเป็นต้นกล้าแล้วทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิมโดยการปลูกเชื้อราสาเหตุ *Hemiliea vastratrix* ในสภาพโรงเรือน พบว่า สามารถคัดเลือกต้นที่ต้านทานโรคราสนิม 96% ขึ้นไป แสดงอาการแบบ Resistance และ Moderate resistance ได้ 26 เบอร์ คือ No.1 2 4 5 6 7 9 10 11 13 14 15 17 19 20 21 26 27 29 31 32 33 34 35 36 และ 37 ต่อมาปี 2556 ได้นำมาปลูกลงแปลงเบอร์ละ 5 ต้น จนถึงปี 2560 สามารถคัดเลือกเบอร์ที่แสดงอาการโรคราสนิมอยู่ในระดับที่ 1 และมีลักษณะต้นสมบูรณ์ ได้ 17 เบอร์ ได้แก่ No.1 No.9 No.10 No.11 No.13 No.15 No.17 No.19 No.20 No.26 No.27 No.29 No.31 No.32 No.34 No.35 และ No.36 รวม 66 สายต้น (2) การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 จากต้นเสียบยอดที่ผ่านการคัดเลือกจากการทดลองที่ 1 ทั้ง 26 เบอร์ ไปเสียบยอดกับต้นตอแล้วคัดต้นสมบูรณ์ปลูกลงกระถาง เบอร์ละ 5 ต้น จนถึงปี 2560 พบว่า ช่วงเดือน ตุลาคม 2559-กันยายน 2560 สามารถคัดเลือกเบอร์ที่แสดงอาการโรคราสนิมอยู่ในระดับที่ 1 และมีลักษณะต้นสมบูรณ์ ได้ 15 เบอร์ ได้แก่ No.2 4 5 6 7 11 14 17 19 20 29 31 32 35 และ 37 รวม 40 สายต้น

การทดลองที่ 1.5 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 (2559)

วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ดำเนินการเดือน ตุลาคม 2553-มกราคม 2560 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง โดยปลูกปี พ.ศ. 2553 และทดสอบความต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพแปลงและสภาพธรรมชาติ 40 คู่ผสม 655 สายพันธุ์ พบว่า ออกดอก ติดผล และเก็บเกี่ยวผลผลิต 3 ปีหลังจากปลูก โดยออกดอกและติดผลในเดือนเมษายน-พฤษภาคม และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนธันวาคม-กุมภาพันธ์ มีอายุเก็บเกี่ยว 8-10 เดือน หลังจากปลูกเมื่ออายุ 3 ปี ให้ผลผลิต 449 สายพันธุ์ เมื่ออายุ 4 ปีให้ผลผลิต 358 สายพันธุ์ และเมื่ออายุ 5 ปี ให้ผลผลิต 369 สายพันธุ์ ซึ่งเป็นต้นที่ให้ผลผลิตทั้ง 3 ปี 524 สายพันธุ์ เกณฑ์การคัดเลือกพันธุ์ได้แก่ ต้านทานโรคราสนิม 100% (ในระดับห้องปฏิบัติการ) ต้านทานโรคราสนิม 99-100% (ในระดับแปลง) ต้านทานโรคแอนแทรกโนส 95-100% (ในระดับแปลง) มีผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ โดยมีผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 3 ปี 969

ศูนย์วิทยทรัพยากร

กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักแห้งกาแฟกะลาเฉลี่ย 3 ปี 208 กรัมต่อต้น มีความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลระหว่าง 3-5 ซม. ผลการทดลองพบว่า ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 52 สายพันธุ์ ต้านทานโรคราสนิม 99-100% ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 3 ปี 2,566.2 กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักแห้งกาแฟกะลาเฉลี่ย 3 ปี 547.7 กรัมต่อต้น ความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลเฉลี่ย 3.4 ซม.

การทดลองที่ 1.6 การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย (2559)

วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบพันธุ์กาแฟให้ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ สำหรับใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟ ดำเนินการเดือน ต.ค. 2554-กันยายน 2559 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ในกาแฟอะราบิกา 6 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ Catimor CIFC7963-13-28 สายพันธุ์ H420/9ML2/4-78-62-26 สายพันธุ์ H528/46ML2/10-29-65-23 และพันธุ์ที่ได้รับเมล็ดจากประเทศออสเตรเลีย 3 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์ San Ramon Sln.7.3 พันธุ์ Typica และพันธุ์ Caturra ปลูกในเดือนตุลาคม 2555 ร่วมกับต้นพลับ พบว่า กาแฟเริ่มออกดอกปีที่ 1 เดือน พ.ค. 2558 ติดผลเดือน มิ.ย.-ก.ค. 2558 เก็บเกี่ยวเดือน ม.ค. 2559 สายพันธุ์ Catimor CIFC7963-13-28 มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยต่อปีมากที่สุด และพันธุ์ Caturra มีอัตราการเพิ่มเจริญเติบโต ด้านความสูง เส้นรอบวงโคนต้น และขนาดทรงพุ่มเฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด ทุกสายพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ต้านทานโรคราสนิม 100 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ Caturra ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ ผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ มากที่สุดคือ 0.38 กก.ต่อต้น 150.9 กก.ต่อไร่ 0.07 กก.ต่อต้น และ 29.7 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ และสายพันธุ์ Catimor CIFC7963-13-28 ให้ผลผลิตน้ำหนักสดต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักสดต่อไร่ ผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อต้น และผลผลิตน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่ น้อยที่สุดคือ 0.24 กก.ต่อต้น 94.5 กก.ต่อไร่ 0.05 กก.ต่อต้น และ 18.5 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ ปี 2557-2558 ไม่มีข้อมูลของพันธุ์ San Ramon Sln.7.3 พันธุ์ Typica และสายพันธุ์ H420/9ML2/4-78-62-26 เพราะต้นตาย

การทดลองที่ 1.7 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 (2559-2560)

วัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในสภาพธรรมชาติ สำหรับใช้ในการเปรียบเทียบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา ดำเนินการเดือน ตุลาคม 2554-กันยายน 2561 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์ Sarchimor 5 กลุ่มพันธุ์ๆ ละ 50-70 สายพันธุ์ ได้แก่ CIFC No.1 จำนวน 52 สายพันธุ์ CIFC No.2จำนวน 72 สายพันธุ์ CIFC No.3 จำนวน 70 สายพันธุ์ CIFC No.4 จำนวน 63 สายพันธุ์ CIFC No.5 จำนวน 46 สายพันธุ์ รวม 303 สายพันธุ์ ปลูกในเดือนตุลาคม 2554 เกณฑ์การคัดเลือกพันธุ์ได้แก่ ต้านทานโรคราสนิม 100% (ในระดับแปลง) ต้านทานโรคแอนแทรกโนส 95-100% (ในระดับแปลง) มีผลผลิตสูงและสม่ำเสมอ โดยมีผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งมากกว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด คุณภาพการชิมมากกว่า 6.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 เมื่ออายุ 7 ปี ควรมีความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลระหว่าง 2-5 ซม. ความยาวระหว่างข้อของลำต้นน้อยกว่า 5 ซม. สารกาแฟมีขนาดกว้างและยาวมากกว่า 7 มม. และหนามากกว่า 2.8 มม. จำนวนสารกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมน้อยกว่า 600 เมล็ด เปอร์เซ็นต์สารกาแฟเกรด A มากกว่า 70% และเปอร์เซ็นต์สารกาแฟ Peaberry น้อยกว่า 15% ผลการทดลองพบว่า ได้ต้นที่ผ่านเกณฑ์การคัดเลือก 8 สายพันธุ์ได้แก่ ได้แก่ CIFC No.1-T8, CIFC No.1-T15, CIFC No.1-T16, CIFC No.1-T51, CIFC No.2-T10, CIFC No.2-T14, CIFC No.2-T21 และ CIFC No.2-T27 ซึ่งไม่พบการเข้าทำลายของโรคราสนิม ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 5 ปีคือ 985.73 กรัมต่อต้น ผลผลิตน้ำหนักแห้งกาแฟ

กะลาเฉลี่ย 5 ปีคือ 245.45 กรัมต่อต้น คุณภาพการชิมเฉลี่ย 8.4 คะแนน ความยาวระหว่างข้อของกิ่งที่ให้ผลเฉลี่ย 3.23 ซม. ความยาวระหว่างข้อของลำต้นเฉลี่ย 4.6 ซม. ขนาดของสารกาแฟได้แก่ กว้างเฉลี่ย 7 มม. ยาวเฉลี่ย 11 มม. หนาเฉลี่ย 4 มม. จำนวนสารกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมคือ 555 เมล็ด เปอร์เซ็นต์สารกาแฟเกรด A เฉลี่ย 86.89% และเปอร์เซ็นต์สารกาแฟ Peaberry เฉลี่ย 9.11%

การทดลองที่ 1.8 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 (2559-2562)

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต การเกิดโรค และผลผลิต ของกาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ Typica) ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง พบว่า ได้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกาแฟจำนวน 14 คู่ผสม คู่ผสมของ K7 X H528 มีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยมีเส้นรอบวงโคนต้น ความสูง และขนาดทรงพุ่มมากสุด เฉลี่ย 23.90 ซม. 257.29 ซม. และ 258.96 ซม. ตามลำดับ ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี พบว่า คู่ผสมของ Caturra Amarelo x Catimor CIFC 7963-13-28 B.C. มีน้ำหนักผลสด และน้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 2,132.3 กรัมต่อต้น และ 417.4 กรัมต่อต้น ทุกคู่ผสมมีความอ่อนแอต่อโรคราสนิม แต่คู่ผสมของ Caturra Amarelo Catimor X CIFC 7963-13-28 B.C. เกิดโรคราสนิมน้อยที่สุด การเกิดโรคแอนแทรกโนส รวม 14 เดือน พบว่า มี 2 คู่ผสมที่ยังไม่พบการเกิดโรคแอนแทรกโนส คือคู่ผสมของ Caturra X 13-28 และคู่ผสมของ Caturra X H 420

การทดลองที่ 1.9 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 (2559 - 2562)

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการเจริญเติบโต การเกิดโรค และผลผลิตของกาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 โดยเปรียบเทียบกับพันธุ์พ่อแม่ และพันธุ์อ่อนแอ (พันธุ์ Typica) ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2562 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง พบว่า ได้ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาของกาแฟจำนวน 17 คู่ผสม คู่ผสมของ SL6 H528/46 x ML2/10 29-65-23 มีการเจริญเติบโตทั้งด้านความสูง ทรงพุ่ม เส้นรอบวงโคนต้น และความยาวข้อต่อต้นมากที่สุด 255.3 ซม. 194.7 ซม. 14.4 ซม. และ 8.0 ซม. ตามลำดับ และ คู่ผสมของ H528/76ML2/1029-65-23 x saramon มีการเจริญเติบโตด้านจำนวนข้อต่อต้นมากที่สุด 41 ข้อ คู่ผสมของ H528/76ML2/1029-65-23 x saramon ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2 ปี โดยมีน้ำหนักผลสด และน้ำหนักแห้ง (กะลา) มากที่สุด 4,450.0 กรัมต่อต้น และ 881.0 กรัมต่อต้น ลังจากปลูกเมื่อ 3 กันยายน 2557 เริ่มพบการระบาดของโรคราสนิมในเดือนตุลาคม 2558 ทุกคู่ผสม แต่ไม่พบการเข้าทำลายของโรคราสนิมใน 1 คู่ผสม คือ H528/46ML5/1029-65-23 x Catuai

การทดลองที่ 1.10 การศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ (2559-2564)

วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คัดที่ได้จากการศึกษาจำแนกลักษณะพันธุกรรมโดยสัณฐานวิทยาของกาแฟอะราบิกาในแปลงรวบรวมพันธุ์ ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2564 ดำเนินการ 3 สถานที่ ได้แก่ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (54 กลุ่ม 830 สายพันธุ์) ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (6 กลุ่ม 113 สายพันธุ์) ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (224 กลุ่ม 4,480 สายพันธุ์) พบสายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส โดยศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ คัดเลือกได้ 2 สายพันธุ์ 9 สายต้น ได้แก่ สายพันธุ์ 6-2 (51-269), สายพันธุ์ Catuai km18, สายต้น H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19 H739/4-

5B4/1T20, H7262/8-2 เหลือง B6/1T1 และ H7262/8-2 เหลือง B6/1T3 ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย คัดเลือกได้ 1 สายพันธุ์ 5 สายต้น ได้แก่ สายพันธุ์ H306 1/7EK, สายต้น 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8 และ 5-4-2764 ต้นที่ 9 และศูนย์วิจัยพืชสวนเลย คัดเลือกได้ 1 สายพันธุ์ คือ 4-1-130-35 ที่มีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์ต่อไปสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์เพื่อคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกา ที่มีความต้านทานต่อโรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนสต่อไป

การทดลองที่ 1.11 การหายีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาลูกผสม ชุดที่ 1 (2559-2564)

วัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบยีนและการแสดงออกของยีนที่เกี่ยวข้องกับการแสดงความต้านทานโรคราสนิมที่เกิดจากเชื้อรา *Hemileia vastatrix* ในกาแฟอะราบิกา โดยศึกษายีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความต้านทานโรคดังกล่าว 6 ชนิดในกลุ่ม Hypersensitive response (HR) และ Pathogen related (PR) ได้แก่ CaR111, CaWRKY1, CaRLK, CaGT CaPR1b, CaPR10 และใช้ CaUbiquitin เป็นยีนควบคุม เพื่อวิเคราะห์ยีนและการแสดงออกของยีนดังกล่าวในอะราบิกาสายพันธุ์ต่างๆ รวมถึงพันธุ์เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมของกรมวิชาการเกษตรที่มีปัญหาความแปรปรวนในคุณสมบัติด้านการทนโรคราสนิมในกลุ่มประชากรที่ขยายพันธุ์ ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการตรวจความแตกต่างของยีนต้านทานโรคราสนิมอย่างง่ายด้วยเทคนิค High Resolution Melting Temperature (HRM) โดยวิเคราะห์ค่า melting temperature (Tm) ที่จำเพาะต่อยีน ในกาแฟทนโรคราสนิม 3 พันธุ์ ได้แก่ Liberica, Arabica, Robusta และพันธุ์อ่อนแอ 1 พันธุ์ คือ Typica พบว่าทุกพันธุ์มีค่า Tm ของยีน R111 ที่ 82°ซ, Ubiquitin มีค่าที่ 79°ซ, RLK มีค่าที่ 85°ซ, PR10 มีค่าที่ 78°ซ และ 82°ซ, PR1b มีค่าที่ 86°ซ แต่พบว่าพันธุ์ Liberica มีค่า Tm ของยีน GT และ WRKY1 แตกต่างจากพันธุ์อื่น โดยยีน GT มีค่าที่ 82°ซ แตกต่างจากพันธุ์อื่นซึ่งมีค่าที่ 84°ซ และยีน WRKY1 มีค่าที่ 76°ซ ในขณะที่พันธุ์อื่นมีค่าที่ 86°ซ จากการศึกษาลำดับเบสของยีน RLKs และ PR1b ในกาแฟทั้ง 4 พันธุ์ พบว่า RLK ที่ได้มีความเหมือนกับยีนในกลุ่ม protein kinase ของ *C. Arabica* ในระดับ 82% ลำดับเบสของยีน PR1b ที่ได้มีความเหมือนกับยีนในกลุ่ม pathogenesis-related protein1 (PR1) ของ *C. Arabica* ที่ 78% ส่วนลำดับเบสของยีน GT มีความเหมือนกับยีนในกลุ่ม UDP-glycosyltransferase 74 G1- like ของ *Nicotiana tomentosiformis* ที่ระดับ 89% ผลการตรวจการแสดงออกของยีน 5 ชนิดใน 44 ตัวอย่างในตัวอย่างกาแฟกลุ่ม CM80 (12 ตัวอย่าง) ลูกผสม F1 (Hybrid) (8 ตัวอย่าง) Typica (16 ตัวอย่าง) Catuai Rojo (4 ตัวอย่าง) Catura Rojo (2 ตัวอย่าง) Marati (1 ตัวอย่าง) และ Sanromon (1 ตัวอย่าง) ที่เก็บในเดือนกันยายน 2562 ที่ไม่มีอาการของโรค และธันวาคม 2562 และในเดือนกุมภาพันธุ์ปี 2564 จากต้นเดิมที่มีอาการของโรค พบว่ากลุ่มพันธุ์เชียงใหม่ 80 มีการแสดงอาการของโรคราสนิมน้อยกว่ากลุ่ม Typica และกลุ่มอื่น โดยพบว่ากลุ่มยีน R111, GT, PR1b และ PR10 มีค่าการแสดงออกของยีนสูงในกลุ่มพันธุ์เชียงใหม่ 80 เกือบทุกตัวอย่าง สอดคล้องกับรายงานอื่น โดยในใบที่มีการแสดงอาการของโรคสูงมีการแสดงออกของ PR1b สูงกว่าใบที่ไม่มีการแสดงอาการของโรค แสดงให้เห็นว่าเป็นยีนที่เกี่ยวข้องกับการต้านทานโรคราสนิม ในขณะที่กลุ่ม Typica ที่อ่อนแอต่อโรคและกลุ่มอื่นมีประชากรที่พบการแสดงออกของยีนเหล่านี้น้อยกว่า การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการแสดงออกของยีนภายในพันธุ์และระหว่างพันธุ์ของยีนทั้งหมด 6 ยีน ในตัวอย่างกาแฟที่ศึกษาด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) ด้วยซอฟแวร์ SPSS พบเพียงยีน PR1b ที่มีการแสดงออกของยีนแตกต่างกันระหว่างกลุ่มพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P = 0.016$ ($P < 0.05$) ในปี 2562 และ $P = 0.048$ ($P < 0.05$) ในปี 2564 แสดงให้เห็นว่ายีน PR1b มีความเกี่ยวข้องกับการแสดงความต้านทานโรคราสนิมในกาแฟพันธุ์ CM80

การทดลองที่ 1.12 การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบน

วัตถุประสงค์เพื่อหาเทคนิคในการตรวจยีนในเชื้อที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ดำเนินการสำรวจและเก็บตัวอย่างเชื้อราสนิมกาแฟในแปลงปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ อ.เมือง อ.แม่สรวย อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ รวม 22 แปลง จำแนกลักษณะของเชื้อราสนิมได้ 3 ลักษณะคือ 1) ลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆแพร่กระจายเป็นวงกลม 2) ลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนี และ 3) ลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มฟูทั้งโคโลนีและมีเชื้อราสีขาวอยู่ตรงกลางโคโลนี นำเชื้อราสนิมเก็บในหลอดทดสอบขนาด 1.5 มล. เก็บที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ปลูกเชื้อลงต้นกาแฟสายพันธุ์ Typica รหัส T980 เพื่อศึกษาลักษณะทางพันธุกรรมของเชื้อราสาเหตุโรคราสนิม แล้วสกัดดีเอ็นเอไอโซเลทของเชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix* จากใบกาแฟอะราบิกา โดยดัดแปลงจาก วิธีสกัดดีเอ็นเอตามวิธี Faleiro, 1997 และตรวจหาปริมาณดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยวิธี gel electrophoresis บน 1 % Agarose Gel ใน 1x TAE buffer และเปรียบเทียบขนาดด้วย 1 Kb DNA ladder 1% เพิ่มปริมาณดีเอ็นเอของ rDNA ตรงบริเวณระหว่าง ITS1-5.8S-ITS2 โดยใช้คู่ไพรเมอร์ DC6 และ ITS4 และนำไปแยกขนาดของชิ้นดีเอ็นเอ บน 1 % Agarose Gel ใน 1XTBE buffer ได้ขนาดดีเอ็นเอประมาณ 820 คู่เบส ได้นำผลผลิตดีเอ็นเอที่ได้จากแปลงที่ 1 ในพื้นที่ อ.เมือง จ.เชียงราย หลังทำผลผลิตดีเอ็นเอที่เพิ่มปริมาณได้ให้บริสุทธิ์ ส่งวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ ได้ประมาณ 626 คู่เบส (ภาพที่ 1.2-1) ซึ่งได้จากลักษณะของโคโลนีเชื้อราสนิมกาแฟที่มีลักษณะของเชื้อราสนิมเป็นขุยสีส้มรวมตัวเป็นจุกๆแพร่กระจายเป็นวงกลม และเมื่อนำลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้ไปเปรียบเทียบใน GenBank พบว่าคล้ายกับลำดับของนิว คลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟแต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ของเชื้อราสนิมกาแฟได้

ttcgctctcg ttctagtccc tcatcattta caaaaggatc atctacaaaa cactgcaata
gaacttgtgt cggcttttct tgacgctcat ccagatttac cttcacaatc tgatatccaa
aacttcctca tcgaaacact tgacgtttac tttaatcttt cattagaaga tgactctcaa
actcttattg cgcgtgatct gacaatttta tggactgagt ggtcaaatcc ctcactttta
aatcctgaag atcttttgtc aaatcattct tctttggctt atcgtatcaa aactctagct
gatcagagta aaaaccttcc tccgcatcat catcatagca ccttggccac tgccaactct
gcaacactct ctgactctca agatgattct gaagatgata tcgctgaaga tgacgatgtg
gatacccgga attgtaacac ccaagcacaa ataacttcta atcaacaatt ggatatcgat
cctgctccat ctcctccacc tcttttggtt gacgaagacg gtttcacttt ggttacaaaa
cataaacgtc gataaaatac catctttttt tatctttttt taaaattttg ttttttggga
gtggaagaat ttttacttgc ttcaat

ภาพที่ 1.2-1 ลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อราสนิมกาแฟที่ได้จากแปลงปลูกกาแฟ

การทดลองที่ 1.13 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา (2562-2564)

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกาโดยใช้เครื่องหมายดีเอ็นเอชนิดเอสเอสอาร์ (SSR) หรือ microsatellite เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถระบุความใกล้ชิดทางพันธุกรรม สำหรับใช้ประกอบการคัดเลือกพ่อแม่พันธุ์ที่เหมาะสมในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา และสร้างเอกลักษณ์ทางพันธุกรรมของแต่ละพันธุ์ ดำเนินการในกาแฟอะราบิกา 143 สายพันธุ์ พบว่าไพรเมอร์ที่เลือกใช้ 19 คู่ ทำให้รูปแบบการเกิดแถบดีเอ็นเอที่แตกต่างกัน 63 ตำแหน่ง ไพรเมอร์ต่างชนิดกันทำให้เกิดแบบถดีเอ็นเอที่แตกต่างกันในกาแฟแต่ละสายพันธุ์ แต่ละไพรเมอร์มีโอกาสที่จะพบค่าความหลากหลาย (PIC) ตั้งแต่ 0.13-0.79 มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน 0.55 ผลการวิเคราะห์ค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกาทั้งหมด มีค่าอยู่

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ระหว่าง 0.72 ถึง 1.00 ผลของการวิเคราะห์จัดกลุ่มด้วยวิธี UPGMA แล้วเขียนแผนภูมิ Dendrogram ทำให้การจัดแบ่งกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 จำนวน 43 สายพันธุ์ ได้แก่ Caturra Vermelho 2/28 SM, Caturra Vermelho 2/49 SF, Caturra Vermelho 2/50 SF, Caturra Vermelho 1/3 SF, Caturra Vermelho 1/4 SF, Caturra Vermelho 1/2 SF, H420 29/6 T27, H420 29/6 T49, H420 29/6 T3, H420 29/6 T19, H420 2/16 SF, H420 3/6 SF, H420 29/6 T42, F1 1/1 B2T5, F1 1/4 B3T3, H420 2/12 SF, H420 2/14 SF, H420 2/17 SF, H420 3/5 SF, H420 2/18 SF, H420 2/38 SM, H420 2/41 SM, H420 2/19 SF, H420 2/20 SF, H420 2/21 SF, CM80 2/25 SF, CM80 T2R1, CM80 2/28 SF, CM80 2/31 SF, CM80 2/36 SM, CM80 2/39 SM, CM80 2/45 SM, CM80 2/48 SM, K7 2/27 SF, CM80 3/15 SM, Catuai rojo T1, Cioccie 1/3 SM, CM80 T4R1, CM80 2/42 SM, H420 2/35 SM, Caturra rojo T5, San Ramon 3/2 SM และ H420 2/22 SF กลุ่มที่ 2 จำนวน 27 สายพันธุ์ ได้แก่ Caturra Amarelol 1/5 SF, Caturra Amarelol 1/7 SF, Caturra Amarelol 1/8 SF, K7 1/1 SM, H528 2/6 SF, H528 2/3 SF, H528 2/8 SF, Catuai Vermelho 1/2 SM, Catuai Vermelho 2/40 SF, Catuai Vermelho 2/41 SF, Catuai Vermelho 2/42 SF, H528 2/2 SF, H528 2/4 SF, H528 2/7 SF, H528/46 T3, H528/46 T5, H528 2/5 SF, F1 2/34 B4T6, F1 3/2 B7T7, Caturra Vermelho 1/1 SF, ,Caturra Amarelol 2/18 SM, K7 1/5 SM, K7 2/55 SF, F1 2/8 B1T3, CM80 T3R1, Caturra Amarelol 2/7 SM และ K7 2/8 SM กลุ่มที่ 3 จำนวน 22 สายพันธุ์ ได้แก่ Caturra Amarelol 1/6 SF, Caturra Amarelol 1/9 SF, H528 2/1 SF, Caturra Amarelol 2/29 SM, H528/46 T2, Caturra Amarelol 2/29 SF, Caturra Amarelol 2/54 SF, Caturra Vermelho 2/17 SM, Caturra Vermelho 2/6 SM, H420 2/13 SF, H420 2/15 SF, H420 3/4 SF, San Ramon 1/8 SM, San Ramon 3/13 SF, San Ramon 1/4 SM, San Ramon 3/8 SM, San Ramon 3/14 SF, CM80 3/2 SM, F1 2/22 B2T5, San Ramon 3/5 SM, F1 3/5 B7T1 และ Typica 3/2 B7 กลุ่มที่ 4 จำนวน 30 สายพันธุ์ ได้แก่ Colombia 2/33 SM, SL6 2/1 SM, SL6 2/34 SF, SL6 2/35 SF, SL34 3/11 SF, SL34 3/12 SF, SL6 2/23 SM, SL34 3/7 SM, SL6 2/12 SM, SL34 3/4 SM, SL34 3/10 SF, Catuai Vermelho 2/14 SM, K7 2/19 SM, Typica 2/45 B5, Java Typica KM46 T2, Java Typica KM46 T1, Typica 2/44-2 B5, Catuai rojo T2, Catuai rojoT5, Catuai rojo T4, Caturra rojo T1, K7 2/56 SF, Colombia 1/9 SM, Colombia 2/11 SM, Cioccie 2/32 SM, Colombia 2/22 SM, H420 3/11 SM, H420 3/14 SM, F1 2/27 B4T5 และ CIFC Matari และ กลุ่มที่ 5 จำนวน 21 สายพันธุ์ ได้แก่ Catuai Vermelho 2/37 SF, Catuai Vermelho 2/38 SF, Catuai Vermelho 2/25 SM, Catuai Vermelho 2/24 SM, Catuai Vermelho 2/2 SM, Catuai Vermelho 2/13 SM, Catuai Vermelho 1/6 SM, K7 2/30 SM, Typica 2/20 B3, Java Typica KM46 T3, CM80 T1R1, Catuai rojo T3, Caturra rojo T4, Caturra Vermelho 2/51 SF, Cioccie 1/7 SM, CIFC Caturra Vermelho, Typica 2/45-1 B6, Typica 3/5 B7, Caturra rojo T2, Typica 2/29 B4 และ Catuai Vermelho 2/39 SF

กิจกรรมที่ 2 การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559-2564)

การทดลองที่ 2.1 การผสมพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส (2559-2563)

วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ให้ผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติ สำหรับใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2563 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง โดยเตรียมพ่อแม่พันธุ์กาแฟอะราบิกาสำหรับผสมพันธุ์ 13 คู่ผสม ปลูกในโรงเรือนพ่อแม่พันธุ์ ผสมพันธุ์และทดสอบความต้านทานโรคโดยวิธีการ inoculation บนส่วน hypocotyl ของต้นกล้าที่มีอายุ 6 สัปดาห์ พบว่า คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T9 คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 1/4 B3SF คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 2/20 B2SF และคู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/10-2 B7T9 มีความต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส 100% แต่คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/10-2 B7T9 มีเปอร์เซ็นต์การติดผลและเปอร์เซ็นต์การงอกต่ำ สามารถคัดเลือกสายพันธุ์คู่ผสมที่มีแนวโน้มการต้านทานโรคแอนแทรกโนส 6 สายพันธุ์ ได้แก่ คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 1/4 B3SF คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 2/20 B2SF คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/2-1 B7T6 คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T8 คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7T9 และ คู่ผสม Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/14-2 B7T10 เพื่อใช้ทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในระดับแปลงต่อไป

การทดลองที่ 2.2 คัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่นำเข้าจากต่างประเทศต้านทานต่อโรคแอนแทรกโนส

วัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ให้ผลผลิตสูง ทนโรค คุณภาพรสชาติ สำหรับใช้ในการทดสอบพันธุ์ในโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา ดำเนินการเดือน ต.ค. 2559-กันยายน 2564 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง โดยคัดเลือกพันธุ์ที่มีในแปลงปลูกรวบรวมพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ได้จากต่างประเทศ 13 สายพันธุ์ นำเมล็ดมาปลูกเพื่อทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในโรงเรือน โดยวิธีการ inoculation บนส่วน hypocotyl ของต้นกล้าที่มีอายุ 6 สัปดาห์ พบว่า สายพันธุ์ 3/2-1 T7B7 มีเปอร์เซ็นต์การติดผลและเปอร์เซ็นต์การงอกที่ดี มีแนวโน้มการต้านทานโรคแอนแทรกโนสมากที่สุด จึงได้คัดเลือกและนำต้นที่ผ่านการทดสอบไปปลูกเพื่อใช้ในการทดสอบความต้านทานโรคแอนแทรกโนสในระดับแปลงต่อไป

กิจกรรมที่ 3 การศึกษาการถ่ายทอดลักษณะทางคุณภาพของกาแฟอะราบิกา

การทดลองที่ 3.1 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาจากเมล็ด Peaberry (2559)

ดำเนินการเดือน ต.ค. 2553-กันยายน 2559 ณ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ ไม่มีการวางแผนการทดลอง ในกาแฟอะราบิกา 9 สายพันธุ์ได้แก่ H420/9 ML2/4 78-31-34, H420/9 ML2/4 78-62-26, H420/9 ML2/4 87-84-35, H420/9 ML1/3 KW54, H528/46 ML2/10 29-65-23, H420/9 ML2/1 KW82, H420/9 ML2/10 KW46, Caturra และพันธุ์เชียงใหม่ 80 ที่เป็นเมล็ดที่มีลักษณะ Peaberry มาเพาะเป็นต้นกล้า พบว่า สามารถงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ ปลูกเดือนตุลาคม 2555 ร่วมกับมะคาเดเมีย พบว่า กาแฟเริ่มออกดอกในเดือน มี.ค. 2556 ติดผลเดือน เม.ย-พ.ค. 2556 และเก็บเกี่ยวในเดือน ม.ค.-ก.พ. 2557 จำนวน 6 สายพันธุ์ ปีที่ 2 ออกดอกในเดือน เม.ย. 2557 ติดผลเดือน พ.ค-มิ.ย 2557 และเก็บเกี่ยวในวันที่ 14 ม.ค. 2558 และ 16 มี.ค. 2558 ครบทุกพันธุ์ และปีที่ 3 ออกดอกในเดือน พ.ค. 2558 ติดผลเดือน มิ.ย. -ก.ค. 2558 และเก็บเกี่ยววันที่ 11 ม.ค. 2559 และ 23 มี.ค. 2559 ครบทุกพันธุ์ พบว่า ให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเฉลี่ยมากกว่าเมล็ดที่มีลักษณะ Peaberry คิดเป็น 89.1% และ 9.4% ตามลำดับ โดยสายพันธุ์ H420/9 ML2/4 78-31-34 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด 14.2% และพันธุ์

เชียงใหม่ 80 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ Peaberry เฉลี่ยต่อปีน้อยที่สุด 6.3% สภาพแวดล้อมโดยเฉพาะอุณหภูมิ ปริมาณความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ร่วมกับพันธุกรรม

อภิปรายผล

การทดลองที่ 1.1 ทดสอบพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ต้านทานโรคราสนิมชุดที่ 2/1 พบว่าใช้ระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ที่ยาวนานตั้งแต่ปี 2518-2562 เพราะประสบปัญหหลายด้านเช่นเดียวกับ Várzea (2005) กล่าวว่าในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟเพื่อต้านทานโรคราสนิมมักประสบปัญหา 1) การขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับความรุนแรงของเชื้อราในท้องถิ่น 2) ความยากลำบากในการแยกแยะพืชที่มีสเปกตรัมความต้านทานสูงจากพืชกาแฟที่มีสเปกตรัมความต้านทานต่ำเมื่อประชากรกาแฟต้านทานต้องเผชิญกับการเกิดสนิมในท้องถิ่น ส่วนใหญ่กาแฟที่มีผลผลิตสูงและลักษณะทางการเกษตรดี มักมีความต้านทานโรคราสนิมต่ำ (มียีนต้านทานต่ำ) low spectra ดังนั้นโอกาสความเป็นไปได้ที่ต้นกาแฟจะสูญเสียยีนที่มีความต้านทานโรคราสนิมมากขึ้นสูง และ 3) ความยากในการจำแนกแยกแยะความแตกต่างจากต้นกาแฟที่ต้านทานต่อโรคราสนิม แล้วมีการเกิดโรคสนิมอีกครั้งโดยการเกิดจาก races ชนิดใหม่ ทั้งนี้จากคำแนะนำของ Dr. Vitor Varzea (2552,: ติดต่อส่วนตัว) ควรออกคำแนะนำพันธุ์เฉพาะพื้นที่ เนื่องจากในปัจจุบันการพัฒนาของเชื้อราสนิมในไทยได้มีการพัฒนา races ไปมากกว่าที่เคยพบ และพันธุ์ที่สามารถทนทาน (durable resistance) ได้ในสภาพแวดล้อมนั้น จะมีความทนทานต่อ races ในเฉพาะพื้นที่นั้นๆ เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความแตกต่างกันทั้งด้านนิเวศวิทยา ภูมิประเทศ ดังนั้นพันธุ์ที่เหมาะสมในแต่ละสภาพพื้นที่ อาจจะมีความเหมาะสมแตกต่างกัน จึงควรคำนึงถึงความเหมาะสมในการเลือกพันธุ์ เพื่อแนะนำเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ ปัจจุบันได้มีความก้าวหน้าในการปรับปรุงกาแฟอะราบิกา ดังนี้ Cortina *et al.* (2014) ในโคลอมเบียได้มีการพัฒนากาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิม โดยการผสมข้ามระหว่างพันธุ์ Caturra และพันธุ์อื่นที่มีความต้านทานโรคราสนิมที่สำคัญ คือ Hibrido de Timor โดยในปี 1980 ได้เผยแพร่พันธุ์ Colombia ซึ่งมีผลผลิตสูง คุณภาพการชิมดี ต้นเตี้ย ต้านทานโรคราสนิม ในปี 2000 ได้เผยแพร่พันธุ์ Tabi ในปี 2005 ได้เผยแพร่พันธุ์ Castillo ซึ่งทั้งหมดมีต้นเตี้ย ข้อสั้น เป็น derivative ของ Hibrido de Timor ทั้งหมด Noppakoonwong *et al*. (2014) กรมวิชาการเกษตรได้พัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิม ในปี 2550 ได้รับรองพันธุ์เชียงใหม่ 80 และได้เผยแพร่พันธุ์ในปี 2550 นั้น สถาบันวิจัยพืชสวน (2559) ได้ประเมินการยอมรับพันธุ์เชียงใหม่ 80 ของเกษตรกร พบว่าเกษตรกรมีการยอมรับพันธุ์ได้ดี Braghini *et al*. (2014) ในบราซิลได้ปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา โดย progeny ที่ต้านทานโรคราสนิมจากพันธุ์ Catimor และ Sarchimore ได้แก่ Sarchimores x Catuai, Catuai x BA10, และ Icatu x Catuai โดยได้คัดเลือกในช่วงปี 2008-2013 โดยไม่ใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคราสนิม คัดเลือกผลผลิตต่อเฮกตาร์ ผลผลิตต่อปี ความแข็งแรงของต้น การสุกแก่ของผล คุณภาพของสารกาแฟ พบว่าได้ 5 พันธุ์ลูกผสม ดังนี้ IAC 4520 (Icatu x Catuai), Obata IAC 1669-20, IAC H 13439-4 [Catuai Vermelho x (Catuai Vermelho x HT 832/1)], IAC 5158-2(Vila Sarchi x HT 832/2) และ IAC 4553 (Icatu x Catuai Vermelho) มีผลผลิตกาแฟกะลา (green bean) ดังนี้ 3,108, 3,030, 2,802, 2,746 และ 2,754 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าพันธุ์ IAC 5158-2 เป็นลูกผสมที่ได้จากการผสมของ Villa Sarchi กับลูกผสมของติมอร์ CIFC 832/2 ได้ผลผลิตสูง 2,802 กิโลกรัม เมล็ดก็มีขนาดใหญ่และน้ำหนักดี (ขนาดเมล็ด ตะแกรง 19.1) อุทัย และคณะ (2557) ได้วิจัยและพัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยการผสมพันธุ์ คัดเลือกลูกผสมรุ่นที่ 1 (F1) จำนวน 17 สายต้น พบว่ามีความต้านทานโรคราสนิม ผลผลิตสูง เมล็ดมีขนาดใหญ่ คุณภาพการชิมระดับดี จำนวน 12 สายต้น โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ มี

ความต้านทานโรคราสนิม 100 เปอร์เซ็นต์ 5 สายต้นและต้านทานโรคราสนิม 99-99.75 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 7 สายต้น ส่วนอีกจำนวน 5 สายต้นที่เหลือมีความต้านทานโรคราสนิม และทนแล้ง ผลผลิตปานกลาง เมล็ดมีขนาดใหญ่ คุณภาพการชิมอยู่ในระดับดีมาก

สำหรับการทดลองที่ 1.2 เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกาชุดที่ 2/2 กับพันธุ์นำเข้าจากต่างประเทศ การทดลองที่ 1.3 ทดสอบกาแฟอะราบิกาพันธุ์คัดเลือกในแหล่งต่างๆ การทดลองที่ 1.4 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่ 5 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/1 การทดลองที่ 1.6 การเปรียบเทียบสายพันธุ์กาแฟอะราบิกานำเข้าจากประเทศออสเตรเลีย การทดลองที่ 1.7 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม Sarchimor ชุดที่ 1 การทดลองที่ 1.8 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/2 และการทดลองที่ 1.9 การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 ชุดที่ 3/3 ควรมีการบันทึกข้อมูลการให้ผลผลิตให้ครบ 5 ปี เพื่อคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมต่อไป เนื่องจากเกณฑ์คัดเลือกตามมาตรฐานสากลในพืชกาแฟคือ ต้องใช้ข้อมูลเฉลี่ยที่เก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 4-5 ปี จะทำให้คัดเลือกสายพันธุ์ที่เหมาะสม มีผลผลิตสูงและสม่ำเสมอทุกปี ประกอบกับความต้านทานต่อโรคราสนิมที่มี 99% ขึ้นไป หลังจากนั้นควรนำไปทดสอบคุณภาพการชิมซึ่งเกณฑ์คือ มีคะแนนมากกว่า 6.5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 ที่เมื่อคัดเลือกได้โดยเฉพาะลูกผสมชั่วที่ 1 นำไปขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยวิธี somatic embryogenesis เพื่อออกเป็นพันธุ์แนะนำต่อไป จะย่นระยะเวลาในการปรับปรุงพันธุ์ มีพันธุ์ใหม่ๆ ออกมาสำหรับเป็นทางเลือกของเกษตรกรได้เร็วขึ้น ปัจจุบันมีหลายประเทศได้เริ่มใช้วิธีการนี้โดยเฉพาะประเทศฝรั่งเศส เนื่องจากการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธีการปักชำ (cutting) เสียบยอด (grafting) หรือ ติดตา (budgrafting) ใช้แรงงานจำนวนมาก (Etienne *et al*., 2002) ต่อมาได้มีการนำไปขยายพันธุ์ในสภาพปลอดเชื้อ โดยใช้ส่วนยอด (micro-cutting tech-niques) แต่พบว่า มีปัญหาในการผลิตกรณีที่ต้องการจำนวนต้นพันธุ์ในปริมาณมาก และใช้แรงงานในการดูแลและจัดการมากเช่นเดียวกัน (Bertrand-Desbrunais *et al*., 1991). ดังนั้นทาง The CIRAD-ECOMgroup consortium ได้พัฒนาวิธีการขยายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ *C. arabica* โดยวิธีการ somatic embryogenesis ขึ้นในปี ค.ศ. 2007 (Georget *et al*., 2010) แต่ใช้วิธีการดังกล่าวมีราคาแพง จึงได้มีการพัฒนาต่อเรื่อยๆ จนในปี ค.ศ. 2017 โดย Frédéric et al. สามารถขยายพันธุ์ลูกผสมชั่วที่ 1 ของ *C. arabica* โดยวิธีการ somatic embryogenesis ได้ต้นที่มีคุณภาพและใช้ต้นทุนในการผลิตที่ถูก โดยมีการนำเทคนิคที่เรียกว่า horticultural rooted mini-cutting (HRMC) มาใช้ร่วมด้วย

นอกจากนี้ในการทดลองที่ 1.11 การหายีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกาลูกผสม ชุดที่ 1 พบว่า การต้านทานของพืชต่อเชื้อโรคโดยทั่วไปจะมีการแสดงออกของยีนกลุ่ม hypersensitive response (HR) เมื่อมีการบุกรุกของเชื้อและมีการสร้าง haustorium ของเชื้อราสนิม (Heath,1997) มีรายงานเกี่ยวกับการต้านทานต่อราสนิมของ *Coffea arabica* นั้นน่าจะเกิดจากการแสดงออกของยีนกลุ่ม HR อาทิเช่น CaPR1b, CaPR10, CaR111, CaWRKY1, CaRLK, และ CaGT (Silva et al., 2002; Ramiroa, et al. 2011; Figueiredo et al., 2013) ยีน CaGT ทำหน้าที่ในการสร้างโปรตีน salicylic acid-glucosyltransferase ยีน CaWRKY1 สร้างโปรตีน WRKY ซึ่งอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับ zinc finger-type transcription factors ที่ทำหน้าเกี่ยวกับการควบคุมการป้องกันและตอบสนองต่อเชื้อโรคที่เข้ามาในเซลล์พืช (Eulgem&Somssich, 2007) Receptor-like kinases (RLKs) เป็นโปรตีนบริเวณเยื่อเลือกผ่าน (trans-membrane) ทำหน้าที่ในการรับส่งสัญญาณผ่านโปรตีนตัวรับบริเวณเนื้อเยื่อ สำหรับในพืช ชนิดของโปรตีนตัวรับบริเวณเนื้อเยื่อเลือกผ่านมีหลายชนิดแตกต่างกันและรับ

ลิขสิทธิ์การเกษตร

สัญญาณที่แตกต่างกันจากการกระตุ้นจากสิ่งแวดล้อม RLKs สามารถแบ่งตามออกเป็นสองกลุ่มตามหน้าที่การทำงาน กลุ่มแรกทำหน้าที่เกี่ยวกับการควบคุมการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชภายใต้สภาวะแวดล้อมปกติ ในกลุ่มที่สองเป็นกลุ่มที่ทำหน้าที่เกี่ยวกับการตอบสนองและป้องกันการติดเชื้อและความเครียดต่างๆ ของพืช (Shiu, S.H. and. Bleecker, A. B., 2001) สำหรับการศึกษาโปรตีน RLKs ในยีนกลุ่มที่มีการตอบสนองต่อความเครียดและการต้านทานต่อเชื้อโรค ในปี 1995 Song et al. ได้ศึกษายีน *Xa*21 ที่เป็น receptor kinase-like protein (RLK) ทำหน้าที่ในการตอบสนองต่อการบุกรุกของเชื้อในข้าว พบว่าสามารถต้านทานต่อ *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* ของเชื้อได้หลายสายพันธุ์ สำหรับในกาแฟ Ramiro et al. (2009) ได้ทำการศึกษายีนในกาแฟอะราบิกา สายพันธุ์ Tupil AC1669-33 และ Catuai IAC81 ทั้งพันธุ์ทนและอ่อนแอต่อโรค ทั้งหมด 7 ยีนประกอบด้วย CaR111, CaWRKY1, CaRLK, CaGT CaPR1b, CaPR10 และ CaUbiquitin ยีนส่วนใหญ่ทำหน้าเป็นเส้นทางในการส่งสัญญาณเพื่อให้เกิดการตอบสนองเมื่อมีเชื้อบุกรุกเข้ามาในเซลล์พืช โดยทำการศึกษารูปแบบการแสดงออกของยีนทั้งเจ็ดเมื่อมีการติดเชื้อราสนิม (*Hemileia vastatrix*) ตั้งแต่ระยะแรกในการบุกรุก (primary haustoria) ของเชื้อเข้าในเซลล์พืช จนกระทั้งระยะ secondary haustoria ที่มีการแสดงออกของโรคราสนิมอย่างชัดเจน โดยอาศัยตามหลักการตามทฤษฎี gene-by-gene (Flor,1947) โดยศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างยีนของเชื้อราสนิม กับยีนของ host ที่เชื้อบุกรุกเข้าไป โดย CaWRKY1, CaR111, CaGT และ CaRLK มีหน้าที่เกี่ยวของกับการตอบสนองและป้องกัน (defense-related genes) ต่อเชื้อโรคเมื่อมีการบุกรุกของเชื้อ ในขณะที่ยีน CaPR1b และ CaPR10 มีการแสดงออกที่จำเพาะเกี่ยวกับการเกิดโรค (pathogenesis-related proteins) ของพืช สำหรับ CaUbiquitin ถูกเลือกใช้เป็นยีนควบคุม (internal control gene) จากผลการศึกษาพบว่ากาแฟพันธุ์อ่อนแอและพันธุ์ทนมีการแสดงออกของยีนที่ต้านทานต่อราสนิมแตกต่างกันอย่างชัดเจนในระยะ ‘secondary haustoria’ โดยพบยีน CaPR1b และ CaPR10 แสดงออกสูงสุดในกาแฟพันธุ์ต้านทานต่อราสนิม แต่พบว่ายีนดังกล่าวนี้แสดงออกในระดับที่ต่ำในกาแฟพันธุ์อ่อนแอ ในทางตรงกันข้ามพบว่ายีน CaWRKY1 และ CaRLK มีการแสดงออกในพันธ์อ่อนแอเท่านั้น การทดลองที่ 1.12 การตรวจวินิจฉัยและจำแนกสายชนิดเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกาที่พบในภาคเหนือตอนบน พบว่า ไม่สามารถจำแนกชนิดของ race ได้ เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล สอดคล้องกับ CIFC (2020) โรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ที่พบว่าเริ่มไม่ต้านทานต่อโรค เชื้อโรคพัฒนาและมีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ปัจจุบันพบ 56 race ซึ่งทางศูนย์วิจัยโรคราสนิม (CIFC) ประเทศโปรตุเกสจำแนกได้ 50 race และการทดลองที่ 1.13 การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมและการตรวจสอบลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา พบวา การใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของสายพันธุ์กาแฟอะราบิกาของกรมวิชาการเกษตรได้ มีความสอดคล้องกับข้อมูลกลุ่มพันธุ์ในส่วนใหญ่ แตมีบางสายพันธุ์ที่เมื่อจัดกลุมแลวมีความแตกตางไป ผลจากการวิจัยนี้จะชวยเสริมการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่มีการใชสายพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรใหมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับในข้าวโพดข้าวเหนียว (ประสาน และคณะ 2558) กาแฟอะราบิกา (Vieira *et al*., 2010) กาแฟอะราบิกา (Hendre et al., 2008) งา (ปูชากร 2549) มันสำปะหลัง (ศุจิรัตน์ และคณะ 2552) และข้าวโพดสายพันธุ์แท้ (วันชัย และคณะ 2554)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

1. ได้พันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ต้านทานต่อโรคราสนิม ให้ผลผลิตและรสชาติดีที่พร้อมออกเป็นพันธุ์แนะนำ 2 พันธุ์ ได้แก่ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/6 และ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/13 และได้เป็นพันธุ์แนะนำ

ของกรมวิชาการเกษตรเมื่อวันที่ 19 ก.ค. 2564 คือ พันธุ์เชียงราย 1 และ เชียงราย 2 ตามลำดับ และจะนำเสนอ H420/9 ML 3/1-106-WW 29/10 เป็นพันธุ์แนะนำเป็นลำดับต่อไป

2. ได้พันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ก้าวหน้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนส สำหรับศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อในปี 2565-2567 จำนวน 23 สายพันธุ์ ได้แก่ CIFC No.1-T8, CIFC No.1-T15, CIFC No.1-T16, CIFC No.1-T51, CIFC No.2-T10, CIFC No.2-T14, CIFC No.2-T21, CIFC No.2-T27, 1/1 B2T5, 1/4 B3T3, 2/12 B1T3, 2/12 B2T1, 2/12 B2T3, 2/27 B4T5, 2/22 BC B5T1, 2/57 BC B6T76, ลูกผสมของ Catimor CIFC 7963-13-28 x 1/4 B3 SF (Caturra vermelho), Catimor CIFC 7963-13-28 x 2/20 B2 SF (H.420/9 ML2/4-78-62-34), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T8 (Catimor CIFC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/14-2 B7 T10 (Sanramon X H.420/9 ML2/4-78-62-26), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T9 (Catimor CIFC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/2-1 B7 T6 (H.528/46ML2/10-29-65-29 X Sanramon), 3/2-1-T7-B7

3. ได้สายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส ในปี 2568-2570 จำนวน 18 สายต้น ได้แก่ 6-2 (51-269), Catuai km18, H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19, H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 B6/1T1, H7262/8-2 B6/1T3, H306 1/7EK, 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8, 5-4-2764 ต้นที่ 9 และ 4-1-130-35

4. ได้แหล่งรวบรวมพันธุกรรมของกาแฟอะบิกา อย่างน้อย 4 แหล่ง 5,423 สายพันธุ์ ซึ่งมีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์ต่อไปสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาในอนาคต

5. ได้ข้อมูลว่า เมล็ด Peaberry สามารถเพาะและงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ และให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเช่นเดิม ซึ่งการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลต่อ ร่วมกับพันธุกรรม

6. ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา ได้แก่ วิธีการคัดเลือกลูกผสมกาแฟอะราบิกาต้านทานโรคราสนิมด้วยการตรวจยีนต้านทานโรค, การคัดเลือกลูกผสมกาแฟจากองค์ประกอบโครงสร้างทางพันธุกรรม และวิธีการตรวจการต้านทานโรคราสนิมกาแฟที่รวดเร็วด้วยวิธี leaf disc inoculation

7. ได้เทคนิคการตรวจสอบยีนในเชื้อราที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคราสนิม ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพของเชื้อ 3 ลักษณะพบว่าคือ เชื้อราสนิม *Hemileia vastatrix* แต่ไม่สามารถจำแนกชนิด race ได้ เนื่องจากไม่พบโครงสร้างใน Genebank ซึ่งเป็นเชื้อราสนิม race ใหม่ ที่ไม่มีในฐานข้อมูล

8. ได้ข้อมูลต้นแบบการตรวจลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา ด้วยการใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR มีค่าความคล้ายคลึงกันทางพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกา 0.72 ถึง 1.00 จัดกลุ่มความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมด้วยวิธี UPGMA ได้ 5 กลุ่ม

ควบคุมการเผยแพร่

โครงการวิจัยที่ 3

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกา โดย Somatic Embrygenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม

Research and Development on Propagation Arabica Coffee by Somatic Embrygenesis and Chemical Fertilizer Trail in Farmer Participation Base Area

ชื่อผู้วิจัย

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ นฤนาท ชัยรังษี ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ โกเมศ สัตยาวุธ สิริพร มะเจี่ยว กรกช จันทร ประภาพร ฉันทานุมัติ กุหลาบ คงทอง ศศิธร วรปิติรังสี วีระ วรปิติรังสี อรทัย ธนัญชัย ไพรัตน์ช่วยเต็ม ยุพิน กสินเกษมพงษ์ ปฏิพัทธ์ ใจปิน สนอง จรินทร วิมล แก้วสีดา พรพนัช มีกุล วิชญา ศรีสุข ศิริลักษณ์ อินทะวงศ์ ประสาน สืบสุข ปาริฉัตร สังข์สะอาด ศิริพร หัสสรังสี ธารทิพย ภาสบุตร ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี สุเมธ พากเพียร จรัญญา ปิ่นสุภา อภิรัชต์ สมฤทธิ์ เมธาสิทธิ์ คนการ นาราญ์ โชติอิ่มอุดม ศิริภรณ์ จรินทร ชัญญนุช สิงคมณี ปราณี เดชอูป รุ่งทิพย์ ดาวเรือง เทอดพงษ์ มหาวงศ์ อุษณีย์ จินดากุล ผกาสินี คล้ายมาลา และ เอกรัตน์ ธนูทอง

Supattra Lertwatanakiat, Narunenat Chairungsee, Chatnapa Khomarwut, Siriporn Mameaw, Korakoch Chantorn, Prapaporn Chantanumat, Kularb Kongthong, Sasithorn Vorapitirangsree, Veera Vorapitirangsree, Orathai Tananchai, Pairat Chuaytem, Yupin Kasinkasaempong, Patipat Jaipin, Sanong Jarintorn,,Wimol Kaewseeda, Pornpanuch Meekul, Witchaya Srisook, Sirilak Inthawong, Prasarn Seubsuk, Parichart Sangkasa-ad, Siriporn Hassarangsee, Tharntip Bhasabutra, Yuthasak Chiemchaisri, Sumate Phakphian, Jarunya Pinsupa, Apirusht Somrith, Maythasith konkarn, Nara Chotimudom, Siriporn Jarintorn, Chanyanuch Singkamanee, Pranee Dachaub, Rungthip Daoruang, Terdphong Mahawong, Aussanee Chindakul, Pakasinee Klaimala and Akekarat Tanutong

คำสำคัญ (Key words)

กาแฟ กาแฟอะราบิกา สภาพร่มเงา ขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกา ทดสอบการใช้ปุ๋ยเคมี การให้น้ำแบบหยด ในกาแฟอะราบิกา ปุ๋ย ธาตุอาหาร โซมาติกเอมบริโอเจนิซีส การจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกา โรคแอนแทรคโนส กาแฟอะราบิกา มอดเจาะผลกาแฟ อายุการเก็บรักษา และ การกำจัดวัชพืช

Coffee, C. arabica, arabica coffee, shadind, propagation arabica coffee, fertilizer trial, colletotrichum gloeosporioides , drip irrigation, fertilizer, nutrients, somatic embryogenesis, chemical fertilizer management in arabica coffee, anthracnose disease, Arabica coffee, Coffee Berry Borer, shelf life and weed management

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟอะราบิกาและลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตคุณภาพและยั่งยืน ต้องประกอบด้วยแนวทางในการปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา เพื่อการปลูกกาแฟอะราบิกาที่ยั่งยืน พบว่ากาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลมีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 315-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ และและมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่าง 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า

ศึกษาผลของการให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม) พบว่าต้นกาแฟที่มีการให้น้ำมีจำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อมากกว่า และผลผลิตกาแฟเฉลี่ยต่อต้นทั้งกาแฟผลสดและกาแฟกะลา มากกว่าไม่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง

ศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 โดยวิธีการ Micro – Cutting และ Somatic Embryogenesis เพื่อผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาให้ได้ปริมาณมากและตรงตามพันธุ์ พบว่า พันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 ขยายพันธุ์โดยวิธี somatic embryogenesis โดยใช้ส่วนใบอ่อน เพาะเลี้ยงเพื่อชักนำแคลลัสในอาหารแข็ง MS/4 + Vitamin Gamborg + IAA 5 mg/L น้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร pH5.6 ย้ายเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร 1/2MS + BAP 0.5 mg/L เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เป็นเวลา 3 เดือน ได้ต้นอ่อนที่พร้อมย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ ส่วนในพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 พันธุ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) และพันธุ์ 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7 แคลลัสที่พัฒนาเป็นเอมบริโอจินิคแคลลัส สามารถเลี้ยงต่อเพื่อให้พัฒนาเป็นต้นอ่อนรูปตอปิโดสูงสุด ในอาหารสูตร 1/2MS+ BAP 4 มิลลิกรัมต่อลิตร+GA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1/2MS+ BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร+GA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS+ BAP 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 2 เดือนตามด้วยอาหารแข็งสูตร MS เป็นเวลา 2 -3 เดือน พบว่าได้ต้นอ่อนที่มีใบจริง 2 ใบ

การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืช พบว่า ความต้องการธาตุอาหารของกาแฟต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่คือ ไนโตรเจน (N) 43 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 12 กก. และโพแทส (K_2O) 26 กก./ไร่/ปี สัดส่วนของ $N:P_2O_5:K_2O$ เท่ากับ 4:1:3 แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่งเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือนสิงหาคม ผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ยเท่ากับ 16,130 บาท/ไร่

การศึกษาโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส ของกาแฟอะราบิกาได้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.ในศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสในกาแฟอะราบิกา พบว่า benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ให้ผลในการป้องกันกำจัดดีที่สุด และการทำความสะอาดตัดแต่งกิ่งก็สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกาได้ใกล้เคียงกับการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

การป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ

ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกและหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ เพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่กระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟและไม่ตกค้างในดินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม พบว่า acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ส่วนในการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในกาแฟ พบว่าสารกำจัดวัชพืชทุกชนิดเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช glufosinate-ammonium + fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร

รูปแบบที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ พบว่าการเก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน ซึ่งพบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน โดยเฉพาะคุณภาพการชิมในแต่ละเดือนมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึง เดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคุณภาพการชิมสูงที่สุด

Abstract

The studies were to increase the efficiency of arabica coffee production and reduce production costs. for quality and sustainable productivity. The survey of arabica coffee under shade in various locations, the results showed that the coffee grown in shaded conditions at post harvesting, flowering and fruiting had the maximum light intensity between 315-485 μmol m-2s-1, having the maximum photosynthesis rate 4.19-9.85 μmol CO2m-2s-1, and the light intensity that made the photosynthesis rate equal to the respiration rate (Light compensation point) was between 19-73 μmol m-1 s-2 and leaf respiration rate of all locations between 0.15-1.53 μmol m-2s-1. Growing shade plants which was tall, dense canopy, such as macadamia, *Prunus cerasoides* or in an agroforestry system resulting in the coffee being exposed to low light intensity to near zero from the normal light intensity (1,800-2,000 μmol m-1 s-2) comparing to a plant with small leaf and expose canopy such as silver oak, acacia, the coffee would get a higher light intensity.

To study the effect of watering found that the mini sprinkler irrigation during the dry season (February to May) had a higher number of nodes, fruit per node. and yield per plant more than the coffee plants without irrigation during the dry season.

Study on propagation of arabica coffee hybrid 1st generation by Micro-Cutting and Somatic Embryogenesis to propagate in large quantities. It was found that H 528/46 ML 2/10-29-65-23 could propagate by somatic embryogenesis. using the young leaves and cultivate to

กรมวิชาการเกษตร

induce callus in MS/4 + Vitamin Gamborg + IAA 5 mg/L (solid media) and sucrose 30 g/lit (pH5.6). And then induced Torpedo in MS+BAP 1 mg/L (liquid media), and then transferred Torpedoes to MS media every 2 weeks for 10 weeks. Put the Torpedoes on paper for 7 days and then transferred to semi solid media 1/2MS + BAP 0.5 mg/L for 2 months. After that should transferred to 1/2MS semi solid media for 3 months and then transfer seedlings to nursery. In the hybrid arabica coffee cultivar F1, cultivar 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) and cultivar 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7, propagation by Somatic Embryogenesis from young leaves was put on MS solid media + sucrose 30 g/l + 2,4-D 20 g/l + BAP 1.0 mg/l for inducing callus in dark condition at 27°C for 6-12 months. Induced embryogenic callus in MS+ BAP + sucrose 30 g/l for 12-14 months by transferred media each 3-4 weeks. Induced Torpedos by 1/2MS+ BAP 4 mg/l+ GA 0.5 mg/l and then transferred to 1/2MS+ BAP 3 mg/l+ GA 0.5 mg/l respectively. After that transferred to MS+ BAP 0.3 mg/l for 2 months and then followed by solid media MS for 2 -3 for initiated the plantlets, we got 2 leaves of plantlets.

Assessment of nutrient requirements and fertilizer management on the growth and yield of arabica coffee based on soil and plant analysis found that the nutrient requirements of coffee per yield of 2 tons/rai were nitrogen (N) 43 kg, phosphate (P_2O_5) 12 kg, and potassium (K_2O) 26 kg/rai/year, the proportion of N: P_2O_5: K_2O equal to 4:1:3. The return from fertilizing was 16,130 baht/rai. Fertilizer should divide 3 times; after pruning on January - February,after fruiting on May and the fruit enlarged on August.

The study on survey Anthracnose of arabica coffee found that symptoms of disease were isolated and studied for morphology, biology and disease proof by the morphological characteristics which can be classified as anthracnose causative agent of Arabica coffee. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. In the prevention study, it was found that the use of benomyl 50% WP at the rate of 20 g/ 20 liters of water gave the best preventive effect. They could be seen that cleaning and pruning could reduce the incidence of anthracnose arabica coffee like to spraying plant preventive agents.

Integrated control of coffee borers in the upper northern region found that the most effective method was to use *Beauveria bassiana* DOA B4+ strain with a pheromone trap. (Methyl alcohol: ethyl alcohol = 50: 50) + coffee pruning could control by significantly different from other treatments.

In a study on the efficacy of pre- and post-emergence herbicide in coffee plantations. Therefore, does not affect the growth of the coffee plant trial in field conditions, acetochlor and oxyfluorfen were effective in controlling weeds until 60 days after spraying. It was found that all herbicides were toxic to the coffee plant. but does not affect growth especially herbicides glufosinate-ammonium + fomesafen at a rate of 105+50 grams of active ingredient

per rai and glufosinate-ammonium + oxyfluorfen at a rate of 105+24 grams of active ingredient per rai. Effective for weed control until 30 days after spraying.

In the study the proper of coffee bean storage, it was found that the storage in HDPE bags with a thickness of 40 microns (price 5 baht) was found to be of similar quality to HDPE bags with a thickness of 78 microns (price 140 baht). The cupping test of the coffee bean which storage from 0-12 months were well and declined respectively from 15 – 24 months, with shelf life of 12 months having the highest cupping score.

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

กาแฟอะราบิกานิยมนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นกาแฟสด ทำให้มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ปัจจุบันกาแฟอะราบิกามีไม่เพียงพอต่ออุตสาหกรรมและการบริโภคจึงต้องนำเข้าจากต่างประเทศอันเนื่องมาจากการเปิดเขตการค้าเสรีในปี 2553 ที่ผ่านมา ทำให้มีการปลอมปนเมล็ดกาแฟจากแหล่งอื่นส่งผลให้ไม่มีมาตรฐานและน่าเชื่อถือ การปลูกกาแฟอะราบิกาบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติประกอบกับพื้นที่ปลูกมีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น ความชื้นสูง และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแต่ละปีค่อนข้างมาก การใช้วัสดุคลุมโคนต้นในช่วงฤดูแล้ง การปลูกกาแฟอะราบิกาภายใต้สภาพร่มเงาโดยอาศัยป่าไม้ธรรมชาติและปลูกในระหว่างแถวไม้ผลหรือไม้ผลเมืองหนาว เช่น มะคาเดเมียนัท บ๊วย หรือปลูกไม้บังร่ม จะช่วยลดการสูญเสียน้ำในดินและต้นกาแฟสามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ตลอดช่วงฤดูแล้ง (ช่วงเดือนมีนาคม – เมษายน) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตระหว่าง 15 – 24 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดสำหรับการเจริญเติบโตของกาแฟอะราบิกา คือ 10 องศาเซลเซียส ถึงระดับต่ำสุดที่ระดับน้ำค้างแข็ง อุณหภูมิสูงสุดสำหรับการเจริญเติบโตคือ 30 องศาเซลเซียส การลดผลกระทบของอุณหภูมิทำได้โดยการคลุมดิน หรือ การทำบังร่มให้ต้นอ่อนของกาแฟ ผลกระทบของอุณหภูมิจะทำให้ต้นกาแฟเกิดอาการตายยอด (die back) และมีผลต่อการเจริญเติบโตและเร่งการออกดอกของกาแฟ กาแฟอะราบิกาปลูกกันในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 800 – 2,500 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,400 – 1,600 มิลลิลิตรต่อปี นอกจากปริมาณน้ำฝนแล้ว การกระจายตัวของฝนเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่า โดยเฉพาะการกระจายตัวที่ดี จะต้องมีระยะเวลาฝนแล้ง 2 – 3 เดือนเพื่อกระตุ้นให้กาแฟสร้างตาดอก นอกจากนี้การเก็บเมล็ดกาแฟปนกัน อันเนื่องมาจากปัญหาค่าแรงงานในการเก็บผลกาแฟบ่อยครั้งและถ้ากาแฟขาดน้ำช่วงขยายผลคือเป็นช่วงวิกฤตของกาแฟระยะที่ผลกำลังเติบโตทำให้ เมล็ดกาแฟมีขนาดเล็กได้ (ดิเรกและคณะ.มปพ.) เพราะน้ำมีส่วนสำคัญในการพัฒนาของผลกาแฟและแนวโน้มในอนาคต ถ้าไม่มีการจัดการเรื่องน้ำในการผลิตกาแฟก็จะเกิดปัญหาเดิมๆและในหน้าฝนน้ำมาก ในหน้าแล้งขาดน้ำรดกาแฟ ดังนั้นการทดลองปริมาณการให้น้ำแบบน้ำหยดกับกาแฟอะราบิกาในภาคเหนือตอนบน ควรที่จะมีการสนับสนุน ด้านงานวิจัยและพัฒนาครบวงจร เมื่อได้เทคโนโลยีแล้วควรมีการขยายผลไปในแต่ละสภาพแวดล้อม ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้นในแหล่งปลูกเดิม ด้านการจัดการน้ำในสวนกาแฟ จึงน่าจะเป็นทางออกที่ดีอีกด้านหนึ่งมากกว่าการขยายพื้นที่ปลูกและพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในป่าสงวน

โดยทั่วไปกาแฟอะราบิกาจะให้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ (สูง-ต่ำ หรือ ปีเว้นปี) เกิดจากไม่มีการเตรียมพร้อมให้มีการแตกกิ่งใหม่เพิ่มขึ้น เพื่อให้ผลผลิตในปีต่อไป ซึ่งโดยปกติกาแฟจะติดผลปีละ 3-5 ข้อในแต่ละกิ่ง และเฉลี่ย 8-

14 ผลในแต่ละข้อ ผลผลิตเฉลี่ย 215 กก./ไร่ หากต้องการให้มีผลผลิตสม่ำเสมอต้องมีการตัดแต่งเพื่อให้เกิดกิ่งใหม่สำหรับปีต่อไป และมีการปฏิบัติดูแลรักษาภายในแปลงหลังตัดแต่งกิ่ง (ใส่ปุ๋ย กำจัดวัชพืช คลุมโคนต้น) ในส่วนของเกษตรกรจะไม่มีการตัดแต่งกิ่ง ไม่ใส่ปุ๋ย หรือใส่ปุ๋ยเฉพาะสูตร 15-15-15 กำจัดวัชพืช 1-2 ครั้ง/ปี ไม่มีการคลุมโคนต้นทำให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตต่ำ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 134 – 154 กก./ไร่ แต่ทั้งนี้การผลิตกาแฟที่มีคุณภาพดีทั้งรสชาติ (flavour) และมีกลิ่นหอม (Aroma) ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง คือ พันธุ์ สภาพแวดล้อม (ดิน สภาพพื้นที่ปลูกอุณหภูมิ ความชื้น) การปฏิบัติดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว กรรมวิธีในการคั่ว และการปรุงแต่ง (De Geus, 1973) จึงทำให้แต่ละแหล่งผลิตกาแฟมีความแตกต่างกัน

การผลิตกาแฟให้ได้คุณภาพตามมาตรฐาน (ปิยนุช และคณะ, 2547) เป็นที่ยอมรับของตลาด จำเป็นต้องมีการปฏิบัติดูแลรักษา ให้น้ำและปุ๋ย ตลอดจนป้องกันกำจัดวัชพืชและโรคแมลงศัตรูพืชที่ดี กาแฟเป็นพืชที่ต้องการปุ๋ยค่อนข้างสูง โดยเฉพาะในช่วงเริ่มออกดอก ติดผล การใส่ปุ๋ยควรพิจารณาจากอายุของต้นกาแฟ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และความเป็นกรดด่างของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ถ้าปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำ ส่งผลทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารต่ำ พืชไม่สามารถดูดนำไปใช้ได้และธาตุอาหารบางชนิดจะถูกตรึงเช่น เหล็ก ทองแดง ฟอสฟอรัส การใส่ปุ๋ยให้พืชก็จะไม่เกิดประโยชน์ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงตามไปด้วย สิ่งที่สำคัญที่สุดในการใส่ปุ๋ยกาแฟ คือ ต้องให้ปุ๋ยในปริมาณที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยเกินไป ควรให้ปุ๋ยในปริมาณเพียงพอเพื่อให้ผลกาแฟเจริญเติบโตเต็มที่และมีคุณภาพดี นอกจากนั้นสภาพภูมิอากาศ และอายุของกาแฟก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ซึ่งการกำหนดปริมาณการให้ปุ๋ยกาแฟได้อย่างมีประสิทธิภาพตรงกับความต้องการของกาแฟ เพื่อให้การเจริญเติบโตและผลผลิตตามที่ต้องการจำเป็นต้องมีการประเมินสถานภาพของธาตุอาหารในดินและวิเคราะห์พืชมาเป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจ ก่อนกำหนดการให้ปุ๋ย เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด อีกทั้งช่วยลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากค่าการวิเคราะห์พืชบอกให้ทราบถึงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืช เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถในการดูดธาตุอาหารของพืช ส่วนค่าการวิเคราะห์ดิน บอกให้ทราบว่าดินมีธาตุอาหารพืชอยู่มากน้อยเพียงใด และมีคุณสมบัติเหมาะสมที่จะทำให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์หรือไม่ ถ้าไม่เหมาะสมจะปรับปรุงอย่างไร เพื่อให้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินรวมทั้งปุ๋ยที่จะใส่เพิ่มให้กับดินอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด การนำค่าการวิเคราะห์พืชไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพจำเป็นต้องมีการศึกษาระดับความเหมาะสมกับภูมิประเทศ และภูมิอากาศ ประกอบ เนื่องจากปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่นอกเหนือจากการจัดการด้านธาตุอาหารโดยพบว่า เป็นตัวกำหนดผลผลิตและรสชาติของกาแฟ (จุลศักดิ์, 2550)

การวิจัยและพัฒนาการเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพการผลิต การพัฒนาระบบพืชผสมผสานเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงอย่างยั่งยืน เป็นการขยายผล และถ่ายทอดรูปแบบการพัฒนา ภายใต้การพัฒนาและอนุรักษ์สภาพแวดล้อม มีความสอดคล้องกับสภาพภูมินิเวศ และภูมิสังคม กระบวนการผลิตต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม โดยมีการจัดการทรัพยากรดิน และน้ำ อย่างถูกต้องและเหมาะสม

เนื่องจากกาแฟอะราบิกามีพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตเชิงคุณภาพบนพื้นที่สูง ซึ่งพื้นที่การผลิตกาแฟอะราบิกามีค่อนข้างจำกัด นอกจากนี้แล้วในเชิงการค้า ในปัจจุบันมีการรับรองการผลิต ได้แก่ Rainforest Alliance, Bird Friendly, Utz และ อินทรีย์ :ซึ่งเป็นการสนับสนุนการอนุรักษ์พื้นที่ป่าที่เป็นต้นน้ำลำธาร โดยใช้กระบวนการจัดการแบบมีส่วนร่วมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์และรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้ในการปลูกกาแฟภายใต้ไม้ร่มกาแฟมีส่วนให้เกิดประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อม ในเรื่องการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการสังเคราะห์แสง ทำให้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเนื้อเยื่อพืช เช่น ลำต้น กิ่งก้าน

และราก ดังนั้น ต้นไม้จึงช่วยในการ mitigate ก๊าซเรือนกระจกในสภาพบรรยากาศ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ นอกจากนี้มีส่วนช่วยสนับสนุนในการเป็น buffer ทำให้พืชปลูกมีความทนทานสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นการสร้าง microclimate ทำให้สภาพแปลงสามารถรักษาความชื้นได้ดี ทนทานต่อสภาพแล้ง การปลูกกาแฟภายใต้ไม้บังร่ม มีข้อได้เปรียบ คือ การควบคุมวัชพืช ลดการออกซิเดชั่น การลดปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ลดการติดผลมากเกินไปจนเกิดอาการ die back ลดความเสียหายผลผลิตเนื่องผลกระทบความแห้งแล้งยาวนาน โดยสภาพภายใต้ทรงพุ่ม ระบบราก และการคลุมดิน จะทำให้การสูญเสียหน้าดินลดลงและทำให้สภาพดินอนุรักษ์

ทั้งนี้ในสภาพแปลงปลูกกาแฟอะราบิกาปัจจุบันมีการปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยวโดยปลูกกลางแจ้ง มีบางส่วนปลูกภายใต้ร่มเงาในสภาพป่า ด้วยพื้นที่ปลูกที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอะราบิกามีน้อย เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ต้นน้ำ แต่ในกาแฟอะราบิกาสามารถปลูกได้ภายใต้สภาพร่มเงา และปลูกพืชแซมได้ และมีพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูก ดังเช่น เขาหัวโล้นอีกเป็นจำนวนมาก ดังนั้นการศึกษาแนวทางของอิทธิพลของไม้บังร่มเงากับการผลิตกาแฟอะราบิกา จึงเป็นแนวทางในการใช้พื้นที่อย่างยั่งยืน โดยมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟอะราบิกา ในกลยุทธ์ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและพัฒนาคุณภาพผลผลิตโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยพืชสวนได้ทำการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา เพื่อให้ได้ลูกผสมและคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ดีตามที่ต้องการต่อเนื่องเรื่อยมา และปัจจุบันได้คัดเลือกพันธุ์ลูกผสม F1 ที่ต้านทานโรคราสนิมได้ทั้งหมด 17 สายต้นและต้องการที่จะขยายพันธุ์ต้นลูกผสมที่คัดเลือกได้เพื่อให้ได้ต้นในปริมาณมากๆสำหรับให้เกษตรกรนำไปปลูก เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์และสามารถนำไปช่วยในขั้นตอนการขยายพันธุ์เพื่อได้ต้นที่มีลักษณะที่ดีตรงตามลักษณะต้นแม่ในปริมาณมากในช่วงเวลาอันจำกัดได้ ดังนั้นจึงทำการศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาแฟอะราบิกา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมที่คัดเลือกได้จากกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อได้ต้นที่มีลักษณะที่ดี มีคุณภาพสม่ำเสมอ และตรงตามพันธุ์โดยใช้เวลาไม่นาน สำหรับนำไปแจกจ่ายเกษตรกรต่อไป

การปลูกกาแฟทางภาคเหนือ เป็นกาแฟพันธุ์อะราบิกาซึ่งเป็นพันธุ์ที่เจริญเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูงและอากาศหนาวเย็น ดังนั้นเกษตรกรจึงนิยมปลูกบนดอยหรือที่เป็นภูเขาสูง ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่มีอากาศชื้นและฝนตกชุก ทำให้การปลูกกาแฟ ประสบกับปัญหาวัชพืชขึ้นรบกวนตลอดทั้งปี หากปล่อยให้วัชพืชขึ้นรบกวนในปริมาณมากๆ จะมีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกาแฟ และทำให้ผลิตลดลง 24-65% (Moraima, et al 2000; Eshetu, 2001) และยังเป็นที่อยู่อาศัยของโรค และแมลง ซึ่งจะทำให้เกิดการระบาดของโรค และแมลงเพิ่มมากขึ้น หากไม่มีการป้องกันกำจัดวัชพืช การจัดการวัชพืชของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟทางภาคเหนือ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีจัดการวัชพืช เนื่องจากสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่ต้องกำจัดวัชพืชบ่อยครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการวัชพืชโดยใช้แรงงาน ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน เวลา และประกอบกับค่าแรงงานแพง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรจึงหันมาใช้สารกำจัดวัชพืชเพิ่มมากขึ้น แต่สารกำจัดวัชพืชที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ ณ ปัจจุบันมีไม่กี่ชนิดที่แนะนำให้เกษตรใช้(กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554) และยังเป็นชนิดเดิมๆที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ในปี 2538 จากหนังสือคำแนะนำการควบคุมวัชพืช ได้แก่ atrazine, metribuzine และ alachlor เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก และสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกคือ glyphosate และ paraquat ซึ่งสารกำจัดวัชพืชดังกล่าวเมื่อพ่นสัมผัสกับต้นกาแฟจะทำให้เกิดอันตรายกับต้นกาแฟ และบางชนิดก็เกิดการตกค้างในดิน และแหล่งน้ำ โดยเฉพาะการใช้สารกำจัดวัชพืช atrazine หากเกษตรกร

ใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าวมาเป็นเวลานาน มีความเสี่ยงต่อสารตกค้างในดิน และประกอบกับพื้นที่ในการปลูกกาแฟเป็นพื้นที่บนดอย มีความลาดเอียง จึงมีโอกาสที่จะเกิดการชะล้างของสารกำจัดวัชพืชลงสู่แหล่งน้ำ

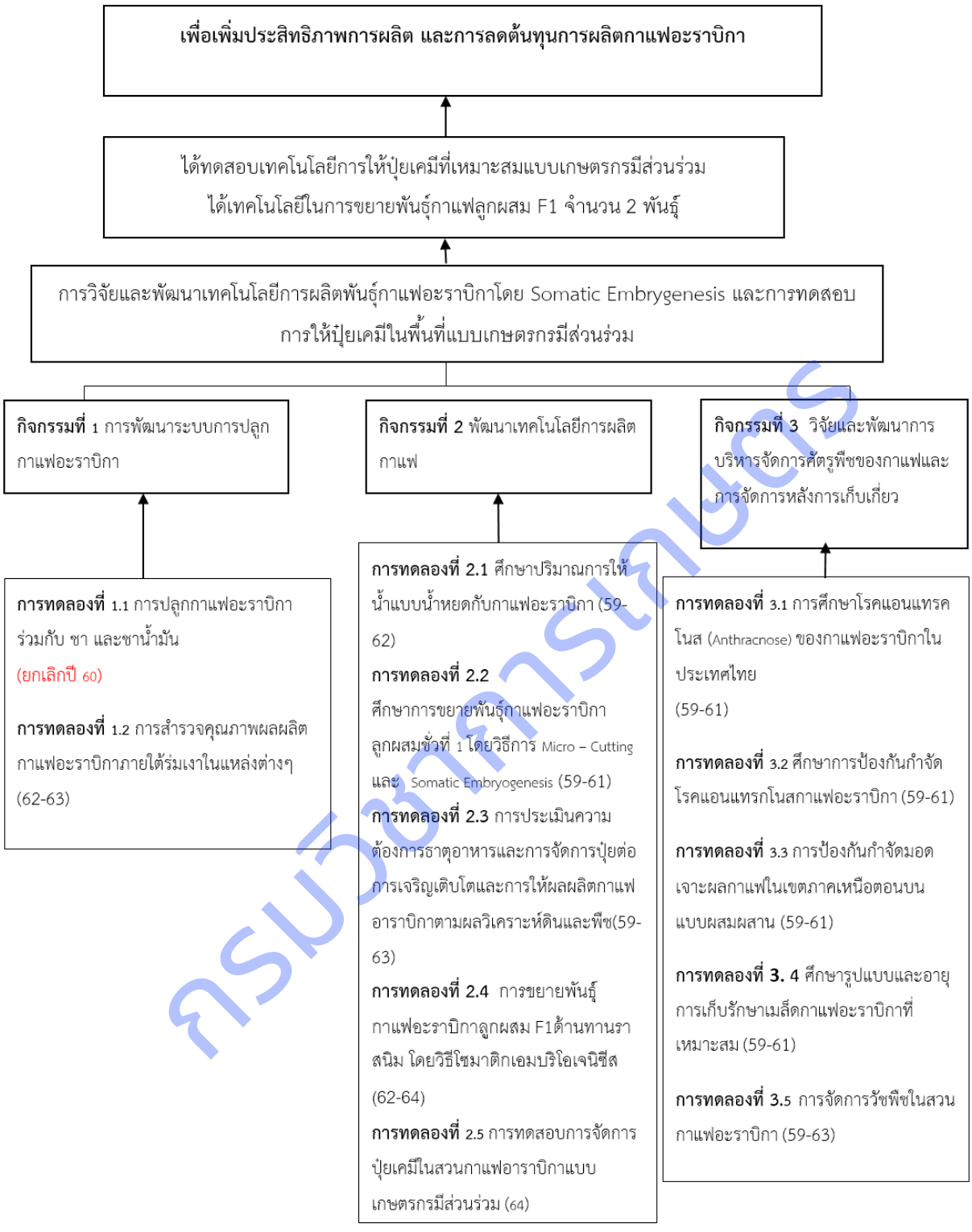
ปัจจุบันมีสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ๆหลากหลายชนิดที่สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสภาพแวดล้อมมากขึ้น จึงควรนำสารกำจัดวัชพืชเหล่านั้นมาทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชเพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม สามารถความคุมวัชพืชได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ และสภาพแวดล้อม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟในการเพิ่มประสิทธิภาพ คุณภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต พัฒนาระบบการผลิตกาแฟแบบ ปลอดภัยจากโรคและแมลง เพื่อให้มีผลผลิตและคุณภาพอย่างยั่งยืน
2. เพื่อให้ได้วิธีการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน มีประสิทธิภาพ และปลอดภัยต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม
3. เพื่อทราบข้อมูลพื้นที่การแพร่ระบาดของโรคแอนแทรคโนสในกาแฟอะราบิกา
4. เพื่อสำรวจและจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกา และทราบวิธีการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสในกาแฟอะราบิกา ที่มีประสิทธิภาพดี เพื่อการแนะนำแก่เกษตรกร
5. เพื่อทราบวิธีขยายพันธุ์กาแฟในปริมาณมากโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
6. เพื่อศึกษาความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยกาแฟอะราบิกาในการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพผลผลิต แนะนำแนวทางการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสมให้เกษตรกรในพื้นที่
7. เพื่อศึกษาอิทธิพลการเจริญเติบโตและคุณภาพของกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงา
8. เพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาแฟอะราบิกาลูกผสม F1ต้านทานราสนิม
9. เพื่อศึกษาการจัดการวัชพืชที่เหมาะสมในกาแฟอะราบิกา

วิธีการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1

การพัฒนาระบบการปลูกกาแฟอะราบิกา

Development of Arabica coffee cultivation systems

ชื่อผู้วิจัย

นฤนาท ชัยรังษี ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ โกเมศ สัตยาวุธ สิริพร มะเจี่ยว

Narunenat Chairungsee, Chatnapa Khomarwut, Supattra Lertwatanakiat, Siriporn Mameaw

คำสำคัญ (Key words)

กาแฟ สภาพร่มเงา การสังเคราะห์แสง การคายน้ำ ดัชนีพื้นที่ใบ

Coffee, shadind, photosynthesis, dehydration, leaf area index

บทคัดย่อ

การสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ ดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงรายและเพชรบูรณ์ ระหว่างปี 2562-2563 โดยการบันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยาของกาแฟในสภาพร่มเงาในแหล่งต่างๆ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟ การคายน้ำ ดัชนีพื้นที่ใบ ฯลฯ และข้อมูลสภาพแวดล้อมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ผลการสำรวจพบว่า กาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะหลังเก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผลมีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 315-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ และและมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ด้านดัชนีพื้นที่ใบพบว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า

The quality survey of Arabica coffee under shade in various locations in Chiang Mai, Chiang Rai and Phetchabun Province during 2019-2020 had been organised by recording a physiological data of coffee in shaded conditions in different locations such as photosynthesis, light response of the coffee leaf, transpiration, leaf area index, etc., and environmental data at each growth stage. The survey results showed that the coffee grown in shaded conditions at post harvesting, flowering and fruiting had the maximum light intensity between 315-485 μmol

$m^{-2}s^{-1}$, having the maximum photosynthesis rate 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$, and the light intensity that made the photosynthesis rate equal to the respiration rate (Light compensation point) was between 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} and leaf respiration rate of all locations between 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$. Leaf area index (LAI) of each locations had similar pattern which increased from post harvesting stage to fruiting stage. The photosynthesis, transpiration, water use efficiency of coffee leaves in various shade conditions were relatively low with a similar response to the light during the day but the variance was quite high during the day according to the light intensity the canopy received.

Growing shade plants with tall, dense canopy, such as macadamia, *Prunus cerasoides* or in an agroforestry system resulting in the coffee being exposed to low light intensity to near zero from the normal light intensity (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) comparing to a plant with small leaf and expose canopy such as silver oak, acacia, the coffee would get a higher light intensity.

บทนำ (Introduction)

กาแฟอะราบิกาเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมีพื้นที่ปลูกในปี 2563/64 รวม 121,806 ไร่ พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในภาคเหนือ เนื่องจากกาแฟอะราบิกามีพื้นที่ที่เหมาะสมในการผลิตเชิงคุณภาพบนพื้นที่สูง ซึ่งพื้นที่การผลิตกาแฟอะราบิกามีค่อนข้างจำกัด นอกจากนี้แล้วในเชิงการค้า ในปัจจุบันมีการรับรองการผลิต ได้แก่ Rainforest Alliance , Bird Friendly, UTZ และ อินทรีย์ ซึ่งเป็นการสนับสนุนการอนุรักษ์พื้นที่ป่าที่เป็นต้นน้ำลำธาร โดยใช้กระบวนการจัดการแบบมีส่วนร่วมเพื่อให้เกิดการอนุรักษ์และรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

ทั้งนี้ในการปลูกกาแฟภายใต้ไม้ร่มกาแฟมีส่วนให้เกิดประโยชน์ต่อสภาพแวดล้อม ในเรื่องการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงการสังเคราะห์แสง ทำให้มีการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ในเนื้อเยื่อพืช เช่น ลำต้น กิ่งก้าน และราก ดังนั้น ต้นไม้จึงช่วยในการลดก๊าซเรือนกระจกในสภาพบรรยากาศ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ นอกจากนี้มีส่วนช่วยสนับสนุนในการเป็น buffer ทำให้พืชปลูกมีความทนทานสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลง เป็นการสร้าง microclimate ทำให้สภาพแปลงสามารถรักษาความชื้นได้ดี ทนทานต่อสภาพแล้งการปลูกกาแฟภายใต้ไม้บังร่ม มีข้อได้เปรียบ คือ การควบคุมวัชพืช ลดการออกซิเดชั่น การลดปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ลดการติดผลมากเกินไปจนเกิดอาการ die back ลดความเสียหายผลผลิตเนื่องผลกระทบความแห้งแล้งยาวนาน โดยสภาพภายใต้ทรงพุ่ม ระบบราก และการคลุมดิน จะทำให้การสูญเสียหน้าดินลดลงและทำให้สภาพดินอนุรักษ์

การปลูกกาแฟอะราบิกาปัจจุบันมีการปลูกเป็นพืชเชิงเดี่ยวโดยปลูกกลางแจ้ง และมีปลูกภายใต้ร่มเงาในสภาพป่า หรือปลูกร่วมกับไม้ผลไม้ยืนต้นแต่ยังประสบปัญหาการเลือกชนิดพืชที่เหมาะสมที่จะปลูกร่วมกับกาแฟ การจัดการสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะปัจจัยแสงให้เหมาะสม ดังนั้นการศึกษาแนวทางของอิทธิพลของไม้บังร่มเงากับการผลิตกาแฟอะราบิกา โดยเฉพาะปัจจัยด้านแสง ซึ่งมีความสำคัญต่อการออกดอก การสร้างและสะสมอาหารของกาแฟซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อคุณภาพของกาแฟที่จะนำไปปรับใช้ในการจัดการสวนกาแฟเพื่อให้มี

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม จึงเป็นแนวทางในการใช้พื้นที่อย่างยั่งยืน โดยมีความสอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟอะราบิกา ในกลยุทธ์ เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและพัฒนาคุณภาพผลผลิตโดยไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การทดลองการสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ

วิธีดำเนินการ

ศึกษาและรวบรวมข้อมูลแปลงเกษตรกรที่ปลูกในไม้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ เพื่อเก็บข้อมูลชนิดไม้ร่มเงาที่ใช้ในสภาพธรรมชาติ และกำหนดพื้นที่เป้าหมายในการสำรวจ โดยเน้นที่แหล่งปลูกหลักที่สำคัญ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย เพชรบูรณ์ กำหนดเครื่องมือในการวิจัย คือ ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร สภาพพื้นที่ปลูกกาแฟ (ลักษณะดิน ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล) พันธุ์กาแฟที่ใช้ แหล่งที่มา วัดความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ บริเวณทรงพุ่ม และอุณหภูมิดิน เก็บตัวอย่างดินในแปลงกาแฟวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและเคมี ข้อมูลการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อสภาพแวดล้อมของกาแฟ

วัดอัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สุทธิ การคายน้ำ การนำไหลน้ำของปากใบ อุณหภูมิใบ การหายใจในที่มืด ด้วยเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง (Li-cor 6400) และปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ เก็บตัวอย่างใบที่วัดไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณไนโตรเจน ศึกษาการตอบสนองต่อแสง โดยกำหนดความเข้มแสงให้มีค่าต่างกัน ตั้งแต่ 0-2,000 μmol $CO_2 m^{-2} s^{-1}$ วัดค่าดัชนีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ของใบหลังจากวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ด้วยเครื่อง Chlorophyll meter คำนวณหาสัดส่วนของน้ำหนักแห้งต่อพื้นที่ใบ ศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิต ได้แก่ อุตุนิยมวิทยา ความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นต้น

วิเคราะห์ข้อมูล โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสภาพแวดล้อมโดยเฉพาะปัจจัยแสง สภาพร่มเงาที่มีผลต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำของใบกาแฟในระยะต่างๆ

- การบันทึกข้อมูล

พื้นที่ ได้แก่ พิกัดแปลง พื้นที่ ความลาดชัน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ชนิดพืชร่วมระบบกาแฟ ด้านเกษตร ได้แก่ พันธุ์กาแฟ ระบบการปลูก ระยะปลูก อายุ ความสูงและขนาดลำต้น การออกดอก ด้านสรีรวิทยาพืช ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์แสง การคายน้ำ การนำไหลของปากใบ การตอบสนองต่อแสง ดัชนีพื้นที่ใบ พื้นที่ใบ น้ำหนักแห้งของใบกาแฟ สภาพแวดล้อม ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้นบรรยากาศ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

- เวลาและสถานที่ เริ่มต้น 2562 – สิ้นสุด 2563

- สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง แม่จอนหลวง) อ.แม่วาง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ อ.เขาค้อ จ.เพชรบูรณ์ สถานีพัฒนาเกษตรที่สูงตามพระราชดำริปางขอน อ.เมือง จ.เชียงราย

ผลการทดลองและอภิปราย

การสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆ ดำเนินงานในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงรายและเพชรบูรณ์ ระหว่างปี 2562-2563 โดยการบันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยาของกาแฟในสภาพร่มเงาในแหล่งต่างๆ เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง การตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟ การคายน้ำ ดัชนีพื้นที่ใบ ฯลฯ และข้อมูลสภาพแวดล้อมในแต่ละระยะการเจริญเติบโต ผลการสำรวจพบว่า กาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาที่ระยะหลัง

เก็บเกี่ยว ออกดอก และติดผล มีความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 315-485 μmol $m^{-2}s^{-1}$ มีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสูงสุด 4.19-9.85 μmol $CO_2m^{-2}s^{-1}$ และมีความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} s^{-2} และมีอัตราการหายใจ (R_d) ของใบกาแฟในแต่ละสภาพพื้นที่มีค่าใกล้เคียงกัน ระหว่าง 0.15-1.53 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ด้านดัชนีพื้นที่ใบพบว่ามีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ การปลูกพืชร่มเงาที่มี ลำต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่ต้นกาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆมีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ
2. อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟจะต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยวและเพิ่มขึ้นในระยะออกดอกและติดผล
3. ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (Light saturation point) ของใบกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตในพื้นที่ต่างๆ มีค่าระหว่าง 313 - 485 μmol m^{-1} s^{-2} และมีความเข้มแสงที่สำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} s^{-2}
4. ด้านดัชนีพื้นที่ใบมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล
5. การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตร มีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า ดังนั้นในการปลูกพืชร่วมกาแฟควรพิจารณาชนิดพืชที่มีเรือนยอดหรือการแผ่กิ่งก้านไม่ใหญ่เกินไป หากเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มหรือใบหนาทึบ ควรมีการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มเพื่อให้ได้รับแสงที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการปลูกกาแฟร่วมในระบบวนเกษตรควรตัดแต่งกิ่งพืชร่วมกาแฟให้กลางทรงพุ่มโปร่ง และเน้นตัดแต่งในทิศที่ได้รับความเข้มแสงน้อย โดยสามารถใช้แอปพลิเคชั่นในการวัดความเข้มแสงให้ได้ค่าที่เหมาะสม เช่น แอปพลิเคชั่น Korona สำหรับระบบปฏิบัติการ ios ที่สามารถวัดพลังงานแสง (PAR, μmol m^{-1} s^{-2}) ได้ค่อนข้างเที่ยงตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร

กิจกรรมที่ 2
พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ
Develop Technology of Coffee Production

ชื่อผู้วิจัย
กรกช จันทร ประภาพร ฉันทานุมัติ กุหลาบ คงทอง ศศิธร วรปิติรังสี วีระ วรปิติรังสี อรทัย ธนัญชัย ไพรัตน์ช่วยเต็ม ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ ยุพิน กสินเกษมพงษ์ ปฏิพัทธ์ ใจปิน สนอง จรินทร วิมล แก้วสีดา พรพนัช มีกุล สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ สิริพร มะเจี่ยว วิชญา ศรีสุข ศิริลักษณ์ อินทะวงศ์ ประสาน สืบสุข ปาริฉัตร สังข์สะอาด ศิริพร หัสสรังสี และ นฤนาท ชัยรังษี
Korakoch Chantorn, Prapaporn Chantanumat, Kularb Kongthong, Sasithorn Vorapitirangsree, Veera Vorapitirangsree, Orathai Tananchai, Pairat Chuaytem, Chatnapa Khomarwut, Yupin Kasinkasaempong, Patipat Jaipin, Sanong Jarintorn,,Wimol Kaewseeda, Pornpanuch Meekul, Supattra Lertwatanakiat, Siriporn Mameaw, Witchaya Srisook, Sirilak Inthawong, Prasarn Seubsuk, Parichart Sangkasa-ad, Siriporn Hassarangsee and Narunenat Chairungsee

คำสำคัญ (Key words)
กาแฟ, ขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกา, การให้น้ำแบบหยดในกาแฟอะราบิกา, ปุ๋ย, ธาตุอาหาร, โซมาติกเอมบริโอเจนิซีส, การจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกา
coffee, colletotrichum gloeosporioides , drip irrigation, fertilizer, nutrients, somatic embryogenesis, chemical fertilizer management in arabica coffee

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ในการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อให้มีประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิตกาแฟอะราบิกา โดยศึกษาการให้น้ำ ปุ๋ยและธาตุอาหาร ตลอดจนการขยายพันธุ์โดย Somatic embryogenesis และ micro- cutting กาแฟอะราบิกาพันธุ์ดี จากการศึกษาพบว่า ในการศึกษาพบว่าต้นกาแฟอะราบิกาที่มีการให้น้ำแบบมินิสปริงเกอร์ในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม) พบว่ามีจำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อมากกว่า และผลผลิตกาแฟเฉลี่ยต่อต้นทั้งกาแฟผลสดและกาแฟกะลา มากกว่าต้นกาแฟอะราบิกาที่ไม่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง ส่วนการประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่คือ ไนโตรเจน (N) 43 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 12 กก. และโพแทส (K_2O) 26 กก./ไร่/ปี สัดส่วนของเท่ากับ 4:1:3 ให้น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 3 ปี 1,430.7 น้ำหนักสดกะลา 520.7 และน้ำหนักแห้งกะลา 252.3 กก./ไร่ คุณภาพของเมล็ดกาแฟน้ำหนัก 100 เมล็ด 17.28 กรัมและขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 (≥7.1 มม.) 58 % ผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ยเท่ากับ 16,130 บาท/ไร่ มีรายได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 5,510 บาท/ไร่ ต้นทุนค่าปุ๋ยลดลง 21.7% และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 34.2% คำแนะนำการใส่ปุ๋ยกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือคือ ใส่ปุ๋ย N 43 กก./ไร่ (46-0-0 84 กก./ไร่) P_2O_5

12 กก./ไร่ (18-46-0 26 กก./ไร่) และ K2O 26 กก./ไร่ (0-0-60 43 กก./ไร่) แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่งเดือนมกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือนสิงหาคม ในการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำได้ผลตอบแทน 45,744 บาท/ไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร 11,874 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.0 ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25.8

ในการศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 โดยวิธีการ Micro – Cutting และ Somatic Embryogenesis พบว่า พันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 ขยายพันธุ์โดยวิธี somatic embryogenesis โดยใช้ส่วนใบอ่อน เพื่อชักนำแคลลัสในอาหารแข็ง สูตรที่เหมาะสมคือ MS/4 + Vitamin Gamborg + IAA 5 mg/L น้ำตาล 30 กรัมต่อลิตร pH5.6 โดยเริ่มสร้างแคลลัสในเดือนที่ 5 และชักนำแคลลัสให้เกิดต้นอ่อนรูปตอปิโด ในอาหารเหลวสูตร MS+BAP 1 mg/L เป็นเวลา 3 สัปดาห์ แล้วเปลี่ยนเป็นอาหารเหลวสูตร MS เปลี่ยนอาหารทุกๆ 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 10 สัปดาห์ วางต้นอ่อนรูปตอปิโดบนกระดาษซับที่ฆ่าเชื้อแล้ว เป็นเวลา 7 วัน ย้ายเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร 1/2MS + BAP 0.5 mg/L เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เป็นเวลา 3 เดือน ได้ต้นอ่อนที่พร้อมย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ สำหรับ Catimor CIFC 7963-661-36 พบว่า ยังไม่พบสูตรอาหารที่สามารถชักนำใบอ่อนให้เกิดแคลลัสได้ ส่วนในพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 พันธุ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) และพันธุ์ 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7 ศึกษาการขยายพันธุ์โดยวิธี Somatic Embryogenesis จากใบอ่อน มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว นำมาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารแข็งสูตร MS ที่เติม ซูโครส 30 กรัม/ลิตร และเติม 2,4-D ร่วมกับ BAP เพื่อชักนำการเกิดแคลลัส โดยนำไปเลี้ยงในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 6-12 เดือน พบว่า พันธุ์1/1 B2T5และพันธุ์ 1/4 B3T3 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด 62.5 และ 95.8 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล หลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน เริ่มมีแคลลัสเกิดขึ้น และทำการเปลี่ยนอาหารเพื่อเพิ่มปริมาณเป็นเวลา 6-9 เดือน ในการชักนำการเกิดเอมบริโอจินิคแคลลัส และนำไปเลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติม BAPและ ซูโครส 30 กรัมต่อลิตร เป็นเวลา 12-14 เดือน เปลี่ยนอาหารใหม่ทุก 3- 4 สัปดาห์ พบว่าในพันธุ์ 1/4 B3T3 และ1/1 B2T5 แคลลัสที่พัฒนาเป็นเอมบริโอจินิคแคลลัส สามารถเลี้ยงต่อเพื่อให้พัฒนาเป็นต้นอ่อนรูปตอปิโดสูงสุด ในอาหารสูตร 1/2MS+ BAP 4 มิลลิกรัมต่อลิตร+GA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1/2MS+ BAP 3 มิลลิกรัมต่อลิตร+GA 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS+ BAP 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 2 เดือนตามด้วยอาหารแข็งสูตร MS เป็นเวลา 2 -3 เดือน พบว่าได้ต้นอ่อนที่มีใบจริง 2 ใบ สำหรับนำไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ ทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการหาวิธีที่เหมาะสมต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

To develop production technology to increase production efficiency and reduce the cost of arabica coffee production. by studying water fertilizer and nutrients as well as propagation by Somatic embryogenesis and micro- cutting of fine Arabica coffee varieties. The study found that the effect of irrigation and non-irrigating arabica coffee plants during the dry season. on the growth and yield of coffee found that the mini sprinkler irrigation during the dry season (February to May), which had a higher number of nodes, fruit per node. and yield per

plant more than the coffee plants without irrigation during the dry season. Assessment of nutrient requirements and fertilizer management on the growth and yield of arabica coffee based on soil and plant analysis. To study the nutrient requirements and management of arabica coffee fertilizers to reduce production costs and increase yield quality and the recommendation for the suitable of fertilizers for farmers. It was found that the nutrient requirements of coffee per yield of 2 tons/rai were nitrogen (N) 43 kg, phosphate (P2O5) 12 kg, and potassium (K2O) 26 kg/rai/year, the proportion of N: P2O5. : K2O equal to 4:1:3, mean of coffee fresh fruit weight for 3 years was 1,430.7, coffee bean weight 520.7 and dry weight 252.3 kg/rai, quality of 100 beans weight 17.28 g, and grade 1 coffee bean size (≥7.1 mm.) 58 % highest when fertilizing the appraisal rate. The return from fertilizing was 16,130 baht/rai, earning higher than fertilizing 15-15-15 at 5,510 baht/rai, lowering the cost of fertilizer by 21.7%, and the farmer's income increased by 34.2%. The recommendation for arabica coffee farmers in the northern region was fertilized with N 43 kg/rai (46-0-0 84 kg/rai), P2O5 12 kg/rai (18-46-0 26 kg/rai) and K2O 26. kg/rai (0-0-60 43 kg/rai) divided 3 times, the 1st time after pruning January - February, the 2nd time after fruiting in May and the 3rd time, the fruit enlarged in August. In the trial in farmer field for fertilizer management with farmers participation, it was found that the income of the recommended rate of fertilization was 45,744 baht/rai, higher than the farmer's fertilization of 11,874 baht/rai. The cost of chemical fertilizers was reduced by 25.8 percent.

Study on propagation of arabica coffee F1 hybrid generation by Micro-Cutting and Somatic Embryogenesis to produce arabica coffee varieties in which true to type in large quantities. It was found that H 528/46 ML 2/10-29-65-23 could propagate by somatic embryogenesis. using the young leaves and cultivate to induce callus in MS/4 + Vitamin Gamborg + IAA 5 mg/L (solid media) and sugar 30 g/lit (pH5.6). And then after 5 month induced Torpedo in MS+BAP 1 mg/L (liquid media) for 3 weeks. And then transferred Torpedoes to MS media every 2 weeks for 10 weeks. Put the Torpedoes on paper for 7 days and then transferred to semi solid media 1/2MS + BAP 0.5 mg/L for 2 months. After that should transferred to 1/2MS semi solid media for 3 months and then transfer seedlings to nursery. For Catimor CIFC 7963-661-36, it was not found the media could induce callus by young leaves. In the hybrid arabica coffee cultivar F1, cultivar 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) and cultivar 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7, propagation by Somatic Embryogenesis from young leaves was studied. Sterilized and put on MS solid media + sugar 30 g/l + 2,4-D 20 g/l + BAP 1.0 mg/l for inducing callus in dark condition at 27°C for 6-12 months. Induced embryogenic callus in MS+ BAP + sucrose 30 g/l for 12-14 months by transferred media each 3-4 weeks. And then induced

Torpedos by 1/2MS+ BAP 4 mg/l+ GA 0.5 mg/l and then transferred to 1/2MS+ BAP 3 mg/l+ GA 0.5 mg/l respectively. After that transferred to MS+ BAP 0.3 mg/l for 2 months and then followed by solid media MS for 2 -3 for initiated the plantlets, we got 2 leaves of plantlets.

บทนำ (Introduction)

การปลูกกาแฟอะราบิกาบนที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ประกอบกับพื้นที่ปลูกมีอากาศค่อนข้างหนาวเย็น ความชื้นสูง และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยแต่ละปีค่อนข้างมาก การใช้วัสดุคลุมโคนต้นในช่วงฤดูแล้ง การปลูกกาแฟอะราบิกาภายใต้สภาพร่มเงาโดยอาศัยป่าไม้ธรรมชาติและปลูกในระหว่างแถวไม้ผลหรือไม้ผลเมืองหนาว เช่น มะคาเดเมียนัท บ๊วย หรือปลูกไม้บังร่ม จะช่วยลดการสูญเสียน้ำในดินและต้นกาแฟ สามารถเจริญเติบโตอยู่ได้ตลอดช่วงฤดูแล้ง (ช่วงเดือนมกราคม ถึงพฤษภาคม) กาแฟอะราบิกาปลูกกันในเขตที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 800-2,500 มิลลิเมตรต่อปี ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,400-1,600 มิลลิลิตรต่อปี นอกจากปริมาณน้ำฝนแล้ว การกระจายตัวของฝนเป็นสิ่งที่สำคัญมากกว่า โดยเฉพาะการกระจายตัวที่ดี จะต้องมีระยะเวลาฝนแล้ง 2-3 เดือนเพื่อกระตุ้นให้กาแฟสร้างตาดอก การที่กาแฟขาดน้ำช่วงการขยายผล ถือเป็นช่วงวิกฤตของกาแฟระยะที่ผลกำลังเติบโตทำให้เมล็ดกาแฟมีขนาดเล็กได้ เนื่องจากน้ำมีส่วนสำคัญในการพัฒนาของผลกาแฟ และหากไม่มีการจัดการเรื่องน้ำในการผลิตกาแฟก็จะเกิดปัญหาในการผลิตกาแฟขึ้น ดังนั้นการทดลองศึกษาผลของการให้น้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ควรที่จะมีการสนับสนุน ด้านงานวิจัยและพัฒนาครบวงจร เมื่อได้เทคโนโลยีแล้วควรมีการขยายผลไปในแต่ละสภาพแวดล้อม ร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสมเฉพาะพื้นที่ การเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้นในแหล่งปลูกเดิม ด้านการจัดการน้ำในสวนกาแฟ จึงน่าจะเป็นทางออกที่ดีอีกด้านหนึ่งมากกว่าการขยายพื้นที่ปลูกและพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในป่าสงวน

กาแฟเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารที่สำคัญได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) และโบรอน (B) และจะใช้ธาตุอาหารมากตลอดเวลาที่ได้รับแสงแดดและอุณหภูมิสูงโดยเฉพาะต้นกาแฟที่ปลูกกลางแจ้งเพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโตและการเลี้ยงผล จึงมักพบเสมอว่าต้นกาแฟมีอาการตายจากยอดลงมาภายหลังการให้ผลดกเกินควร ต้นจะอ่อนแอและถูกโรคเข้าทำลายถ้ารุนแรงต้นก็ตาย แต่ถ้าไม่รุนแรงต้องใช้เวลาในการพักฟื้นต้นอย่างน้อย 2 ปี เพื่อให้ติดผลรอบใหม่ จากรายงานของไวและคณะ (2553) ปริมาณธาตุอาหารในใบกาแฟอะราบิกา ซึ่งเก็บจากต้นกาแฟอายุ 6 ปี ที่สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงบ้านปางขอน จ.เชียงรายเมื่อปี 2550 และรายงานของ Reuter and Robinson (1986) ธาตุอาหารไนโตรเจนพบมีค่าสูง 3 และ 3.72% ซึ่งจากค่าวิเคราะห์ดังกล่าวได้แนะนำให้มีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนตามผลผลิตที่เพิ่ม ส่วน P พบน้อยมาก ปริมาณธาตุอาหารในดินที่สถานีพัฒนาการเกษตรที่สูงบ้านปางขอน จ.เชียงรายเมื่อปี 2550 พบปริมาณ Ca 155-320 มก./กก. ซึ่งถือว่าต่ำมาก ในระยะยาวอาจเกิดอาการขาดถ้าไม่รีบดำเนินการแก้ไข ปรีดาและพิชิต (2535) รายงานว่ากาแฟเป็นพืชที่ตอบสนองต่อ B สูงเมื่อเปรียบเทียบกับส้มและสับปะรดที่มีการตอบสนองปานกลางและต่ำ การใส่ปุ๋ยกาแฟในมลรัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกาแนะนำให้ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 1,600 กรัม/ต้น และ 21-0-0 อัตรา 400 กรัม/ต้น ส่วนในประเทศอินเดียแนะนำให้ใส่ 15-15-15 หรือ 17-17-17 อัตรา 1,050 กรัม/ต้นและ 21-0-0 250 กรัม/ต้น นอกจากนี้มีคำแนะนำให้พ่นซิงค์ซัลเฟต 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร แมกนีเซียมซัลเฟต 25 กรัม/น้ำ 20

ลิตร ยูเรีย 200 กรัม แอมโมฟอส 500 กรัม และมิวเรตออฟโพแทส 35 กรัม/น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันการขาดธาตุสังกะสี แมกนีเซียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมนอกเหนือจากการให้ทางดิน วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยกาแฟอะราบิกาในการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพผลผลิต แนะนำแนวทางการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสมให้เกษตรกรในพื้นที่

กาแฟอะราบิกาที่เกษตรกรปลูกอยู่ทั่วไปมีความอ่อนแอต่อโรคราสนิม ทำให้ผลผลิตลดลงส่งผลต่อปริมาณผลผลิตซึ่งปกติมีปริมาณต่ำอยู่แล้วตามคุณลักษณะของพันธุ์ แม้ว่าผลการดำเนินงานวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟในช่วงปี 2549-2553 สามารถวิจัยได้พันธุ์กาแฟสายพันธุ์ดีให้พันธุ์รับรอง จำนวน 1 พันธุ์ได้แก่ พันธุ์เชียงใหม่ 80 และในปี 2553 สามารถคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ต้านทานโรคราสนิมลูกผสมชั่วที่6 ในสภาพธรรมชาติ ได้จำนวน 2 สายต้น ได้แก่ พันธุ์ H 528/46 ML 2/10-29-65-23 และ H 420/9 ML 2/4-78-31-34 และคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม HDT Derivatives กลุ่มพันธุ์ Catimor ชั่วที่ 6 จำนวน 2 สายต้น ได้แก่ H420/9 ML 1/3 KW 54 และ H 420/9 ML 2/1 KW 82 ซึ่งจะสามารถนำไปทดสอบและเปรียบเทียบเพื่อให้ได้พันธุ์ที่จะได้พันธุ์แนะนำในปี 2558 ต่อไป ซึ่งในกระบวนการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอราบิก้าเพื่อให้ได้พันธุ์รับรองหนึ่งพันธุ์นั้น ต้องใช้เวลาดำเนินการถึงหกชั่ว ประมาณ 25 ปี เป็นอย่างน้อย จึงจะสามารถกระจายพันธุ์ดีให้เกษตรกรได้ ดังนั้น การทดลองนี้จึงจัดทำขึ้นเพื่อให้การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาสามารถย่นระยะเวลาให้สั้นลง เพื่อให้การผลิตกาแฟอราบิก้าของเกษตรกรมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอราบิก้าด้วยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แบบ somatic embryogenesis และ micro-cutting ในลูกผสมชั่วที่ 1

ในการขยายพันธุ์กาแฟลูกผสมที่ได้นักปรับปรุงพันธุ์ไม่แนะนำให้ใช้วิธีขยายพันธุ์โดยผ่านเมล็ดเนื่องจาก มีการกระจายตัวของลักษณะทางพันธุกรรมในรุ่น F2 แต่สามารถทำการขยายพันธุ์โดยวิธีการ ต่อยอด หรือ การตัดชำ แต่เนื่องด้วยเทคนิคเหล่านี้มีข้อจำกัดคือ ต้องใช้แรงงานที่มีความชำนาญ ใช้เวลานาน และไม่สามารถผลิตในปริมาณมากได้ เนื่องจากการขยายพันธุ์ต้นกาแฟอะราบิกาลูกผสมที่มีลักษณะที่ดี ที่คัดเลือกได้จากการปรับปรุงพันธุ์เช่นลักษณะการต้านทานต่อโรคแมลง ลักษณะทนต่อสภาวะแวดล้อม เพื่อให้ได้ต้นในปริมาณมากในเวลาอันจำกัดนั้น ไม่สามารถทำได้ด้วยเทคนิคทางพืชสวน และการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเช่นการปักชำ จึงมีการนำเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมาใช้ในการเพิ่มปริมาณต้นกาแฟอะราบิกา และพบว่าวิธี Somatic Embryogenesis เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในการผลิตต้นกาแฟแบบอุตสาหกรรม

กรมวิชาการเกษตร โดยสถาบันวิจัยพืชสวนได้ทำการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา เพื่อให้ได้ลูกผสมและคัดเลือกต้นที่มีลักษณะที่ดีตามที่ต้องการต่อเนื่องเรื่อยมา และปัจจุบันได้คัดเลือกพันธุ์ลูกผสม F1 ที่ต้านทานโรคราสนิมได้ทั้งหมด 17 สายต้นและต้องการที่จะขยายพันธุ์ต้นลูกผสมที่คัดเลือกได้เพื่อให้ได้ต้นในปริมาณมากๆสำหรับให้เกษตรกรนำไปปลูก เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อจึงเป็นเทคนิคที่มีประโยชน์และสามารถนำไปช่วยในขั้นตอนการขยายพันธุ์เพื่อได้ต้นที่มีลักษณที่ดีตรงตามลักษณะต้นแม่ในปริมาณมากในช่างเวลาอันจำกัดได้

การศึกษาวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกาแฟอะราบิกา เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมที่คัดเลือกได้จากกระบวนการปรับปรุงพันธุ์ เพื่อได้ต้นที่มีลักษณที่ดี มีคุณภาพสม่ำเสมอ และตรงตามพันธุ์โดยใช้เวลาไม่นาน สำหรับนำไปแจกจ่ายเกษตรกรต่อไป

ปัญหาใหญ่ของการผลิตกาแฟ ในปัจจุบันคือต้นทุนการผลิตสูง จากข้อมูลของสถาบันวิจัยพืชสวน (2553) รายงานว่าในปี 2552/53 กาแฟมีต้นทุนการผลิต 45.85 บาทต่อกิโลกรัม เป็นค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวและดูแลรักษา รองลงมาคือค่าปุ๋ยและอื่นๆ ในสภาวการณ์ปัจจุบันค่าปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์มีราคาแพงขึ้นมากส่งผลให้

ต้นทุนการผลิตกาแฟสูงขึ้น โดยเฉพาะการผลิตกาแฟอะราบิกาในพื้นที่สูงชันทางภาคเหนือ ต้นที่ให้ผลแล้วถ้าใส่ปุ๋ยมากเกินไปทำให้ผลดกและยอดแห้งตาย ถ้าใส่ปุ๋ย 15-15-15 เป็นเวลานาน ดินเกิดการสะสมของฟอสฟอรัส (P) ทำให้สังกะสี (Zn) เกิดการขาด ใบแสดงอาการด่าง ใบเล็ก แคบ และปล้องสั้น หรือถ้าใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินไปอาจทำให้เกิดการขาดไนโตรเจน และแมกนีเซียมได้ กาแฟเป็นพืชที่ให้ผลเช่นเดียวกับลำไยและไม้ผลอื่นๆ ระยะการพัฒนาของผลกาแฟในพื้นที่ที่สูงจากระดับน้ำทะเล 700 เมตร ใช้เวลา 5-8 เดือน ส่วนกาแฟบนพื้นที่สูงกว่า 700 เมตร ใช้เวลา 9-10 เดือน จะเห็นว่ามีช่วงระยะเวลาที่ใบสะสมอาหารน้อยมากเพียง 2-4 เดือนเท่านั้น การเร่งใส่ปุ๋ยมากเกินไป และไม่ถูกชนิดนอกจากเป็นอันตรายต่อต้นกาแฟโดยตรงแล้วยังส่งผลต่อความสมดุลของธาตุอาหารอื่นๆ ในดินในระยะยาวดังได้กล่าวมาข้างต้น แนวทางหนึ่งที่จะลดต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี รวมทั้งการใส่ปุ๋ยให้ถูกสัดส่วนความต้องการ และความอุดมสมบูรณ์ของดินในสวนกาแฟ คือการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของกาแฟ ได้แก่ ใบ ผล และเมล็ด รวมทั้งการวิเคราะห์ดินเพื่อนำมาประเมินและจัดการปุ๋ยในสวนกาแฟเพื่อความยั่งยืนในระยะยาว

การใส่ปุ๋ยกาแฟในมลรัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกาแนะนำให้ใส่ปุ๋ย 15-15-15 อัตรา 1,600 กรัม/ต้น และ 21-0-0 อัตรา 400 กรัม/ต้น ส่วนในประเทศอินเดียแนะนำให้ใส่ 15-15-15 หรือ 17-17-17 อัตรา 1,050 กรัม/ต้น และ 21-0-0 250 กรัม/ต้น นอกจากนี้มีคำแนะนำให้พ่นซิงค์ซัลเฟต 40 กรัม/น้ำ 20 ลิตร แมกนีเซียมซัลเฟต 25 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ยูเรีย 200 กรัม แอมโมฟอส 500 กรัม และมิวเรตออฟโพแทส 35 กรัม/น้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันการขาดธาตุสังกะสี แมกนีเซียม ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมนอกเหนือจากการให้ทางดิน ในปี 2563 ผลการทดลองการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืชได้คำแนะนำการจัดการปุ๋ยในสวนกาแฟที่ให้ผลผลิตแล้วคือ การใส่ปุ๋ยตามอัตราประเมินจากการวิเคราะห์ใบและผลกาแฟ ได้แก่ ปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี (70 22 และ 36 กรัม/ต้น/ครั้ง, ใส่ 3 ครั้ง/ปี) จึงได้นำคำแนะนำการใส่ปุ๋ยดังกล่าวมาทดสอบในแปลงเกษตรกรเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบเดิมของเกษตรกรในพื้นที่เพื่อเป็นแนวทางในการลดต้นทุนการผลิตต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทราบวิธีขยายพันธุ์กาแฟในปริมาณมากโดยใช้เทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ
2. เพื่อศึกษาความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยกาแฟอะราบิกาในการลดต้นทุนการผลิต เพิ่มคุณภาพผลผลิต แนะนำแนวทางการใช้ปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสมให้เกษตรกรในพื้นที่
3. เพื่อศึกษาผลของการให้น้ำในกาแฟอะราบิกา

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การศึกษาผลของการให้น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตกาแฟอะราบิกาช่วงฤดูแล้งในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน โดยใช้กาแฟอะราบิกา พันธุ์เชียงใหม่ 80 อายุ 5-7 ปี เปรียบเทียบความแตกต่างของกรรมวิธี (1) ให้น้ำต้นกาแฟแบบมินิสปริงเกอร์ ทุกๆ 3 วัน (2) ไม่ให้น้ำ ปล่อยตามธรรมชาติ โดยใช้ t-test การบันทึกข้อมูล การเจริญเติบโต จำนวนข้อต่อกิ่ง และจำนวนผลต่อข้อ ผลผลิต ดำเนินงานที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ระยะเวลาดำเนินการ: ตุลาคม 2558- กันยายน 2562

การศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 โดยวิธี somatic embryogenesis และ micro-cutting

ทำการศึกษาในกาแฟอะราบิกาลูกผสม H.528/46 ML2/10-29-65-23 (รหัส 2/8 SF H528) และ Catimor CIFC 7963-661-36 (รหัส 2/27 SF 661-36) โดยนำใบอ่อนกาแฟอะราบิกาที่ดูแลรักษาในเรือนเพาะชำไม่น้อยกว่า 3 เดือน ฆ่าเชื้อด้วย แคลเซียมไฮโปรคลอไรค์ ความเข้มข้น 40 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น นำใบกาแฟมาตัดเป็นชิ้นขนาด 3x3 มม. แล้ววางบนอาหารสูตร MS (Macro elements 50 ml, Micro elements 0.5 ml, Vitamin Gamborg 2 ml, sucrose 30 g/L, pH5.6) ที่เติมฮอร์โมนตามกรรมวิธี แล้วเก็บไว้ในที่มืด โดยเปลี่ยนอาหารทุก 2 เดือน เมื่อได้ embryogenic callus แล้วนำมาทดสอบการผลิตต้นอ่อนรูปตอปิโด (torpedo embryo) ด้วยอาหารเหลว สูตร MS แล้วนำต้นอ่อนรูปตอปิโดแล้ว นำมาทดสอบการพัฒนาเป็น plantlet ต่อไป ดำเนินงานที่ ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อและโรงเรือนอนุบาลต้นกล้า ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน ระยะเวลาดำเนินการ: ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561

การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืช โดยใช้ต้นกล้ากาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาร์ติมอร์ และทิปปิกา

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาปริมาณธาตุอาหารในใบและในผลกาแฟอะราบิกา (ดำเนินการ 1 ปี, 2560

ขั้นตอนที่ 2 การจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืช

นำผลการวิเคราะห์และคำนวณความต้องการธาตุอาหารของกาแฟจากขั้นตอนที่1 มาจัดการปุ๋ยในแปลงทดลอง (ดำเนินการ 4 ปี, 2560-2563) วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ 2 ต้น/กรรมวิธี โดยศึกษา อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) 0.75, 1, 1.5 เท่าของความต้องการธาตุอาหาร (เท่ากับ 33,43 และ 65 กก/ไร่/ปี) เทียบกับ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 และ 13-13-21 อัตราอย่างละ 100 กก./ไร่/ปี โดยที่ กรรมวิธีที่ 1-3 ใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและโพแทสเท่ากับความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ เท่ากับ 12 และ 26 กก. P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ โดยใส่ปุ๋ย 18-46-0 อัตรา 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย โครงการพัฒนาดอยตุง จ.เชียงราย และศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ อ. ฝาง จ.เชียงใหม่ ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2563

การขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1ต้านทานราสนิม โดยวิธีโซมาติกเอมบริโอเจนิซีส

ทำการศึกษากาแฟพันธุ์อะราบิกาลูกผสม จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ 1/4B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) และ 1/1B2T5 (Caturra vermello x K7) โดยนำต้นกาแฟกาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 ต้านทานราสนิม พันธุ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) และพันธุ์ 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7)

(1) ศึกษาผลของ 2,4-D. ร่วมกับ BAP ในระดับต่างๆ ต่อการต่อการชักนำการเกิดแคลลัสในกาแฟอะราบิกา นำมาเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติมซูโครส 30 กรัม/ลิตร และเติม 2,4-D. 1.0 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ BAP 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ปรับ pH. ให้ได้เท่ากับ 5.6 จากนั้นนำไปเลี้ยงในสภาพมืดที่อณหภูมิ 27 องศาเซนเซียส โดยเปลี่ยนอาหารทุกๆ 2 เดือน

(2) ศึกษาผลของ BAP ในระดับต่างๆ ต่อการเกิดเอมบริโอจินิคแคลลัสหรือชักนำการเกิดเอมบริโอ ในกาแฟอะราบิกา โดยนำแคลลัสที่ได้จากการเลี้ยงใบอ่อน (ข้อ1) มานำมาเลี้ยงบนอาหารสูตร 1/2 MS ที่เติมซูโครส 30 กรัม/ลิตรและเติม BAP. ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 2.0 3.0 และ 4.0 มิลลิกรัม/ลิตรร่วมกับGA 0.5 มิลลิกรัม/

ลิตร. ที่ปรับ pH. ให้ได้เท่ากับ 5.6 จากนั้นนำไปเลี้ยงในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซนเซียสซ้ำ บันทึกข้อมูลเปอร์เซนต์ การเปลี่ยนแปลงของแคลลัส

(3) การพัฒนาเอมบริโอเป็นต้นอ่อนระยะที่มีใบเลี้ยง จากการนำต้นอ่อนรูปตอปิโด ที่ย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS+ BAP 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตรเป็นเวลา 2-3 เดือน จนกระทั่งใบจริง 2 ใบ นำไปเลี้ยงต่อ เพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ สถานที่ดำเนินงานวิจัย สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ระยะเวลาดำเนินงานวิจัย ตุลาคม 2561 - กันยายน 2564

การทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม ทำการศึกษาในกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 อายุตั้งแต่ 4 ปี ขึ้นไปที่มีขนาดความสูงและทรงพุ่มใกล้เคียงกัน 20 ต้น/แปลง จำนวน 10 แปลงประกอบด้วย 2 กรรมวิธีๆ ละ 10 ต้น เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ t-test ได้แก่ ใส่ปุ๋ยตามแบบเกษตรกร และ ใส่ปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี (46-0-0 70 กรัม 18-46-0 22 กรัม 0-0-60 36 กรัม/ต้น/ครั้ง) ดูแลรักษาและใส่ปุ๋ยตามกรรมวิธี ปุ๋ยผสมใส่ 3 ครั้ง/ปี ครั้งที่ 1 ใส่หลังตัดแต่งกิ่งประมาณเดือนกุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 ใส่เดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ใส่เดือนสิงหาคม ประกอบด้วยปุ๋ย 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 อัตรา 70 22 และ 36 กรัม/ต้น/ครั้ง ปุ๋ยเกษตรกรใส่ช่วงเดียวกันแต่ใส่ปุ๋ยตามวิธีเกษตรกร ดูแลรักษาให้น้ำ กำจัดวัชพืชตามความจำเป็น และเก็บเกี่ยวผลผลิต ต้นทุนค่าปุ๋ย และผลตอบแทนที่ได้ ดำเนินการที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ และแปลงเกษตรกร จ.เชียงใหม่ และเชียงราย ระยะเวลา ตุลาคม 2563 – กันยายน 2564

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล (Results)

ศึกษาปริมาณการให้น้ำแบบหยดกับกาแฟอะราบิกา

(1) ผลจากการให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญด้านความสูงของและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนต้นมากกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chemura (2014) ที่พบว่าการให้น้ำในปริมาณที่สูงและมากเพียงพอ ส่งผลให้การเจริญความสูงต้นและขนาดลำต้นของกาแฟมากกว่าต้นกาแฟที่ได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยหรือขาดน้ำ

(2) จำนวนข้อต่อกิ่งและจำนวนผลต่อข้อของต้นกาแฟที่มีการให้น้ำ มากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ในปี 2561 จำนวนข้อต่อกิ่งเท่ากับ 15.31 และ 12.26 ข้อ/กิ่ง ตามลำดับ และจำนวนผลต่อข้อเท่ากับ 14.27 และ 11.95 ผล/ข้อ ตามลำดับ และในปี 2562 จำนวนข้อต่อกิ่งเท่ากับ 15.03 และ 11.85 ข้อ/กิ่ง ตามลำดับ และจำนวนผลต่อข้อเท่ากับ 12.79 และ 11.91 ผล/ข้อ ตามลำดับ

(3) ผลผลิตกาแฟอะราบิกาที่มีการให้น้ำในช่วงฤดูแล้ง ให้ผลผลิตสูงกว่าและมีความแตกต่างทางสถิติ จากต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ผลผลิตกาแฟปี 2560 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 1.99 และ 1.69 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 471.7 และ 407.5 กรัม/ต้น ตามลำดับ ผลผลิตปี 2561 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ 2 เท่ากับ 2.02 และ 1.35 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 452.3 และ 300.1 กรัม/ต้น ตามลำดับ และผลผลิตปี 2562 ผลผลิตกาแฟผลสดในกรรมวิธีที่ 1 และ

2 เท่ากับ 1.74 และ 1.43 กก./ต้น ตามลำดับ และผลผลิตกาแฟกะลาเท่ากับ และ 401.3 และ 315.7 กรัม/ต้น ตามลำดับ

(4) การให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาในช่วงฤดูแล้ง ทำให้ต้นกาแฟมีจำนวนผลต่อกิ่ง และปริมาณผลผลิตกาแฟสูงกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ ซึ่งสอดคล้องการศึกษาของ Tesfaye Shimber *et. al* (2013) ที่พบว่าการให้น้ำแก่ต้นกาแฟในปริมาณที่มากเพียงพอ ส่งผลให้ต้นกาแฟมีจำนวนผลกาแฟต่อกิ่ง จำนวนผลต่อต้นและปริมาณผลผลิตกาแฟผลสดสูงกว่าที่ได้รับน้ำในปริมาณที่น้อยหรือไม่เพียงพอ

การศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมชั่วที่ 1 โดยวิธีการ Micro – Cutting และ Somatic Embryogenesis

(1) การชักนำให้เกิดแคลลัส (embryogenic callus induction) ในกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ H.528/46 ML2/10-29-65-23 พบว่า ชิ้นส่วนใบเริ่มสร้างแคลลัส เมื่อเลี้ยงด้วยสูตรอาหารกรรมวิธี 3 (MS/4 + IAA 5 mg/L) เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 5 เดือน โดยแคลลัสจะมีลักษณะเป็นกลุ่มเซลล์ที่เกาะตัวกันมีสีขาวอมเหลือง มีความมันวาวในตัวเอง โดยในส่วนของแคลลัสบางส่วนนั้น มีการพัฒนาเป็นเอมบริโอโดยตรง (ภาพที่ 2.1ข) ซึ่งเรียกว่า Direct embryos เป็นต้นอ่อนที่ได้จากกระบวนการ Somatic embryogenesis อีกแบบหนึ่ง โดยอัตราการสร้างแคลลัสอยู่ที่ 6 เปอร์เซ็นต์ และอัตราการสร้างแคลลัสเพิ่มขึ้นเป็น 54 เปอร์เซ็นต์เมื่อเพาะเลี้ยงได้ 7 เดือนและเริ่มพบ Direct embryos ในเดือนที่ 5 และสามารถย้ายปลูก Direct embryos จำนวน 200 ต้น ในเดือนที่ 7 และกรรมวิธีที่ 4 (IAA 2 mg/L + 2,4-D 1 mg/L) พบว่าแคลลัสจะพัฒนาเป็น Direct embryos มากกว่าเป็น embryogenic callus จากผลการทดลองนี้พบว่าการชักนำให้เกิดแคลลัสในกาแฟอะราบิกานั้น อาหารที่ใช้จะเป็นอาหารสูตร MS เป็นหลักเช่นเดียวกับกาแฟอะราบิกา แต่ในกาแฟอะราบิกานั้นจะมีการเติมฮอร์โมนออกซิน ซึ่งในการทดลองนี้มีทั้งการใช้ IAA และ 2,4-D

(2) การผลิตต้นอ่อนรูปตอปิโด (torpedo embryo production) เมื่อหลังจากได้แคลลัสจากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 แล้ว คัดกลุ่มแคลลัสที่มีศักยภาพ ภายใต้กล้องสเตอรีโอ คัดเลือกแคลลัสที่ยังเกาะกลุ่มกัน (ภาพที่ 2.2ก) มีความวาว สีขาวอมเหลือง และคัด ต้นอ่อนโดยตรง (direct embryos) ออกจากกลุ่มแคลลัส ชั่งน้ำหนักแคลลัสที่ 0.03 กรัม นำแคลลัสไปเพาะเลี้ยงในอาหารเหลว MS+BAP 1 mg/L, 100 ml เป็นเวลา 3 สัปดาห์ และเปลี่ยนเป็นอาหารเหลว MS ไม่เติมฮอร์โมน 500 ml โดยทำการเปลี่ยนอาหารทุกๆ 2 สัปดาห์ ในขั้นตอนนี้ ให้เลี้ยงบนเครื่องเขย่าแบบแนวนอนตลอดเวลา จนกระทั่งแคลลัสพัฒนาเป็นต้นอ่อนรูปตอปิโด ซึ่งใช้เวลา 10 สัปดาห์ เก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปิโดได้จำนวน 16.20 กรัม ข้อจำกัดในขั้นตอนนี้จะต้องควบคุมไม่ให้เครื่องเขย่าหยุดทำงานเกิน 1 ชั่วโมง

(3) การชักนำให้ต้นอ่อนรูปตอปิโดเป็นต้นอ่อนที่มีใบจริง (*in vitro* pregermination)

เก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปิโดจากอาหารเหลว ได้ต้นอ่อนรูปตอปิโดจำนวน 16.20 กรัม วางต้นอ่อนรูปตอปิโดบนกระดาษซับที่ฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 7 วัน เพื่อทำลายการพักตัวของต้นอ่อน จากนั้นชั่งต้นอ่อนจำนวน 1 กรัม นำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารกึ่งแข็งสูตร 1/2MS +BAP 0.5 mg/L ให้แสง 14 ชมต่อวัน เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เพาะเลี้ยงอีก 3 เดือนจะได้ต้นอ่อนที่พร้อมจะย้ายไปอนุบาล ในเรือนเพาะชำ อย่างไรก็ตามต้นอ่อนรูปตอปิโดจำนวน 16.20 กรัม ไม่สามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนที่มีใบจริงได้ เนื่องจาก ต้นอ่อนรูปตอปิโดไม่เจริญเติบโต เปลี่ยนเป็นสีดำ และมีกลิ่นเหม็น คาดว่า สาเหตุเกิดจากช่วงการชักนำให้เป็นต้นอ่อน

กรมวิชาการเกษตร

รูปตอปิโดในอาหารเหลวนั้น เกิดเหตุกระแสไฟฟ้าขัดข้องเกินกว่า 2 ชั่วโมง เครื่องเขย่าหยุดการทำงานเกินกว่า 1 ชั่วโมง ทำให้การเขย่าของอาหารเหลวไม่ต่อเนื่อง เป็นเหตุให้ต้นอ่อนรูปตอปิโดที่กำลังเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วเกิดการขาดออกซิเจน การเจริญเติบโตชะงัก ถึงแม้ว่าการเก็บเกี่ยวต้นอ่อนรูปตอปิโด เมื่อครบ 10 สัปดาห์ จะไม่พบความผิดปกติของต้นอ่อนรูปตอปิโดมากนัก แต่เมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารแข็งเพื่อชักนำให้เป็นต้นอ่อนที่เกิดใบจริง ต้นอ่อนเปลี่ยนเป็นสีดำและไม่เจริญเติบโต

ในขั้นตอนการชักนำให้เกิดแคลลัสนั้น บางส่วนของชิ้นส่วนพืชได้พัฒนาเป็น Direct embryos ทำการรวบรวม Direct embryos จากกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มาชักนำให้เป็นต้นอ่อนที่มีใบจริง โดยเพาะเลี้ยงในอาหารกึ่งแข็ง สูตร 1/2MS +BAP 0.5 mg/L ให้แสง 14 ชมต่อวัน เป็นเวลา 2 เดือน เปลี่ยนอาหารกึ่งแข็งเป็นสูตร 1/2MS เพาะเลี้ยงอีก 3 เดือนจะได้ต้นอ่อนที่พร้อมจะย้ายไปอนุบาล ในเรือนเพาะชำ ได้ต้นอ่อนที่มีใบจริงจำนวน 400 ต้น นำไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ

จากการรวบรวมต้นอ่อนที่ได้จาก Direct embryos จำนวน 400 ต้น เพื่ออนุบาลให้เป็นต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และขณะนี้ได้ย้ายไปอนุบาลที่ศูนย์วิจัยเกษตรกลวงเชียงใหม่ หลังย้ายปลูก 4 เดือน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5 %

สามารถผลิตต้นอ่อนที่มีใบจริงได้จำนวน 400 ต้น เพื่ออนุบาลให้เป็นต้นกล้าในเรือนเพาะชำ และขณะนี้ได้ย้ายไปอนุบาลที่ศูนย์วิจัยเกษตรกลวงเชียงใหม่ หลังย้ายปลูก 4 เดือน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5

(4) การอนุบาลในเรือนเพาะชำ (*Ex vitro* pregermination)

เมื่อได้ต้นอ่อนที่มีใบจริง 2-3 คู่ จะย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำโดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

(4.1) การอนุบาลในตระกร้า ผสมวัสดุปลูกโดยใช้ พีทมอส (peat moss) ขาวและดำ ในอัตราส่วน 1:1 ผสมให้วัสดุปลูกมีความชื้นประมาณ 85 – 90 เปอร์เซ็นต์ นำไปเก็บในอุโมงค์พลาสติกที่ควบคุมอุณหภูมิภายในไม่ให้เกิน 35 องศาเซสเซียส และมีการพรางแสงประมาณ 40 – 60 เปอร์เซ็นต์ จากการอนุบาลต้นอ่อนที่มีใบจริงในตระกร้าเป็นเวลา 4 เดือน ณ ศูนย์วิจัยเกษตรกลวงเชียงใหม่ พบว่า ทำการย้ายอนุบาลจำนวน 400 ต้น โดยเป็นการอนุบาลคละขนาดของต้นอ่อน พบว่า จำนวนต้นรอด 266 ต้น คิดเป็น 66.5 เปอร์เซ็นต์

ส่วนกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-661-36 นั้น สูตรอาหารที่ใช้ กับสายพันธุ์อื่นยังไม่สามารถกระตุ้นให้สายพันธุ์นี้สร้างแคลลัสได้ มีเพียงปฏิกิริยาคือสร้างฟองน้ำขึ้น ดังนั้น จะต้องมีการศึกษาถึงอัตราของฮอร์โมนต่างๆ เพื่อกระตุ้นให้กาแฟสายพันธุ์นี้สามารถสร้างแคลลัสได้อีกต่อไป

การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืช

การประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟประกอบด้วย การวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบและผลธาตุอาหารในดิน ปริมาณผลผลิตที่ต้องการ นำทั้งหมดมาคำนวณปริมาณธาตุอาหารที่กาแฟต้องการในการเจริญเติบโตและให้ผลผลิต ดังผลการทดลองดังนี้

1. **ผลการประเมินความต้องการธาตุอาหารของกาแฟอะราบิกา**

1.1 ผลวิเคราะห์ใบและผลกาแฟ จากการเก็บตัวอย่างใบกาแฟจากต้นอายุ 5 ปี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ในปี 2559 จำนวน 4 แปลง ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบ (ตารางที่ 2.8) โดยปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) พบมีค่าสูง 2.85-4.38 % ธาตุฟอสฟอรัส (P) ต่ำมาก 0.06-0.14 % ธาตุโพแทสเซียม (K) อยู่ใน

ระดับปานกลาง 1.42-3.06 % สำหรับจุลธาตุได้แก่ สังกะสี (Zn) และทองแดง (Cu) มีค่าต่ำ ส่วนปริมาณธาตุแมงกานีส (Mn) พบในใบสูงมากมีค่า 175-328 mg/kg (ตารางที่ 2.8) ส่วนปริมาณธาตุอาหารในผลกาแฟพบว่า N พบมากในส่วนเมล็ดโดยเฉพาะเมล็ดในร่ม 2.75% K อยู่ในส่วนของเปลือกนอกมากกว่าส่วนอื่นๆโดยพบสูงถึง 2.8%

1.2 ผลวิเคราะห์ดินใต้ต้นกาแฟ

ดินเป็นกรดค่า pH 5.1-5.5 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) ปานกลาง-สูง มีค่า 27-213 ธาตุโพแทสเซียม (K) สูงมาก 434-690 แคลเซียม (Ca) ปานกลาง-สูง 918-2,007 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโบรอน (B) มีค่าต่ำ จากผลวิเคราะห์ดินมีความเหมาะสมในการปลูกกาแฟอะราบิกาซึ่ง Haarer, 1956 รายงานว่าดินที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอะราบิกาควรเป็นดินที่มีความเป็นกรด ค่า pH ดินอยู่ระหว่าง 4.2-5.1 มีอินทรียวัตถุสูงและมีโปแตสที่เป็นประโยชน์

วิธีคำนวณความต้องการธาตุอาหาร NPK ตามค่าที่วิเคราะห์ได้เทียบกับผลผลิต

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต (กรัม/น้ำหนักแห้ง) (A)

A = ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่วิเคราะห์ได้จากใบและผล x น้ำหนักแห้งสุ่ม/100

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต (กรัม/ตารางเมตร) (B)

B = A x น้ำหนักผลผลิต/น้ำหนักสดสุ่ม

โดยความเข้มข้นของธาตุอาหาร : ค่าวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในตัวอย่างผลผลิต (%)

น้ำหนักแห้งสุ่ม : น้ำหนักแห้งตัวอย่างผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

น้ำหนักผลผลิต : น้ำหนักสดผลผลิตในพื้นที่ 1 ตารางเมตร (กรัม/ตารางเมตร)

น้ำหนักสดสุ่ม : น้ำหนักสดตัวอย่างผลผลิตที่นำมาวิเคราะห์ (กรัม)

ธาตุอาหารที่ใช้สร้างผลผลิต ในพื้นที่ 1 ไร่ (กก./ไร่) (C)

C = B x น้ำหนักผลผลิต x พื้นที่ 1 ไร่ /1000

น้ำหนักผลผลิต : น้ำหนักสดผลผลิต (กก.)

พื้นที่ 1 ไร่ : พื้นที่ 1,600 ตารางเมตร

ผลการประเมินความต้องการธาตุอาหาร N, P_2O_5 และ K_2O ของกาแฟพบว่า ต้องการ 43, 12 และ 26 กก./ไร่ หรือสัดส่วน 4:1:3 ต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่ นำค่าที่ประเมินไปทดลองในแปลงทดลองตามกรรมวิธี คือใส่ปุ๋ย 46-0-0 63 กก./ไร่/ปี (N = 0.75 เท่าของความต้องการธาตุอาหาร) 46-0-0 84 กก. (N = 1 เท่า) 46-0-0 126 กก. (N = 1.5 เท่า) โดยทุกกรรมวิธี ใส่ปุ๋ย 18-46-0 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี เท่ากัน กรรมวิธีควบคุมคือการใส่ปุ๋ย 15-15-15+13-13-21 อัตราอย่างละ 100 กก./ไร่/ปี

2. **ผลของการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพผลกาแฟอะราบิกา**

ผลวิเคราะห์ดินก่อนทดลอง เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกวิเคราะห์สมบัติของดินและปริมาณธาตุอาหารในดิน พบว่า ดินศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายเป็นกรด ค่า pH 4.7-5.4 อินทรียวัตถุ 2.08-3.12 % ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ 11-44 มก./กก. ส่วนโพแทสเซียม 110-325 และเหล็ก 69-92 มก./กก. ซึ่งพบในระดับสูง ส่วนโครงการพัฒนาดอยตุงดินเป็นกลาง ค่า pH 6.1-6.6 และดินมีปริมาณธาตุแคลเซียมสูงกว่าดินที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงรายส่วนธาตุอื่นๆมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนดินที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ pH 5.4 อินทรียวัตถุ 3.35 % ดินมีธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ 17 มก./กก. ส่วนโพแทสเซียม 500 มก./กก.

ศูนย์วิจัยการเกษตร

2.1 การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ

การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ขนาดโคนต้นกาแฟอะราบิกาที่ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย อายุ 3 ปี เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตราตามความต้องการธาตุอาหาร (N 1 เท่า) ปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี มีขนาดสูงที่สุด 3.70 ซม. ผลการทดลองที่โครงการพัฒนาดอยตุง ต้นกาแฟอายุ 3 ปี เมื่อได้รับปุ๋ย N 1.5 เท่าของอัตราตามความต้องการธาตุอาหาร ปุ๋ย 46-0-0 126 กก./ไร่ 18-46-0 26 กก./ไร่ และ 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี มีขนาดสูงที่สุด 2.90 ซม. ส่วนความสูงต้นของกาแฟที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่อยู่ระหว่าง 181-185.3 ซม. ขนาดโคนต้น 4.10-4.31 ซม.

2.2 ผลผลิต

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย น้ำหนักผลสดกาแฟคาร์ติมอร์ ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 1,175.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N อัตราตามความต้องการธาตุอาหาร (1 เท่า) น้ำหนักผล 1,044 กก./ไร่ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยทั้ง 2 กรรมวิธี ให้ผลแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ซึ่งมีผลผลิตต่ำที่สุด 988 กก./ไร่

ส่วนในปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสูงที่สุด 1,705 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 1,542 กก/ไร่ สอดคล้องกับผลการทดลองในปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า ให้น้ำหนักผลสูงที่สุด 1,543 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 1,102 กก./ไร่ น้ำหนักผลสดเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีที่ 1 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า สูงที่สุด น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 1,430.7 กก/ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 1,273 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 3 ปีเท่ากับ 1,060 และ 1,025กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 3 ปี การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 520.7 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักสดกะลาต่ำที่สุด 379.1 และ 371.3 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาในกรรมวิธีที่ 1 เฉลี่ย 3 ปี เท่ากับ 252.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 0.75 เท่า และปุ๋ย 15-15-15 มีค่าเฉลี่ย 225.3,179.7 และ 185.0 กก./ไร่ ตามลำดับ

น้ำหนักผลสดกาแฟทิปปิกา ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 1,153 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า ปุ๋ย 15-15-15 และปุ๋ย N 0.75 เท่า มีน้ำหนักผลสด ดังนี้ 1,010 957 และ 722 กก./ไร่ ปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 1,076 กก./ไร่ รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผล 802 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 741 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 577 กก./ไร่ และปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 260 กก./ไร่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า ค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 935.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า 755.7 กก./ไร่ ปุ๋ย 15-15-15 652.7 กก./ไร่ และปุ๋ย N 0.75 เท่า น้ำหนักผลสดเฉลี่ยต่ำที่สุด 593.7 กก./ไร่ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 3 ปี กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 352 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาเฉลี่ย 175.7 กก./ไร่ สูงกว่าทุกกรรมวิธี

โครงการพัฒนาดอยตุง น้ำหนักผลสดกาแฟคาร์ติมอร์ ปี 2561 การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 166 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสด 163 กก./ไร่ ปี 2562 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 881 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับปุ๋ย N 1 เท่า 806 กก./ไร่ ทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 281 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 530 กก./ไร่

ศูนย์วิชาการเกษตร

รองลงมาคือ ปุ๋ย N 1.5 เท่า 404 กก./ไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ย N 0.75 เท่าและปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 365 และ 364 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักผลสดเฉลี่ยทั้ง 3 ปี พบว่ากรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1 เท่าสูงที่สุด 500.7 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 482.4 กก./ไร่ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 3 ปี ปุ๋ย N 1 เท่าสูงสุด 194.0 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า 193.7 กก./ไร่ น้ำหนักแห้งกะลาเฉลี่ย 3 ปี ปุ๋ย N 1.5 เท่า สูงที่สุด 106.3 กก./ไร่ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า 98.0 กก./ไร่

น้ำหนักผลสดกาแฟทิปปิกา ปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 322.7 กก./ไร่ ปี 2562 ผลการทดลองสอดคล้องกับปี 2561 การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 307.7 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 51.8 กก./ไร่ ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลสด 2 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่าสูงที่สุด 315.2 กก./ไร่ น้ำหนักสดกะลา 157.8 และ น้ำหนักแห้งกะลา 64.6 กก./ไร่

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเชียงใหม่ ปี 2562 กรรมวิธีการใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดสูงที่สุด 348.9 กก./ไร่ ไม่แตกต่างทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสด 293.6 กก./ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย N 0.75 เท่าน้ำหนักผลสดต่ำที่สุด 186.5 กก./ไร่ ปี 2563 การใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนักผลสดสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ 55.4 กก./ไร่ แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ปี การใส่ปุ๋ยทั้ง 2 กรรมวิธี ปุ๋ย N 1 เท่า และ 1.5 เท่า น้ำหนักผลสดเท่ากับ 174.5 และ 187.9 กก./ไร่ ตามลำดับ น้ำหนักสดกะลาเฉลี่ย 81.9 และ 91.4 กก./ไร่ และน้ำหนักแห้งกะลา 31 และ 33.1 กก./ไร่

จากผลการทดลองทั้ง 3 แห่ง การจัดการปุ๋ยเคมีในกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือ การใส่ปุ๋ยอัตราตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ คือ ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 43 กก./ไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 12 กก./ไร่ และปุ๋ยโพแทสเซียม 26 กก./ไร่ หรือการใส่ปุ๋ย 46-0-0 84 กก./ไร่ 18-46-0 26 กก./ไร่ และ 0-0-60 43 กก./ไร่ แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่งเดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาดเดือน สิงหาคมให้ผลผลิตน้ำหนักผลสด น้ำหนักสดกะลาและน้ำหนักแห้งกะลาดีกว่าการใส่ปุ๋ยอัตราอื่นๆ

2.3 คุณภาพผลผลิต ปริมาณคาเฟอีนในเมล็ดกาแฟหลังบ่ม 1 ปี การใส่ปุ๋ยกาแฟคาร์ติมอร์ N 0.75, 1, 1.5 เท่า และปุ๋ย 15-15-15 ไม่มีความแตกต่างกัน มีค่าระหว่าง 0.63-0.95% ส่วนทิปปิกา มีค่าระหว่าง 0.69-0.93%

น้ำหนักเมล็ดกาแฟ 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในกาแฟคาร์ติมอร์ แต่มีแนวโน้มว่าการใส่ปุ๋ย N 1 เท่า น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุดในปี 2563 คือ 17.28 กรัม ส่วนทิปปิกา การใส่ปุ๋ย N 1.5 เท่า น้ำหนัก 100 เมล็ด สูงที่สุด คือ 21.72 และ 20.96 กรัมในปี 2562 และ 2563 ตามลำดับแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 น้ำหนัก 100 เมล็ดต่ำที่สุด 18.64 และ 17.12 กรัม

ขนาดของเมล็ดกาแฟ นำเมล็ดสีเอากะลาออกโดยใช้เครื่องสีกะลาและได้สารกาแฟ คัดแบ่งเกรดได้ดังนี้ กาแฟคาร์ติมอร์การใส่ปุ๋ย N 1 เท่าและ 1.5 เท่า ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 ปี 2561 42, 53 %, ปี 2562 55, 48%, และ ปี 2563 48, 49% ไม่แตกต่างทางสถิติแต่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 0.75 เท่าและปุ๋ย 15-15-15 ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 อยู่ระหว่าง 25-42.5%

กาแฟทิปปิกา การใส่ปุ๋ย N 1 เท่าและ 1.5 เท่า ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 สูงที่สุด โดย ปี 2561 55, 56%, ปี 2562 58, 56%, และปี 2563 38, 50% ทั้ง 2 กรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อ

เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ขนาดเมล็ดกาแฟเกรด 1 มีค่าต่ำที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดย ปี 2561 43% ปี 2562 41% และปี 2563 39%

3. **ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ย**

ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี อัตรา N 0.75, 1, 1.5 เท่า และ ปุ๋ย 15-15-15 เท่ากับ 2,196 2,473 3,027 และ 3,160 บาท/ไร่

รายได้หลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ย 15-15-15 เท่ากับ 16,130 บาท/ไร่ และ 10,620 บาท รายได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 5,510 บาท/ไร่

การใส่ปุ๋ยกาแฟในอัตราตามความต้องการธาตุอาหารเป็นการให้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตรงตามที่พืชต้องการโดยให้ในรูปของปุ๋ยเคมี จึงทำให้กาแฟมีน้ำหนักผลสด น้ำหนักสดกะลา รวมทั้งน้ำหนักแห้งกะลาต่อไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และ 13-13-21 ซึ่งเมื่อเทียบธาตุอาหารแล้วการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ตัว ดังกล่าวในอัตรา 100 กก./ไร่ ต้นกาแฟจะได้รับธาตุไนโตรเจน (N) 28 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 28 กก. และ โพแทส (K_2O) 36 กก./ไร่ ในขณะที่กาแฟต้องการธาตุอาหาร N 43 กก. ฟอสเฟต 12 กก. และ โพแทสเซียม 26 กก./ไร่ เท่านั้น จะเห็นว่าการใส่ปุ๋ยไม่ถูกอัตรา คือ N ได้รับน้อยไปส่วน P_2O_5 และ K_2O ได้รับมากเกินความต้องการเป็นเหตุให้ผลผลิตที่ได้ต่ำและเป็นการเพิ่มต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีต่อไร่ให้สูงขึ้นส่งผลให้ได้รับผลตอบแทนต่ำ ซึ่งในต่างประเทศได้มีการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบกาแฟพบว่ามี N 3%, P_2O_5 0.2% และ K_2O 2.6% (Reuter and Robinson,1986) และได้มีคำแนะนำให้มีการเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนตามผลผลิตที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในการทดลองนี้เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนตรงตามอัตราที่พืชต้องการจึงทำให้ตอบสนองต่อผลผลิตให้เพิ่มขึ้นได้

การขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1ต้านทานราสนิม โดยวิธีโซมาติกเอมบริโอเจนิซีส

(1) ผลของ 2,4-D ร่วมกับ BAP ในระดับต่างๆต่อการต่อการชักนำการเกิดแคลลัสในกาแฟอะราบิกา

จากการนำใบอ่อนกาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 พันธ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) และพันธุ์ 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7) ที่ผ่านการอนุบาลในโรงเรือนเป็นระยะเวลา 4-6 เดือน มาฟอกฆ่าเชื้อที่ผิว แล้วตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมนำมาเลี้ยงในสภาพปลอดเชื้อบนอาหารสูตร MS ที่เติม ซูโครส 30 กรัม/ลิตร และเติม 2,4-D. ร่วมกับ BAP เพื่อชักนำการเกิดแคลลัส โดยนำไปเลี้ยงในสภาพมืด ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซนเซียส เป็นเวลา 6-12 เดือน พบว่าหลังจากเลี้ยงเป็นเวลา 1 เดือน เริ่มมีแคลลัสเกิดขึ้นพันธุ์ พันธุ์1/1 B2T5 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด 62.5 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล และให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 50 เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล และ2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล ที่ระดับ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล และ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 37.5 และ 25 ตามลำดับ พันธุ์1/4 B3T3 ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ยสูงสุด เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล ตามด้วย 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล เป็น 95.83 และ 87.50 ตามลำดับ เมื่อเลี้ยงในอาหารที่เติม 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล ใน 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.5 มก/ล ส่วนใน2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 0.5 มก/ล ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 75.0 70.83 และ 66.67 ตามลำดับ ที่ระดับ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 1.0 มก/ล ระดับ 2,4-D 2.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล และ 2,4-D 1.0 มก/ล ร่วมกับ BAP 2.0 มก/ล ให้เปอร์เซ็นต์การเกิดแคลลัสเฉลี่ย 50 45.83 และ 25 ตามลำดับ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

เมื่อคัดเลือกแคลลัสมาเลี้ยงเพื่อเพิ่มปริมาณให้พัฒนาต่อ ได้แคลลัสในปริมาณที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปลี่ยนอาหารและเลี้ยงต่อเพื่อเพิ่มปริมาณเป็นเวลา 6-9 เดือน จากข้อมูลการเกิดและการพัฒนาของแคลลัสที่ได้จากการเลี้ยงใบกาแฟอะราบิกา พันธุ์1/1 B2T5 และพันธุ์1/4 B3T3 จะเห็นได้ว่าทั้งสองพันธุ์ มีการตอบสนองต่อ 2,4-D ร่วมกับ BAP ในระดับที่ต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากพันธุกรรมที่มีความแตกต่างกัน

(2) ผลของ BAP ในระดับต่างๆ ต่อการเกิดเอมบริโอจินิคแคลลัสหรือชักนำการเกิดเอมบริโอในกาแฟอะราบิกา

จากการนำแคลลัสกาแฟ**อะราบิกา**ลูกผสม F1 ต้านทานราสนิม พันธ์ 1/4 B3T3 และ 1/1 B2T5 ที่ได้จากการพิ่มปริมาณและผ่านการคัดเลือกแคลลัสที่มีคุณภาพ ลักษณะแคลลัส มีสีเหลือง เป็นก้อนแข็งเกาะกันหลวมๆ สามารถพัฒนาต่อได้ นำมาเลี้ยง เพื่อชักนำการเกิดเอมบริโอจินิคแคลลัส ในอาหารสูตร 1/2MS ที่เติมซูโครส 30 กรัม/ลิตรและและเติม BAP ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 2.0 3.0 และ 4.0 มิลลิกรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซนเซียส พบว่าที่ระดับ BAP 3 มิลลิกรัม/ลิตร พันธุ์1/1 B2T5 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเอมบริโอจินิคแคลลัส และชักนำการเกิดเอมบริโอสูงสุด ตามด้วย 2 4 และ 1มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ส่วนในพันธุ์1/4 B3T3 มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเอมบริโอจินิคแคลลัส และชักนำการเกิดเอมบริโอสูงสุดที่ระดับ BAP 4 มิลลิกรัม/ลิตร ตามด้วย 3 1 และ 2 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ

(3) การพัฒนาเอมบริโอเป็นต้นอ่อนระยะที่มีใบเลี้ยง

จากการนำต้นอ่อนรูปตอปิโด ที่ย้ายไปเลี้ยงในอาหารแข็งสูตร MS+ BAP 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 2-3 เดือนพบว่าพันธุ์ 1/4 B3T3 และ1/1 B2T5 มีเปอร์เซ็นต์การงอกเกิดได้ต้นอ่อนที่มีความสูง 0.3-1 เซนติเมตร มีใบจริง 2 ใบ เป็น 19.5 และ 55.07 ตามลำดับ สำหรับนำไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการหาวิธีที่เหมาะสมต่อไป

การทดลองการทดสอบการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม

ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้นแปลงปลูกกาแฟ

จากการเก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรและแปลงทดลองก่อนการจัดการปุ๋ยเคมีในสวนกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ จ.เชียงราย และเชียงใหม่วิเคราะห์สมบัติของดินเบื้องต้นพบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) อยู่ระหว่าง 4.5-5.8 ดินส่วนใหญ่มีความเป็นกรดซึ่งเหมาะสมสำหรับการปลูกกาแฟที่มีค่า pH ของดิน 4.5-6.5 และค่า pH ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกาแฟคือ 5.0-5.5 เพราะจะควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ (สถาบันวิจัยพืชสวน, 2553) อินทรียวัตถุ (OM) 1.17-3.90% และมีแปลงทดลองจำนวน 1 แปลงที่มีค่าสูงมาก ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P_2O_5) มีค่าระหว่าง 2-99 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K_2O) 58-500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินดังกล่าวดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงต้นกาแฟสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีซึ่งสอดคล้องกับ Haaree, 1956 รายงานว่าดินที่เหมาะสมในการปลูกกาแฟอะราบิกาควรเป็นดินที่มีความเป็นกรด ค่า pH ดินอยู่ระหว่าง 4.2-5.1 มีอินทรียวัตถุสูง และมีโพแทสเซียม

ผลการตอบสนองของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตกาแฟ การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำหรือปุ๋ยทดสอบประกอบด้วยปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี น้ำหนักผลสดกาแฟเฉลี่ย 1,927.1 กก./ไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเกษตรกร 1,477.2 กก./ไร่ เมื่อนำผลผลิตสดมาแปรรูปพบว่า การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำให้น้ำหนักกะลาสด 829.8 กก./ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกษตรกรให้น้ำหนักกะลาสด 580.2 กก./ไร่ ผล

การบันทึกน้ำหนักกะลาแห้งการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำให้น้ำหนักกะลาแห้ง 359.6 กก./ไร่ สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเกษตรกรให้น้ำหนักกะลาแห้ง 261.9 กก./ไร่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่เป็นดังนี้เพราะการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำเป็นการใส่ปุ๋ยที่ตรงตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟ ดังผลการทดลองของศศิธร และคณะ, 2563 รายงานว่าความต้องการธาตุอาหารของกาแฟต่อการให้ผลผลิต 2 ตัน/ไร่คือ ไนโตรเจน (N) 43 กก. ฟอสเฟต (P_2O_5) 12 กก. และโพแทส (K_2O) 26 กก./ไร่/ปี สัดส่วนของ N:P_2O_5:K_2O เท่ากับ 4:1:3 ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเกษตรกร อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ใส่ปุ๋ย 15-15-15 50 กก. 46-0-0 66 กก. และ 13-13-21 66 กก./ไร่/ปี เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย N 47 กก. P_2O_5 16 กก. และ K_2O 21.4 กก./ไร่/ปี จะเห็นว่าต้นกาแฟได้รับโพแทสเซียมน้อยเกินไป เกษตรกรเขตอ.เมือง และอ.แม่ลาวมีการใส่ปุ๋ย15-15-15 46-0-0 และ 13-13-21 อัตราอย่างละ 50 กก./ไร่/ปี เมื่อคำนวณปริมาณธาตุอาหารประกอบด้วย N 37 กก. P_2O_5 14 กก. และ K_2O 18 กก./ไร่/ปี จะเห็นว่าต้นกาแฟได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมน้อยกว่าความต้องการธาตุ อาหารทำให้ผลผลิตที่ได้ต่ำกว่าปุ๋ยอัตราแนะนำ ซึ่งธาตุอาหาร N และ K จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2523) จึงทำให้ผลการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างเด่นชัด

ผลตอบแทนที่ได้จากการขายผลผลิตและต้นทุนค่าปุ๋ยเคมี รายได้จากการขายผลผลิตกาแฟสด การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำและการใส่ปุ๋ยเกษตรกรเท่ากับ 48,178 และ 36,930 บาท/ไร่ ต้นทุนค่าปุ๋ย 2,434 และ 3,060 บาท/ไร่ ทำให้ผลตอบแทนหลังหักต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีแล้วการใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำมีผลตอบแทน 45,744 บาท เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยแบบเดิมได้ผลตอบแทนเพียง 33,870 บาท/ไร่ เท่านั้นถ้าเกษตรกรใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำผลตอบแทนเพิ่มขึ้นจากเดิม 11,847 บาท/ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 26 และต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลง ร้อยละ 25.8

ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนควรใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำคือปุ๋ย 46-0-0 84 กก. 18-46-0 26 กก. และปุ๋ย 0-0-60 43 กก./ไร่/ปี แบ่งใส่ 3 ครั้งๆ ละเท่าๆ กัน คือ 1) หลังตัดแต่งกิ่ง มกราคม-กุมภาพันธ์ 2) หลังติดผล พฤษภาคม และ 3) ผลขยายขนาด สิงหาคม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การให้น้ำกับต้นกาแฟอะราบิกาในช่วงฤดูแล้ง (เดือนกุมภาพันธ์ ถึงพฤษภาคม) หลังทำการตัดแต่งกิ่งในปริมาณที่มากเพียงพอ ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดของลำต้น ขนาดทรงพุ่มและการติดดอกที่ดีกว่าต้นกาแฟที่ไม่มีการให้น้ำ

2. กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ H.528/46 ML2/10-29-65-23 สามารถชักนำให้ชิ้นส่วนใบอ่อนสร้าง embryogenic callus และ direct embryos ด้วยอาหารสูตร MS/4 + IAA 5 mg/L และสามารถผลิตต้นกล้าจากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อด้วยวิธี somatic embryogenesis และได้ต้นกล้าที่อนุบาลในถุงดำจำนวน 266 ต้น

3. ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) ในใบกาแฟพบมีค่าสูง 2.85-4.38 % ฟอสฟอรัส (P) ต่ำมาก 0.06-0.14 % โพแทสเซียม (K) ปานกลาง 1.42-3.06 % แมงกานีส (Mn) สูงมาก 175-328 mg/kg ส่วนดินปลูกกาแฟ ดินเป็นกรดค่า pH 5.1-5.5 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) ปานกลาง-สูง มีค่า 27-213 ธาตุโพแทสเซียมสูงมาก 434-690 แคลเซียม (Ca) ปานกลาง-สูง 918-2,007 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ส่วนโบรอน (B) มีค่าต่ำ ในเมล็ดกาแฟมี N สูง 2.75% ส่วนเปลือกนอกมี K สูงกว่าส่วนอื่นๆ โดยพบสูงถึง 2.8%

กรมวิชาการเกษตร

4. การใส่ปุ๋ยอัตราตามความต้องการธาตุอาหารตามความต้องการธาตุอาหารของกาแฟคือ ปุ๋ยไนโตรเจน 43 กก./ไร่ ฟอสเฟต 12 กก./ไร่ และโพแทส 26 กก./ไร่ ให้น้ำหนักผลสดเฉลี่ย 3 ปี 1,430.7 น้ำหนักสดกะลา 520.7 และน้ำหนักแห้งกะลา 252.3 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ร่วมกับ 13-13-21 อัตรา 100 กก./ไร่ น้ำหนักผลสด 1,060 น้ำหนักสดกะลา 379.3 และน้ำหนักแห้งกะลา 185.0 กก./ไร่ ผลตอบแทนจากการใส่ปุ๋ยอัตราตามความต้องการธาตุอาหารสูงสุดเท่ากับ 16,130 บาท/ไร่ มีรายได้สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 5,510 บาท/ไร่ ต้นทุนค่าปุ๋ยลดลง 21.7% และเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น 34.2% แบ่งใส่ 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 หลัง ตัดแต่งกิ่ง เดือน มกราคม - กุมภาพันธ์ ครั้งที่ 2 หลังติดผลเดือน พฤษภาคม และครั้งที่ 3 ผลขยายขนาด เดือน สิงหาคม

5. ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง การเพิ่มปุ๋ยไนโตรเจนให้มากกว่าอัตราแนะนำ สามารถดำเนินการได้ เนื่องจากพื้นที่สูงมีการชะล้างพังทลายของดินและปริมาณฝนมาก ไนโตรเจนมีโอกาสสูญเสียไปได้ง่าย ไม่ควรใส่ปุ๋ยในครั้งเดียวคราวละมากๆ ควรแบ่งใส่ตามระยะการเจริญเติบโตของพืช เพื่อเป็นการลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตให้ได้ตามต้องการ

6. จากการศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสม F1 ต้านทานราสนิม พันธ์ 1/4 B3T3 (Caturra vermello x Sanramon) และ 1/1 B2T5 (Caturra vermello x K7)โดยการนำชิ้นส่วนของใบอ่อนมาเพาะเลี้ยง สามารถชักนำให้เกิดการพัฒนาเป็นต้นใหม่ได้ โดยอาศัยกระบวนโซมาติกเอมบริโอเจนิซีส ได้ต้นอ่อนที่มีใบจริง สำหรับนำไปเลี้ยงต่อเพื่อให้ได้ต้นอ่อนที่โตพร้อมสำหรับย้ายไปอนุบาลในเรือนเพาะชำ ทั้งนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการหาวิธีที่เหมาะสมต่อไป

7. การใส่ปุ๋ยอัตราแนะนำมีผลตอบแทน 45,744 บาท/ไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร 11,874 บาท/ไร่ คิดเป็นร้อยละ 26.0 ต้นทุนค่าปุ๋ยเคมีลดลงร้อยละ 25.8

กิจกรรมที่ 3

วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว

Research and develop coffee pest management and postharvest technology

ชื่อผู้วิจัย

ธารทิพย ภาสบุตร ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี สุเมธ พากเพียร ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ จรัญญา ปิ่นสุภา สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ วิมล แก้วสีดา อภิรัชต์ สมฤทธิ์ เมธาสิทธิ์ คนการ ประภาพร ฉันทานุมัติ นาราญ์ โชติอิ่มอุดม ศิริภรณ์ จรินทร ชัญญนุช สิงคมณี ปราณี เดชอูป รุ่งทิพย์ ดาวเรือง เทอดพงษ์ มหาวงศ์ อุษณีย์ จินดากุล ผกาสินี คล้ายมาลา และ เอกรัตน์ ธนูทอง

Tharntip Bhasabutra, Yuthasak Chiemchaisri, Sumate Phakphian, Chatnapa Khomarwut, Jarunya Pinsupa, Supattra Lertwatanakiat, Wimol Kaewseeda, Apirusht Somrith, Maythasith konkarn, Prapaporn Chantanumat, Nara Chotimudom, Siriporn Jarintorn, Chanyanuch Singkamanee, Pranee Dachaub, Rungthip Daoruang, Terdphong Mahawong, Aussanee Chindakul, Pakasinee Klaimala, Akekarat Tanutong

กรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ (Key words)
โรคแอนแทรคโนส กาแฟอะราบิกา มอดเจาะผลกาแฟ อายุการเก็บรักษา การกำจัดวัชพืช
anthracnose disease, Arabica coffee, Coffee Berry Borer, shelf life, weed management

บทคัดย่อ

ในกิจกรรม วิจัยและพัฒนาบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟละการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นกลไกหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟอะราบิกา โดยทำการศึกษาโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย โดยการสำรวจกาแฟที่แสดงอาการโรค นำมาแยกเชื้อและศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา ชีววิทยาและพิสูจน์โรค พบว่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาสามารถจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาได้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc.ในศึกษาการป้องกันกำจัด พบว่าการใช้ benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร ให้ผลในการป้องกันกำจัดดีที่สุด รองลงมาได้แก่ azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร, mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสารตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ว่าการทำความสะอาดตัดแต่งกิ่งก็สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกาได้ใกล้เคียงกับการพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ส่วนการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน เพื่อหาวิธีการป้องกันกำจัดแบบผสมผสาน มีประสิทธิภาพ และปลอดภัยต่อแมลงศัตรูธรรมชาติ ผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ในปี 2559-2561 พบว่า วิธีที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับกรรมวิธีอื่น รองลงมาคือ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ กรรมวิธี ตัดแต่งกิ่งกาแฟ + ใช้กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) ตามลำดับ

ในการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกและหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ เพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่กระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟและไม่ตกค้างในดินที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทดลองในเรือนทดลองพบว่าสารกำจัดวัชพืชก่อนงอก ได้แก่ acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxyfluorfen และ alachlor อัตรา 250, 264, 192, 24 และ 384 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ ไม่เป็นพิษต่อต้นกาแฟ และ oxadiazon อัตรา 120 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ เป็นพิษเล็กน้อย จึงไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ เมื่อทดสอบในสภาพไร่ พบว่า acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี จนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ส่วนในการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในกาแฟ ทดลองในเรือนทดลอง พบว่า ทุกสารที่ทำการศึกษา เป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นกาแฟ ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต จึงนำมาทดสอบในสภาพไร่ ผลการทดลอง พบว่า ทั้ง 2 แปลง ให้ผลการทดลองไปในทางเดียวกัน โดยพบว่า สารกำจัดวัชพืชทุกชนิดเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ไม่กระทบต่อการเจริญเติบโต โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช glufosinate-ammonium + fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ และ glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ เพื่อหารูปแบบการเก็บเมล็ดกาแฟให้เก็บรักษาได้นานขึ้นที่มีประสิทธิภาพและมีราคาถูก จากการศึกษาพบว่าการเก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน (ราคา 5 บาท) ซึ่งพบว่ามีคุณภาพใกล้เคียงกับถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน (ราคา 140 บาท) โดยเฉพาะคุณภาพการชิม ในแต่ละเดือนมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคุณภาพการชิมสูงที่สุด

Abstract

In the activities, research and development on coffee pest management and post-harvest management were the one of the mechanisms for increasing the efficiency of arabica coffee production. The study on survey Anthracnose of arabica coffee in Thailand. found that symptoms of disease were isolated and studied for morphology. Biology and disease proof by the morphological characteristics which can be classified as anthracnose causative agent of Arabica coffee. *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. In the prevention study, it was found that the use of benomyl 50% WP at the rate of 20 g / 20 liters of water gave the best preventive effect. followed by azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC rate 10 ml/20L water, mancozeb 80% WP rate 50g/20L water, prochloraz 45% W/V EC rate 30g/20L water and pruning the branches (not sprayed), respectively. They could be seen that cleaning and pruning could reduce the incidence of anthracnose arabica coffee similar to spraying plant preventive agents.

Integrated control of coffee borers in the upper northern region found that the combination of prevention methods effective and safe the consumers and the environment. It was found that the most effective method was to use *Beauveria bassiana* DOA B4+ strain with a pheromone trap. (Methyl alcohol : ethyl alcohol = 50 : 50) + coffee pruning could control by significantly different from other treatments, followed by the use of Beauveria bassiana, DOA B4 + strain, pheromone traps. (Methyl alcohol: ethyl alcohol = 50: 50) and coffee pruning process + use of pheromone traps. (Methyl alcohol: Ethyl alcohol = 50: 50) respectively.

In a study on the efficacy of pre- and post-emergence herbicide in coffee plantations. to find suitable herbicides that were effective in controlling weeds as well and no affect the growth of the coffee plant and also the environment. The first step studied in greenhouse, it was found that the pre- emergence herbicides, acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxyfluorfen and alachlor at the rate of 250, 264, 192, 24 and 384 grams of the active ingredient per rai, respectively, which were not toxic to coffee plants and also oxadiazon at the rate of 120. grams of active ingredient per rai slightly toxic. Therefore, does not affect the growth of the coffee plant trial in field conditions, acetochlor and oxyfluorfen were effective in controlling

กรมวิชาการเกษตร

weeds until 60 days after spraying. In the study on the efficacy of spray post emergence herbicides in greenhouse, it was found that all the treatments studied slightly toxic to coffee plants and no effect on coffee growth. Therefore, when it was tested in the field conditions, it was found that all herbicides were toxic to the coffee plant. but does not affect growth especially herbicides glufosinate-ammonium + fomesafen at a rate of 105+50 grams of active ingredient per rai and glufosinate-ammonium + oxyfluorfen at a rate of 105+24 grams of active ingredient per rai. Effective for weed control until 30 days after spraying.

In the study the proper form of coffee bean storage to find the bag which more efficient and cheaper to store coffee beans for longer storage. In this case, it was found that the storage in HDPE bags with a thickness of 40 microns (price 5 baht) was found to be of similar quality to HDPE bags with a thickness of 78 microns (price 140 baht). The cupping test of the coffee bean which storage from 0-12 months were well and declined respectively from 15 – 24 months, with shelf life of 12 months having the highest cupping score.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ (Introduction)

ในการปลูกกาแฟอะราบิกา โรคที่สำคัญที่พบเป็นประจำได้แก่ โรคราสนิม ที่เกิดจากรา *Hemileia vastatrix* รานี้สามารถเข้าทำลายได้ทั้งกาแฟอะราบิกาและอะราบิกา แต่ความเสียหายจะเกิดรุนแรงกับกาแฟอะราบิกามากกว่าอะราบิกา โรคใบจุดสีน้ำตาลที่เกิดจากรา *Cercospora coffeicola* มักเกิดกับต้นกล้าของกาแฟอะราบิกาและอะราบิกาในเรือนเพาะชำและต้นที่ได้รับแสงแดดมาก (http://www.pestnet.org/fact_sheets/coffee_browneye_spot_142.htm) โรคเน่าดำที่เกิดจากรา *Koleroga noxia* รานี้เข้าทำลายได้ทั้งกาแฟอะราบิกาและอะราบิกาที่ปลูกภายใต้ร่มเงาค่อนข้างหนาทึบ แดดส่องไม่ถึง โดยมักพบโรคนี้ระบาดในฤดูฝน ช่วงที่ฝนตกติดต่อกันหลายวัน (https://www.researchgate.net/publication/230245135_Coffee_Diseases) โรคแอนแทรคโนสที่เกิดจากรา *Colletotrichum* spp. พบระบาดกับกาแฟอะราบิกาและกาแฟอะราบิกา จากรายงานของวิรัชและคณะ ในปี พ.ศ.2528 พบโรคแอนแทรคโนสที่เกิดกับกาแฟอะราบิกาที่มีสาเหตุจากรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. เชื้อราเข้าทำลายใบ กิ่ง ก้านดอก ก้านผลและผล พบเห็นได้ทั่วไปในสวนที่ไม่มีการดูแลเอาใจใส่หรือแปลงที่ปลูกกลางแจ้ง ลักษณะอาการของโรคมีลักษณะตามส่วนที่เกิด เช่น เกิดกับใบ แผลเป็นจุดกลมสีน้ำตาลขนาดเล็กและขยายขึ้นเรื่อยๆ หรือเกิดกับกิ่ง อาการเริ่มแรกใบกาแฟเป็นสีเหลืองทั้งที่ใบเหล่านี้ยังไม่แก่ ระหว่างปี พ.ศ.2556–2557 ยุทธศักดิ์และคณะได้ทำการศึกษาโรคของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย พบลักษณะอาการของโรคแอนแทรคโนสเข้าทำลายกาแฟอะราบิกาและแพร่ระบาดก่อให้เกิดความเสียหายเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อให้ทราบชนิดของราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกา เพื่อให้ได้ข้อมูลชนิดของเชื้อราสาเหตุโรค สภาพแวดล้อมที่พบการระบาด เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาวิธีการป้องกันกำจัดโรคที่เหมาะสม รวมทั้งเป็นข้อมูลเพื่อการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาให้ทนทานโรคแอนแทรคโนสต่อไป

การปลูกกาแฟในปัจจุบันพบว่า มีการเข้าทำลายของศัตรูพืชทั้งโรคและแมลงเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะมอดเจาะผลกาแฟ ซึ่งเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญต่อการปลูกกาแฟในหลายพื้นที่ สร้างความเสียหายให้กับผลผลิตกาแฟได้มากถึง 50% ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อราและแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำ ทำให้ผลร่วงเสียหาย ส่งผลให้ผลผลิตกาแฟลดลง หากสามารถเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่มอดเจาะทำลายอยู่ เมล็ดกาแฟที่ได้จะไม่มีคุณภาพ (บัณฑูรย์ และคณะ, 2551)

ชีววิทยาของมอดกาแฟพบว่า มอดเจาะผลกาแฟตัวเต็มวัยมีสีดำ ความยาว 1.2-1.5 มิลลิเมตร ตัวเมียจะเจาะรูที่ปลายผลกาแฟเข้าไปอยู่ในเมล็ด ตัวเมียจะวางไข่ 8-12 ครั้ง ใน 3-7 สัปดาห์ ตลอดวงจรชีวิตจะวางไข่ 30-70 ฟอง โดยวางไข่วันละ 2-3 ฟอง ตัวอ่อนสีขาวมีหัวสีน้ำตาลอ่อน ตัวอ่อนอายุ 10-26 วัน ดักแด้อายุ 4-9 วัน ตัวผู้ออกจากดักแด้เร็วกว่าตัวเมีย จากไข่เป็นตัวแก่กินเวลาประมาณ 25-35 วัน ตัวเมียเท่านั้นที่จะบินออกไปหาแหล่งอาศัยใหม่ ตัวอ่อนสามารถอาศัยอยู่ในเมล็ดแห้งที่มีความชื้นมากกว่า 13.5 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 10 : 1 วงจรชีวิตโดยเฉลี่ยมากกว่า 156 วัน (Lan C.C. and J.H. Wintgens, 2004) จากรายงานของจรัสศรี (2535) ในการศึกษาชีวประวัติของมอดกาแฟพบว่าอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมียเท่ากับ 16 : 1 ในขณะที่ Pelley (1968) รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างเพศเมียต่อเพศผู้มีความแปรปรวนระหว่าง 500 : 1 ถึง 20 : 1 เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างเพศเมียต่อเพศผู้สูงจึงทำให้มีการแพร่ระบาดและเข้าทำความเสียหายในแปลงกาแฟมาก การใช้สารเคมีเพื่อควบคุมมอดสามารถใช้ได้ในระดับหนึ่งแต่ก็ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในผู้บริโภคและความปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมด้วยโดยเฉพาะบนพื้นที่สูงซึ่งเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร นอกจากสารเคมีแล้วยังพบว่าการทำความสะอาดแปลงและการตัดแต่งกิ่งอย่างถูกต้องช่วยลดการระบาดลงได้ นอกจากนี้แล้วยังพบเชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) ก็เป็นเชื้อราขาวชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมมอดกาแฟได้โดยชีวิธีและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม (ยุพิน และคณะ, 2545)

เยาวลักษณ์ (2554) กล่าวว่า มอดเจาะผลกาแฟเป็นแมลงปีกแข็งขนาดเล็กประมาณ 1.5-2 มม. ในปี 2553 พบว่ามอดตัวเต็มวัยเข้าทำลายผลกาแฟได้ตั้งแต่ขนาดผลกาแฟมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.3 ม.ม. ขึ้นไป โดยเพศเมียจะเจาะผลกาแฟบริเวณปลายผลหรือสะดือของผล ในผลกาแฟสามารถพบแมลงได้ทุกระยะการเจริญเติบโต (ระยะไข่ หนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย) แมลงอาศัยกัดกิน ขยายพันธุ์ในผลจนกระทั่งผลกาแฟสุก และยังสามารถอยู่ในผลกาแฟที่แห้งค้างอยู่ในต้น ผลกาแฟที่หล่นลงพื้นดิน และแมลงอยู่ในกาแฟกะลาได้ในระยะหนึ่งถ้าเมล็ดกาแฟมีความชื้นเหมาะสม ซึ่งแมลงยังคงทำลายเมล็ดกาแฟกะลาระหว่างการตากเมล็ด ร่องรอยการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟจะเห็นเป็นรูขนาดเล็กที่ปลายผลกาแฟบริเวณสะดือผล มักสังเกตได้ยาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากเกษตรกรไม่ทราบ อาจไม่ทันที่จะป้องกันหรือจัดการกับมอดเจาะผลกาแฟ

แนวทางในการป้องกันกำจัด ควรใช้การกำจัดแมลงหลายๆ วิธีร่วมกัน ได้แก่

- กำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ของมอดกาแฟ โดยการเก็บผลกาแฟที่ค้างอยู่บนต้นให้หมด เนื่องจากในแต่ละผลมอดสามารถอาศัยอยู่ได้มากถึง 65 ตัว (พบในภาคเหนือ) (บันฑูรย์ และคณะ, 2551)

- รักษาความสะอาดแปลง เก็บทำลายผลที่มีมอดเจาะผลกาแฟทำลาย หรือใช้เชื้อรากำจัดแมลง *Beauveria bassiana* โรยหรือฉีดพ่นที่พื้นดินบริเวณโคนต้นในช่วงฝนตก หรือมีความชื้นสูงเพื่อกำจัดแมลงที่มีในผลแห้งที่โคนต้น

- เกษตรกรควรร่วมมือกำจัดแมลงในแปลงใกล้เคียงกัน และทำโดยพร้อมเพรียงกัน ช่วยลดปริมาณแมลงได้เป็นอย่างดี

- ลดปริมาณแมลงโดยใช้กับดักและสารล่อมอดเจาะผลกาแฟเพื่อดึงดูดมอดเจาะผลกาแฟมาทำลาย ใช้กับดักประมาณ 7-15 ชุด ต่อไร่ วางกระจายให้ทั่ว

ผลการติดตามการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟพบว่า ในฤดูการผลิตปี 2549/2550 มีการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟในพื้นที่ดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ บ้านห้วยตาด ต.อินทขิล อ.แม่แตง จ.เชียงใหม่ และพื้นที่ ดอยมูเซอ ต.แม่ท้อ อ.เมือง จ.ตาก ในพื้นที่ที่มีการระบาดพบความเสียหายในสภาพตั้งแต่ 1.5-25.25% ส่วนความเสียหายของสารกาแฟหลังจากสีแล้วพบว่า มีตั้งแต่ 1.20-18.17% แหล่งอาศัยนอกฤดูติดผลของกาแฟที่สำคัญคือ ผลกาแฟค้างปีจากฤดูการเก็บเกี่ยวก่อนหน้านั้น โดยพบมอดเฉลี่ย 13.23 ตัว/ผล (ตั้งแต่ 1-65 ตัว/ผล) ผลกาแฟที่ออกผิดฤดู และกาแฟชนิดอื่นๆ เช่น กาแฟโรบัสต้า ซึ่งเกษตรกรไม่เก็บเกี่ยว การใช้กับดัก multiple-funnel ที่มีสารล่อบรรจุอยู่ภายใน เพื่อล่อแมลงให้มาติดกับพบว่า ที่บ้านปางไฮ และบ้านกิ่วต่ำ ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ มีมอดติดอยู่ในกับดักเฉลี่ย 633.6 และ 40.33 ตัว/กับดัก ตามลำดับ โดยพบสูงสุดถึง 6,565 ตัว/กับดักที่บ้านปางไฮ เดือนที่ดักได้มากที่สุดคือ เดือนมีนาคม ซึ่งเป็นระยะหลังการเก็บเกี่ยวและไม่มีผลกาแฟอยู่บนต้น ส่วนเดือนที่แมลงติดกับดักน้อยที่สุดคือ เดือนสิงหาคม การใช้สารชีวภาพพ่นที่ผลกาแฟที่ถูกมอดเจาะทำลายพบว่า สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเข้าทำลายลงได้ (บัณฑูรย์ และคณะ, 2551)

ประภาพร และคณะ (2556) ดำเนินการทดสอบเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดมอดกาแฟในแหล่งปลูกภาคเหนือ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ได้แก่ การตัดแต่งกิ่งกาแฟ(ควบคุม) การใช้สาร dinotefuran การใช้เชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) การตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้สาร dinotefuran และการตัดแต่งกิ่งร่วมกับใช้เชื้อราขาวในแปลงทดลองที่ดอยวาวีและดอยสะเก็ด ผลการทดลอง พบว่าที่ดอยวาวีเกิดน้ำค้างแข็งเป็นเวลานานทำให้ไม่เกิดการระบาด สำหรับแปลงดอยสะเก็ดพบว่า การตัดแต่งกิ่งและใช้เชื้อราขาวพบการเข้าทำลายของมอดกาแฟน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สรุปว่าการควบคุมมอดกาแฟให้ได้ผลดีควรมีการตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มกาแฟโปร่งร่วมกับการใช้เชื้อราขาวเพื่อให้มีผลในการควบคุมในระยะยาว และทำความสะอาดแปลงไม่ปล่อยให้เป็นแหล่งสะสมของมอดกาแฟซึ่งจะทำให้เกิดการระบาดในแปลงปลูกในฤดูกาลต่อไป หมั่นตรวจเช็คการเข้าทำลายของมอดกาแฟในแปลง ถ้าพบการเข้าทำลายของมอดกาแฟเกินกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ ให้เตรียมเชื้อราขาวอย่างง่าย เพื่อฉีดพ่น โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาที่เป็นพื้นที่แหล่งต้นน้ำ โดยพ่นเชื้อราขาวที่ได้จากการเตรียมทุก 2 – 4 สัปดาห์ โดยทำการฉีดพ่นในหลัง 16.00 น.

เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกาได้มีการรวมกลุ่มเป็นรูปวิสาหกิจชุมชนเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของกาแฟ ทำให้มีรวบรวมกาแฟเพื่อเก็บรักษาสำหรับใช้ในกิจกรรมดังกล่าว แต่พบว่า เกษตรกรดังกล่าวยังขาดความรู้ความเข้าใจในวิธีการเก็บรักษาว่าควรเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในรูปแบบไหน เพราะส่วนใหญ่มีการจำหน่ายให้กับผู้ประกอบการในรูปของกาแฟกะลา และได้รับแจ้งปัญหาจากเกษตรกรกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในเรื่อง กาแฟมีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง โดยเฉพาะที่เก็บในถุงตาข่ายในอุณหภูมิห้อง แต่หากเก็บในถุงกระสอบป่านก็ประสบปัญหากาแฟดูดกลิ่นกระสอบป่าน มีผลต่อคุณภาพรสชาติของกาแฟ และจากผลการทดลองเรื่อง ศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่เหมาะสม (รหัสการทดลอง 01-27-54-04-01-00-09-56) ซึ่งสิ้นสุดในปี 2558 โดยเก็บรักษาในถุง HDPE มีความหนา 78 ไมครอน พบว่า สามารถเก็บรักษากาแฟในรูปแบบกาแฟกะลาได้นานถึง 2 ปี ในสภาพอุณหภูมิห้อง โดยไม่ทำให้กาแฟมีคุณภาพและรสชาติเปลี่ยนแปลงมากนัก เป็นถุงสำหรับเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์โดยเฉพาะ (ถุงสูญญากาศ ยี่ห้อ GRAINPRO SUPERGRAINBAG II Z^{TM}มีความหนา 78 ไมครอน ทำจาก

วัตถุดิบมัลติเลเยอร์พีอี (Multilayer PE) ขนาดความกว้าง ยาว 50 x 80 เซนติเมตร สีเขียวอ่อน น้ำหนักถุง 73 g/m^2Oxygen Transmission Rate เท่ากับ 4.28 cc/m^2/day และ Water Vapor เท่ากับ 2.14 g/cm^2/day) แต่ปัญหาที่พบคือ ถุงดังกล่าวมีราคาจำหน่ายถุงละ 125 บ. (ราคาจำหน่ายในปี 2556 แต่ในปี 2559 มีราคาถุงละ 140 บ.) ซึ่งมีราคาแพง และต้องสั่งซื้อจากตัวแทนจำหน่ายโดยเฉพาะ เป็นการเพิ่มภาระให้แก่เกษตรกร จึงทดลองเปรียบเทียบถุงชนิดดังกล่าวกับถุงที่มีจำหน่ายทั่วไปในตลาด และหาซื้อได้ง่าย (ราคาถุงละ 5 บ.) เป็นการเพิ่มภาระให้แก่เกษตรกร ดังนั้น จึงต้องมีการวิจัยศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม เพื่อเป็นข้อมูลให้เกษตรกรใช้เป็นแนวทางในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟให้นานขึ้นและมีต้นทุนในการผลิตต่ำลง

การจัดการวัชพืชของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟทางภาคเหนือ เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้สารกำจัดวัชพืชเป็นวิธีจัดการวัชพืช เนื่องจากสามารถควบคุมวัชพืชได้ดี และไม่ต้องกำจัดวัชพืชบ่อยครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับการจัดการวัชพืชโดยใช้แรงงาน ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน เวลา และประกอบกับค่าแรงงานแพง ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตสูง เกษตรกรจึงหันมาใช้สารกำจัดวัชพืชเพิ่มมากขึ้น แต่สารกำจัดวัชพืชที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ ประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ณ ปัจจุบันมีไม่กี่ชนิดที่แนะนำให้เกษตรใช้ (กลุ่มวิจัยวัชพืช, 2554) และยังเป็นชนิดเดิมๆที่แนะนำให้เกษตรกรใช้ในปี 2538 จากหนังสือคำแนะนำการควบคุมวัชพืช ได้แก่ atrazine, metribuzine และ alachlor เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก

ปัจจุบันมีสารกำจัดวัชพืชชนิดใหม่ๆหลากหลายชนิดที่สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี สารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl และ clethodim เป็นสารกำจัดวัชพืชแบบเลือกทำลายและสามารถควบคุมวัชพืชในสวนกาแฟได้ เช่น ปืนนกไส้ (*Bidens Pilosa*) , ทหารกล้า (*Galinsoga parviflora*) สารกำจัดวัชพืช fomesafen, flazasulfuron และ oxyfluorfen ก็มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในกาแฟได้ดีเช่นเดียวกัน และการนำสารกำจัดวัชพืชมาผสมกัน (tank-mix) เช่น fluazifop-p-butyl + fomesafen สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดวัชพืชได้มากขึ้น (Ronchi *et al*., 2004) อีกทั้ง มีความปลอดภัยต่อมนุษย์ และสภาพแวดล้อมมากขึ้น จึงควรนำสารกำจัดวัชพืชเหล่านั้นมาทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชเพื่อหาสารกำจัดวัชพืชที่เหมาะสม สามารถควบคุมวัชพืชได้ดี ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ และสภาพแวดล้อม

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย

โดยทำการสำรวจรวบรวมเก็บตัวอย่างกาแฟที่เป็นโรคแอนแทรคโนสและศึกษาลักษณะอาการของโรคและเก็บตัวอย่างใบ กิ่ง ผลกาแฟที่เป็นโรคจากแหล่งปลูก บันทึกข้อมูลสถานที่ วันที่และผู้เก็บตัวอย่าง ลักษณะอาการ แยกเชื้อสาเหตุในห้องปฏิบัติการวิทยาไมโค กลุ่มวิจัยโรคพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ทำการพิสูจน์โรคโดยวิธี Koch's Postulate การศึกษาลักษณะทางสัณฐานของรา การศึกษาชีววิทยาของรา การศึกษาชนิดพืชอาศัย **การบันทึกผล** บันทึกสถานที่ที่เก็บตัวอย่าง สภาพแวดล้อมและการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ขณะเก็บตัวอย่างเท่าที่จะทำได้ เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเมื่อเลี้ยงเชื้อบนอาหารเลี้ยงเชื้อต่างกัน เส้นผ่าศูนย์กลางโคโลนีเมื่อเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิแตกต่างกัน **สถานที่ดำเนินการทดลอง** แปลงปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกา และห้องปฏิบัติการกลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช เวลาดำเนินการทดลอง ตุลาคม 2559 - กันยายน 2561

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสในกาแฟอะราบิกา

วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ 5 กรรมวิธีๆ ละ 5 ต้น: (1) azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร (2) benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (3) mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (4) procloraz 45% WP อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร (5) น้ำเปล่า **การบันทึกผล** วัดการเกิดโรคแอนแทรกโนสจำนวน 5 ต้นต่อกรรมวิธีต่อซ้ำ ก่อนพ่นสารทุกครั้ง และหลังพ่นครั้งสุดท้าย 1 เดือน และระยะเก็บเกี่ยว โดยการประเมินการเกิดโรคที่ใบจะทำการประเมินตั้งแต่ก่อนพ่นสารครั้งที่ 1 ส่วนการประเมินการเกิดโรคที่ผล จะทำการประเมินเมื่อกาแฟเริ่มติดผล สถานที่ดำเนินการทดลอง ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่(ขุนวาง) ระยะเวลาดำเนินการ ตุลาคม 2559 - กันยายน 2561

การป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน

วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 5 กรรมวิธี 4 ซ้ำ: (1) วิธีของเกษตรกร (2) ตัดแต่งกิ่งกาแฟ + ใช้กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) (3) ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) (4) ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ (5) สาร Dinotefuran

ทำการสำรวจและคัดเลือกแปลงกาแฟอะราบิกาที่มีการทำลายของมอดเจาะผลกาแฟประมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ ในกรรมวิธีที่ใช้สารเคมีจะทำการฉีดพ่นสารทุกๆ 2 สัปดาห์ และกรรมวิธีที่ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 จะทำการฉีดพ่นสารทุก 1 เดือน หลังพบการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟโดยเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 5% ของแปลงทดลอง และหยุดการให้สารก่อนเก็บเกี่ยวกาแฟ 1 เดือน **การบันทึกข้อมูล** เปอร์เซ็นต์การระบาดก่อนเริ่มทำการทดลองตามกรรมวิธีที่กำหนด และหลังการจัดการแปลงทดลองตามกรรมวิธีที่กำหนดทุกเดือน ข้อมูลการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟ โดยสุ่มกิ่งกาแฟจำนวน 10 กิ่ง ต่อต้น ใน 1 กิ่ง สุ่มนับผลกาแฟจำนวน 5 ข้อ สุ่มเก็บเปอร์เซ็นต์การทำลายของมอดเจาะผลกาแฟเมื่อเริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตจนเก็บเกี่ยวผลผลิตหมด สถานที่ทำการทดลอง แปลงเกษตรกร อ.แม่ริม และอ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ ระยะเวลาดำเนินการ 2559 –2561

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม โดยใช้เมล็ดกาแฟแบบกะลาของ

กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 บรรจุกาแฟกะลาในถุงบรรจุตามกรรมวิธีโดยให้เมล็ดกาแฟแบบกะลามีความชื้นที่ 12% วางแผนการทดลองแบบ 2 x 9 Factorial in CRD มี 4 ซ้ำ ๆ ละ 5 กิโลกรัม มี 2 ปัจจัยคือ ปัจจัยที่ 1 ชนิดของถุง ได้แก่ ถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน และ ถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน ปัจจัยที่ 2 คือ อายุการเก็บรักษาในแต่ละช่วงเดือน คือ 0 3 6 9 12 15 18 21 และ 24 เดือน และบรรจุอีกครั้งในถุงกระสอบป่านอีกครั้งเพื่อป้องกันแสง ขนาดบรรจุ 5 กก. การบันทึกข้อมูล คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลา ความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสาร ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟ ด้วยแผ่นเทียบสี (R.H.S. Colour Chart) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบกะลา และใช้หลักการประเมินเปรียบเทียบตามระบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบสาร บันทึกคุณภาพทางประสาทสัมผัส (คุณภาพการชิม) ทดสอบคุณภาพการชิม องค์ประกอบทางเคมี **สถานที่ดำเนินการ** ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ **ระยะเวลาดำเนินการ** ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

3.5 การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา

3.5.1 การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในเรือนทดลอง

กรรมวิธีการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 3 ซ้ำ 10 กรรมวิธี: (1) acetochlor อัตรา 250 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (2) pendimethalin อัตรา 264 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (3) s-metolachlor อัตรา 192 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (4) oxadiazon อัตรา 120 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (5) oxyfluorfen อัตรา 24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (6) alachlor อัตรา 384 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (7) hezaxinone อัตรา 125 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (8) flumioxazin อัตรา 15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (9) metribuzine อัตรา 105 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ (10) ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกของกาแฟในสภาพแปลง

นำสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกที่ทดสอบได้ในการทดลองในเรือนทดลอง (ขั้นตอนที่ 1) ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ หรือเป็นพิษเพียงเล็กน้อย ได้แก่ acetochlor 50% EC, pendimethalin 33% EC, s-metolachlor 96% EC, oxydiazon 25% EC, oxyfluorfen 23.5% EC มาทดสอบในสภาพไร่เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรใช้คือ alachlor 50%EC อัตรา 300 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ วางแผนการทดลองแบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี: (1) acetochlor 50% EC อัตรา 250 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (2) pendimethalin 33% EC อัตรา 264 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (3) s-metolachlor 96% EC อัตรา 192 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (4) oxydiazon 25% ECอัตรา 120 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (5) oxyfluorfen 23.5% EC อัตรา 24 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (6) alachlor 50%EC อัตรา 312 กรัมสารออกฤทธิ์/ไร่ (7) กำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน (8) ไม่กำจัดวัชพืช

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินและน้ำ

1.ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassay

2 การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดินและน้ำ โดยวิธี Gas Chromatography

การบันทึกของมูล ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ ปริมาณสารพิษตกค้างที่พบในดิน หน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) ในน้ำ หน่วยเป็น ไมโครกรัมต่อลิตร (µg/L) หลังการพ่นสารกำจัดวัชพืชประเภทต่างๆ ของแต่ละกรรมวิธีที่ใช้ทดสอบประสิทธิภาพสาร ในสภาพแปลง

3.5.2 การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

(1) ทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก

ขั้นตอนที่ 1 ทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในเรือนทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 22 กรรมวิธี ประกอบด้วย

1. fluazifop-p-butyl+fomesafen	อัตรา 30+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
2. fluazifop-p-butyl+oxyfluorfen	อัตรา 30+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
3. fluazifop-p-butyl+flumioxazin	อัตรา 30+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
4. clethodim+fomesafen	อัตรา 45+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
5. clethodim+oxyfluorfen	อัตรา 45+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
6. clethodim+flumioxazin	อัตรา 45+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
7. quizalofop-p-tefuryl+fomesafen	อัตรา 20+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
8. quizalofop-p-tefuryl+oxyfluorfen	อัตรา 20+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
9. quizalofop-p-tefuryl+flumioxazin	อัตรา 20+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

10. fenoxaprop-p-ethyl+fomesafen อัตรา 22.08+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
11. fenoxaprop-p-ethyl+oxyfluorfen อัตรา 22.08+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
12. fenoxaprop-p-ethyl+flumioxazin อัตรา 22.08+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
13. glufosinate-ammonium+fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
14. glufosinate-ammonium+oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
15. glufosinate-ammonium+flumioxazin อัตรา 105+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
16. propaquizafop+fomesafen อัตรา 12+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
17. propaquizafop + oxyfluorfen อัตรา 12+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
18. propaquizafop + flumioxazin อัตรา 12+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
19. haloxyfop-R-mehtyl + fomesafen อัตรา 25.92+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
20. haloxyfop-R-mehtyl + oxyfluorfen อัตรา 25.92+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
21. haloxyfop-R-mehtyl + flumioxazin อัตรา 25.92+15 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
22. ไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช

ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกของกาแฟในสภาพแปลง

นำสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกที่ทดสอบในเรือนทดลอง (ขั้นตอนที่ 1) ชนิดที่ไม่เป็นอันตรายต่อต้นกาแฟ หรือเป็นพิษเพียงเล็กน้อย ได้แก่ fluazifop-p-butyl + fomesafen, clethodim +fomesafen, fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen, propaquizafop + fomesafen, propaquizafop + oxyfluorfen, glufosinate +fomesafen, glufosinate + oxyfluorfen ทดสอบในสภาพไร่ เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เกษตรกรใช้คือ glyphosate, paraquat และ glufosinate -ammonium วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ 12 กรรมวิธี ประกอบด้วย

1. fluazifop-p-butyl + fomesafen อัตรา 30+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
2. clethodim +fomesafen อัตรา 45+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
3. fenoxaprop-p-ethyl + oxyfluorfen อัตรา 22.08+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
4. propaquizafop + fomesafen อัตรา 12+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
5. propaquizafop + oxyfluorfen อัตรา 12+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
6. glufosinate-ammonium +fomesafen อัตรา 105+50 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
7. glufosinate-ammonium + oxyfluorfen อัตรา 105+24 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
8. glyphosate อัตรา 480 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
9. paraquat อัตรา 240 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
10. glufosinate -ammonium อัตรา 150 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่
11. กรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน
12. ไม่กำจัดวัชพืช

ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน

1. การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Chromatography
2.ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassy

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช น้ำหนักแห้งของวัชพืช ความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ ความกว้างทรงพุ่ม และเส้นรอบวงของต้นกาแฟ ที่ระยะ 1,2 และ 3 ปี สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกลุ่มงานวิจัยผลกระทบจากการใช้วัตถุมีพิษการเกษตร กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร และ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ระยะเวลา 2560 – 2563

ผลการวิจัย (Results)

การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย

(1) สำรวจรวบรวมเก็บตัวอย่างกาแฟที่เป็นโรคแอนแทรคโนสและศึกษาลักษณะอาการของโรค

เก็บตัวอยางผล ใบ และกิ่งกาแฟที่แสดงอาการเป็นโรค จากแหลงปลูกที่พบการเกิดโรคแอนแทรคโนส ระหว่าง ตุลาคม 2559 - กันยายน 2561 พื้นที่จังหวัด เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน ลำปาง น่าน พะเยา เลยและเพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง พบว่า *ลักษณะอาการที่ใบ* พบแผลทั้งรูปร่างค่อนข้างกลมและแผลที่รูปร่างไม่แน่นอน เนื้อเยื่อกลางแผลมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ แผลจะขยายใหญ่ขึ้นเรื่อย จนเป็นแผลขนาดใหญ่ *ลักษณะอาการที่กิ่ง* กิ่งแห้งที่เกิดจากปลายยอด (ปลายกิ่ง) ลงมาที่โคนกิ่ง พบแผลสีน้ำตาลหรือสีดำบนกิ่ง แผลจะขยายลงไปตามกิ่ง ทำให้ใบเหลืองและร่วง กิ่งเหี่ยวแห้งเป็นสีดำ *ลักษณะอาการที่ผล* แผลสีน้ำตาลเข้มหรือดำ เนื้อเยื่อบริเวณแผลยุบตัวลงไปในเนื้อเยื่อผล แผลจะขยายใหญ่ขึ้นเป็นแผลรูปร่างไม่แน่นอน ผลที่ยังไม่สุกจะหยุดการเจริญเติบโตและเปลี่ยนเป็นสีดำ แต่ผลยังคงติดอยู่บนกิ่งกาแฟ

(2) การแยกเชื้อราสาเหตุโรค ผลการแยกเชื้อจากส่วนของพืชที่เป็นโรคโดยตรงและการแยกเชื้อจากเนื้อเยื่อพืชที่เป็นโรค ได้เชื้อรา *Colletotrichum* sp. จำนวน 14 ไอโซเลต

(3) การพิสูจน์โรคด้วยวิธี Koch's Postulate พบว่า รา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้เป็นเชื้อสาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกา บนต้นกล้ากาแฟที่อายุ 60 วัน (ระยะปีกผีเสื้อ) ที่ได้รับการปลูกเชื้อแสดงอาการของโรคหลังทำการปลูกเชื้อได้ 5 วัน ลักษณะอาการที่พบคือใบเกิดแผลสีน้ำตาลดำ เมื่อนำส่วนของใบที่แสดงอาการโรคมาแยกเชื้อซ้ำอีกครั้ง แยกได้รา *Colletotrichum* spp. ที่มีลักษณะทางสัณฐานเช่นเดียวกันกับราที่นำมาปลูกเชื้อ

(4) การศึกษาลักษณะทางสัณฐานของราสาเหตุโรค เมื่อนำรา *Colletotrichum* spp. บริสุทธิ์ทั้ง 14 ไอโซเลต มาศึกษารูปร่างและวัดขนาดของโคนิเดีย ศึกษารูปร่างแอพเพรสซอเรีย (appressoria) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ส่วนใหญ่ (12 ไอโซเลต) มีโคโลนีสีขาวเทาถึงสีเทา ตรงกลางโคโลนีสีเทาเข้ม เส้นใยบนผิวหน้าอาหารมีลักษณะเจริญฟู สลับกับ spore mass ที่เกิด เป็นวงซ้อนๆกัน (zonation) ด้านหลังโคโลนี (reverse) พบจุดดำเป็นวง ไม่พบการสร้าง setae เส้นใยไม่มีสี มีผนังกั้น โคนิเดียเกิดบนก้าน conidiophore โคนิเดียส่วนใหญ่มีลักษณะรูปทรงกระบอก (cylindrical) ปลายมน (obtuse) ฐานตัด (truncate) เซลล์เดียว ไม่มีสี โคนิเดียมีขนาดเฉลี่ย 2.98-5.96 x 10.43-26.62 ไมครอน สร้าง acervulus ฝังลึกลงในอาหาร ด้านบน acervulus ปกคลุมด้วย spore mass สีส้ม แอพเพรสซอเรีย รูปร่างคล้ายกระบอง รูปไข่ บางครั้งเป็นลูป (lobe) มีขนาดเฉลี่ย 6.25-9.23x8.94-13.11 ไมครอน

กรมวิชาการเกษตร

ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างกาแฟบ้านห้วยห้อม ต.ห้วยห้อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน โคโลนีมีสีเขียวอมเทา ด้านหลังโคโลนีไม่พบจุดดำ โคนิเดียมีทั้งรูปทรงกระบอก ปลายมน ฐานตัด และรูปร่างแบบกระบอง มีการสร้าง chlamydospore สีน้ำตาลต่อกันเป็น chain สั้นๆ แอพเพรสซอเรีย รูปร่างค่อนข้างกลม

ไอโซเลตที่แยกจากตัวอย่างกาแฟของศูนย์วิจัยพืชสวนเลย (ภูเรือ) บ้านหินสอ ต.ปลาบ่า อ.ภูเรือ จ.เลย ขอบโคโลนีสีขาว ตรงกลางโคโลนีมีสีเข้ม ด้านหลังโคโลนีมีจุดดำกระจายเล็กน้อย โคนิเดียรูปทรงกระบอก ปลายมน ฐานตัด แอพเพรสซอเรียรูปร่างคล้ายกระบองและรูปไข่

จากการศึกษาและใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980, 1992) และวิรัช และคณะ (2528) ได้จำแนกชนิดเป็นรา *Colletotrichum gloeosporioides*

(5) การศึกษาชีววิทยาของรา

ผลการศึกษาการเจริญของราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA HPDA MEA CZA PSA และ PCA พบว่า เส้นใยของ *C. gloeosporioides* เจริญได้ดีที่สุดบนอาหาร PDA และ MEA เชื้อราเจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อภายใน 5-7 วัน พบการสร้างโคนิเดียได้มากที่สุดบนอาหาร PCA โดยเห็นเป็น spore mass สีส้มเรียงซ้อนกันเป็นวงหลังจากเลี้ยงเชื้อบนอาหารภายใน 7-10 วัน

ผลการศึกษาการเจริญของราบนอาหาร PDA ในสภาพอุณหภูมิต่างๆกันพบว่า อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *C. gloeosporioides* ส่วนใหญ่ อยู่ระหว่าง 25-30 องศาเซลเซียส

Colletotrichum gloeosporioides ที่แยกจากกาแฟ สามารถทำให้ พริกจินดา มะม่วง มะเขือเทศ มะละกอ แสดงอาการแผลให้เห็น 3-5 หลังจากปลูกเชื้อ แผลมีลักษณะค่อนข้างกลม สีน้ำตาลเข้มถึงดำ เนื้อเยื่อพืชบุ๋มยุบลง บางแผลพบการสร้างกลุ่มโคนิเดียเรียงเป็นวงซ้อนกัน

ศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสในกาแฟอะราบิกา

จากการทดลองแปลงทดลองที่ 1 การเกิดโรคแอนแทรกโนสบนใบกาแฟอะราบิกา พบว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคพืชทุกกรรมวิธี ให้ผลในการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสได้ใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ และพบว่ากรรมวิธีการตัดแต่งกิ่งไม่พ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ก็มีผลใกล้เคียงและไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชทุกกรรมวิธี ในขณะที่การเกิดโรคแอนแทรกโนสบนผลกาแฟอะราบิกา พบว่าทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในช่วงการติดผลกาแฟช่วงแรกการเกิดโรคยังไม่พบหรือพบน้อยมาก การเกิดโรคบนผลจะมาเริ่มพบมากขึ้นในระยะใกล้เก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งหากมีการป้องกันกำจัดโรคในระยะเกิดโรคบนใบได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะช่วยให้การเกิดโรคในระยะผลลดน้อยลง เมื่อทำการทดลองซ้ำในปีที่ 2 ผลการทดลองสอดคล้องกันกับการทดลองแปลงที่ 1 และพบว่าการตัดแต่งกิ่งเพียงอย่างเดียวไม่พ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช ก็สามารถลดการเกิดโรคได้ใกล้เคียงกันกับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช โดยพบว่ากรรมวิธีพ่นสารป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกาบนใบได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน

จากการตรวจนับปริมาณการเข้าทำลายของมอดเจาะผลกาแฟในแปลงเกษตรกร จำนวน 6 ครั้ง พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกกรรมวิธี และมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยในครั้งที่ 6 พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน + ตัดแต่งกิ่งกาแฟ มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากที่สุด เท่ากับ 96.27% แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีมากที่สุด เท่ากับ 97.85% รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 3 ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดักฟีโรโมน เท่ากับ 93.24% และ กรรมวิธีที่ 2 ตัดแต่งกิ่งกาแฟ + ใช้กับดักฟีโรโมน เท่ากับ 92.71% ตามลำดับ

ซึ่งสอดคล้องกับ ยุพิน และคณะ (2545) และ ประภาพร และคณะ (2556) ที่รายงานไว้ว่า การตัดแต่งกิ่งและใช้เชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) ซึ่งเป็นเชื้อราขาวชนิดหนึ่งที่ใช้ควบคุมมอดกาแฟได้โดยชีวิธีและเป็นมิตรต่อสภาพแวดล้อม พบการเข้าทำลายของมอดกาแฟน้อยกว่ากรรมวิธีอื่นๆ สรุปว่าการควบคุมมอดกาแฟให้ได้ผลดีควรมีการตัดแต่งกิ่งให้ทรงพุ่มกาแฟโปร่งร่วมกับการใช้เชื้อราขาว (*Beauveria bassiana*) เพื่อให้มีผลในการควบคุมในระยะยาว และทำความสะอาดแปลงไม่ปล่อยให้เป็นแหล่งสะสมของมอดกาแฟซึ่งจะทำให้เกิดการระบาดในแปลงปลูกในฤดูกาลต่อไป

ต้นทุนในการดำเนินการพบว่า กรรมวิธีที่ 2 ตัดแต่งกิ่งกาแฟ + ใช้กับดักฟีโรโมน มีต้นทุนน้อยที่สุด เท่ากับ 3,040.00 บาท/ไร่/ปี รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 ใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 + กับดัก ฟีโรโมน เท่ากับ 3,138.40 บาท/ไร่/ปี และ กรรมวิธีที่ 5 สาร Dinotefuran เท่ากับ 3,788.80 บาท/ไร่/ปี ตามลำดับ

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม

(1) ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟ เป็นการประเมินด้วยสายตา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาใช้แผ่นเทียบสี (R.H.S. Colour Chart) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบสารใช้หลักการประเมินเปรียบเทียบตามระบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) พบว่า ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟกะลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมากะเทาะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อยคือ จากสี Blueish-Green เป็นสี Greenish เมื่อเก็บรักษาในถุงทั้งสองชนิดเป็นเวลา 12 และ 15 เดือน และเป็นสี Yellow-Green เมื่อเก็บรักษาในถุงทั้งสองชนิดเป็นเวลา 18 21 และ 24 เดือน ดังนั้นการซื้อขายเมล็ดกาแฟควรมีการซื้อโดยดูจากสีของเมล็ดกาแฟแบบสารมากกว่าการดูจากสีของกาแฟกะลา

(2) ความชื้นของเมล็ดกาแฟ โดยใช้ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ KETT รุ่น PM650 Version 6501 ก่อนเก็บรักษา เมล็ดกาแฟแบบกะลามีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟแบบสารมีความชื้น 12.5 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง

HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอน เป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษาคือจาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์

(3) **ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟ (กาแฟสาร)** ประเมินแบ่งเกรดด้วยตะแกรงคัดแยกขนาดเมล็ด (Coffee test sieve) ตามกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: เมล็ดกาแฟอะราบิกา มกษ. 5701 – 2552 ก่อนเก็บรักษา เมล็ดกาแฟแบบกะลาเมื่อนำมากะเทาะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า มีขนาดเมล็ดกาแฟแบบสารคือ เกรด 1, 2, 3, 4 และ เมล็ดกลม จำนวน 27.9, 50.1, 13.4, 2.4 และ 0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ข้อบกพร่องคิดเป็น 6.3 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า มีความแตกต่างทางสถิติกันในข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 21 และ 24 เดือนตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า มีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

(4) คุณภาพทางประสาทสัมผัส (คุณภาพการชิม) ทดสอบคุณภาพการชิมโดยนักวิชาการของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ที่ผ่านการอบรม โดยนำเมล็ดกาแฟมาคั่วด้วยเครื่องคั่วยี่ห้อ PROBAT รุ่น PRE-1 ELECTRIC ROASTER (พลังงงานไฟฟ้า) ที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนเกิด first crack (เมล็ดกาแฟได้รับความร้อนและมีเสียง) เป็นเวลา 30 วินาที คุณภาพการชิมก่อนเก็บรักษาเมล็ดกาแฟแบบกะลาเมื่อนำมากะเทาะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 76.23 คะแนน จากข้อมูลคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดในแต่ละช่วงเวลาเป็นเวลา 2 ปี พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษาคือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ สำหรับคุณภาพการชิมในแต่ละเดือนพบว่า และมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือนมีคุณภาพการชิมสูงที่สุด รองลงมาคือที่ 15 เดือน และ 9 เดือน คือ 87.94 86.84 และ 82.24 ตามลำดับ

(3) องค์ประกอบทางเคมี ทดสอบโดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด ดำเนินการนำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเฉพาะเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 31 เดือน โดยองค์ประกอบทางเคมีเฉพาะเมล็ดกาแฟที่เก็บในถุง HDPE 2 ชนิดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 31 เดือนพบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในองค์ประกอบทางเคมีในชนิดของถุงที่เก็บรักษา

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา

ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

(1) **ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟในเรือนทดลอง** หลังจากพ่นสารกำจัดวัชพืชตามกรรมวิธีการทดลองที่ระยะ 7 วันหลังพ่นพบว่า สารกำจัดวัชพืช oxadiazon, hexaxinone, flumioxazin และ metribuzine เป็นพิษต่อต้นกาแฟ พบอาการที่ใบไหม้ที่ระยะ 7 วันหลังพ่นสารทำให้ต้นกาแฟใบร่วง แต่ไม่ทำให้

ต้นกาแฟตายและใบที่ออกใหม่ไม่พบอาการความเป็นพิษ ส่วนสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ ไม่เป็นพิษต่อต้นกาแฟ ในด้าน**การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ** พบว่า ทุกกรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ให้ความสูง จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสดไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช ยกเว้น การพ่นสารกำจัดวัชพืช hezaxinone เป็นพิษต่อต้นกาแฟ จึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตต่อต้นกาแฟ จำนวนใบ เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และน้ำหนักสดของต้นกาแฟ แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืช

(2) ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ (ในสภาพแปลง) จากการประเมินความพิษของสารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor ด้วยสายตาที่ระยะ 15 30 45 และ 60 วันหลังพ่นสาร ในแปลงทดลอง อำเภอแม่วาง และอำเภอแม่แจ่ม ไม่พบอาการเป็นพิษต่อต้นกาแฟ แต่ในเรือนทดลองพบว่า สารกำจัดวัชพืช oxadiazon เป็นพิษเล็กน้อยต่อต้นกาแฟ เนื่องจากการพ่นสารกำจัดวัชพืชในสภาพแปลงนั้น หลังจากพ่นแล้วมีฝนตก จึงทำให้ไม่พบความเป็นพิษต่อต้นกาแฟ โดยทั่วไปสภาพพื้นที่ปลูกกาแฟบนดอย เกษตรกรส่วนใหญ่จะปลูกในช่วงหน้าฝน ทำให้ต้นกาแฟได้รับน้ำฝนเพื่อการเจริญเติบโต

(3) ประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช สารกำจัดวัชพืช acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen และ alachlor มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดี โดยเฉพาะสารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของวัชพืชที่พบในแปลงน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช และพบว่าที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืช ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ ในด้านความสูง เส้นรอบวง ความกว้างใบ ความยาวใบ และขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน และกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืช

(4) ผลการวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน จากการวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างในดิน ได้แก่ acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor, oxadiazon, oxyfluorfen, และ alachlor ในตัวอย่างดิน 2 ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร 10-20 เซนติเมตร ก่อนพ่นสารและหลังการพ่นสารตามระยะเวลาหลังการพ่นสาร 0-81 วัน ตรวจวิเคราะห์สารตกค้างพบว่า ก่อนทำการทดลองทั้งสองแปลงไม่พบสารกำจัดวัชพืช oxadiazon และ oxyfluorfen ตกค้างอยู่ในดิน ส่วนสาร acetochlor, pendimethalin, s-metolachlor และ alachlor ก่อนทำการทดลองพบว่ามีการทดลองอยู่ในดินอยู่แล้ว โดยส่วนใหญ่น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม และหลังจากมีใช้สารกำจัดวัชพืชดังกล่าว และวิเคราะห์ผลการตกค้างจนถึงระยะ 80 วันหลังพ่นสาร พบปริมาณการตกค้างในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร หลังการพ่นสารที่ 0 วัน พบปริมาณ 1.84, 0.55, 0.01, 0.03, 0.03, 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ หลังการพ่นสารที่ 80 วัน ปริมาณสารลดลงจนเหลือเท่ากับ 0.01, 0.02, <0.01, <0.01, 0.01, <0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยมีปัจจัยของความชื้นและปริมาณน้ำฝนเป็นตัวแปรที่สำคัญในการตรวจวิเคราะห์พบปริมาณสารตกค้างในดิน

ผลการตรวจวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชชนิดใช้ก่อนวัชพืชงอก (Pre-emergence) ในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอแม่แจ่มของสารกำจัดวัชพืช oxadiazon และ oxyfluorfen ตรวจไม่พบตกค้างในน้ำ acetochlor พบปริมาณ 0.07-0.20 ไมโครกรัมต่อลิตร pendimethalin พบปริมาณ 0.03-0.15 ไมโครกรัมต่อลิตร, s-metolachlor พบปริมาณ ND-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, alachlor พบปริมาณ 0.02-0.07 ไมโครกรัมต่อ

ลิตร ตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำในพื้นที่อำเภอแม่วาง พบสารตกค้างของสารกำจัดวัชพืช acetochlor ปริมาณ 0.02-0.39 ไมโครกรัมต่อลิตร pendimethalin ปริมาณ 0.02-0.69 ไมโครกรัมต่อลิตร, s-metolachlor ปริมาณ ND-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, alachlor ปริมาณ 0.01-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร oxadiazon ปริมาณ 0.01-0.05 ไมโครกรัมต่อลิตร, และ oxyfluorfen ปริมาณ ND-0.04 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยปริมาณการตกค้างของสารโดยส่วนใหญ่ พบปริมาณต่ำๆ น้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม โดยเฉพาะในสารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen, s-metolachlor และ alachlor

ค่าการสลายตัวในดินของสาร คำนวณจากสมการ exponential ของสารพิษที่ตรวจพบและระยะเวลาหลังพ่นสาร ซึ่งได้ ค่า Soil half-life เทียบกับค่า Soil half-life ของ OSU Extension Pesticide Database (NIPC, 1994) ค่าการสลายตัวในดินของสาร half-life ของ acetochlor 15.4 ถึง 34.65 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 15 วัน (NIPC, 1994) DT_{50} (field studies) 12.1 วัน (PPDB, 2007) สารนี้ถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินได้น้อย ซึ่งความคงทนในดินแตกต่างไปตามชนิดของดิน สภาวะแวดล้อมและค่าอินทรียวัตถุในดิน ค่า half-life ของ pendimethalin 17.32-25.67 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 90 วัน DT_{50} (field studies) 100.6 วัน (PPDB, 2007) สารนี้จะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินเหนียวและอินทรียวัตถุในดินได้ดี ไม่ปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดิน ค่า half-life ของ s-metolachlor จากการคำนวณในการทดลองนี้ ได้ 16.11 วัน ค่าการสลายตัวในดิน (field studies) DT_{50} 21 วัน สารกำจัดวัชพืช s-metolachlor อาจปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดิน (PPDB, 2007) ค่า half-life ของ oxadiazon 28.77-33 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 60 วัน (NIPC, 1994) DT_{50} (field) 165 วัน (PPDB, 2007) ค่า half-life ของ oxyfluorfen 38.5-40.76 วัน ค่าการสลายตัวในดิน half-life 35 วัน (NIPC, 1994) DT_{50} (field) 73 วัน (PPDB, 2007) สารนี้จะถูกดูดซับด้วยอนุภาคดินได้ดี ไม่ปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดิน ค่า half-life ของ alachlor 17.33-22.35 วัน half-life 23–66 วัน (Mendes, et al. 2017) ค่าการสลายตัวในดิน DT_{50} (field) 14 วัน (PPDB, 2007) สารนี้มีความคงทนต่ำในดิน (low persistent) การสลายตัวในดินส่วนใหญ่เกิดจากจุลินทรีย์ดิน เคลื่อนย้ายในดินทรายได้ อาจปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดิน (Extoxnet, 1996) สารนี้ถูกยกเลิกการใช้ในประเทศกลุ่มสหภาพยุโรป ตั้งแต่ปี 2006 ในสหรัฐอเมริกาจัดอยู่ในกลุ่มสารกำจัดวัชพืชที่จำกัดการใช้ (Restricted-Use Herbicide) นำดิน มาวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืชตกค้างโดยวิธี Bioassay เก็บดินที่ระยะ 40 และ 60 วันหลังพ่น ระดับความลึกไม่เกิน 15 เซนติเมตร นำมาปลูกข้าวโพด จากการทดลองจะเห็นได้ว่า ปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินในทุกกรรมวิธีไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตต่อข้าวโพด

ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ

(1) ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกต่อต้นกาแฟ พบว่าสารกำจัดวัชพืชในทุกกรรมวิธีการทดลองเป็นพิษต่อต้นกาแฟในระยะ 7 วันหลังพ่นสาร โดยมีความเป็นพิษเล็กน้อยจนถึงเป็นพิษในระดับปานกลาง สารกำจัดวัชพืชในกรรมวิธีการทดลองโดยส่วนใหญ่เป็นพิษเล็กน้อยโดยทำให้ใบกาแฟเป็นแผลเป็นจุดเหลือง (chlorosis) ไม่ทำให้ใบไหม้ แต่พบสารกำจัดวัชพืชที่เป็นพิษปานกลางได้แก่ fluazifop-p-butyl + flumioxazin , clethodim + flumioxazin , quizalofop-p-tefuryl + flumioxazin, fenoxaprop-p-ethyl + flumioxazin , glufosinate + flumioxazin , propaquizafop + flumioxazin และ haloxyfop-R-mehtyl + flumioxazin ทำให้ต้นกาแฟใบไหม้ และแห้งตาย หลังจากนั้นที่ระยะ 30 หลังพ่นสารกำจัดวัชพืช ทุกกรรมวิธีการทดลองไม่พบอาการเป็นพิษ ใบที่งอกขึ้นมาใหม่มีการเจริญเติบโตเป็นปกติ จะเห็นได้ว่าคู่ผสมที่มีสารกำจัดวัชพืช

flumioxazin เป็นพิษรุนแรงสูงกว่าคู่ผสมที่มีสารกำจัดวัชพืช fomesafen และ oxyfluorfen **ผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ** พบว่า ทุกกรรมวิธี ความสูง และ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ขนาดทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จำนวนใบและน้ำหนักสด แตกต่างกันทางสถิติ โดยพบว่า กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช fluazifop-p-butyl + flumioxazin มีจำนวนใบต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ และแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีการพ่นสาร quizalofop-p-tefuryl + fomesafen, fenoxaprop-p-ethyl + fomesafen, propaquizafop + fomesafen และ propaquizafop + flumioxazin และกรรมวิธีการพ่นสาร fluazifop-p-butyl + flumioxazin ให้น้ำหนักสดต้นกาแฟน้อยกว่าอย่างมีนัยสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ

(2) ความเป็นพิษของสารกำจัดวัชพืชต่อต้นกาแฟ (ในแปลง) จากการประเมินความเป็นพิษต่อต้นกาแฟในการพ่นสารกำจัดวัชพืชโดยพ่นสารกำจัดวัชพืช 3 ครั้งในปี พ.ศ. 2561 ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม -ธันวาคม ซึ่งช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงฤดูฝน พบว่า ที่ระยะ 15 วันหลังพ่นสารกำจัดวัชพืช มีความเป็นพิษต่อต้นกาแฟโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับเล็กน้อยจากการประเมินด้วยสายตา ซึ่งแสดงอาการใบไหม้บางส่วนบนผิวใบ ยกเว้นสาร กำจัดวัชพืช glyphosate และ paraquat แสดงอาการเป็นพิษรุนแรง ทำให้ต้นกาแฟใบไหม้ทั้งต้น เนื่องจากในขณะที่พ่นนั้นละอองสารไปสัมผัสกับต้นกาแฟ เช่นเดียวกับการพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่น แต่หลังจากนั้นที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร ไม่พบอาการเป็นพิษ ยกเว้นการพ่นสารกำจัดวัชพืช glyphosate ยังพบอาการเป็นพิษต่อต้นกาแฟแสดงอาการความเป็นพิษอยู่ในระดับปานกลาง โดยใบอ่อนของต้นกาแฟที่เจริญเติบโตที่ขึ้นมาใหม่ใบเหลืองและใบมีขนาดเล็ก และในปี พ.ศ. 2562 ได้ทำการพ่นสารกำจัดวัชพืชอีก 3 ครั้งในช่วงเดือนมิถุนายน-ธันวาคม พ.ศ. 2562 พบว่า ให้ผลการทดลองเช่นเดียวกันในปี 2561 ทั้ง 2 แปลง

(3) ประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืชของสารกำจัดวัชพืช 30 และ 60 วันหลังพ่นสาร พบว่า การพ่นสารกำจัดวัชพืชในปี 2561 และ 2562 ให้ผลไปในทางเดียวกัน พบว่า กรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร เช่นเดียวกับการพ่นสารเปรียบเทียบ glyphosate, paraquat และ glufosinate-amonium ส่วนสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในกรรมวิธีการทดลองโดยส่วนใหญ่มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ปานกลาง ที่ระยะ 30 หลังพ่นสาร และที่ระยะ 60 วันหลังพ่นสาร มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชลดลงที่ระดับเล็กน้อยเท่านั้น สอดคล้องกับน้ำหนักแห้ง พบว่ากรรมวิธีการพ่นสาร glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีน้ำหนักแห้งของวัชพืชน้อยกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีกำจัดวัชพืชด้วยแรงงาน **การเจริญเติบโตของต้นกาแฟ** พบว่ากรรมวิธีการพ่นสารกำจัดวัชพืช paraquat และ glyphosate ให้เส้นรอบวง และขนาดทรงพุ่ม ต่ำกว่ากรรมวิธีที่มีพ่นสารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นในการทดลอง และไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีไม่พ่นสารกำจัดวัชพืชในการให้ขนาดเส้นรอบวงของลำต้นกาแฟ ทั้งนี้ glyphosate และ paraquat เป็นสารกำจัดวัชพืชไม่เลือกทำลาย (nonselective herbicides และจากการทดลองการใช้สารกำจัดวัชพืช glufosinate+fomesafen และ glufosinate+oxyfluorfen ทั้ง 2 ปี ให้ความสูง เส้นรอบวงลำต้น และขนาดทรงพุ่ม มากกว่าการใช้สารกำจัดวัชพืชชนิดอื่นๆ

(4) การวิเคราะห์สารพิษตกค้างของสารกำจัดวัชพืชในดิน พบว่า สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกของกาแฟ ในสภาพแปลงที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้ง 2 แปลง ในอำเภอแม่แจ่ม และอำเภอขุนวาง จังหวัดเชียงใหม่ พบการตกค้างของสารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen สูงที่สุด หลังการพ่นครั้งที่ 5 ที่ 0 วัน ปริมาณ

115.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในแปลงกาแฟอำเภอแม่แจ่ม สอดคล้องกับรายงานการสลายตัวของสาร oxyfluorfen ในสิ่งแวดล้อม ซึ่งสารชนิดนี้จะดูดซึมได้ดีในดิน และเกิดการสลายตัวอย่างช้าๆ มีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 5 – 55 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ (Turner, 2018) ในทางตรงกันข้าม แปลงอำเภอขุนวาง พบการตกค้างปริมาณ 9.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สืบเนื่องมาจากฝนตกหลังจากทำจากพ่นสาร ทำให้สารเกิดการชะล้าง เนื่องจากสภาพพื้นที่แปลงปลูกกาแฟมีความลาดเอียง จึงเป็นไปได้ที่จะเกิดการเคลื่อนย้ายสารกำจัดวัชพืชจากพื้นที่เพาะปลูกรอบๆ ที่มีการใช้สารดังกล่าวลงสู่แปลงปลูกที่มีความลาดต่ำกว่า นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากการชะละลาย หรือการไหลบ่าของน้ำจากบริเวณแปลงปลูกกาแฟ หรือซึมละลายไปกับน้ำในดินลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ยังตรวจพบสาร fomesafen ปริมาณสูงทั้ง 2 แปลง หลังการพ่นครั้งที่ 3 ที่ 0 วัน ปริมาณ 73.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการสลายตัวของสาร fomesafen ในสิ่งแวดล้อม จะเกิดการสลายตัวอย่างช้าๆ ในสภาวะไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าครึ่งชีวิตมากกว่า 6 เดือน (Turner, 2018)

(5) ศึกษาผลตกค้างสารกำจัดวัชพืชในดิน โดยวิธี Bioassy ไม่พบว่าปริมาณสารกำจัดวัชพืชที่ตกค้างอยู่ในดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านความสูง และน้ำสดของต้นข้าวโพด ถั่วเขียว และมะเขือเทศ เนื่องจากผลจากการทดลอง แสดงให้เห็นว่ากรรมวิธีที่มีการพ่นสารกำจัดวัชพืช ให้ความสูง และน้ำหนักสดของต้นข้าวโพด ถั่วเขียว และมะเขือเทศ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีไม่กำจัดวัชพืชและกรรมวิธีใช้แรงงาน จากการทดลองสามารถที่จะแนะนำให้เกษตรกรปลูกข้าวโพด มะเขือเทศเพื่อหารายได้ และสามารถปลูกพืชตระกูลถั่วเพื่อการบำรุงดิน ในช่วงที่ที่กาแฟยังไม่ให้ผลผลิต แต่ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ลักษณะของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณน้ำฝน การชะล้าง แสงแดด และจุลินทรีย์ในดิน ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อการสลายตัวของสารกำจัดวัชพืช ซึ่งจะมีผลต่อการปลูกพืชชนิดอื่นหลังจากใช้สารกำจัดวัชพืชไปแล้ว (Sondhia, 2014) จากการทดลองของ Buhler และ Burnside (1984) ศึกษาการเจริญเติบโตของ ข้าวโพด และถั่วเหลือง ที่ปลูกในสภาพดินที่พ่นสาร fluazifop-Butyl, haloxyfop-Methyl, sethoxydim ทันที่โดยใช้ในข้าวโพดอัตรา 16, 8 และ 32 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ และในถั่วเหลืองอัตรา 32, 32 และ 32 กรัมสารออกฤทธิ์ต่อไร่ ตามลำดับ พบว่าสาร fluazifop-Butyl ยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวโพด 57% และถั่วเหลือง 4 % ส่วน haloxyfop-Methyl ยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวโพด 38% แต่ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของถั่วเหลือง ส่วน sethoxydim ยับยั้งการเจริญเติบโตของข้าวโพด 38% และถั่วเหลือง 2%

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

1. การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกา โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างกิ่ง ใบ และผลกาแฟที่แสดงอาการโรค จากพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน ลำปาง เลย และ เพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง นำมาแยกเชื้อ พิสูจน์โรคศึกษาลักษณะทางสัณฐานและศึกษาชีววิทยา ผลการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้ทั้งหมด 14 ไอโซเลต เมื่อนำมาพิสูจน์โรคโดยการปลูกเชื้อให้กับต้นกล้ากาแฟ ต้นกล้ากาแฟเริ่มแสดงอาการแผลสีดำหลังปลูกเชื้อได้ 5 วัน ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาร่วมกับการใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980,1992)และวิรัชและคณะ (2528) จึงจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกาที่ได้ทำการศึกษาครั้งนี้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. ในครั้งนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะทางสัณฐานในการจำแนกชนิด ซึ่งพบปัญหาในการจำแนก เนื่องจากรา *Colletotrichum* spp. บางไอโซ

เลต มีลักษณะของโคโลนีแตกต่างกันแต่รูปร่างของโคนิเดียเหมือนกัน และบางไอโซเลตมีลักษณะของโคโลนีไม่แตกต่างกัน แต่โคนิเดียมีรูปร่างแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำเทคนิคทางอนูชีววิทยาเข้ามาช่วยในการจัดจำแนกชนิดรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกาที่รวบรวมจากต่างสถานที่และความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน เพื่อสนับสนุนให้ข้อมูลของชนิดหรือสายพันธุ์ของเชื้อรามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกา ในการศึกษาพบว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสทุกกรรมวิธี สามารถควบคุมโรคได้ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการจัดการตัดแต่งกิ่งมีผลใกล้เคียงกับการใช้สารป้องกันกำจัด ส่วนอาการบนผลจะพบมากในช่วงใกล้การเก็บเกี่ยว สารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกาบนใบได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การทดลองการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน พบว่า ทั้งในพื้นที่แปลงกาแฟอะราบิกาของเกษตรกร อ.แม่ริม และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ ตัดแต่งกิ่งกาแฟมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟดีที่สุด รองลงมาคือ การตัดแต่งกิ่งกาแฟ ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดดังกล่าวเป็นการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด เพื่อก้าวสู่การผลิตกาแฟแบบอินทรีย์ ยกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟ สร้างมูลค่าเพิ่ม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และควรร่วมมือกันทำการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในทุกพื้นที่อย่างจริงจัง ถูกต้อง ถูกวิธี และถูกเวลา เพื่อลดการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟที่จะระบาดในรุ่นต่อๆ ไป

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม โดยศึกษาลักษณะสี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟกะลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมากะเทาะเป็นเมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อย

ความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลา พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอน เป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษาคือจาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกาแฟสาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความ

แตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบสารที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.65 และ 1.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา

ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันในข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 - 24 เดือน และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

คุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติในเรื่องของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษาคือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ และมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีคุณภาพการชิมสูงที่สุด ในชนิดของถุงที่เก็บรักษาเมื่อ 31 เดือนวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา: ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้สารกำจัดวัชวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ควรที่จะทำการศึกษาก่อนว่าพื้นที่นั้นเดิมที่มีวัชพืชประเภทใบแคบหรือประเภทใบกว้างเป็นหลัก หากพบว่ามีวัชพืชใบแคบเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช acetochlor เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชพืชใบแคบได้ดีกว่าใบกว้าง และหากพบวัชพืชในพื้นที่นั้นมีวัชพืชใบกว้างเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชพืชใบกว้างได้ดีกว่าใบแคบและ**การ**ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ โดยใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสาร acetochlor และ oxyfluorfen ในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และ 10-20 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงหลังจากพ่นที่ระยะ 81 วัน พบปริมาณ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณสารตกค้างทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และจากการตรวจสารตกค้างในดินพบว่ามีปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารในระดับต่ำ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

ศูนย์วิทยทรัพยากร

โครงการวิจัยที่ 4

วิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

Research and Development of Coffee Post-harvest and Processing

ชื่อผู้วิจัย

ปรีชา อานันท์รัตนกุล[1] จิรวัสส์ เจียตระกูล[1] มานพ รักญาติ[2] สถิตย์พงศ์ รัตนคำ[2]
วิบูลย์ เทเพนทร์[1] เกรียงศักดิ์ นักผูก[2] อนุชิต ฉ่ำสิงห์[1] ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ[3]
ปานฤทัย นพชินวงศ์[3] นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล[1] สนอง อมฤกษ์[2]

Preecha Ananrattanakul[1] Jirawat Chiatrakul[1] Manop Rakyat[2] Sattipong Rattanakhum[2]
Viboon Thepent[1] Kiangsak Nukpook[2] Anuchit Chamsing[1] Chatnapa Khomarwut[3]
Parnhathai Nopchiwong[4] Nitat Tangpinitkul[1] Sanong Amroek[2]

คำสำคัญ

อะราบิกา เครื่องเก็บเกี่ยวผลกาแฟ เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือก เครื่องขัดล้างเมือก แปรรูปสดกาแฟ

arabica, coffee harvester, green coffee separator, coffee huller, de-muciager, cherry coffee processing

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกรมีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพและเหมาะสมกับเกษตรกรประกอบด้วย 4 กิจกรรมได้แก่ **1) ศึกษาและพัฒนาต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด** ผลการศึกษาได้ต้นแบบต้นแบบประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ผลการทดสอบมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ ร้อยละ 1.33 เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า **2) วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน** มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดแยกผลกาแฟอ่อนก่อนที่จะนำผลกาแฟไปสีเปลือกสด เครื่องที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบรีดผลกาแฟให้ผ่านรูตะแกรง โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ และแยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง สามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ใช้มอเตอร์ 1.5 แรงม้าเป็นต้นกำลัง **3) วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร** มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกาให้เหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ผลการทดสอบมีอัตราการทำงานในการขัดเมล็ดกะลาเมือก 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง คิดเป็นผลสดประมาณ 1,300 กิโลกรัมต่อ

ศูนย์วิทยทรัพยากร

ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดปราศจากเมือก สามารถนำไปตากได้ทันที **4) วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร** เป็นการนำเครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นมาประกอบเป็นชุดให้ทำงานต่อเนื่อง ประกอบด้วยเครื่องคัดผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดกะลาเมือก และเครื่องขัดเมือก ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตร/ชั่วโมง.

---

[1]
[2] สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
[3] ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่ กรมวิชาการเกษตร ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
[4] ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ต.แม่เหียะ อ.เมือง จ.เชียงใหม่
ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร 70 หมู่ 2 ตำบลวิสัยใต้ อำเภอสวี จังหวัดชุมพร

Abstract

The objective of this project was to developed phototypes of machinery for postharvest and processing of Arabica coffee for farmer.This project consisted of of 4 activities1**)Study and develop a prototype for coffee harvester by striping**. The results showed that the prototype consists of two 100 mm long rotary stripper shafts rotating in opposite direction. Shaft mount with 2 wire for strip coffee cherries off. Prototype operates at linear speed 4.18 m/s and transmits by gear trains, Power by 12-volt battery. Test result showed that average working capacity of the stripper was 85.19 kg/hr, loss 1.47%. The stripper was faster than the hand stripping 2.04 times.**2)Research and Development of Green Coffee Separator**. The aim of this activity was developed to separate green cherry from ripe cherry before the pulping process. In operation, coffee cherry was pressed against the slotted perforations. The softer ripe cherry was forced through the slotted perforations while the harder green cherry was conveyed along with the cylinder roller to the exit port at the end of housing. The Machine can separate 90.50% of the green cherry with average working capacity of 929.62 kg/hr. and use 1.5 HP motor as power source. **3)Research and Development of Arabica coffee De-mucilage Machine for Farmer Group**. The prototype of the coffee de-mucilage machine was developed to more efficient and suitable for farmer group level. The evaluation result shows a capacity of 701 kg/hr, mucilage parchment equivalent to around 1,300 kg/h fresh cherry, 1.9 per cent of damage kernel and readily to sun drying. **4)Research and development of fresh fruit Arabica coffee processing machinery.** The objective of this experiment is to research and develop prototype machine for post-harvest and processing fresh Arabica coffee to be more efficient, cheap, able to produce good quality coffee beans and suitable for farmers.The processing machinery consisting of Green coffee separator, pulping machine, coffee bean cleaning machine, and de-mucilage machine. Test results showed that the average work rate was 802.65 kilograms of fresh fruit per

กรมวิชาการเกษตร

hour. The fracture of coffee bean after de-mucilage is 2.63%, the average water consumption is 1.65 m^3/hr

---

[1] Agricultural Engineering Research Intitute, Department of Agriculture, Bankok.
[2] Agricultural Engineer Research Center Chiang Mai, Department of Agriculture, Mae Hea, Muaeng, Chiang Mai.
[3] Chiang Mai Royal Agricultural Research Center, Mae Hea, Muaeng, Chiang Mai.
[4] Chumphon Horticultural Research Center, 70 Moo 2 Wisai Tai, Sawi, Chumphon

บทนำ

การผลิตกาแฟคุณภาพที่ดีและตรงตามความต้องการของผู้บริโภค ต้องมีการผลิตที่ถูกต้องและเหมาะสมตั้งแต่ การปลูก การเก็บเกี่ยว การทำกาแฟสาร การคัดคุณภาพ ตลอดจนถึงการเก็บรักษา สำหรับประเทศไทยขบวนการผลิตกาแฟสารอะราบิกายังมีปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไข เช่น ต้นทุนในการผลิต คุณภาพและปริมาณผลผลิต ผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมจากขบวนการผลิต เป็นต้น การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมีความจำเป็นต้องทำอย่างเป็นระบบทั้งกระบวนการ การนำเครื่องจักรกลเข้ามาประยุกต์ใช้สามารถลดขั้นตอนและต้นทุนการผลิต รวมทั้งทำให้คุณภาพของกาแฟสารดีขึ้น

โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร ดำเนินการปี 2559-2562 ภายใต้แผนบูรณาการงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชสวนอุตสาหกรรม มีวัตถุประสงค์เพื่อวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาให้มีประสิทธิภาพ ราคาถูกสามารถผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ และเหมาะสมกับระดับเกษตรกรที่ ประกอบด้วย 4 กิจกรรมได้แก่

1) ศึกษาและพัฒนาต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด
2) วิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน
3) วิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร
4) วิจัยและพัฒนาต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

มุ่งเน้นการออกแบบพัฒนาเครื่องจักรกลสำหรับกระบวนการแปรรูปกาแฟผลสดให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟขนาดเล็กที่มีเงินทุนน้อย ปริมาณผลผลิตไม่มาก รวมทั้งแหล่งน้ำอาจมีจำกัด ควรเป็นแบบที่สามารถใช้งานและบำรุงรักษาได้ง่าย มีประสิทธิภาพ ราคาถูก ใช้แรงงานน้อย และจำกัดขนาดต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้าต้องไม่เกิน 3 แรงม้า นอกจากนี้ต้องมุ่งเน้นให้มีการใช้น้ำช่วยในกระบวนการผลิตน้อย ทำให้เครื่องสามารถใช้งานได้แม้ว่าสถานที่ตั้งจะมีแหล่งน้ำจำกัด เกษตรกรสามารถลงทุนได้ ช่วยส่งเสริมให้มีการแปรรูปผลิตเมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพโดยรวม และเป็นการเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร

ระเบียบวิธีการวิจัย

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

วิธีการ

1) ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม
2) ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

3) ทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

4) ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

เวลาและสถานที่ ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

- ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมเชียงใหม่
- ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)
- แปลงเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย
- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน

วิธีปฏิบัติการทดลอง

การทดลองนี้ ออกแบบสร้าง ทดสอบ และปรับปรุงต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว นำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปรรูปสดกาแฟเพื่อผลิตเมล็ดกาแฟคุณภาพ โดยคัดแยกผลกาแฟคุณภาพต่ำ ได้แก่ ผลอ่อน ผลเขียว และอาจรวมทั้งผลกาแฟเสียที่ลอยน้ำออกก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการลอกเปลือก

1. ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแฟ โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะอ่อนนิ่มกว่าผลกาแฟอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรีดผลกาแฟ และแบบตีผลกาแฟ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

<u>แบบรีดผลกาแฟ</u> ประกอบด้วยลูกกลิ้งรีดผลกาแฟทรงกระบอก ติดริ้วหรือครีบตามความยาว ลูกกลิ้งหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร (พิจารณาจากขนาดเมล็ดกะลาเมือกและผลกาแฟ) หลักการทำงานผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกลูกกลิ้งรีดให้ลอดผ่านช่องตะแกรง โดยผลกาแฟสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดกะลาเมือกปลิ้นออกจากเปลือก ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง

<u>แบบตีผลกาแฟ</u> ประกอบด้วยลูกกลิ้งหมุน มีลักษณะทรงกระบอกติดครีบตามความยาว ทำหน้าที่ตีผลกาแฟไปกระทบกับผนัง ผลกาแฟสุกซึ่งมีลักษณะนิ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแฟอ่อนที่มีลักษณะแข็งจะกระดอนกลับไปไกลกว่า แผ่นกั้นช่องแยกผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน และระยะห่างระหว่างลูกกลิ้งตีผลกาแฟกับผนังกระทบสามารถปรับระยะได้

1) ทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

2) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของต้นแบบทั้งสองแบบ คือ แบบรีดผลกาแฟ และแบบตีผลกาแฟ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการคัดแยก ความสามารถในการทำงาน และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยปัจจัยศึกษาสำหรับแบบรีดผลกาแฟ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแฟ และแบบช่องเสื้อตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน) ปัจจัยศึกษาสำหรับแบบตีผลกาแฟ ได้แก่ ความเร็วของลูกกลิ้งตีผลกาแฟ ระยะห่างของผนังกระทบ และระยะห่างช่องแผ่นกั้นระหว่างผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

3) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย เลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

4) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักผลกาแฟก่อนและหลังการคัดแยกผลอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ
- เวลาที่ใช้ในคัดแยกผลกาแฟอ่อนด้วยเครื่องต้นแบบ
- คุณภาพผลกาแฟหลังการคัดแยก
- น้ำหนักผลกาแฟอ่อนที่ปนในผลกาแฟสุกหลังการคัดแยก
- น้ำหนักผลกาแฟสุกที่ปนในผลกาแฟอ่อนหลังการคัดแยก
- กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
- ความเร็วของลูกกลิ้งรีดผลกาแฟ และลูกกลิ้งรีดผลกาแฟ (เมตรต่อวินาที)

ระยะเวลา เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561

สถานที่ทำการทดลอง

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ขุนวาง
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

วิธีดำเนินการ

1) ออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง โดยป้อนกาแฟเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกาแฟรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแฟจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านนอกสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมือกได้

2) ทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

3) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการขัดล้างเมือก คุณภาพเมล็ดกาแฟกะลา ความสามารถในการทำงาน อัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน และปริมาณการใช้น้ำ โดยทำการทดลองเปรียบเทียบปัจจัยศึกษาต่างๆ จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

ความเร็วของแกนขัด 3 ระดับ ระหว่าง 3 - 5 เมตรต่อวินาที

ความยาวก้านกวนเมล็ด 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร

จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร)

ก้านกวนเมล็ดแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม

ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาหลังขัดล้างเมือก

4) ปรับปรุงต้นแบบและทดสอบการ ใช้งานในพื้นที่เป้าหมาย โดยเลือกต้นแบบที่มีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากผลทดสอบมาทำการปรับปรุง และทดสอบการใช้งานระยะยาว

5) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล

น้ำหนักผลกาแฟสุกก่อนทำการลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
เวลาที่ใช้ในลอกเปลือกด้วยเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสด
น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือกและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือกแตก
เวลาที่ใช้ในขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือก
น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ
คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแตกหลังการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ
ปริมาณน้ำที่ใช้ในการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ
กระแสไฟฟ้าใช้ในการขัดล้างเมือกด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)
ความเร็วของแกนขัดล้างเมือกต้นแบบ (เมตรต่อวินาที)
ระดับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมือกแล้ว (มิลลิเมตร)

ระยะเวลาดำเนินงาน

เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2558 - กันยายน 2561

สถานที่ทำการวิจัย

กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ขุนวาง
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย
กลุ่มเกษตรกรในพื้นที่เป้าหมาย

กิจกรรมที่ 4 วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

วิธีปฏิบัติการทดลอง

1) ออกแบบสร้างต้นแบบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟ มีส่วนประกอบดังนี้
   - เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนต้นแบบจากการทดลองที่ 2 ใช้คัดแยกผลกาแฟอ่อนออกจากกาแฟสุก
   - เครื่องลอกเปลือกผลสด โดยเลือกใช้เครื่องที่ผลิตในประเทศที่มีประสิทธิภาพ และเกษตรกรนิยมใช้ (โรงงานเพชรศรี จังหวัดชุมพร) ใช้ลอกเปลือกผลสด ได้เมล็ดกะลาเมือก ส่วนเปลือกถูกแยกออกไป
   - เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก ออกแบบให้มีขนาดเหมาะสม เป็นแบบทรงกระบอกหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 380 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 800 มิลลิเมตร ทำด้วยเหล็กแผ่นตะแกรง ขนาดรู 8 x 20 มิลลิเมตร ใช้สำหรับคัดแยกกาแฟหลังจากผ่านเครื่องลอกเปลือก เพื่อคัดแยกผลที่ไม่ถูกลอกเปลือกและเปลือกบางส่วน ออกไปจากเมล็ดกะลาเมือก ซึ่งเมล็ดกะลาเมือกจะไหลลงสู่เครื่องขัดล้างเมือกต่อไป
   - เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ต้นแบบจากการทดลองที่ 3 ได้เมล็ดกะลาชื้นที่พร้อมนำไปตากแห้ง
   - ออกแบบสร้างโครงสร้างสำหรับยึดประกอบเครื่อง
2) ติดตั้งต้นแบบทดสอบการใช้งานบันทึกข้อมูล คุณภาพของเมล็ดกาแฟ ความสามารถในการทำงาน ปริมาณการใช้น้ำ และอัตราการสิ้นเปลืองพลังงาน

กรมวิชาการเกษตร

3) ปรับปรุงแก้ไขทดสอบการใช้งานในพื้นที่ และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเปรียบเทียบกับวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ

4) วิเคราะห์ผลการทดสอบและสรุปผล

การบันทึกข้อมูล

- น้ำหนักและคุณภาพของผลกาแฟสุก
- เวลาที่ใช้ในการแปรรูปด้วยต้นแบบชุดเครื่องจักรกลแปรรูปผลสดกาแฟระดับเกษตรกร
- น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาเมือกแตกหลังการลอกเปลือก
- น้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาหลังการขัดล้างเมือก
- คุณภาพและน้ำหนักของเมล็ดกาแฟกะลาแตกหลังการขัดล้างเมือก
- ปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยต้นแบบ
- กระแสไฟฟ้าใช้ในกระบวนการแปรรูปด้วยต้นแบบ (แอมแปร์)
- ค่าใช้จ่ายในการแปรรูปกาแฟผลสดตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติและการแปรรูปด้วยต้นแบบ
- คุณภาพเมล็ดกาแฟจากการแปรรูปกาแฟผลสดตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติและการแปรรูปด้วยต้นแบบ

ระยะเวลา เริ่มดำเนินการวิจัย ตุลาคม 2560 - กันยายน 2562

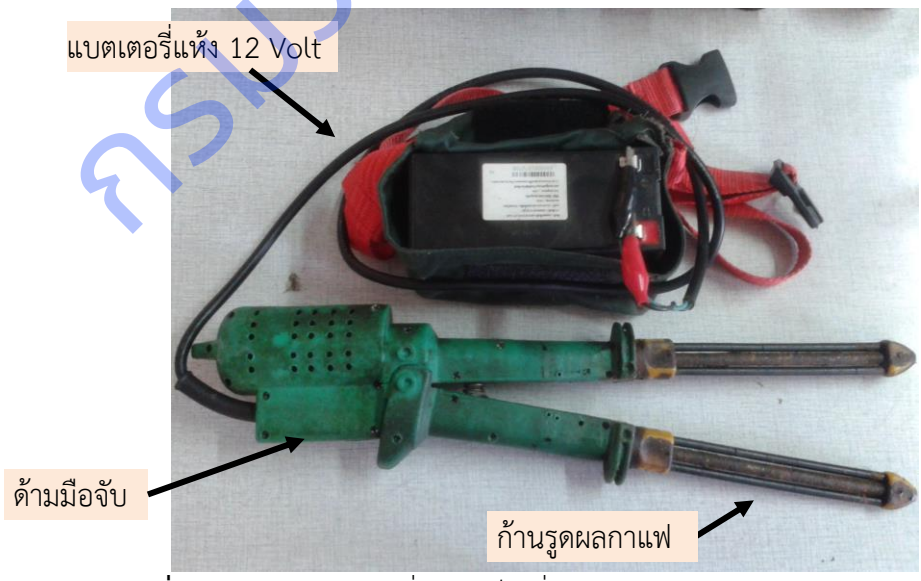
สถานที่ทำการทดลอง

- กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี
- ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ขุนวาง

ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาและพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด

1. ศึกษาและทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดแบบพกพาของเวียดนาม



ภาพที่ 4.1 ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม

กรมวิชาการเกษตร

เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม (ภาพที่ 1.1) มีก้านหมุน 2 ก้าน หมุนในทิศทางตรงข้าม การใช้งานเครื่องให้ก้านหมุนทั้งสอง คร่อมกิ่งผลกาแฟบีบก้านหมุน 2 ก้านเข้าหากันแล้วรูดเครื่องเข้าหาตัวผู้ใช้งาน ตรงขั้วก้านหมุนมีสปริงทำหน้าที่ให้ก้านหมุนคืนตัวในขณะบีบและปล่อย ขนาดก้านรูดผลกาแฟกว้าง 21 มิลลิเมตร ยาว 14 เซนติเมตร ปลายเหลม ด้านข้างทั้งสองของชุดรูดผลกาแฟติดเส้นพลาสติกสีดำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร สวมอยู่บนเพลากลม ขณะที่เครื่องทำงานพลาสติกสีดำจะช่วยลดแรงกระแทกระหว่างก้านหมุนกับผลกาแฟ เครื่องขับด้วยมอเตอร์กระแสตรงรอบหมุน 13,500 รอบต่อนาที กำลังขนาด 6 วัตต์ แรงดันไฟฟ้า 12 โวลต์ ส่งต่อกำลังด้วยเพลาพลาสติกขับเฟืองก้านรูดผลกาแฟอัตราทด 1:3 ก้านรูดผลกาแฟหมุนด้วยความเร็วรอบ 4,500 รอบต่อนาที แหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ความจุแบตเตอรี่ 9 แอมแปร์-ชั่วโมง ตัวเครื่องรูดผลกาแฟมีน้ำหนัก 0.9 กิโลกรัม ส่วนแบตเตอรี่กับสายสะพายมีน้ำหนัก 3.1 กิโลกรัม

จากนั้นได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดของเวียดนาม ไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ทดสอบความสามารถการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน ความสูงต้นกาแฟ 1.5-2 เมตร ระยะห่างระหว่างต้นกาแฟ 3 เมตร วิธีการเก็บเกี่ยวใช้ที่รองรับกว้าง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร สูง 0.60 เมตร รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยว (ภาพที่ 1.2) จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ

ภาพที่ 4.2 ที่รองรับผลกาแฟขณะทำการเก็บเกี่ยว

กรมวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 4.1 ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวของเวียดนามเปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน

ซ้ำ	เครื่องเวียดนาม		คนเก็บ	
	ความสามารถ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	สูญเสีย %	ความสามารถ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)	สูญเสีย %
1	85.20	37.68	64.20	1.06
2	89.40	38.37	55.80	1.70
3	94.80	39.56	81.60	0.48
4	90.00	39.67	67.20	0.35
5	93.00	39.46	55.80	1.09
6	91.80	39.22	61.80	0.95
7	82.80	39.01	79.20	0.94
8	80.40	38.81	57.00	0.75
9	83.40	38.97	79.80	0.69
10	78.00	39.23	72.60	0.24
เฉลี่ย	86.88	39.00	67.50	0.83

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟด้วยวิธีรูดของเวียดนาม เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 86.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ขณะทำการเก็บเกี่ยวมีผลผลิตสูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 39เปอร์เซ็นต์ คนเก็บมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 67.50 กิโลกรัมต่อชั่วโมง อัตราการสูญเสียเท่ากับ 0.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถการทำงานเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บประมาณ 1.29 เท่า แต่ขณะเก็บเกี่ยวมีผลผลิตกระเด็นออกนอกที่รองรับค่อนข้างมาก จึงได้ออกแบบสร้างหน้ากากกันผลกาแฟกระเด็น โครงสร้างหน้ากากทำจากเหล็กบาง ม้วนพับขึ้นรูป ตำแหน่งด้านหน้าและด้านหลังหน้ากากติดม่านพลาสติกใสครอบทั้ง 2 ก้าน ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 1.4 กิโลกรัม (ตารางที่ 4.1)

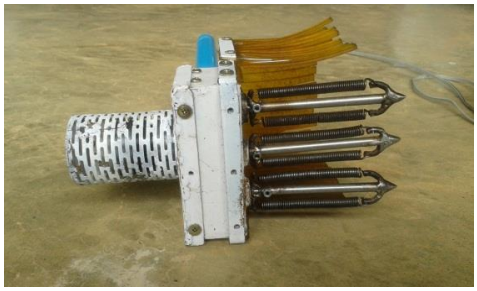
ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ. ชุมพร จับเวลาการเก็บเกี่ยวผลกาแฟครั้งละ 10 นาที จำนวน 10 ซ้ำ เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 46.7 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีอัตราการสูญเสีย 1.47 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 36.48 กิโลกรัมตอชั่วโมง อัตราการสูญเสีย 0.83 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถการทำงานสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า และเครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแฟตลอดเวลาขณะเก็บเกี่ยว

2. ออกแบบพัฒนาสร้างต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟของเวียดนามปรับปรุงแก้ไข พบว่าเครื่องมีความสามารถสูงกว่าคนเก็บ 1.28 เท่า แต่เครื่องยังมีข้อบกพร่อง คือ ผู้ใช้งานเครื่องเกิดความเมื่อยล้าเนื่องจากต้องบีบก้านรูดผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยวตลอดเวลา จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างต้นแบบเบื้องต้น (ภาพที่ 4.3) เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าว จากการทดสอบการใช้งานเบื้องต้นเครื่องยังมีข้อบกพร่องบางประการที่ต้องปรับปรุง แก้ไข เช่น ระบบต้นกำลัง ระบบส่งต่อกำลัง และก้านรูดผลกาแฟมีจำนวนมากเกินไปทำให้การเก็บเกี่ยวไม่คล่องตัว

กรมวิชาการเกษตร

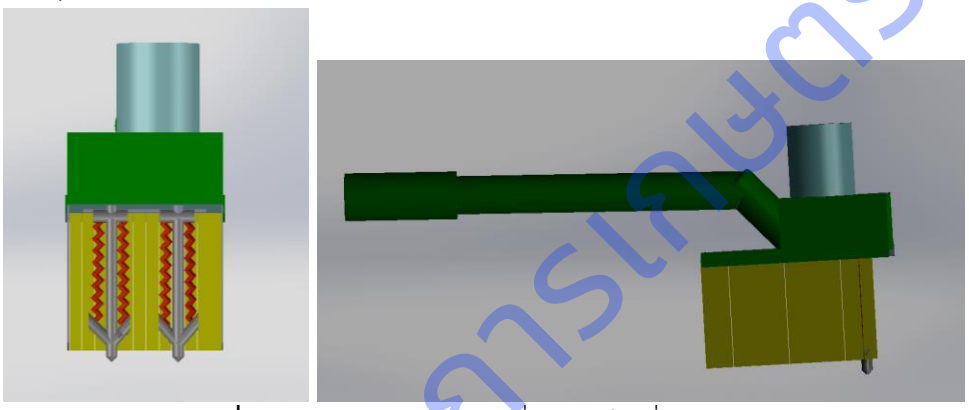
ภาพด้านข้าง



ภาพด้านหน้า

ภาพที่ 4.3 ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูดต้นแบบเบื้องต้น

จากข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบเบื้องต้น จึงได้ทำการออกแบบพัฒนาและสร้างเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ (ภาพที่ 4.4)



ภาพที่ 4.4 ออกแบบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟด้วยวิธีรูด

ส่วนประกอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด หมายเลข 1 แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ หมายเลข 2 สายสะพายแบตเตอรี่ หมายเลข 3 สวิตซ์ไฟ หมายเลข 4 ด้ามจับ หมายเลข 5 มอเตอร์กระแสตรง หมายเลข 6 ก้านรูดผลกาแฟแบบใช้สปริงดึง ตัวเครื่องมีน้ำหนัก 0.95 กิโลกรัม

3. ทำการทดสอบเบื้องต้น แก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องต้นแบบ

เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จได้นำเครื่องไปทดสอบเพื่อหาความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมสำหรับใช้เก็บเกี่ยวผลกาแฟ ทำการทดสอบที่ความเร็วเชิงเส้น 2.62, 3.14, 3.67, 4.18 และ 4.71 เมตรต่อวินาที พันธุ์กาแฟที่ใช้ทดสอบเลือกใช้พันธุ์อะราบิกา เนื่องจากขั้วผลจะเหนียวกว่าพันธุ์อะราบิกา การทดสอบใช้วิธีรูดกิ่งผลกาแฟที่สุกแก่ทั้งกิ่ง นับผลกาแฟก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว โดยเลือกความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้ทั้งหมดไม่มีค้างกิ่งผล เนื่องจากถ้าความเร็วเชิงเส้นก้านรูดยิ่งสูงมากผลกาแฟจะกระเด็นมากตามไปด้วย (ตารางที่ 1.2)

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบหาความเร็วเชิงเส้นของก้านรูดผลกาแฟ

ซ้ำที่	2.62 m/s		3.14 m/s		3.67 m/s		4.18 m/s		4.71 m/s	
	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้	ผลกาแฟค้างกิ่งผล	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้	ผลกาแฟค้างกิ่งผล	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้	ผลกาแฟค้างกิ่งผล	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้	ผลกาแฟค้างกิ่งผล	เก็บเกี่ยวผลกาแฟได้	ผลกาแฟค้างกิ่งผล

	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	96.30	3.70	98.95	1.05	99.05	0.95	100.00	0.00	100.00	0.00
2	96.36	3.64	97.78	2.22	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
3	98.08	1.92	99.10	0.90	99.11	0.89	100.00	0.00	100.00	0.00
4	98.67	1.33	97.92	2.08	99.15	0.85	100.00	0.00	100.00	0.00
5	97.30	2.70	98.95	1.05	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00
เฉลี่ย	**97.34**	**2.66**	**98.54**	**1.46**	**99.46**	**0.54**	**100.00**	**0.00**	**100.00**	**0.00**

ผลการทดสอบความเร็วของก้านรูดผลกาแฟความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อวินาที ให้ผลการทดสอบดีที่สุด เนื่องจากเป็นความเร็วเชิงเส้นค่าต่ำที่สุดที่เครื่องสามารถเก็บผลกาแฟได้ทั้งหมดโดยไม่มีค้างกิ่งผล

เมื่อได้ความเร็วเชิงเส้นที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟแล้ว ได้นำเครื่องไปทดสอบการใช้งานเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร และที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที (ตารางที่ 1.3 และตารางที่ 1.4)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน (พันธุ์กาแฟอะราบิกา) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

ซ้ำที่	**เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องรูด**		**เก็บเกี่ยวด้วยคน**	
	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย
1*	103.80	0.0005	44.40	0.00
2	68.40	0.0013	33.00	0.00
3	53.40	0.0010	39.60	0.00
4	63.00	0.0022	28.20	0.00
5*	246.00	0.0002	108.00	0.00
เฉลี่ย	**106.92**	**0.0010**	**50.64**	**0.00**

***ผลผลิตต่อต้นค่อนข้างมาก

ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร การทดสอบใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้น เนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 106.92 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.001 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 50.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ไม่มีสูญเสีย เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.11 เท่าและได้นำเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานในการเก็บเกี่ยว (ตารางที่ 1.3)

ผลกาแฟพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ทำการทดลอง 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที การเก็บเกี่ยวด้วยเครื่องใช้ตาข่ายไนล่อนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว เปรียบเทียบกับวิธีเก็บเกี่ยวของเกษตรกร การทดสอบใช้วิธีเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน (ตารางที่ 1.4)

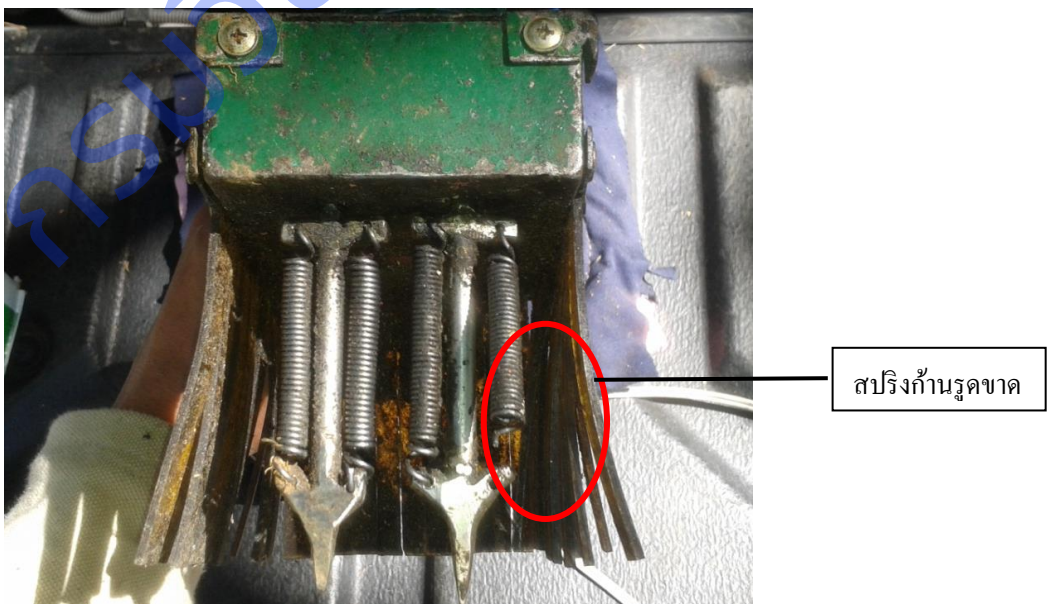
กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบเบื้องต้นเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เปรียบเทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยคน (พันธุ์กาแฟอะราบิกา) ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

ซ้ำที่	เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องรูด			เก็บเกี่ยวด้วยคน		
	ความสามารถทำงาน (กก./ชม)	% สูญเสีย	% ผลเขียวปน	ความสามารถทำงาน (กก./ชม)	% สูญเสีย	% ผลเขียวปน
1	19.20	0.00	0.00	10.20	0.39	0.00
2	45.00	0.03	11.27	9.60	0.31	0.00
3	31.80	0.17	21.17	8.40	0.00	0.00
4	31.20	0.40	21.38	21.60	0.59	0.00
5	36.00	0.60	3.63	7.80	0.98	0.00
เฉลี่ย	**32.64**	**0.24**	**11.49**	**11.52**	**0.45**	**0.00**

ผลการทดสอบเครื่องมือเก็บเกี่ยวกาแฟโดยวิธีรูด ในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกา ที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ความสูงต้นกาแฟ 1.7- 2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.4-1.6 พบว่า เครื่องความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 32.64 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.24 เปอร์เซ็นต์ มีกาแฟผลสีเขียวปนเฉลี่ย 11.49 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 11.52 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียร่วงหล่นนอกตะกร้า 0.45 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีกาแฟผลสีเขียวปน เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.83 เท่า

จากการทดสอบการใช้งานเครื่องเบื้องต้น พบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยวประมาณ 2 เท่า แต่พบปัญหาคือสปริงก้านรูดผลกาแฟขาดบ่อย ขณะใช้งานต่อเนื่อง (ภาพที่ 1.5) จึงได้ทำการออกแบบปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของเครื่องโดยเปลี่ยนก้านรูดจากเดิมใช้สปริงดึง มาเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริงและปรับเปลี่ยนตำแหน่งสวิทซ์ปิด-เปิด จากอยู่ตำแหน่งนอกตัวเครื่องมาอยู่ที่ตำแหน่งด้ามจับของเครื่อง (ภาพที่ 4.6)



ภาพที่ 4.5 ปัญหาสปริงก้านรูดกาแฟขาดขณะใช้งาน

ภาพที่ 4.6 ปรับปรุงก้านรูดแบบสปริงดึงเป็นแบบใช้เส้นลวดสปริง และเปลี่ยนตำแหน่งสวิทซ์

4. ทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ความสามารถในการทำงาน และศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวต่อการให้ผลผลิตกาแฟในฤดูต่อไป

เมื่อปรับปรุงแก้ไขเครื่องจนได้ต้นแบบที่สมบูรณ์แล้ว ได้นำต้นแบบเครื่องมือเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดไปทดสอบการใช้งานที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร ใช้วิธีเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที (ตารางที่ 4.5)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ปรับปรุงแก้ไข เทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (พันธุ์กาแฟอะราบิกา) ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร

ซ้ำที่	เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง		เก็บเกี่ยวด้วยคน	
	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย	ความสามารถ (กก./ชม)	% สูญเสีย
1	78.00	0.78	47.76	0.75
2	82.80	0.49	60.75	1.19
3	77.14	0.93	50.09	1.03
4	82.80	2.18	51.89	0.84
5	95.29	3.00	41.74	0.59
6	88.16	1.68	45.78	0.82
7	91.91	2.50	43.57	0.73
8	94.74	1.27	38.73	0.51
9	80.00	0.81	48.81	0.76
10	81.00	1.06	40.00	0.46
เฉลี่ย	**85.19**	**1.47**	**46.91**	**0.77**

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ปรับปรุงแก้ไข ที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร จ.ชุมพร ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.2 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.2-1.5 เมตร เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 1.82 เท่า และนำเครื่องไปทดสอบการใช้งานในพื้นที่ไร่เกษตรกร บ้านปางม่วง ต. แจ้ซ้อน อ. เมืองปาน จ. ลำปาง การทดสอบใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน (ตารางที่ 4.6)

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูด เทียบกับการเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน (พันธุ์กาแฟอะราบิกา) ที่ไร่เกษตรกร บ้านปางม่วง ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

ซ้ำที่	เก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง			เก็บเกี่ยวด้วยคน		
	ความสามารถ (กก./ชม)	ผลเขียวปน (%)	สูญเสีย (%)	ความสามารถ (กก./ชม)	ผลเขียวปน (%)	สูญเสีย (%)
1	29.10	2.58	1.11	16.20	2.79	0.91
2	36.60	2.29	1.26	13.20	1.65	0.80
3	32.40	1.80	1.48	14.70	1.66	0.69
4	28.80	3.01	1.43	15.90	1.16	0.39
5	25.80	3.60	1.38	15.00	1.15	0.51
เฉลี่ย	**30.54**	**2.66**	**1.33**	**15.00**	**1.68**	**0.66**

กรมวิชาการเกษตร

ผลทดสอบการใช้งานเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ที่บ้านปางม่วง ต.แจ้ซ้อน อ.เมืองปาน จ. ลำปาง ทำการทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ ครั้งละ 10 นาที ความสูงต้นกาแฟ 1.6- 2.0 เมตร ขนาดทรงพุ่ม 1.0-1.5 เมตร พบว่าเครื่องความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 2.66 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีผลเขียวปน 1.68 เปอร์เซ็นต์ สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการทำงานแล้วเครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บเกี่ยว 2.04 เท่า (ตารางที่ 4.6)

ทำการเก็บข้อมูลศึกษาผลกระทบของการใช้เครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่จะให้ผลผลิตในฤดูกาลถัดไป พบว่า ต้นกาแฟที่เก็บเกี่ยวด้วยเครื่องออกผลเป็นปกติ กิ่งก้านที่ออกผลไม่ได้รับความเสียหายจากการเก็บเกี่ยวด้วยเครื่อง

กิจกรรมที่ 2 วิจัยและพัฒนาเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน

<u>การออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน</u>

ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อน ผลเขียว ที่อาศัยคุณสมบัติด้านความแข็งของผลกาแฟ โดยผลกาแฟสุกมีลักษณะอ่อนนิ่มกว่าผลกาแฟอ่อนหรือผลเขียว จำนวน 2 แบบ คือ แบบรีดผลกาแฟ และแบบตีผลกาแฟ เพื่อใช้ทดสอบเปรียบเทียบ รายละเอียดมีดังนี้

1.1) ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ (ภาพที่ 4.7) ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดริ้วหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง (ภาพที่ 4.8) เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านปลายของเครื่อง ซึ่งตรงช่องออกนี้มีส่วนควบคุมการทำงานแบบตุ้มน้ำหนักถ่วง

ภาพที่ 4.7 ลักษณะแกนรีดผลกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4.8 ลักษณะเสื้อตะแกรงแบบแนวนอน (ซ้าย) และแบบแนวตั้ง (ขวา)

แรงม้าเป็นต้น (ตารางที่ 4.7) พบว่า ผลกาแฟสุกส่วนใหญ่จะถูกรีดจนเมล็ดกะลาเมือกปลิ้นออกจากเปลือก และลอดผ่านช่องตะแกรงออกมา ผลผลิตที่ได้เป็นเมล็ดกะลาเมือกปนกับเปลือก มีผลเขียวขนาดเล็กปะปนมาน้อยมาก ประสิทธิภาพการคัดแยกผลอ่อนใกล้เคียงกัน ผลผลิตที่ออกช่องปลายทางมีผลกาแฟสุก เมล็ดกะลาเมือก และเปลือกไหลปะปนออกมาด้วย โดยเป็นผลกาแฟอ่อน/ผลเขียว 73.06 - 79.81 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 1.90 และ 2.28 เมตรต่อวินาที ไม่พบเมล็ดกะลาเมือกแตก และพบเล็กน้อย 0.83 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็ว 2.85 เมตรต่อวินาที ขณะที่เมล็ดกาแฟกะลาเมือกที่ได้จากการใช้เครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป มีปริมาณเมล็ดแตกรวม 3.8 เปอร์เซ็นต์ อัตราการทำงานของเครื่องเพิ่มขึ้นตามระดับความเร็วของแกนรีดผล โดยที่ความเร็ว 2.28 เมตรต่อวินาที มีอัตราการทำงาน 833 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบเปรียบเทียบความเร็วของแกนรีดผลกาแฟ

ความเร็ว	**อัตรา**	**ผลเขียว**	**ผลเขียว**	**หลังคัดผลเขียว**		
แกนรีดผล	การทำงาน	ก่อนคัด	หลังคัด	ถลอก	แตก	แตกรวม
(m/s)	(kg/hr)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1.90	750	14.16	74.22	0.00	0.00	0.00
2.28	833	10.69	79.81	0.00	0.00	0.00
2.85	938	8.73	73.06	0.73	0.10	0.83
เครื่องสีเปลือก	-	-	-	2.13	1.67	3.80

ผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื้อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง โดยใช้ความเร็วแกนรีดผลกาแฟ 2.28 เมตรต่อวินาที พบว่า เสื้อตะแกรงแบบแนวนอนมีอัตราการทำงาน 1,029 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง สูงกว่าเสื้อตะแกรงแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงแบบแนวตั้งมีประสิทธิภาพในการคัดแยกผลอ่อนสูงกว่าเสื้อตะแกรงแบบแนวนอน แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณผลกาแฟอ่อนและการปรับน้ำหนักถ่วงตรงช่องทางออกด้วย ผลผลิตเมล็ดกะลาเมือกที่ได้ไม่พบเมล็ดแตก โดยมีปริมาณเมล็ดถลอกเล็กน้อย 0.32 เปอร์เซ็นต์ และ 1.72 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำผลผลิตเมล็ดกะลาเมือกที่ได้ซึ่งมีเปลือกปนอยู่ไปผ่านเครื่องลอกเปลือกผลสดโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อทำการแยกเปลือก ทำให้เมล็ดกาแฟกะลาเมือกถลอกและแตกเพิ่มขึ้นรวมเป็น 4.16 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่การลอกเปลือกกาแฟผลสดด้วย

กรมวิชาการเกษตร

เครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป ได้เมล็ดกะลาเมือกมีปริมาณเมล็ดแตกรวมสูงกว่าคือ 5.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.9)

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบเสื้อตะแกรงแบบแนวนอนและแบบแนวตั้ง

เสื้อตะแกรง	อัตรา	ผลอ่อน	ผลอ่อน	หลังคัดผลเขียว			หลังลอกเปลือก		
	การทำงาน (kg/hr)	ก่อนคัด (%)	หลังคัด (%)	ถลอก (%)	แตก (%)	แตกรวม (%)	ถลอก (%)	แตก (%)	แตกรวม (%)
แนวตั้ง	612	17.81	74.92	1.78	0.00	1.78	2.96	0.84	3.80
แนวนอน	1029	12.35	56.41	0.32	0.00	0.32	3.03	1.14	4.16
เครื่องสีเปลือก	846	-	-	-	-	-	4.37	0.87	5.24

ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟ (ภาพที่ 4.8) มีลักษณะคล้ายพัดลมแบบหอยโข่ง ประกอบด้วยส่วนตีผลกาแฟ และส่วนผนังกระทบ ส่วนตีผลกาแฟประกอบด้วยจานใบตี มีลักษณะเหมือนใบพัดลมใบตรง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 220 มิลลิเมตร กว้าง 50 มิลลิเมตร หมุนอยู่ภายในเสื้อ ผลกาแฟถูกป้อนเข้าส่วนกลางของจานใบตี และถูกใบพัดซึ่งหมุนตีไปกระทบกับผนังด้านนอก ผลกาแฟสุกซึ่งมีลักษณะนิ่มจะกระดอนกลับและตกลงในระยะที่ใกล้กับผนัง ส่วนผลกาแฟอ่อนที่มีลักษณะแข็งกว่าจะกระดอนกลับไปไกลกว่า ส่วนของผนังกระทบ และแผ่นกั้นช่องแยกผลกาแฟสุกและผลกาแฟอ่อน สามารถปรับระยะได้

ภาพที่ 4.8 ต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบตีผลกาแฟเบื้องต้น พบว่าที่ความเร็วของใบตีประมาณ 4.2 เมตรต่อวินาที สามารถตีส่งผลกาแฟไปกระทบผนังในแนวตั้งฉากได้ แต่ประสิทธิภาพการคัดแยกยังต่ำอยู่ เนื่องจากความแข็งของผลกาแฟอ่อนและผลที่สุกห่ามไม่แตกต่างกันมากนัก นอกจากนี้ผลกาแฟที่มีขั้วผลติดมาด้วยรวมทั้งกาแฟที่เก็บมาเป็นพวงมีผลกระทบต่อการคัดแยกด้วย ข้อดีของการคัดแยกด้วยวิธีนี้จะได้กาแฟผลสุกที่ยังไม่ถูกลอกเปลือกและนำไปลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือกซึ่งเป็นวิธีปฏิบัติทั่วไป

2) ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องต้นแบบ

จากผลการทดสอบเบื้องต้น เลือกต้นแบบเครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ นำมาพัฒนาปรับปรุงต่อและทำการทดสอบเก็บข้อมูล หลักการทำงานของเครื่องคัดแยกผลอ่อนแบบนี้ใช้เกลียวดันรีดให้ผลกาแฟสุกผ่านช่องรูตะแกรง กาแฟผลอ่อนที่แข็งกว่าไม่สามารถรีดออกได้ และจะไหลไปออกทางด้านทางออกท้ายเครื่อง ปัจจัยศึกษาสำหรับเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ได้แก่ รูปแบบแกนรีดผลกาแฟ ความเร็ว

ของแกนรีดผลกาแฟ และแบบช่องเสื้อตะแกรง (แบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน)รูปแบบแกนรีดผลกาแฟ ได้ดำเนินการออกแบบ 3 แบบคือ

1. แบบมีฟันและมีเกลียวกั้นท้าย

ภาพที่ 4.9 แกนรีดผลกาแฟแบบมีฟันและมีเกลียวกั้นท้าย

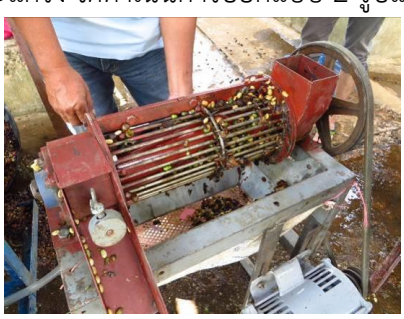
2. แบบไม่มีฟัน และมีเกลียวกั้นท้าย

ภาพที่ 4.10 แกนรีดผลกาแฟแบบไม่มีฟันและมีเกลียวกั้นท้าย

3. แบบไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกั้นท้าย

ภาพที่ 4.11 แกนรีดผลกาแฟแบบไม่มีฟันและไม่มีเกลียวกั้นท้าย

แบบช่องเสื้อตะแกรง ได้ดำเนินการออกแบบ 2 รูปแบบ คือ แบบแนวตั้งและแบบแนวนอนดังภาพที่ 4.12



ภาพที่ 4.12 ลักษณะเสื้อตะแกรงแบบแนวนอน (ซ้าย) และแบบแนวตั้ง (ขวา)

กรมวิชาการเกษตร

ปี 2560 ได้นำต้นแบบเครื่องคัดแยกผลอ่อนไปทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) โดยใช้แบบแกนรีดผลกาแฟ 5 แบบ คือ

แบบแกนที่ 1 เป็นแบบเสื้อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 2 เป็นแบบเสื้อตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแฟ มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 3 เป็นแบบเสื้อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 4 เป็นแบบเสื้อตะแกรงคัดแนวตั้ง แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที

แบบแกนที่ 5 เป็นแบบเสื้อตะแกรงคัดแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกั้นท้าย ทดสอบที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที และความเร็วแกนคัด 2.22 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบแบบแกนทั้ง 5 แบบ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบเครื่องคัดผลอ่อนกาแฟแบบต่างๆ

แบบแกน	แบบตะแกรง	ความเร็วทำงาน	ความสามารถทำงานเฉลี่ย (kg./hr)	สุ่มก่อนคัด		สุ่มหลังคัด		คัดผลเขียวได้
				% ผลเขียว	% ผลแดง	% ผลเขียว	% ผลแดง	
มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวนอน	2.22	1069.63	6.1	93.9	3.93	96.07	35.57%
มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวนอน	2.66	1145.02	8.6	91.4	3.53	96.47	59.06%
มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวตั้ง	2.22	649.73	7.98	92.02	4.75	95.25	40.47%
มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวตั้ง	2.66	745.16	7.26	92.74	2.41	97.59	66.80%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวนอน	2.22	862.66	9.54	90.46	1.69	98.31	82.22%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวนอน	2.66	954.32	6.98	93.02	1.27	98.73	81.80%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวตั้ง	2.22	438.17	8.77	91.23	5.96	94.04	32.04%
ไม่มีฟัน มีเกลียวกั้นท้าย	แนวตั้ง	2.66	523.07	9.55	90.45	4.35	95.65	54.45%
ไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกั้นท้าย	แนวนอน	2.22	942.97	11.03	88.97	1.76	98.24	84.04%
ไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกั้นท้าย	แนวนอน	2.66	929.62	12.84	87.16	1.22	98.78	90.50%

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนทั้ง 5 แบบ แบบแกนที่ 5 เสื้อตะแกรงคัดแนวนอน (H) แกนคัดไม่มีฟัน ไม่มีเกลียวกั้นท้าย ที่ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้พู่เลย์ตัวขับขนาด 3.5 นิ้ว ตัวตามขนาด 10 นิ้ว) ให้ผลการทดสอบดีที่สุด หลังคัดเครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.50 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 929.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

ปี 2561 ได้ทำการสร้างต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 เสื้อตะแกรงเป็นแบบแนวนอน แกนรีดผลกาแฟ ไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกั้นท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้มู่เลย์ตัวขับ 3.5 นิ้ว ตัวตาม 10 นิ้ว) ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ (ตารางที่ 4.11)

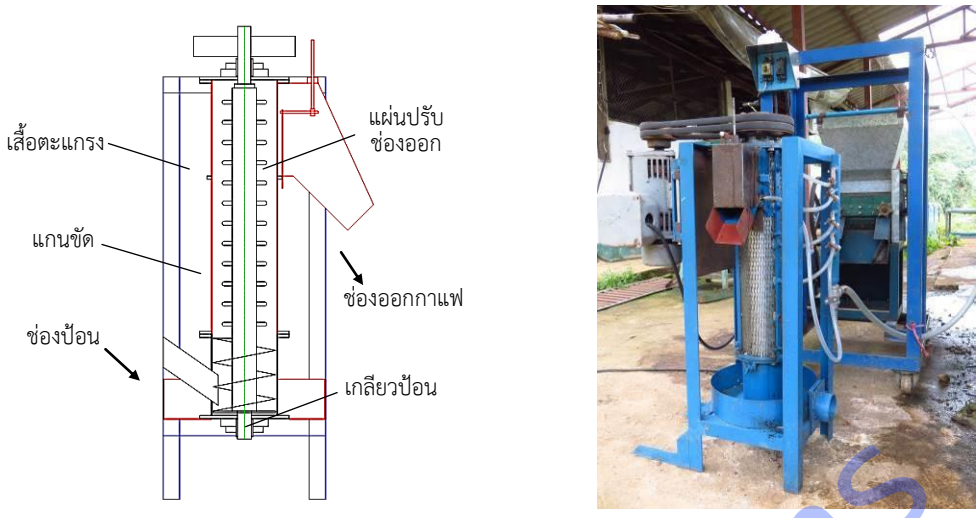
ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 ความเร็วแกนคัด 2.66 m/s สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรบ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถ (kg./hr)	สุ่มก่อนคัด		สุ่มหลังคัด		ความสามารถการคัดผลอ่อน (%)
		% ผลอ่อน	% ผลแดง	% ผลอ่อน	% ผลแดง	
1	1279.6	11.96	88.04	0.56	99.44	95.32
2	1245.88	11.42	88.58	0.98	99.02	91.42
3	1260.00	12.05	87.95	1.75	98.25	85.48
4	1210.30	11.00	89.00	1.05	98.95	90.45
5	1235.77	11.69	88.31	1.24	98.76	89.39
เฉลี่ย	**1246.31**	**11.62**	**88.38**	**1.12**	**98.88**	**90.41**

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

ได้ดำเนินการออกแบบสร้างต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟให้มีขนาดเหมาะสมกับการใช้งานระดับเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก ทดสอบเบื้องต้น ปรับปรุงและแก้ไขข้อบกพร่องต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเป็นแบบแกนขัดหมุนในแนวตั้ง (ภาพที่ 3.1) โดยป้อนกาแฟเข้าทางด้านล่างและไหลออกทางด้านบน แกนขัดทำด้วยท่อกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 48 มิลลิเมตร ยาว 570 มิลลิเมตร และติดด้วยก้านกวนเมล็ดกาแฟรอบแกน ส่วนล่างของแกนขัดเป็นใบเกลียวทำหน้าที่ลำเลียงเมล็ดกาแฟจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบน แกนขัดหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 120 มิลลิเมตร ทำด้วยแผ่นตะแกรงสแตนเลส ขนาดรู 2 x 20 มิลลิเมตร โดยจัดวางรูตะแกรงในแนวตั้ง มีท่อน้ำเจาะรูติดกับผนังตะแกรงด้านนอกสำหรับการให้น้ำช่วยในการขัดล้างเมือกโดยไม่ใช้ใช้ปั๊มน้ำ ความสูงของช่องทางออกของเมล็ดกะลาที่ขัดล้างเมือกแล้วสามารถปรับระยะได้ระหว่าง 40 -140 มิลลิเมตร ทำให้สามารถควบคุมระดับการขัดล้างเมือกได้

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 4.13 ต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ

แกนขัดล้างเมือกที่สร้างมาเพื่อใช้ศึกษาทดสอบเบื้องต้นมี 5 แบบ (ภาพที่ 4.14) แตกต่างกันที่ลักษณะก้านกวนของแกนขัด เช่น ก้านกวนแบบเหล็กกลม และแบบเหล็กเหลี่ยม จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 และ 8 ก้านต่อแถว (ระยะระหว่างแถวก้านกวน 28 มิลลิเมตร) และความยาวก้านกวนเมล็ด 2 ขนาด คือ 17 และ 22 มิลลิเมตร รายละเอียดของแกนขัดแบบต่างๆ (ตารางที่ 4.12)

ภาพที่ 4.14 แกนขัดแบบต่างๆ ของต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟที่ใช้ทดสอบ

กรมการเกษตร

ตารางที่ 4.12 รายละเอียดแกนขัดล้างเมือกกาแฟแบบต่างๆ

รายการ	แบบแกนขัด				
	P17T6	P17T8	P22T6	P22T8	P22T8(S)
เส้นผ่านศูนย์กลางเสื้อตะแกรง (MM)	120	120	120	120	120
เส้นผ่านศูนย์กลางแกนขัด (MM)	48	48	48	48	48
ความยาวแกนขัด (MM)	570	570	570	570	570
ความยาวก้านกวน (MM)	17	17	22	22	22
ระยะก้านกวน-ตะแกรง (MM)	21	21	16	16	16
ระยะแกนขัด-ตะแกรง (MM)	38	38	38	38	38
จำนวนก้านกวนต่อแถว	6	8	6	8	8

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเบื้องต้นใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2 แรงม้าเป็นต้นกำลัง โดยต่อตรงเข้ากับเครื่องลอกเปลือกกาแฟผลสดของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) ซึ่งเป็นเครื่องที่ผลิตในประเทศและเกษตรกรใช้ทั่วไป และใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 1 แรงม้าเป็นต้นกำลัง ผลผลิตเมล็ดกะลาเมือกจากเครื่องลอกเปลือกไหลเข้าเครื่องต้นแบบโดยตรงเพื่อทำการขัดล้างเมือก (ภาพที่ 4.15) พบว่า สามารถทำการปรับความสูงของช่องทางออกของเมล็ดจนได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาดได้ และทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง (ขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟ) ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการขัดล้างเมือกขึ้นอยู่กับอัตราการป้อน ความสูงของช่องออก แบบและความเร็วของแกนขัด อัตราการทำงานของเครื่องลอกเปลือกเปลี่ยนแปลงไปทั้งที่ไม่มีการปรับเครื่อง โดยการขัดเมือกกาแฟผลใหญ่มีอัตราการทำงานช้ากว่ากาแฟผลเล็ก ก้านกวนแบบเหล็กเหลี่ยมพบว่าเมล็ดกาแฟยังคงมีเมือกหลงเหลืออยู่ และมีเมล็ดกาแฟแตกหักเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากความคมของเหลี่ยมที่ก้านขัด ดังนั้นจึงเลือกก้านกวนแบบกลมในการพัฒนาและทดสอบ

ภาพที่ 4.15 การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟเบื้องต้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ่ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง โดยเลือกใช้ก้านกวนแบบกลมมีผลการทดสอบดังนี้

แบบแกน P17T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 848.39 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 5.53 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.67 เมตรต่อ

วินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 768.88 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.78 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.19 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 779.62 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 3.23 เปอร์เซ็นต์

แบบแกน P17T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.45 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 719.58 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 2.92% ความเร็วแกนขัด 4.67 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 776.03 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 3.52 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.19 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 751.17 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 4.93%

แบบแกน P22T6 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 807.01 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 3.95 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.23 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.24 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 838.47 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 2.75 เปอร์เซ็นต์

แบบแกน P22T8 ที่ความเร็วแกนขัด 4.66 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 852.41กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.63 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 851.86 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 4.95 เปอร์เซ็นต์ ความเร็วแกนขัด 5.24 เมตรต่อวินาที เครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 844.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 3.96% (ตารางที่ 4.13)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ๋ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง

แบบแกนขัด	ความเร็วแกนขัด (m/s)	ความสามารถเฉลี่ย (กก./ชม.)	% เฉลี่ยเมล็ดแตกหลังขัดเมือก
P17T6	4.45	848.39	5.53
P17T6	4.67	768.88	1.78
P17T6	5.19	779.62	3.23
P17T8	4.45	719.58	2.92
P17T8	4.67	776.03	3.52
P17T8	5.19	751.17	4.93
P22T6	4.66	807.01	3.95
P22T6	4.99	842.84	1.23
P22T6	5.24	838.47	2.75
P22T8	4.66	852.41	1.63
P22T8	4.99	851.86	4.95
P22T8	5.24	844.91	3.96

ผลการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกาทั้ง 4 แบบ แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที ให้ผลทดสอบดีกว่าแบบแกนอื่นๆ มีเปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.23 เปอร์เซ็นต์ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 842.84 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

จากผลการทดสอบเครื่องฯ ที่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปกาแฟบ้านแม่แจ๋ม อ.เมืองปาน จ.ลำปาง จึงเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัม/ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหลังขัดเมือก 1.90 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.14) และได้เมล็ดกะลาเมือกแห้งที่ได้จากการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ (ภาพที่ 4.15)

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรบ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถในการทำงาน (กก./ชม.)	เมล็ดแตกหลังขัดเมือก (%)
1	925	2.20
2	569	1.20
3	570	1.70
4	660	0.50
5	780	3.90
เฉลี่ย	701	1.90

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 4.15 เมล็ดกะลาเมือกแห้งที่ได้จากการทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ

กิจกรรมที่ 4 วิจัยและพัฒนาชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิการะดับเกษตรกร

ปี 2561 ได้ทำการสร้างชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟ ซึ่งได้แก่ เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก เครื่องคัดผลอ่อน/ผลเขียว เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา และได้นำไปติดตั้งที่ไร่กาแฟเกษตรกร อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ และทดสอบการใช้งานเบื้องต้น

ต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เสื้อตะแกรงเป็นแบบแนวนอน แกนคัดไม่มีฟัน และไม่มีเกลียวกั้นท้าย ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตรต่อวินาที (ใช้มู่เลย์ตัวขับ 3.5 นิ้ว ตัวตาม 10 นิ้ว) ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ (ตารางที่ 4.15)

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบการใช้งานเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน โดยใช้แบบแกนที่ 5 ความเร็วแกนคัด 2.66 เมตร/วินาที สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรบ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถ (กก./ชม)	สุ่มก่อนคัด		สุ่มหลังคัด		ผลอ่อนที่คัดได้ (%)
		ปริมาณผลอ่อน (%)	ปริมาณผลแดง (%)	ปริมาณผลอ่อน (%)	ปริมาณผลแดง (%)	
1	1279.6	11.96	88.04	0.56	99.44	95.32
2	1245.88	11.42	88.58	0.98	99.02	91.42
3	1260.00	12.05	87.95	1.75	98.25	85.48
4	1210.30	11.00	89.00	1.05	98.95	90.45
5	1235.77	11.69	88.31	1.24	98.76	89.39
เฉลี่ย	**1246.31**	**11.62**	**88.38**	**1.12**	**98.88**	**90.41**

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานต้นแบบเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ จำนวน 5 ซ้ำ ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1,246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา โดยเลือกใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที ที่ให้ผลการทดสอบดีที่สุดมาทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งาน ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตร/วินาที สถานที่ทดสอบ ไร่เกษตรบ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่

ซ้ำที่	ความสามารถ (กก./ชม.)	ปริมาณเมล็ดแตกหลังขัดเมือก (%)
1	925	2.20
2	569	1.20
3	570	6.60
4	660	0.50
5	780	3.90
เฉลี่ย	**701**	**2.88**

ผลการทดสอบเก็บข้อมูลการใช้งานเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา ที่ไร่เกษตรกร บ้านป๊อก อ.แม่ออน จ.เชียงใหม่ ทดสอบจำนวน 5 ซ้ำ โดยใช้แบบแกน P22T6 ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดแตกหลังขัดเมือก 2.88 เปอร์เซ็นต์

ไตรมาส 2 ปี 2562 ได้ทำการทดสอบเก็บข้อมูลชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟอะราบิกาเพิ่มเติม โดยได้ทำการทดสอบที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวง (ขุนวาง) ชุดเครื่องจักรกลแปรรูปที่ติดตั้ง ประกอบด้วย เครื่องคัดแยกผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ ครั้งละ 80 กิโลกรัมผลสด แต่ระหว่างทดสอบประสพปัญหาการติดขัดของเครื่องคัดผลกาแฟอ่อน จึงทำการตัดเครื่องคัดกาแฟผลอ่อนออก คงเหลือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟเมือก เครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ (ตารางที่ 4.17)

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลแปรรูปกาแฟผลสด

ครั้งที่	นน.ผลกาแฟ	เวลา (วินาที)	อัตราการทำงาน (กก./ชม.)	ปริมาณเมล็ดแตกหักหลังลอกเปลือก (%)	ปริมาณเมล็ดแตกหักหลังขัดเมือก(%)	ปริมาณน้ำ (ลบ.ม./ชม.)	กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)
1	80	355	811.27	0.43	2.82	1.63	10.5
2	80	345	834.78	1.04	3.11	1.67	11.3
3	80	378	761.9	1.01	1.96	1.64	10.1
เฉลี่ย			**802.65**	**0.83**	**2.63**	**1.65**	**10.6**

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

อภิปรายผล

ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดริ้วพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ

ผลการทดสอบการใช้งานต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟ ใช้ตาข่ายไนล่อนขนาด 1.2 x 1.5 เมตร รองรับผลกาแฟขณะเก็บเกี่ยว ในการเก็บเกี่ยวกาแฟพันธุ์อะราบิกา และพันธุ์อะราบิกา การเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกาใช้วิธีการเก็บเกี่ยวทั้งต้นเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่พร้อมกัน ผลการทดสอบเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 85.19 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.47 เปอร์เซ็นต์ การเก็บด้วยแรงงานคนมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 46.91 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.77 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 1.82 เท่า และในการเก็บเกี่ยวผลกาแฟพันธุ์อะราบิกาใช้วิธีการเลือกเก็บเนื่องจากแปลงที่ทดสอบผลกาแฟสุกแก่ไม่พร้อมกัน ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 30.54 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ มีผลกาแฟสีเขียวปน 2.66 เปอร์เซ็นต์ และคนเก็บเกี่ยวมีความสามารถทำงานเฉลี่ย 15.00 กิโลกรัมต่อชั่วโมง สูญเสียกระเด็นออกนอกที่รองรับ 0.66 เปอร์เซ็นต์ มีกาแฟผลสีเขียวปน 1.68 เปอร์เซ็นต์ เครื่องมีความสามารถในการทำงานมากกว่าคนเก็บ 2.04 เท่า ซึ่งถ้าเกษตรกรจะนำเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟไปใช้งานควรใช้เก็บเกี่ยวในช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ผลกาแฟสุกแก่ทั้งต้นหรือสุกแก่มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ของต้น จะทำให้เก็บเกี่ยวได้รวดเร็ว ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และลดต้นทุนการผลิตกาแฟได้ ปัจจุบันได้นำต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยไปวิธีรูดไปเผยแพร่ให้กับเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกาในภาคเหนือผู้ปลูกกาแฟพันธุ์อะราบิกาในพื้นที่ภาคใต้ และปัจจุบันมีเกษตรกรสนใจนำเครื่องต้นแบบไปใช้งานระยะยาวในพื้นที่

เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดริ้วหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านท้ายเครื่อง

จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัมต่อปี เป็นเวลา 1.06 ปี จึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผล

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกปนกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา จำนวน 4 แบบ ได้แก่ แบบแกนที่ 1 (P17T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้าน แบบแกนที่ 2 (P17T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบที่ แบบแกนที่ 3 (P22T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้านทดสอบ และแบบแกนที่ 4 (P22T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มิลลิเมตร จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบ ที่ความเร็วแกนขัดระหว่าง 4.45-5.24 เมตรต่อวินาที พบว่า แบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 เมตรต่อวินาที มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยกว่าแกนขัดแบบอื่นๆ (ทั้งนี่ความสามารถในการทำงานและเปอร์เซ็นต์แตกขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟด้วย) ซึ่งทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาด สามารถนำไปตากได้ทันที ช่วยลดขั้นตอน ประหยัดแรงงานและเวลาในการกำจัดเมือกโดยวิธีหมักตามธรรมชาติในบ่อหมักซึ่งใช้เวลานาน ทำให้ลดต้นทุนการผลิตลงได้ การแตกหักของเมล็ดกาแฟส่วนมากเกิดขึ้นในขั้นตอนการลอกเปลือกด้วยเครื่องสีเปลือกสด มากกว่าในขั้นตอนขัดล้างเมือกด้วยเครื่อง มีสาเหตุมาจากการปรับตั้งระยะของเครื่องลอกเปลือกกาแฟไม่เหมาะสมกับขนาดของผลกาแฟ จากการสังเกตุกาแฟผลใหญ่จะมีปริมาณเมล็ดแตกในขั้นตอนนี้สูงกว่ากาแฟผลเล็ก รวมทั้งมีอัตราทำงานต่ำกว่ากาแฟผลเล็ก ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการขัดเมือกของเครื่องขัดล้างเมือกด้วย ดังนั้นจึงควรมีคัดขนาดของผลกาแฟก่อนการลอกเปลือกและทำการปรับตั้งระยะของเครื่องลอกเปลือกให้เหมาะสม รวมทั้งมีการจัดการคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ดี เช่น การเก็บเกี่ยวผลกาแฟที่สุกแก่สม่ำเสมอ การลอยน้ำผลกาแฟ เป็นต้น จากการวิเคราะห์เศรฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการขัดล้างเมือกกาแฟไม่ต่ำกว่า 134,550 กิโลกรัมต่อปี เป็นเวลา 1.05 ปีจึงจะคุ้มทุน การใช้งานเครื่องขัดล้างเมือกสามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้โดยเพิ่มชั่วโมงการทำงาน ขณะที่วิธีหมักไม่สามารถกระทำได้หากบ่อหมักมีจำนวนจำกัด

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานปรมาณ 400-450 กิโลผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงต่อการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ทีมีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง พบว่า เครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ด

กะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผสสด เครื่องคัดแยกกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานปรมาณ 400-450 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงต่อการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ทีมีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมงพบว่าเครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์ 6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดริ้วพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ

เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟ ประกอบด้วยแกนรีดผลกาแฟทรงกระบอก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร ยาว 460 มิลลิเมตร ติดริ้วหรือครีบทำด้วยเหล็กเส้นกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร จำนวน 4 แนว ตามความยาวแกน แกนรีดผลกาแฟหมุนอยู่ภายในเสื้อตะแกรงทรงกระบอก ซึ่งทำด้วยเหล็กเส้นกลมจัดเรียงเป็นช่องตะแกรง ขนาด 7 มิลลิเมตร โดยจัดวางเรียง 2 ลักษณะคือ แบบแนวนอน และแบบแนวตั้ง เสื้อตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 128 มิลลิเมตร ช่องว่างระหว่างแกนรีดผลกาแฟกับเสื้อตะแกรงเท่ากับ 14 มิลลิเมตร ด้านนอกเสื้อตะแกรงมีท่อน้ำเจาะรูสำหรับการให้น้ำช่วยในการหล่อลื่น หลักการทำงานของเครื่องคือผลกาแฟสุกมีลักษณะนิ่มจะถูกแกนรีดผลกาแฟให้ลอดผ่านช่องตะแกรง ส่วนผลกาแฟอ่อนมีลักษณะแข็งไม่สามารถรีดให้ลอดผ่านรูตะแกรงได้ จะถูกพาให้แยกออกทางช่องด้านท้ายเครื่อง

จากการวิเคราะห์เศรฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06 ปีจึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกปนกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัด

แยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

การทดสอบต้นแบบเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟอะราบิกา จำนวน 4 แบบ ได้แก่ แบบแกนที่ 1 (P17T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้าน แบบแกนที่ 2 (P17T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 17 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบที่ แบบแกนที่ 3 (P22T6) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มม. จำนวนก้านกวนเมล็ด 6 ก้านทดสอบ และแบบแกนที่ 4 (P22T8) แกนขัดมีความยาวก้านกวนเมล็ด 22 มม.จำนวนก้านกวนเมล็ด 8 ก้านทดสอบ ที่ความเร็วแกนขัดระหว่าง 4.45-5.24 เมตร/วินาที พบว่าแบบแกนที่ 3 (P22T6) ที่ความเร็วแกนขัด 4.99 m/s มีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 701 กิโลกรัมต่อชั่วโมง เปอร์เซ็นต์แตกหลังจากขัดเมือก 1.9% ซึ่งน้อยกว่าแกนขัดแบบอื่นๆ (ทั้งนี่ความสามารถในการทำงานและเปอร์เซ็นต์แตกขึ้นอยู่กับขนาดของเมล็ดกาแฟด้วย) ซึ่งทำงานได้ทันกับการทำงานของเครื่องลอกเปลือก ซึ่งมีอัตราการทำงาน 500 - 700 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง ได้เมล็ดกาแฟกะลาที่สะอาด สามารถนำไปตากได้ทันที ช่วยลดขั้นตอน ประหยัดแรงงานและเวลาในการกำจัดเมือกเมื่อเทียบกับวิธีหมักตามธรรมชาติในบ่อหมักซึ่งใช้เวลานาน

ชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกาประกอบด้วยเครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อน เครื่องลอกเปลือกผสสด เครื่องคัดแยกกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบชุดเครื่องจักรกลสำหรับแปรรูปผลสดกาแฟอะราบิกา โดยเครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ TLP ที่มีอัตราการทำงานปรมาณ400-450 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง เครื่องคัดผลอ่อนมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1246.31 กิโลกรัม/ชั่วโมง เครื่องสามารถคัดผลอ่อนออกมาได้ 90.41% แต่ไม่สามารถใช้เครื่องขัดเมือกได้เนื่องจากปริมาณเมล็ดกะลาเมือก ไม่พอเพียงต่อการทำงานของเครื่อง

การทดสอบโดยใช้เครื่องลอกเปลือกผลสดแบบ wassun ทีมีอัตราการทำงานประมาณ 700-750 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมงพบว่าเครื่องคัดผลอ่อนติดขัดทำให้ไม่สามารถทดสอบเครื่องจักรทั้งชุด 4 เครื่องได้ จึงทำการลดการทดสอบลงเหลือเพียงชุดเครื่องจักรกลกาแฟ 3 เครื่องคือ เครื่องลอกเปลือกผลสด เครื่องคัดแยกเมล็ดกะลาเมือก และเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ ผลการทดสอบพบว่า มีความสามารถทำงานเฉลี่ย 802.65 กิโลกรัมผลสดต่อชั่วโมง มีการแตกหักหลังขัดเมือก 2.63 % ปริมาณการใช้น้ำเฉลี่ย 1.65 ลบ.ม/ ชม.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 5

ศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

Research on Identity of Thai coffee

ผู้วิจัย

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ ทิพยา ไกรทอง อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ โกเมศ สัตยาวุธ สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ ศิริภรณ์ จรินทร ปานหทัย นพชินวงศ์ วีรา คล้ายพุก

Chatnapa Khomarwut Tippaya Khaithong Anusorn Thiengsirilert Komet Sattayawut Supattra Leartwattanakieat Siriporn Jarintorn Panhathai Nopchinnawong Vera Kraypook

คำสำคัญ

กาแฟอะราบิกา ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี

Keywords

Identity, Arabica coffee, Robusta coffee

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณค่าอัตลักษณ์ของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ ดำเนินการในปี พ.ศ. 2559-2561 โดยศึกษาลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1499 เมตร จากระดับน้ำทะเล ในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านผีปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น อ.อมก๋อย บ้านคุ้ม ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง และบ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง บ้านมูเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) โดยแปรรูป 4 รูปแบบได้แก่ รูปแบบที่ 1 วิธีสีเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ หมัก 2 คืน ขัดเมือก ล้าง และตากแห้ง) รูปแบบที่ 2 วิธีสีกึ่งเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้ง หมัก 12 ชั่วโมง ขัดเมือก ล้าง และตากแห้ง) รูปแบบที่ 3 วิธีแห้งแบบที่ 1 (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้งล้าง และตากแห้ง) และรูปแบบที่ 4 วิธีแห้งแบบที่ 2 (ล้าง และตากแห้ง) ผลการดำเนินการพบว่า มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านสภาพภูมิศาสตร์ ได้แก่ พิกัด พืชที่ปลูกร่วม พืชร่มเงา ระบบการปลูก ความลาดชันของพื้นที่ การปฏิบัติดูแลรักษา ลักษณะดินโดยแบ่งหน้าตัดดินตามระดับความลึก และปริมาณธาตุอาหารที่พบในแต่ละระดับความลึกของรากกาแฟ และสภาพภูมิอากาศ โดยมีลักษณะทางกายภาพคือ ความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.84±0.03 ซม. (%RSD=3.76) ยาวกะลาเฉลี่ย 1.22±0.05

ซม. (%RSD=4.11) หนากะลาเฉลี่ย 0.52±0.03 ซม. (%RSD=5.85) กว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71±0.03 ซม. (%RSD=4.16) ยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.95±0.06 ซม. (%RSD=6.64) หนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.40±0.03 ซม. (%RSD=7.24) น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 158.40±18.87 กรัม (%RSD=11.91) จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 643.89±72.33 เมล็ด (%RSD=11.23) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 48.64±18.81% (%RSD=38.67) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 31.36±11.95% (%RSD=38.11) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 5.37% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 0.72 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 85.02±6.37% (%RSD=7.5) เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 10.19±4.72% (%RSD=46.34) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงลึกเฉลี่ย 23.61±21.77% (%RSD=92.2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงตื้นเฉลี่ย 17.65±14.05% (%RSD=79.6) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งลึกเฉลี่ย 32.07±24.73% (%RSD=77.12) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 33.04±25.25% (%RSD=76.43) คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.91±2.42 คะแนน (%RSD=3.03) จาก 100 คะแนน และและมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ วิธีการแปรรูปและสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้งอบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ ดอกไม้ พีช แอ็ปปริคอท พลัม เฮเซนัท กล้วยสุก อัลมอลล์ คาราเมล เนย แอปเปิล ดอกมะลิ มะนาว และการบูร คุณสมบัติด้านกายภาพ คือ มี pH เฉลี่ย 5.6±0.13 (%RSD=2.57) Total Acid Content เฉลี่ย 2.44±1.48% (%RSD=60.74) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.9±0.43% (%RSD=8.72) Color (L) เฉลี่ย 17.4±17.06% (%RSD=92.72) Color (a) เฉลี่ย 6.27±1.59% (%RSD=25.36) Color (b) เฉลี่ย 4.48±1.02% (%RSD=22.72) Moisture content เฉลี่ย 1.76±0.72% (%RSD=41.46) Sugar Content เฉลี่ย 4.22±2.22% (%RSD=52.69) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.45±0.81% (%RSD=5.59) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.81±2.74 ^{0}Brix (%RSD=47.26) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02±0.01% (%RSD=37.11) Oil content เฉลี่ย 13.65±1.51% (%RSD=11.07) Ash content เฉลี่ย 4.54±0.36% (%RSD=7.88) คุณสมบัติทางเคมี คือ มีปริมาณ Furans เฉลี่ย 205.31±31.21 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.2) Pyridine เฉลี่ย 581.09±145 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=24.95) Caffeine เฉลี่ย 16,257.7±1,813.9 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.16) Quinic Acid เฉลี่ย 5,825.55±1,308.54 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.46) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.27±19.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.83) Trigonelline เฉลี่ย 5,751.46±2,068.3 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=35.96) Pyrene เฉลี่ย 3.53±0.61 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=17.16) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.62±0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=19.74) Fluoranthene เฉลี่ย 0.21±0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=36.92) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.17±0.51 ppb unit (%RSD=23.33) Cafestol เฉลี่ย 0.56±0.07 มิลลิกรัม/ลิตร(%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09±0.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51±0.01 (%RSD=2.77) คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 43.88±11.16%(%RSD=25.42) Blackcurrant เฉลี่ย 24.19±6.64%(%RSD=27.43) Butter เฉลี่ย 26.31±6.17%(%RSD=23.46) Caramel เฉลี่ย 24.56±3.2%(%RSD=13.04) Roasted peanuts เฉลี่ย 27.94±3.34%(%RSD=11.94) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30.88±3.5%(%RSD=11.34) คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis มีคะแนนเฉลี่ย 3.09±0.14 คะแนน(%

RSD=4.43) จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร เมื่อปลูกในพื้นที่ต่างๆ พบว่า มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ และมีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 79.72±0.97 คะแนน (%RSD=1.22) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ และดอกไม้ สำหรับการทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา พบว่า ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์พื้นเมืองมีขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร (พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5) ส่วนน้ำหนัก 100 เมล็ด กาแฟพันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดน้อยกว่าพันธุ์พื้นเมือง และเกษตรกรส่วนใหญ่ต้องการพันธุ์กาแฟที่มีขนาดเมล็ดใหญ่เนื่องจากเก็บเกี่ยวและแปรรูปได้ง่าย ขนาดของเมล็ดกาแฟขึ้นกับพันธุ์ การปฏิบัติดูแลรักษา สภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ ส่วนกรรมวิธีในการแปรรูปสัมพันธ์กับน้ำหนักของเมล็ด โดยอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่ากรรมวิธีการตากแห้ง จากข้อมูลทั้งสองการทดลองทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดอัตลักษณ์เฉพาะถิ่นของกาแฟเพื่อสามารถยกระดับในการเพิ่มมูลค่ากาแฟต่อไป

ABSTACT

Research on identity of Thai coffee aim to study and develop the value and identity of coffee for use as a basis for registering geographic indications. Researched on 2 experiments in 2016-2018. Experiment 1 Study of Arabica Coffee Bean characteristics (*Coffea arabica* L. cv. Catimor) in 5 provinces (Chiang Mai, Chiang Rai, Mae Hong Son, Nan and Phayao) found that there were differences in geographic conditions such as intercropping, shade plants, planting systems, slopes of area, cultural practices, soil characteristics and climatic conditions which has physical characteristics as follow size of parchment (width 0.84±0.03 cm., length 1.22±0.05 cm., thick 0.52±0.03 cm.), size of green bean (width 0.71±0.03 cm., length 0.95±0.06 cm., thick 0.4±0.03 cm.), weight of 1000 of green bean (158.4±18.87 g.), number of green beans per 100 g. (643.89±72.33 bean), grade 1 (›7.1 mm) 48.64±18.81%, grade 2 (6.3≤7.1 mm) 31.36±11.95%, grade 3 (5.6≤6.3 mm) 5.37%, grade 4 (≤ 5.6 mm) 0.72%, Grade A (> 5.6 mm) 85.02±6.37%, Pea berry 10.19±4.72%. Chemical composition by cup tasting, the average score was 79.91±2.42 from 100 score and found that different in area and variety has different aroma as macadamia, chocolate, dried flower, roasted coffee, cinnamon, nutty, peach, apricot, plum Hazelnut, ripe banana, gingerbread, caramel, butter, apple, jasmine, honey, lime, camphor, cocoa, spice, cereal and roasted fruit. Physical properties have pH 5.6±0.13, total acid content 2.44±1.48%, ash Alkalinity 4.9±0.43%, sugar content 4.22±2.22%, nitrogen content 14.45±0.81%, total soluble

solids 5.81±2.74^{0}Brix, tartaric acid 0.02±0.01%, oil content 13.65±1.51%, ash content 4.54±0.36%. Chemical properties have furans content 205.31±31.21 mg./l, pyridine 581.09±145 mg./l, caffeine 16,257.7± 1,813.9 mg./l, quinic acid 5,825.55±1,308.54 mg./l, chlorogenic acid 122.27±19.36 mg./l, trigonelline 5,751.46±2,068.3 mg./l, pyrene 3.53±0.61 µg./kg., cafestol 0.56±0.07 mg./l, kahweol 1.09±0.14 mg./l and Cafestol: Kahweol ratio was 0.51±0.01. Aroma analysis has aroma of Garden Peas 43.88±11.16%, blackcurrant 24.19±6.64%, butter 26.31±6.17%, caramel 24.56±3.2%, roasted peanuts 27.94±3.34% and roasted coffee 30.88±3.5%. Simple sensorial analysis has 3.09±0.14 score from a full score of 5. Arabica Coffee Bean characteristics cv. Catimor "Chiang Mai 80" which released by Department of Agiculture, Thailand was found that there were no statistical differences in the width, length and thick of parchment and thick of green bean but there were statistical differences in weight of 1,000 coffee beans, number of coffee beans per 100 grams of weight, percentage of grade 1-4, percent of grad A and percentage of pea berry. There were statistical differences in the sensory properties of the cup testing, with an 79.72±0.97 scores but no statistical difference process and there are various aroma in each area and different process such as macadamia, cereal, bread, butter, caramel, honey, flower, fruit, chocolate, herbs and spices. Experiment 2 Study of Robusta Coffee Bean characteristics found that the physical characteristics of size of green bean of the local variety were larger than the recommended varieties of the Department of Agriculture (Chumpon 2, Chumpon 84-4 and Chumpon varieties). Chumpon 2, Chumphon 84-4 and Chumphon 84-5 weighed 100 seeds less than the local variety. Most farmers need robusta coffee varieties that have large green bean because they are easy to harvest and process. The size of the green beans depends on the variety, geographic and climatic conditions. The processing method was related to the weight of the seed that the conversion rate of fresh fruit to dry seed was higher than that of drying method. From the result of the two experiments could provides the basis for determining the identity of the coffee and able to raise the level in adding value of coffee to create community products.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

อัตลักษณ์ (อ่านว่า อัด-ตะ-ลัก) ประกอบด้วย อัต (อัด-ตะ) หมายถึง ตน หรือ ตัวเอง กับ ลักษณ์ ซึ่งหมายถึง สมบัติเฉพาะตัว อัตลักษณ์ ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า identity (อ่านว่า ไอ-เด็น-ติ-ตี้) หมายถึง ผลรวมของลักษณะเฉพาะของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งทำให้สิ่งนั้นเป็นที่รู้จักหรือจำได้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2550) กรมทรัพย์สินทางปัญญา (2557) ได้กำหนด "สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์" หมายความว่า ชื่อ สัญลักษณ์หรือสิ่งอื่นใดที่ใช้เรียกหรือใช้แทนแหล่งภูมิศาสตร์และที่สามารถบ่งบอกว่าสินค้าที่เกิดจากแหล่งภูมิศาสตร์นั้นเป็นสินค้าที่มีคุณภาพ ชื่อเสียงหรือคุณลักษณะเฉพาะของแหล่งภูมิศาสตร์ดังกล่าว ตามพระราชบัญญัติคุ้มครองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ พ.ศ.2546 ต่อมา ปี พ.ศ. 2549 โครงการพัฒนาดอยตุงฯ ได้ขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์กาแฟดอยตุง ตามประกาศกรม

ทรัพย์สินทางปัญญา ทะเบียนเลขที่ สช 49100005 สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication หรือ GI) เพื่อรักษาสิทธิและป้องกันการใช้ชื่อ "กาแฟดอยตุง" สำหรับกาแฟที่ปลูกจากแหล่งเดียว คือ ที่ดอยตุง ณ ความสูง 800 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไปเท่านั้น ดังนั้น อัตลักษณ์กาแฟไทย หมายถึง ผลรวมของลักษณะเฉพาะของกาแฟที่ปลูกในประเทศไทย ที่ทำให้สิ่งนั้นเป็นที่รู้จักหรือจำได้ เพื่อเตรียมความพร้อมให้เกษตรกรและผู้จำหน่ายกาแฟทั้งระบบให้สามารถแข่งขันได้ จำเป็นต้องพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันกาแฟของประเทศไทย โดยพัฒนาอัตลักษณ์กาแฟท้องถิ่นให้มีคุณค่า เพื่อพัฒนาเพิ่มมูลค่า และคุณค่ากาแฟ สร้างอัตลักษณ์กาแฟ ทั้งกลิ่นรสชาติ วิถีชีวิต และถิ่นที่ปลูก กาแฟเฉพาะถิ่นเป็นสินค้าประจำจังหวัด ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและรสชาติของกาแฟได้แก่ พันธุ์ สภาพแวดล้อม การปฏิบัติดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว กรรมวิธีในการคั่ว และการปรุงแต่ง (De Geus, 1973) กาแฟที่ปลูกเป็นการค้าของประเทศไทยมี 2 ชนิดได้แก่ กาแฟอะราบิกา และกาแฟโรบัสตา โดยกาแฟอะราบิกาปลูกมากในภาคเหนือ ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง น่าน ตาก แพร่ และอุตรดิตถ์ เป็นต้น และกาแฟโรบัสตา ในภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง และพังงา เป็นต้น ทั้งนี้จะศึกษาในสองภาคเนื่องจากมีสภาพพื้นที่และลักษณะอากาศเหมาะสม แม้ว่าได้มีการกระจายการปลูกกาแฟทั้งสองชนิดไปทั่วประเทศ สุ่มเก็บข้อมูลในแหล่งปลูกที่สำคัญในแต่ละพื้นที่เน้นในพันธุ์ที่ทางกรมวิชาการเกษตรแนะนำและรับรอง คือ กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 รวมถึงพันธุ์คาติมอร์อื่นๆ กาแฟโรบัสตา พันธุ์ชุมพร 2 พันธุ์ชุมพร 84-4 และ พันธุ์ชุมพร 84-5

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาและพัฒนาคุณค่าอัตลักษณ์ของกาแฟในแต่ละท้องถิ่นของประเทศไทย สำหรับใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์

ระเบียบวิธีการวิจัย (research methodology)

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สำรวจข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอะราบิกาในจังหวัดภาคเหนือ ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และน่าน บันทึกข้อมูลคือ ความสูงพื้นที่ พิกัดแปลงปลูก สภาพพื้นที่การปลูก แหล่งน้ำทำการเกษตร สภาพภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนสะสม เป็นต้น การเจริญเติบโตออกดอก ติดผลและเก็บเกี่ยว การปลูกและดูแลของเกษตรกร ข้อมูลผลผลิต ต้นทุน ปัจจัยการผลิต กระบวนการแปรรูปและจำหน่ายของเกษตรกร แหล่งพันธุ์ ประวัติการปลูก ธาตุอาหารในดิน

2. รวบรวมข้อมูล ข้อมูลในการศึกษาได้มาจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ดังนี้

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกาในภาคเหนือ เลือกเกษตรกรตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลา (Time series) เป็นเอกสารวิชาการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟจากแต่ละแหล่งปลูกที่สำคัญกาแฟอะราบิกาในจังหวัดภาคเหนือ โดยเก็บตัวอย่างเก็บผลสดกาแฟที่สุกแก่ (90%) จากแหล่งปลูกรายละ 100 ก.ก.ต่อตัวอย่าง ลอยน้ำ และคัดแยกผลดี คัดแยกขนาด นำมาแปรรูป 4 รูปแบบได้แก่ (1) วิธีสีเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ หมัก 2 คืน ขัดเมือก ล้าง และตาก

กรมวิชาการเกษตร

แห้ง) (2) วิธีสีกึ่งเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้ง หมัก 12 ชั่วโมง ขัดเมือก ล้าง และตากแห้ง) (3) วิธีแห้งแบบที่ 1 (เข้าเครื่องกะเทาะ 2 ครั้งล้าง และตากแห้ง) และ (4) วิธีแห้งแบบที่ 2 (ล้าง และตากแห้ง)

4. การบันทึกข้อมูล

4.1 ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่

4.1.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ได้แก่ เมล็ดกาแฟแบบกะลา เมล็ดกาแฟแบบสาร ด้วยเครื่องวัดความชื้นยี่ห้อ KETT รุ่น PM650 Version 6501

4.1.2 ลักษณะสีของเมล็ดกาแฟ ด้วยแผ่นเทียบสี (R.H.S. Colour Chart) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบกะลา และใช้หลักการประเมินเปรียบเทียบตามระบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) สำหรับเมล็ดกาแฟแบบสาร

4.1.3 อื่นๆ ได้แก่ ขนาดของเมล็ด (กว้าง ยาว หนา) ขนาดของสารกาแฟ (กว้าง ยาว หนา) น้ำหนักสารกาแฟต่อ 1000 เมล็ด (กรัม) จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม (เมล็ด) เมล็ดกลม (Peaberry) ขนาดของเมล็ด ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 (เมล็ดขนาด ›7.1 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 (เมล็ดขนาด 6.3≤7.1 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 (เมล็ดขนาด 5.6≤6.3 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 (เมล็ดขนาด ≤ 5.6 มิลลิเมตรเฉลี่ย) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A (เมล็ดขนาด > 5.6 มิลลิเมตร) เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ข้อบกพร่อง (Deflect) ได้แก่ เมล็ดดำ เมล็ดแตก เมล็ดสามเหลี่ยม เมล็ดแมลงทำลาย เมล็ดซีด ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ.5701-2552 เมล็ดกาแฟอะราบิกา (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) ลักษณะร่องของกาแฟกะลา (ตรง-โค้ง) รูปทรงของกาแฟกะลา (เรียว-กลม) ลักษณะร่องของสารกาแฟ (ตรงลึก-ตรงตื้น-โค้งลึก-โค้งตื้น) รูปทรงของสารกาแฟ (กลมป้อม-ค่อนข้างกลม-กลมรี-ยาวเล็ก)

4.2 องค์ประกอบทางเคมี ทดสอบโดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาการแปรรูปผลิตผลเกษตร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร กรมวิชาการเกษตร

4.2.1 คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความเป็นกรด-เบส (pH), ร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acid content: TAC), ความเป็นด่างของเถ้าที่ละลายได้ในน้ำ (Alkalinity of the soluble ash: AA), สารประกอบไนโตรเจน (Nitrogen contain: NC), ค่าสีที่พื้นผิว (Color: C), ปริมาณความชื้น (Moisture content: MC) และ ปริมาณน้ำตาล (Sugar content: SC)

4.2.2 คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ฟิวแรน (Polychlorinated dibenzofuraus PCDFs: Fur), ไพริดีน (Pyridine: Pyr), คาเฟอีน (Caffeine: Caff), กรดควินิก (Quinic acid: QA), กรดคลอโรจีริก (Chlorogenic Acid: CA), ไตรโกเนลไลน์ (Trigonelline: Tri), PAH group หรือ PAHs (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon: PAHs) ไพรีน (Pyrene: Pye), เบนโซเอไพรีน(Benzo[a]pyrene: B[a]P), ฟลูออแรนทีน (Fluoranthene: Flu), เบนโซบีฟลูโอแรนทีน (Benzo[b]fluoranthene: B[b]f), โอคราท็อกซิน เอ (Ochratoxin A: OTA), คาเฟสโตน (Cafestol) และ คาเวโอล (Kahweol)

4.2.3 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

1) ทดสอบกลิ่นด้วยเครื่อง E-nose ได้แก่ กลิ่นถั่ว (Garden Peas: E-VG), กลิ่นแบล็คเคอร์เรนต์ (Blackcurrant: E-FB), กลิ่นเนย (Butter: E-AB), กลิ่นคาราเมล (Caramel: E-TC), กลิ่นถั่วคั่ว(Roasted peanuts: E-TRP) และ กลิ่นกาแฟคั่ว (Roasted coffee: E-TR)

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

2) คุณภาพการชิม แบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ (1) สายตา (Visual) ได้แก่ สี (Color: Dark/Medium/Mind) ความหนาของครีมมากาแฟ (Thickness: Thick/Medium/Less), ระยะเวลาการคงอยู่ของครีมมากาแฟ (Persistency on the board of Cup) (2) กลิ่น (Olfactive) ได้แก่ Aromatic (Fruity/ Flowery), Evolution, Persistency (in seconds after smell) (3) รสชาด (Gustative) ได้แก่ Sweetness, Acidity, Bitterness, Astringency, Evolution, Aromatic, Persistency (in seconds after drink) (4) ความพึงพอใจ (General Impression) ได้แก่ Quality, Coffee Varieties

3) คุณภาพการชิม แบบ Cup testing ใช้หลักการประเมินตามแบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) ระดับดี (Good = 60-67.5) ดีมาก (Very Good = 70-77.5) ยอดเยี่ยม (Excellent = 80-87.5) สุดยอด (Out standing = 90-97.5) รวมคะแนนเต็ม 100 คะแนน

4.3 ปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยกลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH), อินทรียวัตถุในดิน (Organic matter), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail-P), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exec-K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exec-Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exec -Mg), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe) อินทรีย์คาร์บอน (OC), แมงกานีส (Mn) ซัลเฟอร์ (S) และ โบรอน (B)

เวลาและสถานที่ : เริ่มต้น ตุลาคม 2559 – สิ้นสุด กันยายน 2561

: ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พื้นที่โครงการพระราชดำริฯ/ศูนย์วิจัย/ศูนย์วิจัยและพัฒนาฯ และแปลงเกษตรกรที่กรมวิชาการเกษตรขยายผลปลูกกาแฟอะราบิกา

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา

อุปกรณ์และวิธีการ

1. สำรวจข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟโรบัสตา ในเขตจังหวัดทางภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง บันทึกข้อมูลคือ ความสูงพื้นที่ พิกัดแปลงปลูก สภาพพื้นที่การปลูก แหล่งน้ำทำการเกษตร สภาพภูมิอากาศได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณน้ำฝนสะสม เป็นต้น การเจริญเติบโต ออกดอก ติดผลและเก็บเกี่ยว การปลูกและดูแลของเกษตรกร ข้อมูลผลผลิต ต้นทุน ปัจจัยการผลิต กระบวนการแปรรูปและจำหน่ายของเกษตรกร แหล่งพันธุ์/ประวัติการปลูกกาแฟ ธาตุอาหารในดิน

2. รวบรวมข้อมูล ข้อมูลในการศึกษาได้มาจากแหล่งข้อมูล 2 แหล่ง ดังนี้

2.1 ข้อมูลปฐมภูมิ เป็นการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟกาแฟโรบัสตา ในภาคใต้ เลือกเกษตรกรตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2.2 ข้อมูลทุติยภูมิแบบอนุกรมเวลา (Time series) เป็นเอกสารวิชาการจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

3. ศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตาในภาคใต้ โดยเก็บตัวอย่างเก็บผลสดกาแฟที่สุกแก่ (90%) จากแหล่งปลูกต่าง ๆ สุ่มเก็บตัวอย่าง 10% ของประชากรที่ปลูกในแต่ละแหล่ง รายละ 25 ก.ก. ต่อตัวอย่าง ลอยน้ำและคัดแยกผลดี คัดแยกขนาด แล้วแปรรูป 2 รูปแบบได้แก่ (1) โดยวิธีสีเปียก (เข้าเครื่องกะเทาะ-หมัก 2 คืน-ขัดเมือก-ล้าง และตากแห้ง) (2) วิธีแบบแห้ง (ลอยน้ำ และตากแห้ง)

กรมวิชาการเกษตร

4. การบันทึกข้อมูล ได้แก่ ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดของเมล็ด (กว้าง ยาว หนา), ขนาดของสารกาแฟ (กว้าง ยาว หนา), จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม (เมล็ด) ความหนาแน่นของเมล็ด สี กลิ่น เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟดิบที่เสีย รูปร่างของเมล็ด และลักษณะร่องของเมล็ด เป็นต้น

เวลาและสถานที่ : เริ่มต้น ตุลาคม 2557 สิ้นสุด กันยายน 2560

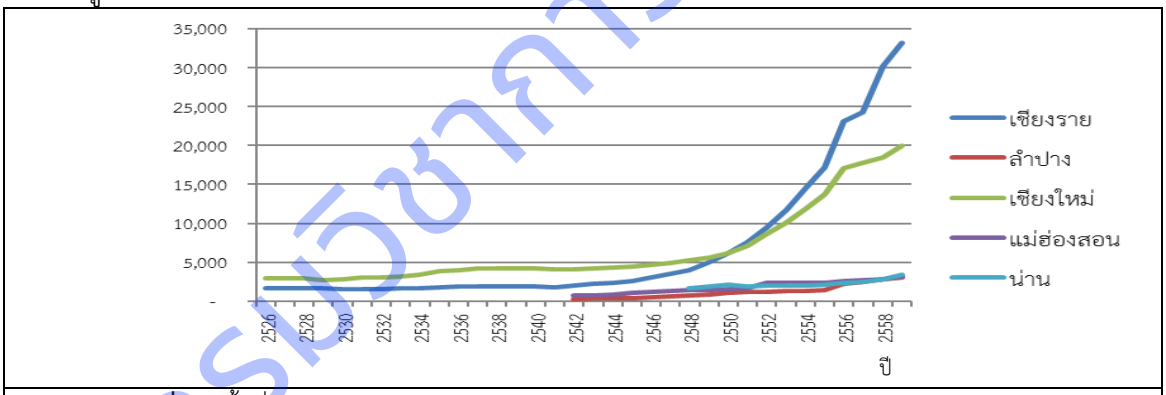
: ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลการเกษตร แปลงเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟโรบัสตา ในเขตจังหวัดทางภาคใต้ ได้แก่ ชุมพร ระนอง

ผลการวิจัย

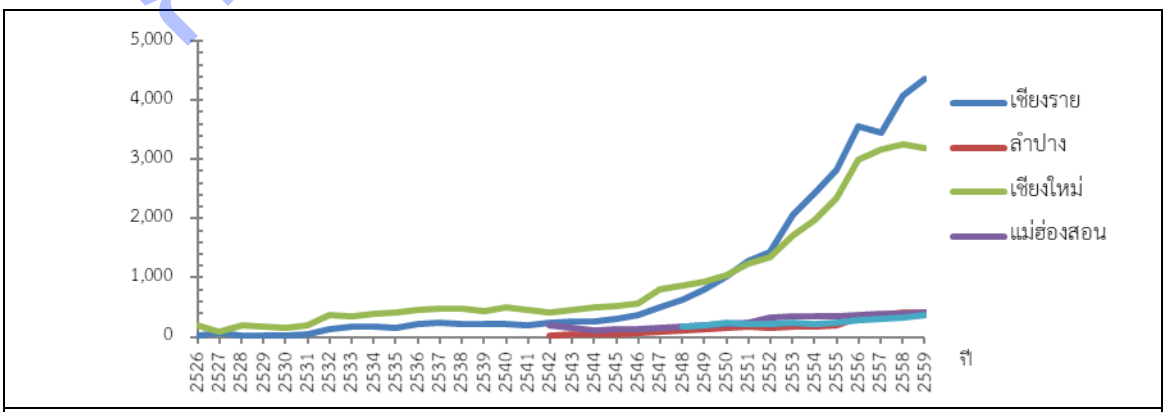
การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา

การสำรวจ รวบรวมข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอะราบิกา และการสัมภาษณ์เกษตรกร

สำรวจและรวบรวมข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอะราบิกาในแปลงเกษตรกรและในพื้นที่ปลูกของกรมวิชาการเกษตร 5 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และ จังหวัดน่าน โดย สุภัทรา และคณะ (2559) พบว่า เริ่มมีการรวบรวมพื้นที่ปลูกตั้งแต่ปี 2526 ที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ และมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกในช่วงปี 2546-2548 ความสอดคล้องกับระยะที่กรมวิชาการเกษตรได้กระจายพันธุ์ให้โครงการต่างๆในพื้นที่สูง และมีอัตราการเพิ่มพื้นที่ปลูกอย่างรวดเร็ว หลังปี 2550 เป็นปีที่กรมวิชาการเกษตรได้ประกาศกาแฟอะราบิกาเชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และอัตราการเพิ่มพื้นที่ยังคงสูงต่อเนื่องในช่วงปี 2549 - 2559 ในเฉพาะพื้นที่จังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ (ภาพที่ 1 และ 2)



ภาพที่ 1 เนื้อที่ให้ผล (ไร่) กาแฟอะราบิกาปี พ.ศ. 2526-2559



ภาพที่ 2 ผลผลิต (ตัน) กาแฟอะราบิกา ปี 2526-2559

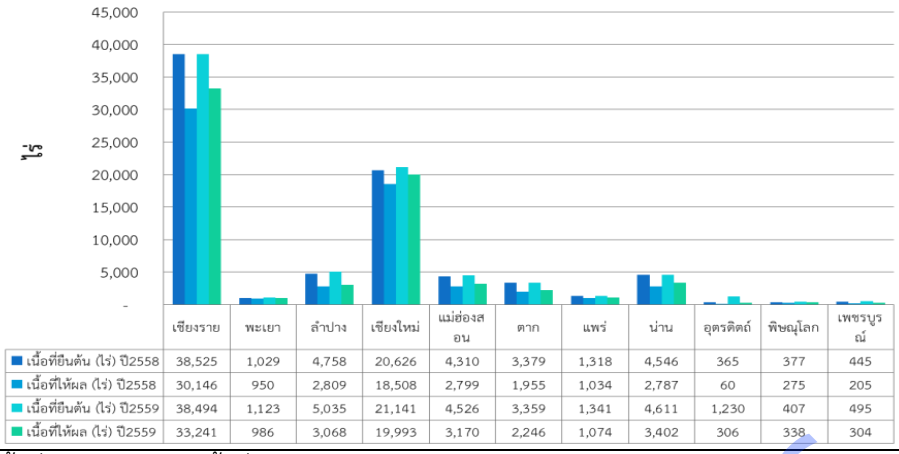
กรมวิชาการเกษตร

ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปาง มีพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกค่อนข้างจำกัด เพราะต้องปลูกในสภาพที่สูงทำให้มีการเพิ่มพื้นที่ปลูกค่อนข้างน้อย เมื่อเทียบกับจังหวัดเชียงรายและเชียงใหม่ ในจังหวัดน่านเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งมีการปลูกกาแฟอะราบิกาเพิ่มขึ้นในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมา และมีกลุ่มกำลังจะปลูกใหม่ตามนโยบายในพื้นที่ที่มีศักยภาพ ดังนั้นจึงแบ่งช่วงกระจายพันธุ์กาแฟอะราบิกาเป็น 2 ช่วงคือ

(1) ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549 เป็นการผลิตต้นกาแฟอะราบิกา ภายใต้โครงการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร ระหว่างปี พ.ศ. 2529-2532 กรมวิชาการเกษตร ได้ผลผลิตต้นกาแฟอะราบิกา จำนวน 2,000,000 ต้น เพื่อแจกจ่ายให้แก่เกษตรกรในจังหวัดต่างๆ ทางภาคเหนือ ได้แก่ เชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง พะเยา แพร่ น่าน ตาก แม่ฮ่องสอน และเพชรบูรณ์ ส่วนใหญ่ปลูกลูกผสมชั่วที่ 4 (พ.ศ. 2529-2532) และลูกผสมชั่วที่ 6 (พ.ศ. 2533-2537) กรมวิชาการเกษตรได้นำพันธุ์กาแฟไปปลูกในโครงการพัฒนาดอยตุง ในช่วงปี พ.ศ. 2532-2535 จำนวน 830,000 ต้น จำนวนพื้นที่เพาะปลูกประมาณ 2,500 ไร่ ปัจจุบันคงเหลือประมาณ 400,000 ต้น ยังคงให้ผลผลิตและมีชื่อผลิตภัณฑ์เฉพาะ ได้แก่ Golden Triangle, Doi Tung ได้มีการขยายพื้นที่ปลูกเพิ่มขึ้น กาแฟที่ผลิตได้ทำ cup test ที่ USA เทียบชั้นกับกาแฟโคลัมเบีย และได้รับอนุญาตให้ใช้ตราสัญลักษณ์สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical indication) ด้วย ด้านการพัฒนาพันธุ์กาแฟร่วมกับมูลนิธิโครงการหลวง เกษตรกรส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนพันธุ์กาแฟจากกรมวิชาการเกษตร ในปี พ.ศ. 2549 มูลนิธิโครงการหลวงมีพื้นที่ส่งเสริมการปลูกกาแฟอะราบิกาใน 3 จังหวัด ได้แก่ เชียงราย เชียงใหม่ และแม่ฮ่องสอน พื้นที่ปลูก 4,305 ไร่ เกษตรกรประมาณ 2,117 ราย สร้างอาชีพและรายได้ ลดการบุกรุกทำลายป่า ได้ผลผลิตกาแฟกะลาส่งผ่านมูลนิธิโครงการหลวง จำนวนทั้งสิ้น 226,125 กิโลกรัม เฉลี่ย 120-150 กิโลกรัม/ไร่ ผลผลิตนอกจากจะป้อนให้ร้านกาแฟต่างๆ แล้ว ยังผลิตภายใต้เครื่องหมาย “ดอยคำ” ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 เป็นต้นมากรมวิชาการเกษตรได้นำเอากาแฟอะราบิกาคาติมอร์สายพันธุ์คัดไปปลูกขยายผลในโครงการพระราชดำริต่างๆ ได้แก่ สถานีพัฒนาเกษตรที่สูงบ้านเล็กในป่าใหญ่ฟาร์มตัวอย่าง ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน รวมแล้วมากกว่า 700 ไร่ นอกจากนี้ได้มีการรับรองแหล่งผลิตกาแฟตามระบบเกษตรที่ดี (GAP) ใน 4 จังหวัด (เชียงราย เชียงใหม่ น่าน และแม่ฮ่องสอน) จำนวน 742 แปลง คิดเป็นพื้นที่ปลูก 5,414 ไร่ ในปี 2545-2546 โครงการปลูกพืชอุตสาหกรรมบ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย กรมวิชาการเกษตรได้สนับสนุนต้นกล้ากาแฟแก่เกษตรกร 709 ราย ปลูกในพื้นที่โครงการ 2,236 ไร่ ผลผลิตออกสู่ตลาด เป็นที่ยอมรับในด้านคุณภาพ และราคากาแฟดิบ ในปี 2552 สูงถึงกิโลกรัมละ 95-100 บาท กลุ่มผู้ผลิตกาแฟจำนวนมากต้องการผลิตกาแฟคุณภาพ ทำให้เกษตรกรสมัครเข้าโครงการ GAP มากกว่า 4,500 ไร่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) คาดคะเนว่าพื้นที่ปลูกกาแฟในเขต ต.วาวี และใกล้เคียงจะสูงถึง 12,481 ไร่ เป็นแหล่งผลิตกาแฟอะราบิกาที่ใหญ่ที่สุดในภาคเหนือตอนบน ผลผลิตประมาณปีละ 1,000-1,200 ตัน

(2) ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559 กาแฟอะราบิกา เชียงใหม่ 80 ได้รับการเสนอพิจารณาเป็นพันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร “เชียงใหม่ 80” เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 ดังนั้นในช่วงปี 2550 – 2559 ได้มีผลการกระจายพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,860,713 ต้น ช่วงปี 2552-2558 พบว่า เนื้อที่ให้ผล และผลผลิตของกาแฟอะราบิกาเพิ่มขึ้น โดยเนื้อที่ให้ผลเพิ่มจาก 34,180 ไร่ ในปี 2553/54 เป็น 62,152 ไร่ ในปี 2557/58 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 16.53 ผลผลิตเพิ่มจาก 5,339 ตัน ในปี 2553/54 เป็น 8,929 ตัน ในปี 2557/58 หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 13.99 เนื่องจากภาครัฐและเอกชนมีโครงการส่งเสริมให้ปลูกกาแฟเพิ่มในสวนไม้ผล ไม้ยืนต้น และพื้นที่ป่าชุมชน เริ่มให้ผลผลิต ส่วนผลผลิตต่อไร่ลดลงจาก 156 กิโลกรัม ในปี 2553/54 เหลือ 144 กิโลกรัม ในปี 2557/58 หรือลดลงร้อยละ 2.10 (ภาพที่ 3)

กรมวิชาการเกษตร



	เชียงราย	พะเยา	ลำปาง	เชียงใหม่	แม่ฮ่องสอน	ตาก	แพร่	น่าน	อุตรดิตถ์	พิษณุโลก	เพชรบูรณ์
เนื้อที่ยืนต้น (ไร่) ปี2558	38,525	1,029	4,758	20,626	4,310	3,379	1,318	4,546	365	377	445
เนื้อที่ให้ผล (ไร่) ปี2558	30,146	950	2,809	18,508	2,799	1,955	1,034	2,787	60	275	205
เนื้อที่ยืนต้น (ไร่) ปี2559	38,494	1,123	5,035	21,141	4,526	3,359	1,341	4,611	1,230	407	495
เนื้อที่ให้ผล (ไร่) ปี2559	33,241	986	3,068	19,993	3,170	2,246	1,074	3,402	306	338	304

ภาพที่ 3 เนื้อที่ยืนต้น (ไร่) และเนื้อที่ให้ผล (ไร่) ของผู้ปลูกกาแฟอะราบิกาในเขตภาคเหนือ ปี 2558-2559

ปี พ.ศ. 2559 พบว่า กาแฟอะราบิกามีพื้นที่ให้ผลผลิต 72,982 ไร่ ผลผลิต 9,538 ตัน เป็นพันธุ์เชียงใหม่ 80 (พันธุ์รับรองของกรมวิชาการเกษตร) จำนวน 2,860,713 ต้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 7,151 ไร่ (ไร่ละ 400 ต้น) เป็นการปลูกร่วมกับพืชอื่น มีการปลูกเป็นเชิงเดี่ยวน้อยมาก พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ (ภาพ 3) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ที่ความสูง 700-1500 เมตรจากระดับน้ำทะเลขึ้นไป อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 18 – 27 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนไม่ต่ำกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปี จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอะราบิกาแบบเจาะจง ในพื้นที่ 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และ น่าน พบว่า พื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปางพบน้อยมาก และพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกเป็นผู้ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์การถือครองเป็นส่วนใหญ่ รองลงมาเป็นผู้ที่มีหนังสือสิทธิทำกินในเขตป่าไม้ ระบบแปลงปลูกพบว่า ส่วนใหญ่ปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจอื่น เช่น มะคาเดเมีย กล้วย อาโวกาโด และชาอัสสัม เป็นต้น รองลงมาคือ ปลูกร่วมกับพื้นที่ป่า และปลูกพืชเชิงเดี่ยว สภาพแปลงปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา รองลงมาเป็นพื้นที่ลาดชัน และพื้นที่ราบตามลำดับ ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย และดินร่วน แปลงปลูกกาแฟอะราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล การปฏิบัติดูแลรักษา แตกต่างในแต่ละจังหวัดคือ **1) จังหวัดเชียงราย** เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรส่วนใหญ่ให้ปุ๋ยในช่วงที่ระยะการพัฒนามากที่สุด รองลงมาคือช่วงระยะติดผล และก่อนปลูกตามลำดับ เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินช่วงหลังการเก็บเกี่ยว **2) จังหวัดเชียงใหม่** เกษตรกรส่วนมากให้ปุ๋ยในช่วงก่อนปลูก รองลงมาคือ ช่วงระยะพัฒนาช่วงติดผล ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว เกษตรกรจะไม่ใส่ปุ๋ยช่วงหลังออกดอก เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินสูงสุดคือช่วงการเตรียมดินก่อนปลูก และพบช่วงระยะการพัฒนาเล็กน้อยหลังจากออกดอกจนถึงหลังเก็บเกี่ยว **3) จังหวัดแม่ฮ่องสอน** เกษตรกรให้ปุ๋ยมากที่สุดช่วงระยะติดผล รองลงมาคือระยะการพัฒนา ช่วงก่อนปลูก และช่วงก่อนเก็บเกี่ยวตามลำดับ เกษตรกรไม่มีการใส่ปุ๋ยในช่วงหลังออกดอกและหลังเก็บเกี่ยว เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกครั้งเดียว **4) จังหวัดน่าน** เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดช่วงการดูแลกาแฟโดยเฉพาะการติดผล และใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกครั้งเดียว และ **5) จังหวัดลำปาง** เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ย 3 ครั้งในช่วงระยะการพัฒนา ช่วงติดผล และก่อนเก็บเกี่ยว เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกเพียงครั้งเดียว

ดำเนินการแบ่งกลุ่มกาแฟอะราบิกาเป็น 3 กลุ่ม จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 สถานที่คือ **กลุ่มที่ 1 พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80** มีจำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง

บ้านผีปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านทุ่งยาว ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ม บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) **กลุ่มที่ 2 พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์** มีจำนวน 10 ตัวอย่าง ใน 4 สถานที่ ได้แก่ H420/9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-239 ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง1 และบ้านขุนวาง2 ต.แม่วิน อ.แม่วาง และบ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) และจังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย) และ **กลุ่มที่ 3 พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้** จำนวน 8 ตัวอย่าง ใน 7 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด, บ้านยางครก ต.ยางเปียง และ บ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมูเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ 1 และ บ้านสันเจริญ 2 ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) ซึ่งมีความแตกต่างในลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีคือ

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ปลูกของกาแฟอะราบิกา

มีความแตกต่างในพื้นที่ปลูกที่มีความแตกต่างของความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพแปลงปลูก ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา พืชที่ปลูกร่วม และปริมาณธาตุอาหารในดิน ประเมินจากความลึกของรากกาแฟและสีของชั้นดินในแต่ละสถานที่ แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. **พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80** ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล แบ่งหน้าตัดดินเป็น 3-5 ระดับความลึก พบว่ามีปริมาณของ pH, Avail. P, Ca, Mg, Zn และ B ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu, Fe และ Mn สูง พบปัญหาการขาดธาตุ Avail. P, Ca, Mg และ B ในทุกพื้นที่ยกเว้นที่บ้านดอยช้าง จ.เชียงราย บ้านปางขอน จ.เชียงราย บ้านห้วยหมาก จ.เชียงราย บ้านปางตองและบ้านรวมไทย จ.แม่ฮ่องสอน ที่มีปริมาณธาตุ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอะราบิกา (ตารางที่ 1 และ 2)

2. พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล แบ่งหน้าตัดดินเป็น 3-4 ระดับความลึก พบว่า มีปริมาณของ pH, Avail. P, Ca, Mg, Zn และ B ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu และ Fe ที่สูง มีปริมาณของ Mn เหมาะสม พบปัญหาการขาดธาตุ Avail. P, Ca, Mg และ B ในทุกพื้นที่ ยกเว้นที่บ้านดอยช้าง จ.เชียงราย ที่มีปริมาณธาตุ Ca และ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอะราบิกา (ตารางที่ 1 และ 2)

3. พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล แบ่งหน้าตัดดินเป็น 2-4 ระดับความลึก พบว่า ปริมาณของ pH, Avail. P, Ca และ Mg ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu, Zn, Fe และ Mn ที่สูง พบปัญหาการขาดธาตุ Ca และ Mg ในทุกพื้นที่

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

ยกเว้นที่บ้านห้วยฮ้อม จ.แม่ฮ่องสอน ที่มีปริมาณธาตุ Ca, Mg, Mn และ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอะราบิกา (ตารางที่ 5.1 และ 5.2)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.1 ลักษณะพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดน่าน จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดพะเยา

ลักษณะ/สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	พิกัด	พืชที่ปลูกร่วม	การปฏิบัติดูแลรักษา	ลักษณะดิน
พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80					
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	1420	47Q 0447665 2060085	กาแฟมีอายุประมาณ 15 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตรปลูกร่วมกับมะคาเดเมียอย่างเป็นระบบ ระยะปลูก 8*8 เมตร มีร่มเงาเด่นชัด รับแสงแดดทั้งวัน มีใบมะคาเดเมียร่วงโคนต้น แปลงอยู่บนขั้นบันไดค่อยลาดชันจากบนลงล่าง โดยชันประมาณ 5-20%	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 1 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0 และ 0-0-60 ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่) ปีละ 1 ครั้ง ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 5 ระดับความลึกคือ (1) 0-11 เซนติเมตร (2) 11-20 เซนติเมตร (3) 20-32 เซนติเมตร (4) 32-58 เซนติเมตร และ (5) 58+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง มีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และ Zn มีไม่เพียงพอ เสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
บ้านผีปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	967	47Q 0408965 1980589	กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกกาแฟคือ 1x1.5 เมตร ปลูกร่วมกับต้นกล้วย ขนุน มะม่วง สับปะรด และไม้ป่าถิ่นเดิมอย่างไม่เป็นระบบ เป็นสวนหลังบ้าน เป็นพื้นที่ราบประมาณ 50% และลาดชันอีก 50% โดยชันมากกว่า 35% ปลูกกาแฟตามระดับของพื้นที่ ไม่เป็นขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดทั้งวัน	เริ่มปลูกปี 2553 ปี 2554-2557 มีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และ 46-0-0 ร่วมกับมูลไก่ ปี 2558 ไม่มีการใส่ปุ๋ย เพราะเปลี่ยนเป็นแปลงอินทรีย์ ปี 2561 เข้าโครงการ ศพก. จึงใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 จำนวน 2 ครั้งต่อปี	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึก คือ (1) 0-20 เซนติเมตร (2) 20-36 เซนติเมตร (3) 36-54 เซนติเมตรและ (4) 54+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและปานกลาง ถึงต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1219	47Q 0409022 1974358	กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 0.5x2, 1x1.5, 1x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับลิ้นจี่ มะนาว ขนุน มะละกอ อะโวกาโด มะม่วง อ้อย กล้วย ลูกเนียง และไม้ป่าอื่นๆ อย่างไม่เป็นระบบ มีพื้นที่ลาดชันมากกว่า 35% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชัน ไม่เป็นขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดช่วงเช้า มีป่าช้าอยู่เหนือแปลง	เริ่มปลูกปี 2553 ปี 2554-2557 มีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และ 46-0-0 ร่วมกับมูลไก่ ปี 2558 ไม่มีการใส่ปุ๋ย เพราะเปลี่ยนเป็นแปลงอินทรีย์ ปี 2559 มีการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ต่อมาปี 2560-2561 เข้าโครงการ ศพก. จึงใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 จำนวน 2 ครั้งต่อปี	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึก คือ (1) 0-18 เซนติเมตร (2) 18-38 เซนติเมตร (3) 38-66 เซนติเมตรและ (4) 66+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านนาเกียน อ.นาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1230	47Q 0410895 1967164	กาแฟมีอายุประมาณ 2-7 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 0.5x2, 1x1.5, 1x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ เป็นสวนหลังบ้าน เป็นพื้นที่ราบ ปลูกร่วมกับกล้วย มะขามป้อม ขนุน สับปะรด และไม้ป่าอื่นๆ อย่างไม่เป็นระบบ มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดช่วงเช้า มีการเลี้ยงวัวและไก่ใต้ถุนบ้าน	เริ่มปลูกปี 2554 ปี 2555-2557 มีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 ร่วมกับมูลไก่ ปี 2558 ไม่มีการใส่ปุ๋ย เพราะเปลี่ยนเป็นแปลงอินทรีย์ ต่อมาปี 2560-2561 เข้าโครงการ ศพก. จึงใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0, 18-46-0 จำนวน 2 ครั้งต่อปี	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับความลึก คือ (1) 0-17 เซนติเมตร (2) 17-41 เซนติเมตร (3) 41+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1086	47Q 0425493 965181	กาแฟมีอายุประมาณ 10 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 0.5x2, 1x1.5, 1x2 เมตร, 2x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับไม้ป่าถิ่นเดิม มีน้ำไหลผ่านแปลง มีพื้นที่ลาดชันมากกว่า 10-20% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชัน ไม่เป็นขั้นบันได มีร่มเงาทึบ	เริ่มปลูกปี 2550 ไม่มีการใส่ปุ๋ย ปี 2560-2561 เข้าโครงการ ศพก. จึงใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 จำนวน 2 ครั้งต่อปี	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึกคือ (1) 0-10 เซนติเมตร (2) 10-20 เซนติเมตร (3) 20-30 เซนติเมตร (4) 30-50 เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1225	47Q 0428429 1962502	กาแฟมีอายุประมาณ 10 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟคือ 1x2 เมตร, 2x2 เมตร ปลูกร่วมกับไม้ป่าถิ่นเดิม และต้นนางพญาเสือโคร่ง อย่างไม่เป็น	เริ่มปลูกปี 2550 มีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และ 46-0-0 ร่วมกับมูลไก่ มูลวัว	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับความลึกคือ (1) 0-22 เซนติเมตร (2) 22-38 เซนติเมตร (3) 38+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและปานกลางถึงต่ำในดินชั้นล่าง

ลักษณะ/สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	พิกัด	พืชที่ปลูกร่วม	การปฏิบัติดูแลรักษา	ลักษณะดิน
			ระบบ พื้นที่ลาดชัน 10-35% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชันเป็นขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดช่วงเช้า		ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1248	47Q 0429003 914505	กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกกาแฟคือ 1x2 เมตร, 2x2 เมตร เป็นระบบ ปลูกร่วมกับไม้ป่าถิ่นเดิม และต้นนางพญาเสือโคร่ง อย่างไม่เป็นระบบ มีพื้นที่ลาดชันมากกว่า 10-35% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชันตามขั้นบันได บางจุดไม่เป็นขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดช่วงเช้า	เริ่มปลูกปี 2553 ปี 2554-2557 มีการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และ 46-0-0 ร่วมกับมูลไก่ ปี 2558 ไม่มีการใส่ปุ๋ย เพราะเปลี่ยนเป็นแปลงอินทรีย์	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับความลึกคือ (1) 0-26 เซนติเมตร (2) 26-63 เซนติเมตร (3) 63+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านคุ้ม แปลง 5ต.แม่งอน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่			กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 1x1.5, 1x2 เมตร, 2x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับต้นจันทร์ทองไต้หวันที่เป็นระบบ และอะโวกาโก มีพื้นที่ลาดชันมากกว่า 10-35% ปลูกกาแฟตามขั้นบันได มีร่มเงาทึบ รับแสงช่วงเช้า	เริ่มปลูกปี 2552 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 ปีละครั้ง	ไม่ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน
บ้านคุ้ม แปลง 7ต.แม่งอน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่			กาแฟมีอายุประมาณ 9 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 1x1.5, 1x2 เมตร, 2x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับต้นเกาลัดจีน พืช พีแคน ที่เป็นระบบ มีพื้นที่ลาดชันมากกว่า 10-35% ปลูกกาแฟตามขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงทั้งวัน	เริ่มปลูกปี 2552 ใส่ปุ๋ย 15-15-15 ปีละครั้ง	ไม่ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน
บ้านทุ่งยาว ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่			กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 1x1.5, 1x2 เมตร, 2x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับต้นมะขามป้อม มะขาม ไม้ถิ่นทั่วไป เป็นสวนข้างบ้าน เป็นพื้นที่ราบ มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงช่วงเช้า	เริ่มปลูกปี 2555 มีการใส่ปุ๋ย 15-15-15 ปีละครั้ง	ไม่ได้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดิน
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	1395	47Q 0559354 2189835	กาแฟมีอายุประมาณ 14 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร ปลูกร่วมกับมะคาเดเมียอย่างเป็นระบบ ระยะปลูก 6*8 เมตร มีร่มเงาเด่นชัดและใบมะคาเดเมียมีการร่วงทับถมเป็นเวลานานแปลงอยู่ในหุบ	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 1 ครั้ง ได้แก่ 15-15-15 ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับความลึกคือ (1) 0-27 เซนติเมตร (2) 27-57 เซนติเมตร (3) 57+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในทุกระดับชั้นดิน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe, Mn และ B ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง จ.เชียงราย	1353	47Q562537 2200588	กาแฟมีอายุประมาณ 8-10 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร แปลงปลูกคือ แปลงภายใต้ร่มเงา 50-70% คือ มีไม้บังร่มเป็นป่าอื่นๆ ตามธรรมชาติ	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 2 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0 และ 15-15-15 ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับความลึกคือ (1) 0-16 เซนติเมตร (2) 16-50 เซนติเมตร (3) 50+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปานกลางในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชและ Zn มีไม่เพียงพอในดินชั้นล่างเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาด
บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	1028	47Q 0560158 2236159	กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 แปลงภายใต้ร่มเงา 20% คือ มีไม้บังร่มเป็นป่าอื่นๆ ตามธรรมชาติ เดิมปลูกข้าวโพดมาก่อน	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 2 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0 และ 15-15-15	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึกคือ (1) 0-14 เซนติเมตร (2) 14-37 เซนติเมตร (3) 37-54 เซนติเมตร (4) 54+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มี

สงวนการเกษตร

ลักษณะ/สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	พิกัด	พืชที่ปลูกร่วม	การปฏิบัติดูแลรักษา	ลักษณะดิน
					ปานกลางในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชและ Zn มีไม่เพียงพอในดินชั้นล่างเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน	924	แปลง 1:47Q 0729806 2130328 แปลง 2: 47Q 730021 2130133	แปลง 1: กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 0.5x2, 1x1.5, 1x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับป่าธรรมชาติ (ป่าเหล่า) มีพื้นที่ลาดชัน 5-35% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชัน ไม่เป็นขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดช่วงเช้า แปลง 2: กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร ปลูกร่วมกับป่าธรรมชาติมีพื้นที่ลาดชัน 5-10% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชัน ไม่เป็นขั้นบันได มีร่มเงาเป็นจุดๆ รับแสงแดดช่วงเช้า	-แปลงที่ 1: เริ่มปลูกปี 2556 ใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 และปุ๋ยหมัก จำนวน 1 ครั้งต่อปี -แปลงที่ 2: เริ่มปลูกปี 2556 ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และปุ๋ยหมัก จำนวน 1 ครั้งต่อปี	-แปลง 1:แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับระดับความลึกคือ (1) 0-15 เซนติเมตร (2) 15-34 เซนติเมตร (3) 36-62 เซนติเมตร และ (4) 62+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -แปลง 2:แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับระดับความลึกคือ (1) 0-20 เซนติเมตร (2) 20-33 เซนติเมตร และ (3) 33+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน
บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	946	47Q 0388183 2156696	กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2559 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร ปลูกร่วมกับมะคาเดเมียอย่างเป็นระบบ ระยะปลูก 8*8 เมตร มีร่มเงาเด่นชัด รับแสงแดดทั้งวัน ไม่มีใบมะคาเดเมียร่วงโคนต้น แปลงอยู่บนขั้นบันไดค่อยลาดชันจากบนลงล่าง โดยชันประมาณ 5-20%	เริ่มปลูกปี 2551 ใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 และ 15-15-15 และปุ๋ยหมัก จำนวน 1 ครั้งต่อปี	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับความลึกคือ (1) 0-28 เซนติเมตร (2) 28-56 เซนติเมตร และ (3) 56-100 เซนติเมตร -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในทุกระดับชั้นดิน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และ Zn มีไม่เพียงพอในดินชั้นล่างเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
บ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	1133	47Q 0386087 2156583	กาแฟมีอายุประมาณ 6 ปี เมื่อปี พ.ศ.2559 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะคือ 0.5x2, 1x1.5, 1x2 เมตร อย่างไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับป่าธรรมชาติ ป่าสนและไม้ป่าอื่นๆ ตามธรรมชาติ แปลงภายใต้ร่มเงา 70% มีพื้นที่ลาดชัน 5-35% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชัน ไม่เป็นขั้นบันได มี รับแสงแดดช่วงเช้า	เริ่มปลูกปี 2553 ใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 และ 15-15-15 และปุ๋ยหมัก จำนวน 1 ครั้งต่อปี	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึกคือ (1) 0-18 เซนติเมตร (2) 18-33 เซนติเมตร (3) 33-64 เซนติเมตร และ (4) 64-100 เซนติเมตร -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในทุกระดับชั้นดิน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำในดินทุกชั้น โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และZn มีไม่เพียงพอในดินชั้นล่างเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ จ.พะเยา	1380		กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ.2561 ระยะปลูกกาแฟหลายระยะ ปลูกร่วมกับป่าธรรมชาติ มีพื้นที่ลาดชัน 5-10% ปลูกกาแฟตามพื้นที่ลาดชัน รับแสงแดดตลอดทั้งวัน	เริ่มปลูกปี 2551 ไม่มีการใส่ปุ๋ย	ไม่ได้วิเคราะห์
<u>พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์</u>					
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ **(H420/9 ML2/4-78-62-26, H528/46 ML2/10-29-65-23)**	1457	47Q 0447527 2069839	กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟคือ 1.5x2 เมตรปลูกกลางแจ้ง รับแสงแดดทั้งวัน แปลงอยู่บนขั้นบันไดค่อยลาดชันจากบนลงล่าง โดยชันประมาณ 5-10%	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 3 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่) ปีละ 1 ครั้ง ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึกคือ (1) 0-14 เซนติเมตร (2) 14-24 เซนติเมตร (3) 24-38 เซนติเมตร และ (4) 38+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในทุกระดับชั้นดิน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และ Zn มีไม่เพียงพอในดินชั้นล่างเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ (**H420/9**	1275	-แปลงภายใต้ร่มเงา 30%: 47Q	กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร รับแสงแดดทั้งวัน ไม้บังร่มได้แก่ กระถินอินโด ซิลเวอร์โอ๊ค มะคาเดเมีย ระยะ	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 3 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่) ปีละ 1 ครั้ง ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แปลงภายใต้ร่มเงา 30%: แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับ(1) 0-20 เซนติเมตร (2) 20-54 เซนติเมตร (3) 54-100 เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน โดยมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับ

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะ/สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	พิกัด	พืชที่ปลูกร่วม	การปฏิบัติดูแลรักษา	ลักษณะดิน
ML3/1-106-WW29)		0444380 2061933	6*6 เมตร		ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ (H420/9 ML3/1-106-WW29)	1297	-แปลงภายใต้ร่มเงา 70%: 47Q 0444288 2061950	กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร ไม้บังร่มคือ มะคาเดเมีย ระยะ 8*8 เมตร แปลงอยู่บนขั้นบันไดค่อยลาดชันจากบนลงล่าง โดยชันประมาณ 5%	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 3 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่) ปีละ 1 ครั้ง ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แปลงภายใต้ร่มเงา 70%: แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับคือ (1) 0-13 เซนติเมตร (2) 13-31 เซนติเมตร (3) 31-60 เซนติเมตร และ (4) 60-100 เซนติเมตร โดยมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และZn มีไม่เพียงพอเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย(H420/9 ML3/1-106-WW29)	1499	47Q 0559555 2190067	กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2560 ระยะปลูกกาแฟคือ 2x2 เมตร รับแสงแดดช่วงเช้า และร่มในช่วงบ่าย แปลงอยู่ภายใต้ร่มเงา 30% คือ มีไม้บังร่มเป็นต้นกระถินอินโด ซิลเวอร์โอ๊ค และนางพญาเสือโคร่ง ระยะ 6*6 เมตร ปลูกตามขั้นบันไดโดยชันประมาณ 5-20%	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 3 ครั้ง ได้แก่ 46-0-0, 18-46-0 และ 0-0-60 ปุ๋ยคอก (ขี้ไก่) ปีละ 1 ครั้ง ร่วมกับการพรวนดินและทำโคนต้น	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับ(1) 0-14 เซนติเมตร (2) 14-24 เซนติเมตร (3) 24-38 เซนติเมตร และ (4) 38+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน
พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์					
บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	1260	47Q 0538194 2094426	กาแฟมีอายุประมาณ 8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูก 2x2 เมตร ปลูกร่วมกับชาเมี่ยง มีไม้ใหญ่เป็นไม้ประธานเช่น กล้วยฤาษี ก่อ แคป่า ฯลฯ (วนเกษตร) สูง 10-15 เมตร มีใบร่วงหล่นมากในช่วงฤดูแล้ง บนพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 1-1.5 กก./ต้น/ปี ตัดแต่งกิ่งควบคุมความสูงประมาณ 1.8 เมตร	-แบ่งระดับความลึกดังนี้ 0-40, 40-70, 70-100, 100-130, 130-170 และ 170-200+ เซนติเมตร ตามลำดับ -มีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบAp-AB-Bt1-Bt2-Bt3-BCrt มีสีดินบนเป็นสีน้ำตาลปนเทาเข้ม (2.5Y 3/2) ดินล่างเป็นสีน้ำตาลเข้ม (7.5YR 5/6) ผสมกับสีเหลืองปนแดง (7.5 YR 6/6) มีเนื้อดินเป็นดินบนเป็นดินร่วน (loam) ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และดินเหนียวปนทราย (sandy clay) มีโครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) ดินบนมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.8) ดินล่างมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 3.6-5.2)
บ้านยางครก ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	1027	47Q 0444047 1970093	กาแฟมีอายุประมาณ 20 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูก ไม่เป็นระบบ ปลูกร่วมกับมะม่วงและไม้ป่าทั่วไป ปลูกรอบบริเวณบ้านของเกษตรกร รับแสงแดดช่วงเช้า ร่มช่วงบ่าย เป็นที่ราบ	ไม่มีการใส่ปุ๋ย ปล่อยตามธรรมชาติ	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับความลึกคือ (1) 0-16 เซนติเมตร (2) 16-39 เซนติเมตร (3) 39-57 เซนติเมตร และ (4) 57+ เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน
บ้านม่อนจอง ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล
บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	839	47Q 066972721 31175	กาแฟมีอายุประมาณ 8-20 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูกหลากหลายไม่เป็นระบบ ปลูกกลางแจ้ง บนพื้นที่ลาดชันจากบนลงล่าง โดยชันประมาณ 10-30%	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 1 ครั้ง ได้แก่ 15-15-15	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับคือ (1) 0-13 เซนติเมตร (2) 13-64 เซนติเมตร และ (3) 64+ เซนติเมตร -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูงมีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	1400	47Q 0667826 2130227	:กาแฟมีอายุประมาณ 5-8 ปี เมื่อปี พ.ศ. 2561 ระยะปลูก 2x2 เมตร ปลูกกลางแจ้ง บนพื้นที่ลาดชันจากบนลงล่าง ประมาณ 10-30%	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 1 ครั้ง ได้แก่ 15-15-15,46-0-0 และ 0-0-60	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 2 ระดับคือ (1) 0-25 เซนติเมตร (2) 25+ เซนติเมตร โดยมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด -มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง มีระดับของ Cu, Zn, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช
บ้านห้วยฮ้อม ต.ห้วยฮ้อม อ.แม่	1009	47Q	กาแฟมีอายุประมาณ 5 ปี เมื่อปี พ.ศ.2559 ลักษณะ	ใส่ปุ๋ยเคมีปีละ 1 ครั้ง ไม่มีการพรวนดิน	-แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับระดับความลึกคือ (1) 0-14 เซนติเมตร (2) 14-34 เซนติเมตร

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะ/สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (เมตร)	พิกัด	พืชที่ปลูกร่วม	การปฏิบัติดูแลรักษา	ลักษณะดิน
ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน		0402115 2032700	แปลงปลูกคือ แปลงภายใต้ร่มเงา 50% คือ มีไม้บังร่มเป็นป่าธรรมชาติ	และทำโคนต้น	(3) 34-48 เซนติเมตร และ (4) 48-70 เซนติเมตร แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน -มีปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในทุกชั้นดินบน ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง มีระดับของ Cu, Fe และ Mn ที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช และZn มีไม่เพียงพอในดินชั้นล่างเสี่ยงต่อการแสดงอาการขาดธาตุ
บ้านมูเซอผาฮี้ ม.11 ต.โป่งงาม อ.แม่สาย จ.เชียงราย	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล	ไม่ได้เก็บข้อมูล

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.2 ผลการแบ่งหน้าตัดดินและผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินตามระดับความลึก ในแปลงปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดน่าน จังหวัดแม่ฮ่องสอน และจังหวัดพะเยา

ลักษณะ/สถานที่	ระดับความลึก(ซม.)	pH(1:1)	OM(%)	Avail. P(mg/kg)	K(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	B(mg/kg)
พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80												
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่	0-11	4.88	8.54	32.9	230.1	1382	144.2	1.88	2.57	113.80	84.71	1.89
บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง	11-20	5	4.84	19.7	109.8	190.9	21.02	0.96	0.59	75.47	10.12	1.09
จ.เชียงใหม่(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	20-32	4.32	4.37	16.2	76.76	90.67	9.749	0.74	0.73	65.73	10.32	0.44
	32-58	5.33	1.70	3.3	69.84	201.4	21.55	0.48	0.27	31.00	3.33	0.18
	58+	5.41	1.52	4.0	53.18	225.1	18.32	0.23	0.07	23.61	4.27	0.26
บ้านผีปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย	0-20	5.94	6.19	7.15	127.63	59.05	9.808	8.939	16.35	440.1	541.3	ไม่ได้วิเคราะห์
จ.เชียงใหม่(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	20-36	5.40	1.78	2.00	52.68	43.65	9.974	6.197	1.573	112.4	262.5	ไม่ได้วิเคราะห์
	36-54	5.40	1.28	1.88	52.68	43.32	10.58	4.277	1.093	70.43	215.4	ไม่ได้วิเคราะห์
	54+	5.46	0.86	1.12	56.64	34.67	15.69	3.85	1.234	53.42	196.6	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านใบหนา ต.นาเกียน	0-18	5.66	7.41	2.02	677.67	43.87	34.87	12.310	231.300	418.8	693.7	ไม่ได้วิเคราะห์
อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	18-36	5.96	3.28	1.20	959.28	31.78	20.99	11.010	108.000	233.2	324.2	ไม่ได้วิเคราะห์
(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	38-66	5.69	2.25	0.97	419.29	43.67	87.75	7.511	120.000	169.1	299.7	ไม่ได้วิเคราะห์
	66+	5.62	1.77	0.80	167.86	68.34	45.76	4.962	106.300	153.3	304.3	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านนาเกียน อ.นาเกียน	0-17	5.13	10.39	5.28	60.73	1382	144.2	6.921	3.269	125.1	193.7	ไม่ได้วิเคราะห์
อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	17-41	5.29	4.45	1.67	33.57	190.9	21.02	7.912	1.471	108.1	109.5	ไม่ได้วิเคราะห์
(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	41+	5.20	2.09	2.68	15.47	187.9	32.54	8.079	1.164	98.01	95.14	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย	0-10	5.27	4.53	90.75	182.95	96.87	54.97	3.746	8.892	337.4	250.0	ไม่ได้วิเคราะห์
จ.เชียงใหม่(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	10-20	5.20	2.29	86.25	147.75	88.13	32.38	3.815	10.072	279.9	100.5	ไม่ได้วิเคราะห์
	20-30	5.03	1.91	54.75	137.69	75.65	32.67	3.792	1.180	275.1	94.3	ไม่ได้วิเคราะห์
	30-50	5.10	1.48	45.25	117.58	65.90	31.87	3.793	1.046	236.7	83.6	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย	0-22	5.83	5.43	109.00	298.61	67.93	87.54	7.453	6.543	799.9	139.6	ไม่ได้วิเคราะห์
จ.เชียงใหม่(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	22-38	5.89	1.40	61.75	218.15	54.87	68.86	4.741	1.384	621.8	7.169	ไม่ได้วิเคราะห์
	38+	5.17	0.87	41.75	414.27	47.83	97.43	3.476	1.335	244.9	2.274	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น	0-26	5.22	5.13	201.00	74.81	76.09	98.65	6.339	3.859	404.9	183.9	ไม่ได้วิเคราะห์
อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	26-63	4.97	2.63	2.57	90.90	74.5	97.45	3.739	1.404	215.8	46.91	ไม่ได้วิเคราะห์
(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	63+	4.83	0.99	1.47	32.57	82.43	93.67	2.841	0.876	92.1	22.67	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านคุ้ม แปลง 5ต.แม่งอน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์											
บ้านคุ้ม แปลง 7ต.แม่งอน อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์											
บ้านทุ่งยาว ต.ช่างเคิ่ง อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์											
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย บ้าน	0-27	4.86	6.67	128.1	59.41	796.2	101.1	4.99	9.94	191.8	18.48	2.48
ดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	27-57	4.84	1.86	21.3	41.81	395.6	57.65	7.24	6.7	131.1	2.14	5.24
	57+	5.14	2.2	4.9	82.38	680.9	85.13	5.54	6.89	102.6	5.42	2.14
บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง จ.เชียงราย	0-16	5.03	11.25	11.9	128	372.3	107.7	2.82	0.98	44.81	13.71	0.55
(พันธุ์เชียงใหม่80)	16-50	4.79	11.38	1.4	47.21	78.55	13.49	2.03	0.19	35.15	5.35	0.34

ศรีวิชัยการเกษตร

ลักษณะ/สถานที่	ระดับความลึก(ซม.)	pH(1:1)	OM(%)	Avail. P(mg/kg)	K(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	B(mg/kg)
	50+	4.96	3.34	0.7	18.35	71.92	11.91	2.86	0.19	36.63	5.58	0.39
บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน	0-14	5.79	2.78	10.4	276.1	723.7	182.5	0.57	1.87	41.21	33.72	1.95
อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย	14-37	5.14	1.31	1.9	140.7	181.5	86.88	0.33	0.17	23.32	17.23	1.66
(พันธุ์เชียงใหม่80)	37-54	4.41	0.84	0.9	126.9	189.4	81.4	0.29	0.12	14.11	15.37	0.21
	54+	4.57	1.31	1	147.5	221.6	86.47	0.15	0.15	9.46	9.82	2.09
บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ	0-15	4.64	3.02	11.9	84.2	844	101.4	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
จ.น่าน(พันธุ์เชียงใหม่ 80):แปลง 1	15-34	4.92	1.59	2.8	52.1	532	53.2	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
	34-62	4.93	1.5	2.8	50.5	583	47.4	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
	62+	5.06	1.21	2.8	37.4	584	38.5	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ	0-20	4.66	3.45	13.8	140.0	719	79.0	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
จ.น่าน(พันธุ์เชียงใหม่ 80):แปลง 2	20-33	4.72	1.51	4.3	65.7	209	18.2	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
	33+	4.8	0.71	6.5	46.4	259	23.7	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
โครงการพระราชดำริฯปางตอง บ้านปางตอง	0-28	5.28	5.44	2.6	55.1	441.6	173.6	1.12	0.95	27.11	33.58	3.6
ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	28-56	5.67	4.3	3.1	41.48	254	38.16	1.09	0.28	24.53	40.95	0.29
(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	56-100	5.18	2.98	1.8	27.58	669.6	30.51	0.75	0.15	14.67	34.92	2.36
บ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง	0-18	4.42	9.52	4.2	28.36	13.77	10.74	0.87	0.26	83.15	4.44	2.45
จ.แม่ฮ่องสอน(พันธุ์เชียงใหม่ 80)	18-33	4.31	5.75	1.9	14.74	11.59	6.865	0.97	0.13	58.07	3.88	0.7
	33-64	4.49	2.36	0.9	7.403	12.75	3.624	0.56	0.08	28.3	3.51	1.76
	64-100	5.01	1.24	1	6.056	13.36	2.663	0.24	0.14	11.74	3.92	0.09
บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ จ.พะเยา	ไม่ได้วิเคราะห์											
พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์												
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนวาง	0-14	4.23	5.07	115.7	189.1	59.05	9.808	0.67	0.73	87.44	5.27	5.50
ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	14-24	4.86	7.32	12.5	56.7	24.26	4.764	0.53	0.52	50.42	5.32	0.17
(H420/9 ML2/4-78-62-26, H528/46	24-38	4.7	5.05	10.8	47.37	24.28	6.131	0.75	0.28	55.34	7.14	0.43
ML2/10-29-65-23)	38+	4.64	2.32	3.2	5.85	114.6	18.46	0.51	0.10	40.36	7.76	0.23
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนแม่วาก	0-20	5.28	2.78	31	114.4	171.2	23.2	0.25	0.45	45.61	12.99	5.27
ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ (H420/9	20-54	4.55	0.98	5.5	44.5	213.9	6.58	0.01	0.1	12.62	1.02	0.28
ML3/1-106-WW29)-แปลงใต้ร่มเงา 30%	54-100	4.78	0.44	8.1	24.34	180.2	5.239	0	0.06	7.62	0.83	2.06
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ บ้านขุนแม่วาก	0-13	5.19	4.72	115.7	118.3	360.9	29.17	0.42	0.77	53.5	28.5	0.41
ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่ (H420/9	13-31	4.36	3.68	11	79.7	88.13	32.38	0.18	0.19	47.44	18.38	0.4
ML3/1-106-WW29) -แปลงใต้ร่มเงา 70%	31-60	4.32	2.64	6.3	48.32	25.36	15.43	0.11	0.08	28.27	16.51	0.32
	60-100	4.49	1.48	2.8	56.43	31.78	20.99	0.33	0.09	27.53	16.5	0.17
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย บ้านดอย	0-15	5.33	9.76	11.4	309.8	988.1	188.3	4.8	1.72	62.44	38.4	0.62
ช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย จ.เชียงราย(H420/9	15-28	5.46	8.29	6.2	173.9	974.9	141	4.31	1.03	49.33	26.23	1.82
ML3/1-106-WW29)	28-60	4.87	5.06	1.3	71.59	650.2	140.8	4.44	0.46	39.48	17.35	2.38
พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์												
บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด	0-15	4.4	4.02-5.47	0.08-8.37	210-390	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
จ.เชียงใหม่	15-30	4.4	3.54-5.15	0.32-6.08	180-380	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะ/สถานที่	ระดับความลึก(ซม.)	pH(1:1)	OM(%)	Avail. P(mg/kg)	K(mg/kg)	Ca(mg/kg)	Mg(mg/kg)	Cu(mg/kg)	Zn(mg/kg)	Fe(mg/kg)	Mn(mg/kg)	B(mg/kg)
บ้านยางครก ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย จ.	0-16	5.55	3.66	24.13	68.77	360.9	29.17	3.702	121.500	267.1	372.3	ไม่ได้วิเคราะห์
เชียงใหม่	16-39	5.90	0.43	31.50	35.58	88.13	32.38	3.062	4.923	83.9	98.8	ไม่ได้วิเคราะห์
	29-57	5.37	0.52	26.50	48.66	25.13	15.43	3.170	3.519	61.0	29.4	ไม่ได้วิเคราะห์
	57+	5.28	0.39	6.73	59.72	31.78	20.99	2.812	2.746	32.3	18.1	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านม่อนจอง ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	0-13	5.85	2.59	12.15	293.58	79.60	80.65	6.435	6.47	267.8	585.7	ไม่ได้วิเคราะห์
:แปลงสูง 839 ม.	23-54	5.56	1.17	4.30	97.46	75.49	86.49	4.342	2.248	140.4	289.4	ไม่ได้วิเคราะห์
	54+	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา จ.น่าน	0-25	5.13	7.09	9.15	147.75	89.73	76.58	26.9	16.5	403.2	1436	ไม่ได้วิเคราะห์
:แปลงสูง 1400 ม.	25+	5.47	1.74	3.00	29.55	65.43	79.70	13.64	2.742	224.6	304.7	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยฮ้อม ต.ห่วยฮ้อม อ.แม่ลาน้อย	0-14	5.6	5.07	37.7	114.8	1252	281.3	0.43	1.19	162.9	35.85	5.5
จ.แม่ฮ่องสอน	14-34	5.22	2.57	17.3	120.2	795.2	208.4	0.37	0.2	107.7	11.16	1.96
	34-48	5.23	1.12	35.5	120.2	795.2	208.4	0.22	0.08	52.54	3.83	3.18
	48-70	5.44	0.46	30.8	83.22	470.2	160.7	0.15	0.13	26.92	2.23	0.27
บ้านหมูเชอผาฮี้ ม.11 ต.โป่งงาม อ.แม่สาย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสม		5.5-6	1-3	60-80	› 0.75	601.17-1001.95	> 194.44	0.3-10	2-10	2-20	< 50	0.5-1(sandy loams) 1-2 (clay loams)

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยนักวิชาการของกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร, ปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสม อ้างอิงจาก Smith (1986)

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะทางกายภาพของกาแฟอะราบิกา

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในขนาดของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry และลักษณะของร่องกาแฟ โดยมีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.83 ซม. ยาวกะลาเฉลี่ย 1.21 ซม. หนากะลาเฉลี่ย 0.51 ซม. กว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.7 ซม. ยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.93 ซม. หนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.39 ซม. น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 149.6 กรัม จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 679 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 41.51% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 36.03% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 8.61% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 1.22% เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 86.15% เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 9.38% ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 22.3% ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 53.81% ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 22.46% และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 18.35% (ตารางที่ 5.3)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางลักษณะ โดยมีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.84 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.76) ยาวกะลาเฉลี่ย 1.22±0.05 ซม. (%RSD=4.11) หนากะลาเฉลี่ย 0.52±0.03 ซม. (%RSD=5.85) กว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71±0.03 ซม. (%RSD=4.16) ยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.95±0.06 ซม. (%RSD=6.64) หนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.40±0.03 ซม. (%RSD=7.24) น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 158.40±18.87 กรัม (%RSD=11.91) จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 643.89±72.33 เมล็ด (%RSD=11.23) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 48.64±18.81% (%RSD=38.67) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 31.36±11.95% (%RSD=38.11) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 5.37% เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 0.72 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 85.02±6.37% (%RSD=7.5) เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 10.19±4.72% (%RSD=46.34) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงลึกเฉลี่ย 23.61±21.77% (%RSD=92.2) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงตื้นเฉลี่ย 17.65±14.05% (%RSD=79.6) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งลึกเฉลี่ย 32.07±24.73% (%RSD=77.12) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 33.04±25.25% (%RSD=76.43) (ตารางที่ 5.3)

และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์ที่ปลูกในหมู่บ้านเดียวกัน (บ้านสันเจริญ อ.ท่าวังผา จ.น่าน) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติในด้านขนาดของสารกาแฟ (ขนาดเมล็ดเกรด 1-4) และลักษณะร่องของสารกาแฟ เนื่องจากมีความแตกต่างกันในความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (849 และ 1400 เมตร) ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา และปริมาณธาตุอาหารในดิน (ตารางที่ 5.1-5.4)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน (%RSD=1.22) จาก 100 คะแนน ซึ่งพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกบ้านห้วยหมาก จ.เชียงราย มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 82.56±3.64 คะแนน (%RSD=4.41) รองลงมาคือบ้านใบหนา จ.เชียงใหม่ และบ้านพะอัน จ.เชียงใหม่ ที่มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 82.03±1.6 คะแนน (%RSD=1.95) และ 81.88±0.81 คะแนน (%RSD=0.99) ตามลำดับ แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป คือ แปรรูปวิธีแบบแห้งวิธีที่ 1 ให้คะแนนการชิมมากที่สุดคือ 80.89±2.14 คะแนน (%RSD=2.64) คะแนน รองลงมาคือ แบบกึ่งเปียก แบบเปียก และแบบแห้งแบบที่ 2 ที่มีคะแนนการชิม 79.8±3.28 คะแนน (%RSD=4.11) 79.68±2.92 คะแนน (%RSD=3.66) และ 78.51±3.12 คะแนน (%RSD=3.58) ตามลำดับ และมีกลิ่น

แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ และดอกไม้ (ตารางที่ 5.4)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะทางกายภาพเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีคะแนนเฉลี่ย 79.91±2.42 คะแนน (%RSD=3.03) จาก 100 คะแนน ซึ่งพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14 ที่ปลูกบ้านขุนแม่วาก จ.เชียงใหม่ มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ยสูงที่สุดคือ 85.25 คะแนน รองลงมาคือพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ที่ปลูกบ้านแม่ตอนหลวง จ.เชียงใหม่ และ พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13 ที่ปลูกบ้านขุนแม่วาก จ.เชียงใหม่ ที่มีคะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 83.88 คะแนน และ 82.75 คะแนน ตามลำดับ และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ วิธีการแปรรูปและสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ ดอกไม้ พีช แอ็บปริคอท พลัม เฮเซนัท กล้วยสุก อัลมอลล์ คาราเมล เนย แอปเปิล ดอกมะลิ มะนาว และการบูร (ตารางที่ 5.4)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.3 ลักษณะทางกายภาพได้แก่ ขนาดของกาแฟกะลาและสารกาแฟ น้ำหนักสารกาแฟต่อ 1000 เมล็ด(กรัม) จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม(เมล็ด) เปอร์เซ็นต์เมล็ดปกติแยกตามเกรด 1-4 ของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ใน 18 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา

สถานที่	ขนาดของกาแฟกะลา(เซนติเมตร)			ขนาดของสารกาแฟ(เซนติเมตร)			น้ำหนักสารกาแฟต่อ 1000 เมล็ด(กรัม)	จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม(เมล็ด)	เมล็ดกาแฟปกติ (เปอร์เซ็นต์)			
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา			เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80												
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	0.79	1.17	0.49	0.63 d	0.89 efgh	0.40	150.0 cd	666 de	55.28 b	28.45 egh	7.71 bcd	3.50 a
บ้านผีปาน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.80	1.18	0.54	0.69 bc	0.95 bcde	0.42	147.5 d	668 de	48.34 bc	33.83 def	5.05 cde	0.51 defg
บ้านใบหนา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.83	1.21	0.52	0.72 ab	0.97 abcd	0.40	173.8 a	568 g	72.86 a	17.40 i	1.75 de	0.11 fg
บ้านนาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.83	1.22	0.52	0.71 abc	0.91 defg	0.35	142.5 de	723 bc	42.63 cd	38.06 cde	9.78 bc	1.87 cd
บ้านพะอัน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.87	1.25	0.55	0.73 ab	0.95 bcdef	0.39	164.3 b	613 f	70.70 a	19.10 i	1.78 de	0.18 efg
บ้านแบแล อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.81	1.19	0.52	0.69 bc	1.01 ab	0.41	162.5 b	598 fg	25.43 e	51.58 a	8.49 bc	1.80 cd
บ้านขุนตื่นน้อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.85	1.21	0.53	0.71 abc	0.82 h	0.35	122.3 f	828 a	21.35 e	31.28 efg	20.10 a	1.58 cde
บ้านคุ้มแปลง 5 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	0.85	1.25	0.47	0.73 ab	0.99 abc	0.38	158.3 bc	632 ef	38.06 d	42.87 bc	4.74 cde	0.15 efg
บ้านคุ้มแปลง 7 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	0.84	1.24	0.47	0.73 ab	0.97 bcd	0.39	157.5 bc	635 ef	37.61 d	43.11 bc	5.41 cde	0.29 efg
บ้านทุ่งยาว อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	0.81	1.15	0.49	0.71 abc	0.87 gh	0.38	135.5 e	750 b	35.58 d	41.15 cd	8.30 bc	0.35 efg
บ้านสบวาก อ.แม่แจ่มจ.เชียงใหม่	0.84	1.18	0.53	0.76 a	0.94 cdefg	0.36	165.0 ab	623 f	53.00 b	30.30 fg	1.05 e	0.00 g
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	0.87	1.21	0.56	0.70 bc	0.88 efgh	0.36	133.8 e	760 b	24.45 e	42.69 bc	12.36 b	2.09 bc
บ้านปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	0.86	1.20	0.53	0.72 ab	0.98 abcd	0.42	146.0 d	700 cd	41.46 cd	37.99 cde	7.95 bcd	1.50 cdef
บ้านห้วยหมาก อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	0.81	1.17	0.54	0.66 cd	0.88 fgh	0.40	147.0 d	700 cd	17.59 e	49.84 ab	18.68 a	3.35 ab
บ้านห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน	0.79	1.18	0.53	0.68 bcd	0.92 cdefg	0.39	133.8 e	748 b	16.15 e	45.51 abc	20.50 a	3.33 ab
บ้านปางตอง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	0.83	1.25	0.47	0.69 bc	0.96 bcd	0.40	143.1 de	699 cd	24.92 e	49.01 ab	8.77 bc	0.63 defg
บ้านรวมไทย อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	0.83	1.30	0.48	0.71 abc	1.04 a	0.40	162.9 b	614 f	54.16 b	21.90 hi	9.25 bc	0.55 defg
บ้านหนองห้า อ.เชียงคำ จ.พะเยา	0.78	1.14	0.49	0.69 bc	0.91 defg	0.39	147.8 d	708 cd	67.65 a	24.40 ghi	3.35 cde	0.28 efg
ค่าเฉลี่ย	0.83	1.21	0.51	0.70	0.93	0.39	149.6	679	41.51	36.03	8.61	1.22
F-test สถานที่	ns	ns	ns	**	**	ns	**	**	**	**	**	**
C.V. สถานที่(%)	5.12	6.25	9.74	3.86	3.53	7.98	3.2	2.6	11.94	10.25	35.07	54.19
F-test วิธีการแปรรูป	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. วิธีการแปรรูป(%)	4.98	4.84	18.39	5.31	6.67	8.7	9.41	10.2	44.7	28.9	75.41	109
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์												
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML2/4-78-62-26	0.81	1.15	0.52	0.7	0.91	0.42	165.9	624	24.7	42.1	5.3	0.3
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/6	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	0.72	0.95	0.39	156.1	643	45.15	32.86	1.78	0
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/10	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	161.5	620	53.9	27.28	0.62	0
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	0.7	0.93	0.38	166.1	605	56.37	25.12	0.43	0
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	165.1	608	49.73	31.66	0.58	0.17
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/15	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	153.6	650	43.49	28.26	1.02	0
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/23	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	149	671	41.32	39.56	0.92	0.44

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

สถานที่	ขนาดของกาแฟกะลา(เซนติเมตร)			ขนาดของสารกาแฟ(เซนติเมตร)			น้ำหนักสารกาแฟต่อ 1000 เมล็ด(กรัม)	จำนวนเมล็ดต่อน้ำหนัก 100 กรัม(เมล็ด)	เมล็ดกาแฟปกติ (เปอร์เซ็นต์)			
	กว้าง	ยาว	หนา	กว้าง	ยาว	หนา			เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/24	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	160.8	621	43.12	33.41	0.79	0.19
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/26	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	153.6	650	43.87	29.1	0.56	0.18
พันธุ์คาติมอร์ H528/46 ML2/10-29-65-23	0.85	1.22	0.55	0.72	0.92	0.38	159	623	64.45	18.83	1.73	0.13
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์												
บ้านแม่ตอนหลวง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	0.86	1.31	0.56	0.76	1.06	0.45	211.50	485	81.40	9.18	1.05	0.00
บ้านยางครก อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	0.92	1.34	0.57	0.78	1.13	0.49	222.50	450	83.60	4.95	0.00	0.00
บ้านม่อนจอง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	0.88	1.27	0.54	0.72	0.97	0.40	165.00	603	71.98	18.25	2.08	0.10
บ้านสันเจริญ (839 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	0.85	1.18	0.56	0.68	0.92	0.43	157.00	654	45.11	42.20	6.48	1.07
บ้านสันเจริญ (1400 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	0.85	1.26	0.52	0.72	0.97	0.41	165.00	613	83.95	11.08	0.80	0.15
บ้านห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน	0.81	1.23	0.48	0.70	1.03	0.41	175.12	573	55.75	24.54	6.10	0.17
บ้านมูเซอผาฮี้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย	0.84	1.22	0.52	0.71	0.97	0.41	163.75	610	67.30	21.13	2.55	0.20
ค่าเฉลี่ย 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	0.84	1.22	0.52	0.71	0.95	0.40	158.40	643.89	48.64	31.36	5.37	0.72
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	0.03	0.05	0.03	0.03	0.06	0.03	18.87	72.33	18.81	11.95	5.60	1.02
%RSD 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	3.76	4.11	5.85	4.16	6.64	7.24	11.91	11.23	38.67	38.11	104.32	141.62

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.4 ลักษณะทางกายภาพได้แก่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟ เกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ดกลม ลักษณะร่องของสารกาแฟ และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส ด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ตามแบบของ Specialty Coffee Association of America (SCCA Green Arabica Coffee Classification System) ของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา

สถานที่/พันธุ์	เมล็ดกาแฟ เกรด A (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดกลม (เปอร์เซ็นต์)	ลักษณะร่องของสารกาแฟ(เปอร์เซ็นต์)				คุณภาพการชิม แบบ Cup testing (คะแนน)	หมายเหตุ
			ตรงลึก	ตรงตื้น	โค้งลึก	โค้งตื้น		
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80								
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	91.43 ab	4.10 ef	6.75 ef	4.75 b	6.25 d	82.25 a	79.50 ab	กลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นเนย กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นดอกไม้อบแห้ง
บ้านผีปาน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	87.23 bcde	13.83 bc	8.99 def	4.25 b	78.26 a	8.50 ef	81.69 ab	กลิ่นดอกไม้อบแห้ง กลิ่นกาแฟคั่ว
บ้านใบหนา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	92.00 ab	7.44 cdef	16.00 bcde	43.00 a	13.00 cd	28.00 bc	82.03 ab	กลิ่นถั่ว
บ้านนาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	90.47 abc	6.85 cdef	12.00 cdef	45.00 a	12.00 cd	32.50 b	81.35 ab	รสหวาน กลิ่นดอกไม้อบแห้ง
บ้านพะอัน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	91.58 ab	8.05 bcdef	19.50 bcd	38.25 a	25.00 bc	17.25 cdef	81.88 ab	รสหวานเล็กน้อย กลิ่นธัญญพืช
บ้านแบแล อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	85.49bcde	11.15 bcde	6.00 ef	4.25 b	83.50 a	6.25 f	80.98 ab	กลิ่นกาแฟคั่ว กลิ่นน้ำผึ้ง
บ้านขุนตื่นน้อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	72.73 f	20.30 a	25.50 b	20.25 b	30.25 b	24.00 bcd	80.87 ab	กลิ่นอบเชย กลิ่นหอม รสหวาน
บ้านคุ้มแปลง 5 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	85.67 bcde	6.98 cdef	7.00 ef	6.25 b	74.00 a	12.75 def	77.96 b	กลิ่นสมุนไพร กลิ่นช็อกโกเลต
บ้านคุ้มแปลง 7 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	86.14 bcde	5.82 ef	9.63 def	6.13 b	76.38 a	7.88 ef	77.92 b	กลิ่นสมุนไพร
บ้านทุ่งยาว อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	85.03 bcde	13.53 bcd	21.50 bc	20.75 b	36.25 b	21.50 bcde	78.31 b	กลิ่นถั่ว กลิ่นธัญญพืช
บ้านสบวาก อ.แม่แจ่มจ.เชียงใหม่	84.35 bcde	13.20 bcd	25.75 b	19.00 b	30.25 b	25.00 bcd	77.72 b	กลิ่นธัญญพืช กลิ่นถั่ว
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	79.49 e	14.59 ab	79.49 a	5.50 b	4.50 d	83.25 a	81.25 ab	กลิ่นช็อคโกแล็ต กลิ่นผลไม้
บ้านปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	87.39 bcd	8.59 bcdef	87.39 a	7.75 b	7.25 d	76.25 a	79.00 ab	กลิ่นขนมอบ กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นดอกไม้ กลิ่นธัญญพืช
บ้านห้วยหมาก อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	86.11 bcde	7.01 cdef	86.11 a	8.50 b	11.75 cd	72.75 a	82.56 a	กลิ่นหอมนวล
บ้านห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน	82.17 de	10.73 bcde	7.25 ef	5.25 b	78.50 a	9.00 ef	80.81 ab	ไม่มีกลิ่นพิเศษ
บ้านปางตอง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	82.70 cde	6.55 def	3.75 f	7.25 b	8.25 d	80.50 a	78.25 ab	กลิ่นช็อกโกเลต กลิ่นเครื่องเทศ
บ้านรวมไทย อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	85.31 bcde	6.81 cdef	6.25 ef	9.25 b	12.25 cd	72.25 a	80.50 ab	กลิ่นดอกไม้ กลิ่นถั่ว กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นโกโก้
บ้านหนองห้า อ.เชียงคำ จ.พะเยา	95.40 a	3.33 f	16.75 bcde	22.00 b	29.75 b	16.75 cdef	72.38 c	ไม่มีกลิ่นพิเศษ
ค่าเฉลี่ย	86.15	9.38	24.76	15.41	34.3	37.59	79.72	
F-test สถานที่	**	**	**	**	**	**	**	
C.V. สถานที่(%)	4.17	34.73	22.3	53.81	22.46	18.35	2.53	
F-test วิธีการแปรรูป	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
C.V. วิธีการแปรรูป(%)	7.04	55.19	115	100.97	103.63	82.05	3.64	
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์								
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML2/4-78-62-26	72.1	21.9	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/6	79.79	12.77	19.93	12.4	40	27	79.75	กลิ่นพีช กลิ่นแอ็ปปริคอท กลิ่นพลัม กลิ่นเฮเซนัท
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/10	81.8	11.17	27.4	13.07	36.33	23.2	76.75	กลิ่นดอกไม้ กลิ่นถั่ว กลิ่นสมุนไพร
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13	81.92	8.56	42.97	14.3	24.93	17.8	82.75	กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลล์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14	81.97	11.46	39.1	17.27	21.57	22.07	85.25	กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย- กลิ่นช็อกโกแลต แอปเปิล

กรมวิชาการเกษตร

สถานที่/พันธุ์	เมล็ดกาแฟ เกรด A	เมล็ดกลม	ลักษณะร่องของสารกาแฟ(เปอร์เซ็นต์)				คุณภาพการชิม แบบ	หมายเหตุ
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/15	72.77	17.83	24.67	18.4	29.67	27.27	80.5	กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นแอ๊ปริคอท กลิ่นน้ำผึ้ง
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/23	81.8	12.11	34.2	10.3	31.53	23.97	81.5	กลิ่นอัลมอล กลิ่นฮาเซลนัท กลิ่นช็อกโกแลต กลิ่นมะนาว
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/24	77.32	12.87	32.73	22.73	24.73	19.8	80.75	กลิ่นการบูร ขนมปังขิง กลิ่นช็อกโกแลต
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/26	73.53	18.24	16	14.7	28.83	40.47	80.25	กลิ่นดอกไม้ กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นช็อกโกแลต
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ H528/46 ML2/10-29-65-23	85	13.7	14	56	10	20	79.13	กลิ่นโกโก้ ดอกไม้ ถั่ว ช็อกโกแลต กลิ่นผลไม้
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์								
บ้านแม่ตอนหลวง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	91.53	8.28	14.25	16.5	29	40.25	83.88	กลิ่นสมุนไพร กลิ่นคาราเมล กลิ่นผลไม้แห้ง กลิ่นเนย รสหวาน
บ้านยางครก อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	86.18	9.55	24.25	6.25	53.25	16.25	77.35	กลิ่นถั่ว
บ้านม่อนจอง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	92.20	7.20	23.5	36.5	12.5	27.5	80.77	ไม่มีกลิ่นพิเศษ
บ้านสันเจริญ (839 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	93.78	1.89	5.25	4.75	83.75	6.25	78.47	กลิ่นเครื่องเทศ
บ้านสันเจริญ (1400 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	95.83	3.65	25.5	32.5	21.5	20.5	80.25	กลิ่นหอม รสหวาน
บ้านห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน	86.51	8.03	2	5.5	6.25	86.25	76.39	กลิ่นถั่ว
บ้านมูเซอผาฮี้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย	90.98	8.53	11.5	41.5	19	28	78.12	กลิ่นธัญญพืช
ค่าเฉลี่ย 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	85.02	10.19	23.61	17.65	32.07	33.04	79.91	
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	6.37	4.72	21.77	14.05	24.73	25.25	2.42	
%RSD 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	7.50	46.34	92.20	79.60	77.12	76.43	3.03	

หมายเหตุ วิเคราะห์โดยนักวิชาการของศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร

กรมวิชาการเกษตร

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางกายภาพ

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมี pH เฉลี่ย 5.12±0.17 (%RSD=3.53) Total Acid Content เฉลี่ย 3.43±1.56% (%RSD=45.57) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.48±0.36% (%RSD=8.11) Color (L) เฉลี่ย 39.93±1.06% (%RSD=2.68) Color (a) เฉลี่ย 8.21±1.14% (%RSD=13.92) Color (b) เฉลี่ย 3.48±0.69% (%RSD=19.84) Moisture content เฉลี่ย 2.42±0.59% (%RSD=24.38) Sugar Content เฉลี่ย 5.99±1.72% (%RSD=28.73) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.03±0.55% (%RSD=3.93) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 4.14±0.59^{0}Brix (%RSD=14.16) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02% (%RSD=12.16) Oil content เฉลี่ย 12.86±1.8% (%RSD=14.02) Ash content เฉลี่ย 4.86±0.33% (%RSD=6.83) (ตารางที่ 5.5)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมี pH เฉลี่ย 5.6±0.13 (%RSD=2.57) Total Acid Content เฉลี่ย 2.44±1.48% (%RSD=60.74) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.9±0.43% (%RSD=8.72) Color (L) เฉลี่ย 17.4±17.06% (%RSD=92.72) Color (a) เฉลี่ย 6.27±1.59% (%RSD=25.36) Color (b) เฉลี่ย 4.48±1.02% (%RSD=22.72) Moisture content เฉลี่ย 1.76±0.72% (%RSD=41.46) Sugar Content เฉลี่ย 4.22±2.22% (%RSD=52.69) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.45±0.81% (%RSD=5.59) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.81±2.74^{0}Brix (%RSD=47.26) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02±0.01% (%RSD=37.11) Oil content เฉลี่ย 13.65±1.51% (%RSD=11.07) Ash content เฉลี่ย 4.54±0.36% (%RSD=7.88) (ตารางที่ 5.5)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางเคมี

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีปริมาณ Furans เฉลี่ย 225.65±50.28 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.28) Pyridine เฉลี่ย 690.5±107.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.54) Caffeine เฉลี่ย 17,878±2,696.87 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.08) Quinic Acid เฉลี่ย 6,850.75±1,551.27 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.64) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 118.25±13.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.3) Trigonelline เฉลี่ย 4,476±1,891.3 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=42.25) Pyrene เฉลี่ย 4.14±0.63 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=15.1) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.72±0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=25.44) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23±0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=35.61) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.1±0.42 ppb unit (%RSD=19.92) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัม/ลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52 (ตารางที่ 5.6)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีปริมาณ Furans เฉลี่ย 205.31±31.21 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.2) Pyridine เฉลี่ย 581.09±145 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=24.95) Caffeine เฉลี่ย 16,257.7±1,813.9 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.16) Quinic Acid เฉลี่ย 5,825.55±1,308.54 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.46) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.27±19.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.83) Trigonelline เฉลี่ย 5,751.46±2,068.3 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=35.96) Pyrene เฉลี่ย 3.53±0.61 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=17.16) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.62±0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=19.74) Fluoranthene เฉลี่ย 0.21±0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=36.92) ตรวจไม่

กรมวิชาการเกษตร

พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.17±0.51 ppb unit (%RSD=23.33) Cafestol เฉลี่ย 0.56±0.07 มิลลิกรัม/ลิตร(%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09±0.14 มิลลิกรัม/ลิตร (% RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51±0.01 (%RSD=2.77) (ตารางที่ 5.6)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 51±8.12%(%RSD=15.93) Blackcurrant เฉลี่ย 23±7.28%(%RSD=31.65) Butter เฉลี่ย 23.6±3.36%(%RSD=14.24) Caramel เฉลี่ย 24.2±1.92%(%RSD=7.95) Roasted peanuts เฉลี่ย 26.4±3.36%(%RSD=12.73) และ Roasted coffee เฉลี่ย 32.8±6.26%(%RSD=19.09) (ตารางที่ 5.7)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง โดยมีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 43.88±11.16%(%RSD=25.42) Blackcurrant เฉลี่ย 24.19±6.64%(%RSD=27.43) Butter เฉลี่ย 26.31±6.17%(%RSD=23.46) Caramel เฉลี่ย 24.56±3.2%(%RSD=13.04) Roasted peanuts เฉลี่ย 27.94±3.34%(%RSD=11.94) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30.88±3.5%(%RSD=11.34) (ตารางที่ 5.7)

องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis

1. พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง จากคะแนนเต็ม 5 คะแนนคือ Visual เฉลี่ย 3.15±0.34 คะแนน (%RSD=10.65) Olfactive เฉลี่ย 3.13±0.36 คะแนน (%RSD=11.66) Gustative เฉลี่ย 2.98±0.26 คะแนน(%RSD=8.61) General Impression เฉลี่ย 3.1±0.14 คะแนน(%RSD=4.42) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09±0.15 คะแนน (% RSD=4.9) (ตารางที่ 5.7)

2. พันธุ์คาติมอร์ (เชียงใหม่ 80 ที่ทราบสายพันธุ์ และที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์) พบว่า ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติเพราะไม่ได้วิเคราะห์ในบางตัวอย่าง จากคะแนนเต็ม 5 คะแนนคือ Visual เฉลี่ย 3.23±0.28 คะแนน(%RSD=8.68) Olfactive เฉลี่ย 3.09±0.26 คะแนน(%RSD=8.38) Gustative เฉลี่ย 2.95±0.26 คะแนน(%RSD=8.77) General Impression เฉลี่ย 3.07±0.15 คะแนน(% RSD=4.74) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09±0.14 คะแนน(%RSD=4.43) (ตารางที่ 5.7)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.5 องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา

	pH	Total Acid Content (%)	Ash Alkalinity(%)	Color(L), (%)	Color(a) (%)	Color (b) (%)	Moisture content(%)	Sugar content(%)	Nitrogen content (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (^{0}Brix)	Tartaric acid content (%)	Oil content (%)	Ash content(%)
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80													
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	5.27	1.68	4.3735	38.41	6.33	2.82	1.6658	4	14.5085	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านผีปาน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	5.28	4.48	5.1455	39.7	8.85	2.62	2.4161	6.2	13.8716	3.8	0.015	12.2826	5.3404
บ้านใบหนา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	5.06	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	3.475	0.0125	11.9022	4.4555
บ้านนาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	5.14	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	3.9	0.015	16.0254	4.6877
บ้านพะอัน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	5.19	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	4.675	0.0175	12.4472	4.8471
บ้านแบแล อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	4.82	4.55	4.4228	40.17	9	3.43	2.8045	6	13.579	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านขุนตื่นน้อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านคุ้มแปลง 5 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านคุ้มแปลง 7 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านทุ่งยาว อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสบวาก อ.แม่แจ่มจ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	5.03	3.29	4.5663	39.54	8.41	2.88	2.5844	7.3	13.7208	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	4.86	4.06	4.0262	40.92	9.08	3.97	3.2556	6.9	13.0619	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยหมาก อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	5.10	3.96	4.5414	41	9.04	4.25	2.8762	7.5	13.9646	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน	4.90	5.88	4.8616	40.77	9.23	4.56	2.7942	8.3	14.433	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านปางตอง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	5.39	1.59	4.40075	38.6725	7.3025	3.7775	1.681825	3.5	14.2565	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านรวมไทย อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	5.32	1.41	3.999875	38.365	6.6225	3.04	1.7415	4.175	14.88385	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านหนองห้า อ.เชียงคำ จ.พะเยา	5.19	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	4.825	0.01625	11.6176	4.9922
ค่าเฉลี่ย พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**5.12**	**3.43**	**4.48**	**39.73**	**8.21**	**3.48**	**2.42**	**5.99**	**14.03**	**4.14**	**0.02**	**12.86**	**4.86**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**0.18**	**1.56**	**0.36**	**1.06**	**1.14**	**0.69**	**0.59**	**1.72**	**0.55**	**0.59**	**0.00**	**1.80**	**0.33**
%RSD พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**3.53**	**45.57**	**8.11**	**2.68**	**13.92**	**19.84**	**24.38**	**28.73**	**3.93**	**14.16**	**12.16**	**14.02**	**6.83**
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์													
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML2/4-78-62-26	5.19	1.72	4.16	37.95	6.06	2.22	1.53	4.00	12.5420	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/6	5.27	1.33	5.27	5.27	5.27	5.27	0.96	2.00	16.1565	3.90	0.0100	14.6475	4.7342
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/10	5.25	1.33	5.25	5.25	5.25	5.25	0.96	2.00	14.5062	4.10	0.0200	13.8483	4.5415
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13	5.24	1.47	5.24	5.24	5.24	5.24	1.05	2.00	14.4611	3.40	0.0400	14.4518	3.9642
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14	5.21	1.40	5.21	5.21	5.21	5.21	1.15	2.00	14.9413	10.90	0.0250	16.1410	4.4708
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/15	5.22	1.26	5.22	5.22	5.22	5.22	1.21	2.00	14.7034	6.70	0.0200	14.8410	4.0192
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/23	5.24	1.33	5.24	5.24	5.24	5.24	1.00	2.00	14.6258	5.90	0.0200	14.6727	4.0113
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/24	5.25	1.40	5.25	5.25	5.25	5.25	1.23	2.00	15.4496	4.70	0.0200	14.7855	4.4115
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/26	5.26	1.54	5.26	5.26	5.26	5.26	1.11	2.00	15.0996	6.20	0.0200	15.2453	4.1580
พันธุ์คาติมอร์ H528/46 ML2/10-29-65-23	5.20	1.61	5.20	5.20	5.20	5.20	1.57	4.00	15.0161	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์

กรมวิทยาศาสตร์

	pH	Total Acid Content (%)	Ash Alkalinity(%)	Color(L), (%)	Color(a) (%)	Color (b) (%)	Moisture content(%)	Sugar content(%)	Nitrogen content (%)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (^{0}Brix)	Tartaric acid content (%)	**Oil content** (%)	**Ash content**(%)
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์													
บ้านแม่ตอนหลวง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	5.06	ไม่ได้วิเคราะห์	5.06	5.06	5.06	5.06	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	7.38	0.0200	12.1612	4.4416
บ้านยางครก อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	5.13	ไม่ได้วิเคราะห์	5.13	5.13	5.13	5.13	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	13.85	0.0300	11.7126	4.5015
บ้านม่อนจอง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	5.16	ไม่ได้วิเคราะห์	5.16	5.16	5.16	5.16	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	4.95	0.0150	13.0127	4.8127
บ้านสันเจริญ (839 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	5.01	4.55	5.01	5.01	5.01	5.01	1.91	6.90	14.7766	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ (1400 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	5.16	ไม่ได้วิเคราะห์	5.16	5.16	5.16	5.16	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	7.43	0.0200	12.1850	4.6002
บ้านห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน	5.21	1.48	5.21	5.21	5.21	5.21	1.52	3.75	14.9840	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านมูเซอผาฮี้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย	5.11	ไม่ได้วิเคราะห์	5.11	5.11	5.11	5.11	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	4.48	0.0100	13.7988	4.7195
ค่าเฉลี่ย 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**5.16**	**2.44**	**4.90**	**18.40**	**6.27**	**4.48**	**1.76**	**4.22**	**14.4544**	**5.81**	**0.0192**	**13.6544**	**4.5394**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**0.13**	**1.48**	**0.43**	**17.06**	**1.59**	**1.02**	**0.73**	**2.22**	**0.8075**	**2.74**	**0.0071**	**1.5121**	**0.3579**
%RSD 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**2.57**	**60.74**	**8.72**	**92.72**	**25.36**	**22.72**	**41.46**	**52.69**	**5.5868**	**47.26**	**37.1050**	**11.0741**	**7.8833**

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.6 องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางเคมี ของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 สถานที่ ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา

สถานที่/พันธุ์	Fur (มก./ล)	Pyr (มก./ล)	Caff (มก./ล)	QA (มก./ล)	CA (มก./ล)	Tri (มก./ล)	Pye (มก./ล)	B[a]P(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	Flu (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	B[b]f(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	OTA (ppb unit)	Cafestol (มก./ล.)	Kahweol (มก./ล.)	Cafestol/Kahweol ratio)
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80														
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	187.5	685	14100	4240	95	3650	3.03	0.5	0.25	#DIV/0!	2	0.59	1.13	0.52
บ้านผีปาน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านใบหนา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านนาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านพะอัน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านแบแล อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านขุนตื่นน้อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านคุ้มแปลง 5 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	270	795	20345	7290	126.25	6512.5	4.3	0.9	0.1625	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านคุ้มแปลง 7 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	282.5	802.5	20640	7867.5	118.75	6463.75	4.475	0.7625	0.13	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านทุ่งยาว อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสบวาก อ.แม่แจ่มจ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยหมาก อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	167	572.5	16987.5	8105	126.25	2422.5	4.4125	0.5525	0.2775	ไม่ได้วิเคราะห์	2	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน	221.25	597.5	17320	6751.25	125	3331.25	4.4875	0.87	0.3275	ไม่ได้วิเคราะห์	1.5	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านปางตอง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านรวมไทย อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านหนองห้า อ.เชียงคำ จ.พะเยา	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ค่าเฉลี่ย พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**225.65**	**690.50**	**17878.0**	**6850.75**	**118.25**	**4476.00**	**4.14**	**0.72**	**0.23**	ไม่ได้วิเคราะห์	**2.10**	**0.59**	**1.13**	**0.52**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**50.28**	**107.32**	**2696.87**	**1551.27**	**13.36**	**1891.30**	**0.63**	**0.18**	**0.08**	ไม่ได้วิเคราะห์	**0.42**			
%RSD พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**22.28**	**15.54**	**15.08**	**22.64**	**11.30**	**42.25**	**15.10**	**25.44**	**35.61**	ไม่ได้วิเคราะห์	**19.92**			
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์														
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML2/4-78-62-26	205	500	15900	4470	155	3900	3.5	0.65	0.05	ไม่ได้วิเคราะห์	2	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/6	205	705	15600	5900	105	6050	3.05	0.5	0.25	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.44	0.86	0.51
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/10	205	730	14900	6500	95	7350	3.05	0.55	0.25	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.52	0.98	0.53
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13	185	450	15400	5900	125	4250	3.2	0.5	0.2	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.49	0.98	0.5
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14	190	430	15300	5900	105	8050	3.05	0.6	0.25	ไม่ได้วิเคราะห์	2	0.64	1.23	0.52
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/15	210	450	15210	4900	120	8050	3.02	0.6	0.25	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.58	1.16	0.5
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/23	190	520	15600	4950	130	8050	3.15	0.54	0.2	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.64	1.25	0.51
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/24	180	730	16020	4900	145	8050	3.15	0.6	0.2	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.55	1.01	0.54
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/26	190	490	15400	6950	140	8050	2.95	0.58	0.25	ไม่ได้วิเคราะห์	2.5	0.61	1.22	0.5

ทรัพยากรเกษตร

สถานที่/พันธุ์	Fur (มก./ล)	Pyr (มก./ล)	Caff (มก./ล)	QA (มก./ล)	CA (มก./ล)	Tri (มก./ล)	Pye (มก./ล)	B[a]P(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	Flu (ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	B[b]f(ไมโครกรัม/กิโลกรัม)	OTA (ppb unit)	Cafestol (มก./ล.)	Kahweol (มก./ล.)	Cafestol/Kahweol ratio)
พันธุ์คาติมอร์ H528/46 ML2/10-29-65-23	215	525	15950	4450	150	4300	3.5	0.6	0.05	ไม่ได้วิเคราะห์	2	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์														
บ้านแม่ตอนหลวง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านยางครก อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านม่อนจอง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ (839 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ (1400 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน	181.67	315	15450	4135	95	3543.33	4.15	0.68	0.2333	ไม่ได้วิเคราะห์	0.6667	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านมูเซอผาฮี้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ค่าเฉลี่ย 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**205.31**	**581.09**	**16257.7**	**5825.55**	**122.27**	**5751.46**	**3.53**	**0.62**	**0.21**	ไม่ได้วิเคราะห์	**2.17**	**0.56**	**1.09**	**0.51**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**31.21**	**145.00**	**1813.90**	**1308.54**	**19.36**	**2068.30**	**0.61**	**0.12**	**0.08**	ไม่ได้วิเคราะห์	**0.51**	**0.07**	**0.14**	**0.01**
%RSD 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**15.20**	**24.95**	**11.16**	**22.46**	**15.83**	**35.96**	**17.16**	**19.74**	**36.92**	ไม่ได้วิเคราะห์	**23.33**	**12.19**	**12.64**	**2.77**

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.7 องค์ประกอบทางเคมีด้านองค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis ของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 สถานที่ของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย น่าน แม่ฮ่องสอน และพะเยา

สถานที่/พันธุ์	คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose (%)						คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 (คะแนน)				
	E-VG	E-FB	E-AB	E-TC	E-TRP	E-TR	Visual	Olfactive	Gustative	General Impression	เฉลี่ย
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80											
ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่	55%	30%	25%	25%	30%	30%	3	2.5	3	3	2.88
บ้านผีปาน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านใบหนา อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านนาเกียน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านพะอัน อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านแบแล อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านขุนตื่นน้อย อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านคุ้มแปลง 5 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	51%	20%	26%	24%	30%	30%	3.5	3.125	2.75	3	3.075
บ้านคุ้มแปลง 7 อ.ฝาง จ.เชียงใหม่	39%	20%	23%	25%	24%	30%	3.5	3.25	3	3	3.225
บ้านทุ่งยาว อ.แม่แจ่ม จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสบวาก อ.แม่แจ่มจ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านปางขอน อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยหมาก อ.แม่สรวย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยขาบ อ.บ่อเกลือ จ.น่าน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านปางตอง อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	61%	31%	26%	26%	23%	44%	2.75	3.375	2.75	3.25	3.035
บ้านรวมไทย อ.เมือง จ.แม่ฮ่องสอน	49%	14%	18%	21%	25%	30%	3	3.375	3.375	3.25	3.2525
บ้านหนองห้า อ.เชียงคำ จ.พะเยา	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ค่าเฉลี่ย พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**51.00%**	**23.00%**	**23.60%**	**24.20%**	**26.40%**	**32.80%**	**3.15**	**3.13**	**2.98**	**3.10**	**3.09**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**8.12%**	**7.28%**	**3.36%**	**1.92%**	**3.36%**	**6.26%**	**0.34**	**0.36**	**0.26**	**0.14**	**0.15**
%RSD พันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80	**15.93**	**31.65**	**14.24**	**7.95**	**12.73**	**19.09**	**10.65**	**11.66**	**8.61**	**4.42**	**4.90**
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์											
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML2/4-78-62-26	40%	40%	25%	30%	30%	30%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/6	70%	20%	20%	25%	20%	30%	3.50	3.00	2.50	3.00	3.00
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/10	40%	30%	30%	25%	30%	30%	3.50	3.00	3.50	3.50	3.40
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/13	30%	25%	25%	25%	30%	30%	3.00	3.50	3.00	3.00	3.10
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/14	45%	20%	35%	25%	30%	30%	3.50	3.50	3.00	3.00	3.30
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/15	40%	25%	30%	20%	30%	30%	3.50	3.00	3.00	3.00	3.10
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/23	30%	20%	35%	25%	30%	30%	3.50	3.00	2.50	3.00	3.00
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/24	45%	20%	25%	25%	30%	30%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

สถานที่/พันธุ์	คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose (%)						คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 (คะแนน)				
	E-VG	E-FB	E-AB	E-TC	E-TRP	E-TR	Visual	Olfactive	Gustative	General Impression	เฉลี่ย
พันธุ์คาติมอร์ H420/9 ML3/1-106-WW29/26	35%	25%	35%	25%	30%	30%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
พันธุ์คาติมอร์ H528/46 ML2/10-29-65-23	40%	30%	30%	30%	30%	30%	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์											
บ้านแม่ตอนหลวง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านยางครก อ.อมก๋อย จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านม่อนจอง อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ (839 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านสันเจริญ (1400 เมตร) อ.ท่าวังผา จ.น่าน	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
บ้านห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย จ.แม่ฮ่องสอน	32%	17%	13%	17%	25%	30%	3.50	2.83	2.83	3.17	3.09
บ้านมูเซอผาฮี้ อ.แม่สาย จ.เชียงราย	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์
ค่าเฉลี่ย 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**43.88%**	**24.19%**	**26.31%**	**24.56%**	**27.94%**	**30.88%**	**2.35**	**3.09**	**2.95**	**3.07**	**3.09**
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**11.16%**	**6.64%**	**6.17%**	**3.20%**	**3.34%**	**3.50%**	**1.43**	**0.26**	**0.26**	**0.15**	**0.14**
%RSD 35 ตัวอย่าง 29 สถานที่	**25.43**	**27.43**	**23.46**	**13.04**	**11.94**	**11.34**	**60.98**	**8.38**	**8.77**	**4.74**	**4.43**

กรมวิชาการเกษตร

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา

ข้อมูลพื้นฐานด้านการผลิต

พื้นที่ปลูก ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 5-50 ไร่ เป็นที่ราบถึงที่ราบเชิงเขา ลาดชัน และภูเขา จากระดับน้ำทะเลไม่เกิน 500 เมตร กาแฟมีอายุ 2-30 ปี ปลูกแบบเดี่ยวและร่วมกับไม้ผล เช่น เงาะ ทุเรียน มังคุด ลองกอง กล้วยไข่ สะตอ หมาก ปาล์มน้ำมัน และยางพารา เป็นต้น **การตัดแต่งกิ่ง** ส่วนใหญ่มีการตัดแต่งกิ่งและฟื้นต้น แบ่งการตัดแต่งกิ่งแบบฟื้นต้นครึ่งหนึ่งของแปลงจากนั้นค่อยทยอยตัดทั้งแปลงเพื่อไม่ให้ขาดรายได้ ส่วนกาแฟที่อายุไม่มากมีการตัดแต่งกิ่งแขนงทุก 3 เดือนหรือหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ตัดแต่งกิ่งแห้ง กิ่งที่ไม่ให้ผลผลิตหรือโรคแมลงทำลายออกไปเผาทิ้ง โดยตัดแต่งกิ่งแขนงให้เหลือกิ่งหลัก 3-4 กิ่ง **แหล่งน้ำ** อาศัยน้ำฝน หรือแหล่งน้ำที่ขุดสระสำหรับกักเก็บน้ำไว้ใช้ในฤดูแล้ง **สภาพภูมิอากาศ** อุณหภูมิอยู่ในช่วง 25-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 70% และปริมาณน้ำฝนสะสมเฉลี่ย 1,500 มิลลิเมตร และมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอไม่น้อยกว่า 7 เดือน **การใส่ปุ๋ย** ใส่ปุ๋ยเคมีและมีบางรายที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ประกอบด้วยสูตร 15-15-15, 13-13-21, 21-0-0 และ 46-0-0 อัตราที่ใส่ 200-500 กรัม./ต้น/ปี และส่วนใหญ่ใส่ปุ๋ยให้กับกาแฟโดยคำนึงถึงราคาเมล็ดกาแฟ เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจให้ปุ๋ยกาแฟ ใส่ปุ๋ยให้กับกาแฟปีละ 1-2 ครั้ง **การเก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์** ส่วนใหญ่ไม่มีการเก็บตัวอย่างดินส่งวิเคราะห์ และไม่ทราบว่าจะต้องเก็บตัวอย่างดินไปวิเคราะห์เพื่ออะไร และยังขาดความรู้ความเข้าใจในกระบวนการผลิตกาแฟ **ลักษณะการเจริญเติบโต** ส่วนใหญ่ได้จากการคัดเลือกต้นที่มีลักษณะดี ผลดก เมล็ดใหญ่ ข้อถี่จากเพื่อนบ้านหรือแปลงตนเองเพื่อขยายพันธุ์เพิ่ม หรือคัดเลือกยอดพันธุ์ดีมาเสียบยอด ซึ่งเจริญเติบโตได้ดี และให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี บางรายมีการปลูกกาแฟพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตร เช่น พันธุ์ชุมพร 2 ,ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 ให้ผลผลิตเมื่ออายุ 2½ ปี ออกดอกติดผล 2 ชุดใหญ่ๆด้วยกัน ดอกชุดแรกเริ่มบาน เม.ย.-พ.ค. และอีกชุด มิ.ย.-ก.ค. เก็บผลผลิตได้ช่วง พ.ย.-มี.ค. **การเก็บเกี่ยว** เริ่มเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟตั้งแต่เดือน พ.ย. เก็บผลสุกที่มีสีส้มอมแดงจนถึงสีแดง ร้อยละ 99 เก็บผลผลผลิต 2-3 ครั้ง จนกว่าผลผลิตจะหมด **การปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว การตากผลผลิต** เป็นขั้นตอนการลดความชื้นของกาแฟ เลือกเก็บผลที่สุกแดง 70% และนำผลผลิตมาตากให้แห้งก่อนนำไปสีเอาเปลือกออก ตากบนตาข่ายไนล่อนสีฟ้า บนพื้นซีเมนต์ บนแคร่ไม้ไผ่ ใช้เวลาตากประมาณ 10–15 วัน ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศ **การสี** เมื่อผลผลิตแห้งนำไปสีทำความสะอาด และคัดแยกเมล็ดโดยคัดเมล็ดดำ เมล็ดเสีย เมล็ดแตก เป็นต้น นำไปบรรจุในกระสอบป่าน แต่มีเกษตรกรบางรายหรือกลุ่มเกษตรกรแปรรูปแบบสีสดหรือสีเปียกซึ่งเป็นเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรที่ทำกาแฟคุณภาพ โดยทำสัญญาซื้อขายกับพ่อค้าในท้องถิ่น **การจำหน่ายผลผลิต** ในรูปเมล็ดกาแฟที่ตากแห้งและลดความชื้นไม่เกิน 13% ขายให้กับพ่อค้าหรือโรงงานทันทีหลังจากการสี ปัจจุบันมีการสีสดในรายที่ทำกาแฟคุณภาพกับกลุ่มพ่อค้าหรือกลุ่มแปรรูปผลผลิตในท้องถิ่น ทำให้ได้ราคามากกว่าที่มีการแปรรูปแบบตากผลแห้ง แต่กลุ่มเกษตรกรยังมีจำนวนจำกัดและเทคโนโลยีการแปรรูปยังไม่แพร่หลาย บางรายไม่ทราบถึงขั้นตอนการผลิตกาแฟคุณภาพ

ข้อมูลทั่วไปของเกษตรกร (เกริกชัยและคณะ, 2559)

(1) จังหวัดชุมพร ประกอบด้วย เกษตรกรอำเภอท่าแซะ และอำเภอสวี พันธุ์ที่ปลูกคัดเลือกพันธุ์ดีจากเพื่อนบ้าน ในสวนตนเองและทำการเสียบยอดพันธุ์ดี และจากกรมวิชาการเกษตร คือ พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 ซึ่งได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ส่วนใหญ่เกษตรกรไม่ชอบเพราะเก็บเกี่ยวยาก อายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม ขนาดของเมล็ดเล็กเมื่อเทียบกับพันธุ์พื้นเมือง และไม่ตรงตามความต้องการของตลาด **(2) จังหวัดระนอง** ประกอบด้วย เกษตรกรอำเภอกระบุรี พันธุ์ที่ปลูกคัดเลือกพันธุ์ดีจากเพื่อนบ้าน ในสวนตนเองและทำการเสียบยอดพันธุ์ดี และจากกรมวิชาการเกษตรคือ พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร

84-5 พบว่า เกษตรกรพึงพอใจระดับปานกลาง เพราะอายุการเก็บเกี่ยวไม่เหมาะสม เก็บเกี่ยวยาก แต่มีความต้านทานและทนทานต่อโรคแมลง

ลักษณะทางกายภาพของดินที่ปลูกกาแฟโรบัสตา

แปลงที่ 1 ของเกษตรกร อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร พิกัดแปลง 47P 506161 1192539 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 94 เมตร ลักษณะดินเป็นดินร่วน ที่ระดับความลึก 0-18 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.70 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 29.42 จุดเหี่ยวถาวร 25.72 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.49% ส่วนที่ระดับความลึก 18-30 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 2.68 มม. จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 26.86 จุดเหี่ยวถาวร 24.18 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.38% ที่ระดับความลึก 0-18 ซม.และระดับ 18-30 ซม. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า ดินมี pH 4.0 และ 4.4 ดินเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุ 2.4 และ 1.04 % ปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและปานกลางในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 87 และ 15 mg/kg โดยระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้167.9 และ 152.8 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

แปลงที่ 2 ของเกษตรกร อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร พิกัดแปลง 47P 506162 1192476 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 106 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 3 ระดับคือ 1) ระดับความลึกของดิน 0-18 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.64 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 33.48 จุดเหี่ยวถาวร 29.84 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.47% ลักษณะดินเป็นดินร่วน 2) ระดับความลึก 18-41 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.54 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 33.17 จุดเหี่ยวถาวร 31.63 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.47% และ 3) ระดับมากกว่า 41 ซม. ลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียว จากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-18 และ 18-41 ซม. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินพบว่า ดินมี pH 5.19 และ 5.43 ดินเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุ 3.29 และ 1.19% ปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและปานกลางในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 40 และ 2.67 mg/kg โดยระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 283.5 และ 122.6 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

แปลงที่ 3 ของศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร อ.สวี จ.ชุมพร พิกัดแปลง 47P 508994 1143168 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 26 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับคือ 0-26, 26-50, 50-71 และ 71-100 ซม. โดยระดับความลึก 0-26 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.71 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 29.56 จุดเหี่ยวถาวร 25.85 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.48% จากการเก็บตัวอย่างดินวิเคราะห์ พบว่า ลักษณะดินเป็นดินเหนียว ระดับความลึก 26-50 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 3.40 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 26.84 จุดเหี่ยวถาวร 23.45 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.72% ลักษณะดินเป็นดินร่วน ส่วนระดับความลึก 50-71 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.79 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 29.27จุดเหี่ยวถาวร 27.48 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.69% ลักษณะดินเป็นดินร่วนและระดับความลึก 71-100 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.46 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 32.20 จุดเหี่ยวถาวร 30.73 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.68% ลักษณะดินเป็นดินร่วนเหนียว ที่ระดับความลึก 0-26, 26-50 ซม. ดินมีค่า pH 4.76, 5.47 และ 50-71 มากกว่า 71 ซม.5.36 และ 4.83 ดินเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุ 1.62, 0.43 และ 0.41, 0.38 % ปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่ระดับความลึก 0-26, 26-50 และ 50-71 มากกว่า 71 ซม. 6.95,1.35 และ 1.25, 3.62 mg/kg โดยระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ที่ระดับความลึก 0-26,26-50 และ 50-71, มากกว่า 71 ซม. 65.76,19.49 และ 25.53,32.57 mg/kg จัดอยู่ในระดับสูง

แปลงที่ 4 ของเกษตรกร ต.จปร. จ.ระนอง พิกัดแปลง 47P 485969 1174817 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 57 เมตร ระดับความลึก 0-31 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 2.88 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 36.39 จุดเหี่ยวถาวร 33.51 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.50% ลักษณะดิน ร่วนเหนียว (clay loam) ความลึก 31-59 ซม.ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 2.05 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 37.19 จุดเหี่ยวถาวร 35.14 ค่าความหนาแน่นของดิน

1.52% ลักษณะดินเหนียว ความลึก 59 ซม.ขึ้นไป ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 2.10 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 37.40 จุดเหี่ยวถาวร 35.30 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.48 % ลักษณะดินเหนียว ที่ระดับความลึก 0-31, 31-59 และ 59 ซม.ขึ้นไป พบว่า ดินมีค่า pH 4.06, 4.40 และ 4.38 ดินเป็นกรด อินทรียวัตถุ 1.52,0.61 และ 0.63% มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 14.05, 1.93 และ 3.28 mg/kg ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางคือ 29.55, 18.49 และ 15.47 mg/kg

แปลงที่ 5 ของเกษตรกร ต.จปร. อ.กระบุรี จ.ระนอง พิกัด 47P 485964 1174526 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 54 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 2 ระดับคือ 1) ระดับความลึก 0-12 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.67 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 36.80 จุดเหี่ยวถาวร 35.13 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.34 % ลักษณะดินเหนียว 2) ระดับความลึก 12-34 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.41 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 40.64 จุดเหี่ยวถาวร 35.23 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.48 % ลักษณะดินเหนียว ระดับความลึก 0-12, 12-34 และ มากกว่า 34 ซม. ขึ้นไป พบว่า ดินมีค่า pH 4.06 และ 4.40 ดินเป็นกรด อินทรียวัตถุ 1.52 และ 0.61 % มีปริมาณอินทรียวัตถุปานกลางในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 14.05 และ 1.93 mg/kg ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางคือ 29.55 และ 18.49 mg/kg

แปลงที่ 6 ของเกษตรกร ต.จปร. อ.กระบุรี จ.ระนอง พิกัดแปลง 47 P 486228 1173450 ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 64 เมตร แบ่งหน้าตัดดินได้ 4 ระดับ 1) ระดับความลึก 0-16, 16-38 มากกว่า 38 ซม.ขึ้นไป โดยที่ระดับความลึก 0-16 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 1.45 มม. จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 40.28 มม. จุดเหี่ยวถาวร 38.83 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.29 % ลักษณะดินเหนียว 2) ระดับความลึก 16-38 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 0.94 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 48.91 จุดเหี่ยวถาวร 47.97 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.28 % ลักษณะดินเหนียว 3) ระดับความลึก 16-38 ซม. ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ 0.88 มม.จุดที่น้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต 50.34 มม. จุดเหี่ยวถาวร 47.46 ค่าความหนาแน่นของดิน 1.28% ลักษณะดินเหนียว ระดับความลึก 0-16, 16-38 มากกว่า 38 ซม. ขึ้นไป ดินมีค่า pH 4.07, 4.56 และ 4.79 ลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุสูงในดินชั้นบนและต่ำในดินชั้นล่าง คือ 2.78, 1.31 และ 1.03 % ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.92, 1.60 และ 1.58 mg/kg ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางคือ 59.72, 20.50 และ 19.49 mg/kg (ตารางที่ 5.8)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.8 ลักษณะพื้นที่ปลูก การแบ่งหน้าตัดดินและผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินตามระดับความลึก ในแปลงปลูกกาแฟโรบัสตา จำนวน 6 ตัวอย่าง ใน 6 สถานที่ ของจังหวัดชุมพร และจังหวัดระนอง

ลักษณะ/สถานที่	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง(เมตร)	พิกัด	ระดับความลึก (ซม.)	ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	FC[1]	PWP[2]	Soil texture	Density(%)	pH(1:1)	OM(%)	Avail. P(mg/kg)	K(mg/kg)
แปลงที่ 1 เกษตรกร อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร	94	47P 506161 1192539	0-18	3.70	25.72	29.42	ร่วนเหนียวปนทราย	1.49	4.01	2.36	87.0	167.86
			18-30	2.68	24.18	26.86	ดินร่วน	1.38	4.43	1.04	15.0	152.78
แปลงที่ 2 เกษตรกร อ.ท่าแซะ จ.ชุมพร	106	47P 506162 1192476	0-18	3.64	29.84	33.48	ดินเหนียว	1.48	5.19	3.29	40.0	283.5
			18-30	1.54	31.63	33.17	ร่วนเหนียว	1.57	5.43	1.19	2.67	122.6
แปลงที่ 3 ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร อ.สวี	26	47P 508994 1143168	0-26	3.71	25.85	29.56	ดินเหนียว	1.48	4.76	1.62	6.95	65.76
จ.ชุมพร			26-50	3.40	23.45	26.84	ดินร่วน	1.72	5.47	0.43	1.35	19.49
			50-71	1.79	27.48	29.27	ดินร่วน	1.69	5.36	0.41	1.25	25.53
			มากกว่า 71	1.46	30.73	32.20	ร่วนปนเหนียว	1.68	4.83	0.38	3.62	32.57
แปลงที่ 4 เกษตรกร ต.จปร. จ.ระนอง	57	47P 485969 1174817	0-31	2.88	33.51	36.39	ร่วนเหนียว	1.50	4.06	1.52	14.05	29.55
			31-59	2.05	35.14	37.19	ดินเหนียว	1.52	4.40	0.61	1.93	18.49
			มากกว่า 59	2.10	35.30	37.40	ดินเหนียว	1.48	4.38	0.63	3.28	15.47
แปลงที่ 5 เกษตร ต.จปร. อ.กระบุรี จ.ระนอง	54	47P 485964 1174526	0-12	1.67	35.13	36.80	ดินเหนียว	1.34	4.70	2.21	2.62	37.60
			12-34	1.41	39.23	40.64	ดินเหนียว	1.48	5.10	1.41	1.05	15.47
			มากกว่า 34						5.50	1.00	3.25	11.45
แปลงที่ 6 เกษตรกร ต.จปร. อ.กระบุรี จ.ระนอง	64	47P 486228 1173450	0-16	1.45	38.83	40.28	ดินเหนียว	1.29	4.07	2.78	2.92	59.72
			16-38	0.96	47.97	48.91	ดินเหนียว	1.28	4.56	1.31	1.60	20.50
			มากกว่า 38	0.88	49.46	50.34	ดินเหนียว	1.28	4.79	1.03	1.58	19.49

หมายเหตุ 1 FC = Field capacity 2 PWP = Permanent wilting point ที่มา: วิเคราะห์โดยกลุ่มปฐพีวิทยา กองวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร (2561)

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะทางกายภาพของกาแฟโรบัสตา

เมื่อแปรรูปแบบสีสด พบว่า **ขนาดเมล็ดสด** พันธุ์ชุมพร 2 กว้าง ยาว หนา 0.67, 0.95, 0.76 มม. พันธุ์ชุมพร 84 -4 กว้าง ยาว หนา 0.66, 0.90, 0.72 มม. พันธุ์ชุมพร 84-5 กว้าง ยาว หนา 0.56, 0.88, 0.7 มม. และพันธุ์พื้นเมือง กว้าง ยาว หนา 0.64, 0.92, 0.72 มม. **ขนาดเมล็ดสาร** พันธุ์ชุมพร 2 กว้าง ยาว หนา 0.52, 0.67, 0.33 มม. พันธุ์ชุมพร 84-4 กว้าง ยาว หนา 0.48, 0.69, 0.31 มม. พันธุ์ชุมพร 84-5 กว้าง ยาว หนา 0.52, 0.67, 0.27 มม. และพันธุ์พื้นเมือง กว้าง ยาว หนา 0.52, 0.79, 0.32 มม. **สีของเมล็ด** พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 มีสีเมล็ดสารน้ำตาลอมเหลือง น้ำตาลอ่อน กลิ่น ของเมล็ดกาแฟทุกพันธุ์ปกติ **รูปร่างของเมล็ด** พันธุ์ชุมพร 2 และชุมพร 84-4 มีรูปรียาวคล้ายเมล็ดถั่ว ส่วนพันธุ์ชุมพร 84-5 ค่อนข้างยาว และพันธุ์พื้นเมือง ยาวรีค่อนข้างยาว **ลักษณะของร่องเมล็ด** พันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และ ชุมพร 84-5 มีร่องแคบ แต่พันธุ์พื้นเมือง ร่องแคบและกว้าง น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า พันธุ์ชุมพร 2, ชุมพร 84-4, ชุมพร 84-5 และพื้นเมือง ให้น้ำหนัก 100 เมล็ด 15.66, 14.49, 16.19 และ 16.34 กรัมตามลำดับ **ขนาดของเมล็ดกาแฟที่ตามมาตรฐาน ISO 4150-1991 (sieve No.)** พันธุ์ชุมพร 2, ชุมพร 84-4 และ ชุมพร 84-5 ร่อนค้างบนตะแกรงเบอร์ 14 มากที่สุด 39.01, 45.08 และ 41.51% ในขณะที่พันธุ์พื้นเมืองขนาดเมล็ดค้างบนตะแกรงเบอร์ 17 มากที่สุด 22.68% เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพันธุ์พื้นเมืองมีขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 (ตารางที่ 5.9)

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 5.9 ลักษณะทางกายภาพของกาแฟโรบัสตาที่แปรรูปโดยวิธีสีสด จำนวน 18 ตัวอย่าง ใน 6 สถานที่ ของจังหวัดชุมพร และระนอง

ลักษณะ/พันธุ์	พันธุ์ชุมพร 2			พันธุ์ชุมพร 84-4			พันธุ์ชุมพร 84-5			พันธุ์พื้นเมือง		
	จ. ชุมพร	จ.ระนอง	เฉลี่ย	จ. ชุมพร	จ.ระนอง	เฉลี่ย	จ. ชุมพร	จ.ระนอง	เฉลี่ย	จ. ชุมพร	จ.ระนอง	เฉลี่ย
น้ำหนักก่อนลอยน้ำ (กก.)	100	ไม่มีข้อมูล	100	100	ไม่มีข้อมูล	100	100	ไม่มีข้อมูล	100	ไม่มีข้อมูล	ไม่มีข้อมูล	#DIV/0!
น้ำหนักหลังลอยน้ำ (กก.)	80	100	90	73	100	86.5	100	100	100	ไม่มีข้อมูล	100	100
น้ำหนักหลังสีสด (กก.)	42.5	50	46.25	51.5	45	48.25	53.5	58	55.75	ไม่มีข้อมูล	50	50
น้ำหนักหลังตากแห้ง (กก.)	16.7	17.4	17.05	19.6	20	19.8	20.4	18.3	19.35	ไม่มีข้อมูล	19.5	19.5
ขนาดผลสดด้านกว้าง (มม.)	0.65	0.69	0.67	0.68	0.64	0.66	0.56	0.56	0.56	ไม่มีข้อมูล	0.64	0.64
ขนาดผลสดด้านยาว (มม.)	0.93	0.96	0.945	0.95	0.84	0.895	0.83	0.92	0.875	ไม่มีข้อมูล	0.92	0.92
ขนาดผลสดด้านหนา (มม.)	0.76	0.75	0.755	0.77	0.67	0.72	0.66	0.73	0.695	ไม่มีข้อมูล	0.73	0.73
ขนาดเมล็ดสารด้านกว้าง (มม.)	0.51	0.52	0.515	0.46	0.5	0.48	0.46	0.57	0.515	0.4	0.63	0.515
ขนาดเมล็ดสารด้านยาว (มม.)	0.67	0.67	0.67	0.65	0.73	0.69	0.63	0.7	0.665	0.68	0.9	0.79
ขนาดเมล็ดสารด้านหนา (มม.)	0.3	0.35	0.325	0.3	0.32	0.31	0.28	0.26	0.27	0.2	0.43	0.315
สี	น้ำตาลอ่อน	น้ำตาล		น้ำตาลอ่อน	น้ำตาลแก่		น้ำตาล	น้ำตาล		น้ำตาล	น้ำตาลอมเหลือง	
กลิ่น	ปกติ	ปกติ		ปกติ	ปกติ		ปกติ	ปกติ		ปกติ	ปกติ	
รูปร่างของเมล็ด	ค่อนข้างยาว	ค่อนข้างกลม		ค่อนข้างกลม	ค่อนข้างยาว		ค่อนข้างยาว	ค่อนข้างยาว		ยาวรี	ค่อนข้างยาว	
ลักษณะร่องเมล็ด	แคบ	แคบ		แคบ	แคบ		แคบ	แคบ		แคบ	กว้าง/แคบ	
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	14.57	16.75	15.66	15.05	13.92	14.485	14.38	18	16.19	16.38	16.3	16.34
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์20	0.39	0.43	0.41	0.43	0.29	0.36	0.34	0.46	0.4	ไม่มีข้อมูล	3.99	3.99
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์19	1.39	1.46	1.425	1.54	0.56	1.05	0.46	3.23	1.845	ไม่มีข้อมูล	10.57	10.57
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์18	4.42	8.02	6.22	5.17	1.25	3.21	0.94	18.03	9.485	ไม่มีข้อมูล	15.74	15.74
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์17	10.85	18.71	14.78	16.16	7.02	11.59	5.68	16.73	11.205	ไม่มีข้อมูล	**22.68**	22.68
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์16	18.92	27.49	23.205	**22.88**	20.01	21.445	17.68	32.74	25.21	ไม่มีข้อมูล	20.98	20.98
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์15	2.52	3.08	2.8	3.29	2.93	3.11	1.48	2.7	2.09	ไม่มีข้อมูล	1.31	1.31
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์14	**42.75**	**35.27**	39.01	38.77	**51.39**	45.08	**50.11**	**32.91**	41.51	ไม่มีข้อมูล	19.4	19.4
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์13	15.9	5.03	10.465	9.79	14.52	12.155	19.92	2.88	11.4	ไม่มีข้อมูล	4.53	4.53
ขนาดของเมล็ดกาแฟสาร:เบอร์12	2.86	0.49	1.675	1.96	2.03	1.995	3.37	0.31	1.84	ไม่มีข้อมูล	0.79	0.79

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา

กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 18 สถานที่ มีความแตกต่างทั้งในพื้นที่ปลูกที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลแตกต่าง สภาพแปลงปลูก ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา และพืชที่ปลูกร่วม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของประชา และคณะ (2560) ดำเนินการศึกษาการปลูกกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ พื้นที่บ้านใหม่พัฒนา ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ที่ปลูกภายใต้รูปแบบการปลูกแบบต่างๆ กันคือ (1) ร่วมกับไม้ผลเมืองหนาว (2) ผสมผสาน (3) เชิงเดี่ยว (4) ร่วมกับป่าธรรมชาติดั้งเดิม (5) ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ พบว่า มีความแตกต่างในแต่ละรูปแบบของการปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของน้ำหนักผลสด น้ำหนักผลแห้ง และน้ำหนักเมล็ด สำหรับปริมาณธาตุอาหารในดินที่เหมาะสมสำหรับกาแฟอะราบิกาคือ pH มีค่า 5.5-6 Organic matter มีค่า 1-3% Avail. P มีค่า 60-80 mg/kg K มีค่า › 0.75 mg/kg Ca มีค่า 3-5 meq/100g (601.17-1001.95 mg/kg) Mg มีค่า > 1.6 meq/100g (> 194.44 mg/kg) Cu มีค่า 0.3-10 mg/kg Zn มีค่า 2-10 mg/kg Fe มีค่า 2-20 mg/kg Mn มีค่า < 50 mg/kg Boron มีค่า 0.5-1 mg/kg (sandy loams) มีค่า 1-2 mg/kg (clay loams) และ Ca : Mg ratio มีค่า 3-5 (Smith, FW., 1986) จากผลการทดลองพบว่า แต่ละระดับความลึกมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ส่วนใหญ่มีปริมาณของ pH Avail. P, Ca, Mg, Zn และ B ที่ต่ำ และมีปริมาณของ Organic matter, K, Cu, Fe และ Mn สูง ยกเว้นที่บ้านดอยช้าง จ.เชียงราย บ้านปางขอน จ.เชียงราย บ้านห้วยหมาก จ.เชียงราย บ้านปางตองและบ้านรวมไทย จ.แม่ฮ่องสอน ที่มีปริมาณธาตุ Ca, B เหมาะสม ส่วนบ้านห้วยฮ้อม จ.แม่ฮ่องสอน พบว่ามีปริมาณธาตุ Ca, Mg, Mn และ B เหมาะสมสำหรับดินที่ปลูกกาแฟอะราบิกา

การเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ pH, TAC, AA, NC, C (L, *a, *b), MC และ SC คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ Fur, Pyr, Caff, QA, CA, Tri, PAHs (Pye, B[a]P,Flu, B[b]f), OTA, Cafestol และ Kahweol และคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยด้วยเครื่อง E-nose และคุณภาพการชิม แบบ Simple Sensorial Analysis) ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เพราะวิเคราะห์คุณสมบัติไม่ครบทุกสถานที่ ซึ่งงานที่ดำเนินต่อไปควรมีการดำเนินการวิจัยเพื่อให้ข้อมูลที่เพิ่มมากขึ้นต่อไป โดยเฉพาะอัตราส่วนของกรดไขมัน ได้แก่ Cafestol:Kahweol เนื่องจากมีงานวิจัยของ Cintia Sorane Good Kitberger et al. (2013) ที่มีการวิเคราะห์อัตราส่วนของกรดไขมัน Cafestol:Kahweol ในสารกาแฟและกาแฟคั่วของกาแฟอะราบิกาพันธุ์แท้ และลูกผสม ที่ปลูกในสถานที่เดียวกันพบว่า กาแฟอะราบิกาพันธุ์แท้ Catuai พบ cafestol มากกว่า kahwoel ส่วนกาแฟอะราบิกาลูกผสมซึ่งเป็นลูกผสมระหว่างกาแฟอะราบิกาและอะราบิกา พบว่า พันธุ์ IPR 100 จะพบปริมาณของ kahwoel มากกว่า cafestol ส่วนใน IPR 106 พบสาร kahwoel มากกว่า และพันธุ์ IPR 102 พบสาร cafestol มากกว่า และพบว่า กาแฟอะราบิกาพันธุ์แท้จะพบเฉพาะปริมาณของ kahweol และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในความสัมพันธ์ระหว่างกรด chlorogenic ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ ปริมาณ polysaccharide และกรดไขมันในเมล็ด ที่มีการปลูกในที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลที่แตกต่าง และมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน มีผลต่อกาแฟอะราบิกาที่ปลูกประเทศไทยหรือไม่ เนื่องจากมีงานวิจัยของ Thierry Joet et al (2010) ที่ศึกษาในกาแฟอะราบิกาพันธุ์ Laurina ซึ่งกลายพันธุ์โดยธรรมชาติมาจากพันธุ์ Bourbon จาก 16 แปลงในพื้นที่ปลูกที่มีระดับความสูงแตกต่างกัน (150-1032 ม.จากระดับน้ำทะเล) บนเกาะรียูเนียน พบว่า กรด chlorogenic และกรดไขมันในเมล็ด ได้รับอิทธิพลจากอุณหภูมิในอากาศในระหว่างการพัฒนาเมล็ด แต่ในทางกลับกัน ปริมาณไขมัน

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณน้ำตาลที่ละลายได้ ปริมาณ polysaccharide และ กรด chlorogenic ไม่ขึ้นกับสภาพอากาศ แต่ขึ้นกับระดับความสูง ในขณะที่ปริมาณ sorbitol หลังจากขบวนการสีเปียกมีปริมาณมากน้อยขึ้นกับปริมาณน้ำตาลกลูโคสในเมล็ดสด

นอกจากนี้ควรมีการศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดกาแฟดิบเพิ่ม จากงานวิจัยของ Roberto Muniz-Valencia et al. (2014) ที่พบว่า มีความแตกต่างในปริมาณของแคลเซียม ทองแดง เหล็ก โปแตสเซียม แมงกานีส แมกนีเซียม และสังกะสี ที่พบในเมล็ดกาแฟดิบ (green coffee bean) และกาแฟคั่ว ที่ปลูกในสถานที่ต่างกัน ได้แก่ บราซิล โคลอมเบีย และเม็กซิโก โดยการวิเคราะห์ inductive couple plasma optical emission spectrometry แต่ยังไม่ชัดเจนมากนัก และพบว่า สารประกอบไอโซโทปของธาตุโบรอน และ Sr ในเมล็ดกาแฟดิบเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการจำแนกแยกถิ่นกำหนดของเมล็ดกาแฟ (Hou-Chun Liu et al., 2014)

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟโรบัสตา

ลักษณะของเมล็ดที่มีร่องกว้างบ่งบอกถึงลักษณะของพื้นที่ปลูกด้วย โดยพื้นที่ๆ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมาก ลักษณะของเมล็ดจะมีร่องแคบ นอกจากนั้นร่องของเมล็ดมีผลต่อการแปรรูปเมล็ด เช่น การคั่วร่องเมล็ดที่แคบการคั่วจะทำให้เมล็ดได้รับความร้อนสม่ำเสมอ จากข้อมูลน้ำหนัก 100 เมล็ดของกาแฟทั้ง 4 พันธุ์ พบว่า จังหวัดชุมพร มีขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ชุมพร 2 และชุมพร 84-5 ต่ำกว่าน้ำหนัก 100 เมล็ดมาตรฐานของเมล็ดกาแฟ (ไม่น้อยกว่า 15 กรัมต่อ 100 เมล็ด) (Wintgens, 2004) ส่วนจังหวัดระนอง น้ำหนัก 100 เมล็ดส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ยกเว้นพันธุ์ชุมพร 84-4 ที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ ลักษณะดิน และการปฏิบัติดูแลรักษา และพบว่า กาแฟโรบัสตาพันธุ์พื้นเมือง มีขนาดมากกว่าเกณฑ์มาตรฐานกำหนดและมีขนาดของเมล็ดใหญ่กว่าพันธุ์ชุมพร 2 ชุมพร 84-4 และชุมพร 84-5 โดยลักษณะพันธุ์กาแฟที่เกษตรกรทั้ง 2 จังหวัดต้องการ ทนแล้งระบบรากแข็งแรง ขนาดผลปานกลางถึงใหญ่ เก็บเกี่ยวง่าย ขั้วไม่เหนียว ข้อถี่มากกว่า 15-17 ข้อต่อกิ่ง กิ่งยาว ให้ผลผลิตเร็ว ให้ผลผลิตสูง น้ำหนักดี ผลผลิตสม่ำเสมอ มีการบานของดอกพร้อมกันเกือบทุกระยะ เปลือกบาง แห้งเร็วเมื่อตากผลผลิต ต้านทานโรคและแมลง และเจริญเติบโตได้ดี

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย ดำเนินงานในปี 2559-2561 จำนวน 2 การทดลองดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา

สำรวจ รวบรวมข้อมูลแหล่งปลูกและศักยภาพการผลิตกาแฟอะราบิกา และการสัมภาษณ์เกษตรกร โดยแบ่งกระจายพันธุ์กาแฟอะราบิกาของกรมวิชาการเกษตรเป็น 2 ช่วงคือ **ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549** กรมวิชาการเกษตรดำเนินการผลิตต้นกาแฟอะราบิกาแจกจ่ายแก่เกษตรกรโดยตรงและผ่านหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ลูกผสมชั่วที่ 4-6 จำนวนไม่น้อยกว่า 2,830,000 ต้น **ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559** กรมวิชาการเกษตรพัฒนาพันธุ์จนได้กาแฟอะราบิกาพันธุ์รับรอง เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ที่เป็นลูกผสมชั่วที่ 7 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และได้มีการกระจายพันธุ์ประมาณ 2,860,713 ต้น ในพื้นที่หลัก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง และ น่าน ซึ่งพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปางพบน้อยมาก

กรมวิชาการเกษตร

แบ่งกลุ่มกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 สถานที่คือ กลุ่ม 1 พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 กลุ่ม 2 พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ และกลุ่ม 3 พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ คือ

1. ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของพื้นที่ปลูกของกาแฟอะราบิกา พบว่า กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ปลูกในแต่ละสถานที่มีความแตกต่างของความสูงจากระดับน้ำทะเล สภาพแปลงปลูก ระบบการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษา พืชที่ปลูกร่วม และปริมาณธาตุอาหารในดิน

2. ลักษณะทางกายภาพของกาแฟอะราบิกา พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในขนาดของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1-4 เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry และลักษณะของร่องกาแฟ

3. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing พบว่าพันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 79.72±0.97 คะแนน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ และดอกไม้ สำหรับพันธุ์คาติมอร์ทั้งหมดมีคะแนนเฉลี่ย 79.91±2.42 คะแนน และมีกลิ่นแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ วิธีการแปรรูปและสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย ช็อคโกแลต ขนมปังขิง เนย น้ำผึ้ง ดอกไม้อบแห้ง กาแฟคั่ว ถั่ว ธัญญพืช น้ำผึ้ง อบเชย สมุนไพร ผลไม้ โกโก้ ขนมอบ ดอกไม้ พีช แอ๊ปปริคอท พลัม เฮเซนัท กล้วยสุก อัลมอลล์ คาราเมล เนย แอปเปิล ดอกมะลิ มะนาว และการบูร

4. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มี pH เฉลี่ย 5.12±0.17 (%RSD=3.53) Total Acid Content เฉลี่ย 3.43±1.56% (%RSD=45.57) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.48±0.36% (%RSD=8.11) Color (L) เฉลี่ย 39.93±1.06% (%RSD=2.68) Color (a) เฉลี่ย 8.21±1.14% (%RSD=13.92) Color (b) เฉลี่ย 3.48±0.69% (%RSD=19.84) Moisture content เฉลี่ย 2.42±0.59% (%RSD=24.38) Sugar Content เฉลี่ย 5.99±1.72% (%RSD=28.73) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.03±0.55% (%RSD=3.93) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 4.14±0.59^{0}Brix (%RSD=14.16) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02% (%RSD=12.16) Oil content เฉลี่ย 12.86±1.8% (%RSD=14.02) Ash content เฉลี่ย 4.86±0.33% (%RSD=6.83) สำหรับพันธุ์คาติมอร์มี pH เฉลี่ย 5.6±0.13 (%RSD=2.57) Total Acid Content เฉลี่ย 2.44±1.48% (%RSD=60.74) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.9±0.43% (%RSD=8.72) Color (L) เฉลี่ย 17.4±17.06% (%RSD=92.72) Color (a) เฉลี่ย 6.27±1.59% (%RSD=25.36) Color (b) เฉลี่ย 4.48±1.02% (%RSD=22.72) Moisture content เฉลี่ย 1.76±0.72% (%RSD=41.46) Sugar Content เฉลี่ย 4.22±2.22% (%RSD=52.69) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.45±0.81% (%RSD=5.59) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.81±2.74^{0}Brix (%RSD=47.26) Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02±0.01% (%RSD=37.11) Oil content เฉลี่ย 13.65±1.51% (%RSD=11.07) Ash content เฉลี่ย 4.54±0.36% (%RSD=7.88)

5. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางเคมี พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีปริมาณ Furans เฉลี่ย 225.65±50.28 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.28) Pyridine เฉลี่ย 690.5±107.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.54) Caffeine เฉลี่ย 17,878±2,696.87 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.08) Quinic Acid เฉลี่ย 6,850.75±1,551.27 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.64) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 118.25±13.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.3)

กรมวิชาการเกษตร

Trigonelline เฉลี่ย 4,476±1,891.3 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=42.25) Pyrene เฉลี่ย 4.14±0.63 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=15.1) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.72±0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=25.44) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23±0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=35.61) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.1±0.42 ppb unit (%RSD=19.92) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัม/ลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัม/ลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52 สำหรับพันธุ์คาติมอร์มีปริมาณ Furans เฉลี่ย 205.31±31.21 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.2) Pyridine เฉลี่ย 581.09±145 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=24.95) Caffeine เฉลี่ย 16,257.7±1,813.9 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=11.16) Quinic Acid เฉลี่ย 5,825.55±1,308.54 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.46) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.27±19.36 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.83) Trigonelline เฉลี่ย 5,751.46±2,068.3 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=35.96) Pyrene เฉลี่ย 3.53±0.61 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=17.16) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.62±0.12 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=19.74) Fluoranthene เฉลี่ย 0.21±0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=36.92) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.17±0.51 ppb unit (%RSD=23.33) Cafestol เฉลี่ย 0.56±0.07 มิลลิกรัม/ลิตร(%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09±0.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51±0.01 (%RSD=2.77)

6. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 51±8.12%(%RSD=15.93) Blackcurrant เฉลี่ย 23±7.28%(%RSD=31.65) Butter เฉลี่ย 23.6±3.36%(%RSD=14.24) Caramel เฉลี่ย 24.2±1.92%(%RSD=7.95) Roasted peanuts เฉลี่ย 26.4±3.36%(%RSD=12.73) และ Roasted coffee เฉลี่ย 32.8±6.26%(%RSD=19.09) สำหรับพันธุ์คาติมอร์ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 43.88±11.16%(%RSD=25.42) Blackcurrant เฉลี่ย 24.19±6.64%(%RSD=27.43) Butter เฉลี่ย 26.31±6.17%(%RSD=23.46) Caramel เฉลี่ย 24.56±3.2%(%RSD=13.04) Roasted peanuts เฉลี่ย 27.94±3.34%(%RSD=11.94) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30.88±3.5%(%RSD=11.34)

7. องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสแบบ Simple Sensorial Analysis จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน พบว่า พันธุ์คาติมอร์เชียงใหม่ 80 มีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09±0.15 คะแนน (%RSD=4.9) สำหรับพันธุ์คาติมอร์ มีคะแนนเฉลี่ยรวม 3.09±0.14 คะแนน(%RSD=4.43)

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา

การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา เป็นการรวบรวมทุกลักษณะประกอบด้วย แหล่งกำเนิด ประวัติของพันธุ์ การปฏิบัติของเกษตรกร รวมถึง ลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ เพื่อทราบลักษณะเฉพาะของกาแฟแต่ละพื้นที่และการกำหนดคุณภาพ รสชาติกาแฟเป็นเอกลักษณ์เฉพาะพื้นที่ อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยใช้ตัวอย่างกาแฟในพื้นที่จังหวัดชุมพร และระนอง เป็นตัวแทนของกาแฟโรบัสตา โดยลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางถึงสูง ขนาดเมล็ดกาแฟจากการสีสดและตากแห้ง ไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด พันธุ์ 84-4 เมล็ดกาแฟของจังหวัดชุมพรมีน้ำหนักตามเกณฑ์มาตรฐาน (15 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ส่วนเมล็ดกาแฟจากจังหวัดระนองมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเกินมาตรฐาน ยกเว้นพันธุ์ 84-4 ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสม ชุมพร 2, ชุมพร 84-5 จังหวัดชุมพร มีเมล็ดขนาดเล็ก ค้างอยู่บน

กรมวิชาการเกษตร

ตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 14 มากที่สุดเฉลี่ย 42.75 และ 50.11 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ 84-5 มีขนาดเมล็ดเบอร์ 16 23 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดระนอง ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเมล็ดเบอร์ 14 ส่วนพันธุ์พื้นเมือง ขนาดเมล็ดเบอร์ 17 มากที่สุด 23 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาและสภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ การจัดทำเอกลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่นหรือพื้นที่ ควรมีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี การชิมรสชาติ ให้ครอบคลุมมากกว่านี้เพื่อประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลเพื่อเป็นเครื่องบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 6

วิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on qualitative coffee production

ผู้วิจัย

โกเมศ สัตยาวุธ อารีรัตน์ การุณสถิตย์ชัย สุกัญญา นิติยนต์ สุภาภรณ์ เหลืองไพบูลย์ศรี ศจีรัตน์ กางกั้น
ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ ปานหทัย นพชินวงศ์ วิมลแก้วสีดา บุญพา ชูผอม สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ

คำสำคัญ

กาแฟคุณภาพ กระบวนการการผลิต ดัชนีการสุกแก่ ชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ
quality coffee, production process, maturity index, quality of coffee beans

บทคัดย่อ

การผลิตกาแฟคุณภาพ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบและรับรองการผลิตตั้งแต่แปลงทดสอบถึงแหล่งผลิต เพื่อสร้างความเชื่อถือให้แก่ผู้รับซื้อรวมทั้งผู้บริโภค อย่างไรก็ตามระบบการเก็บเกี่ยวกาแฟในปัจจุบันไม่มีเกณฑ์และข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สนับสนุนให้เกษตรกรตัดสินใจเก็บเกี่ยว รวมทั้งเมล็ดกาแฟที่ทำการซื้อขายนั้นไม่มีการจัดทำข้อมูลระดับประเทศเพื่อปรับปรุงมาตรฐานเมล็ดกาแฟและการรับรองพืสูจน์อัตลักษณ์เมล็ดกาแฟยังเป็นที่ถกเถียงก่อให้เกิดปัญหาถึงการผลิตกาแฟให้ได้คุณภาพในแหล่งที่มา ยิ่งไปกว่านั้นยังมีการลักลอบการนำเข้าเมล็ดกาแฟเพื่อทำลายตลาดกาแฟในประเทศ โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพมุ่งแก้ปัญหาการจัดการระบบการผลิตทั้งสามประเด็นดังกล่าวโดยความร่วมมือจากภาคราชการ ภาคการศึกษาและภาคเอกชนเพื่อรวบรวมข้อมูลปรับปรุง (1.) ระบบการตรวจสอบและพัฒนากาแฟคุณภาพ ตั้งแต่การพัฒนาข้อมูลสนับสนุนการเก็บเกี่ยวกาแฟ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ อะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 โดยใช้เกณฑ์ความหวาน ($^{\circ}$Brix) และโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2 ใช้การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาตรผลเชอรี่ที่มีผล รวมทั้งปริมาณสารประกอบกรดเมทิลบิวทาโนอิกและคาเฟอีน (2.)ระบบการตรวจจำแนกกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาและจำแนกอัตลักษณ์แหล่งผลิตด้วยสารกลุ่มไดเทพีนสองชนิดได้แก่ คาเฟสโทล และ คาเวออล ที่สามารถใช้อัตราส่วน C/K เป็นตัวกำกับอัตลักษณ์ซึ่งจากผลการทดสอบจะคงที่ตั้งแต่ 90 วันหลังดอกบานถึงกระบวนการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ (3.) ระบบการจัดชั้นสารกาแฟโดยอ้างอิงจากมาตรฐานกาแฟกาแฟโลกจัดจำแนกข้อบกพร่องของประเทศไทยโดยพบว่า ข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุด คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ซึ่งพบเกินเกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และเมล็ดกาแฟโรบัสตา ได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด ทั้งนี้ระบบการยกระดับการผลิตผลกาแฟที่เป็นผลผลิตของโครงการวิจัย ผลักดันกาแฟไทยไทยสู่คุณภาพระดับสากล จะช่วยให้เกษตรกรวางแผนการผลิต คาดคะเนผลการผลิต ป้องกันการกีดกันทางการค้า การลักลอบรวมทั้งผลักดันให้เกิดการซื้อขายอย่างเป็นธรรมตามมาตรฐานที่หน่วยงานรัฐได้กำหนดไว้ ตอบรับการเติบโตของตลาดกาแฟในประเทศและภูมิภาคเพื่อการยอมรับและทำรายได้ให้ประเทศต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Qualitative coffee production requires necessary transparence inspection and certification system from farm to cup in order to persuade among buyers as well as consumers. However, the current coffee production system is absence of scientific criteria to support farmers' decision to harvest. Indeed, national coffee market has not been provided to improve coffee bean standards and the coffee bean identity certification is controversial, posing a problem with the quality of the coffee produced in its source. In addition, coffee beans are being smuggled to destroy the local coffee market. The Qualitative Coffee Research and Development Project focuses on solving all three issues of production system management through cooperation from the government sector, academic sector and the private sector to solve the problem which results are (1.) Harvest decision making system for quality coffee production of two regional coffee varieties, Arabica Coffee *var* Chiang Mai 80 using the sweetness criteria (oBrix) and Robusta *var* Chumpon 2 using the bark color and the volume of fruit cherries including the content of methyl butanoic acid and caffeine compounds. (2.) Authentication system for Arabica and Robusta coffee using chemometric method of diterpenes compounds: cafestol and kahweol, with their C/K ratio with constantly stable from 90 days after flowering to the coffee bean storage process (3.) Green coffee bean classification system based on the specialty coffee association (SCA) applied to local deficiencies of Thailand which found the most common defect is insects' seed followed by the fungus seed exceeding from current Thai ACFS standard. Futhermore, research results lead to establish local coffee bean classification on the aim to ameriolate the level of coffee production to international standard. Using all these effective tools, farmers could plan their production process; predict their production yield, prevent non fair-trade barriers and smuggling, including promoting fair trading in accordance with the government standards responding to the growth of Thai coffee market and regional for further recognition and upcoming profit for the country.

บทนำ

กาแฟ เป็นเครื่องดื่มที่ได้รับความนิยมอย่างสูงของผู้บริโภคทั่วโลกและถูกจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมและการส่งออกของประเทศไทย สายพันธุ์ที่มีการนิยมปลูกในประเทศไทยคือ พันธุ์อะราบิกาที่ปลูกในภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และพันธุ์โรบัสตาที่ปลูกในภาคใต้ ซึ่งความแตกต่างของทั้งสองสายพันธุ์ คือ กลิ่น รส โดยพันธุ์อะราบิกามีกลิ่นหอมและรสชาติที่ดีกว่าพันธุ์โรบัสตาทำให้ได้รับความนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นกาแฟคั่วบดมีคุณภาพและราคาสูงในท้องตลาด ปัจจุบันการพัฒนาคุณภาพกาแฟให้ได้มาตรฐานจะช่วยสร้างมูลค่าเพิ่มและความน่าเชื่อถือให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งผลผลิตกาแฟส่วนใหญ่จะส่งออกไป สหรัฐอเมริกา โปแลนด์ เบลเยี่ยม เยอรมนี และสวิสเซอร์แลนด์ แต่กาแฟจากประเทศไทยมีคุณภาพดีแต่ยังขาดมาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งระดับคุณภาพ การพัฒนาคุณภาพกาแฟให้ได้มาตรฐานจะพัฒนาคุณภาพให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นการสร้าง

กรมวิชาการเกษตร

มูลค่าเพิ่มและความน่าเชื่อถือให้แก่ผู้บริโภค ทั้งนี้การพัฒนาดังกล่าวยังสอดคล้องกับยุทธศาสตร์กาแฟของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ปี 2552-2556 และ ปี 2557-2560 ในการเข้าสู่สมาคมเศรษฐกิจอาเซียน

ประเทศไทยมีศักยภาพด้านการแปรรูปและมีศักยภาพในการผลิตและส่งออกที่มุ่งเน้นการบริหารจัดการแบบครบวงจร (Supply Chain) บนพื้นฐานของศักยภาพและอัตลักษณ์ของกาแฟไทย ซึ่งควรมีการพัฒนาตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ สู่ปลายน้ำโดยการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนการผลิต การพัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟสู่มาตรฐานสากล การผลิตกาแฟเฉพาะถิ่นและการเป็นศูนย์กลางอุตสาหกรรมแปรรูปกาแฟ เพื่อให้สามารถเป็นผู้นำสินค้ากาแฟในอาเซียนต่อไป (กรมวิชาการเกษตร, 2559)

กรมวิชาการเกษตร มีบทบาทสำคัญด้านงานวิจัยเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิต คุณภาพ และลดต้นทุนการผลิต มีเป้าหมายในการวิจัยพันธุ์กาแฟอะราบิกาที่ต้านทานโรคราสนิม มีความเหมาะสมแต่ละพื้นที่รสชาติดี มีความหลายหลายของพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยวพร้อมเพรียงกัน ส่วนกาแฟโรบัสตา เน้นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง มีจำนวนครั้งในการเก็บเกี่ยวน้อย ผลสุกพร้อมกันทั้งต้น พันธุ์กาแฟแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ที่เป็นกาแฟอะราบิกา คือ เชียงใหม่ 80 และที่เป็นกาแฟโรบัสตา คือ ชุมพร 2 อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาด้านอื่นนอกจากพันธุ์ พบว่า การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวในกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากการสุกแก่ของเมล็ดกาแฟต่างกัน ทำให้สิ้นเปลืองแรงงานในการเก็บเกี่ยว เพื่อลดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเก็บเกี่ยวเกษตรกรจึงเก็บเกี่ยวพร้อมกันทั้งผลแก่อ่อน หลายระยะปนกันอยู่ในผลผลิตรุ่นเดียวกัน จึงทำให้กาแฟที่ได้มีกลิ่นและรสชาติไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเมื่อนำเมล็ดกาแฟนั้นไปคั่วบด (กรมวิชาการเกษตร, 2559) รวมทั้งมีการสะสมของสารอาหารในปริมาณน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟที่สุกแก่เต็มที่ คุณภาพกาแฟที่นิยมสำหรับผู้บริโภค คือ กลิ่นรสในกาแฟ ซึ่งเกิดจากสารสำคัญ คือฟูราน, ไพราซีน คีโตน แอลกอฮอล์ อัลดีไฮด์ แอสเทอร์ ไพโรล ไทโอเพน สารประกอบซัลเฟอร์ สารประกอบเบนซินิก ฟีนอล ไพริดีน ไทอาโซล อ๊อกซาโซล แลคโตน อัลคาล อัลคีน และกรด (Mondello,2004) ซึ่งหากวิเคราะห์ไปถึงปริมาณสารสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่นรสดังกล่าวนั้น จะพบว่ามีสัดส่วนที่น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟที่ได้จากการคั่วบดเมล็ดที่เก็บเกี่ยวอย่างถูกวิธีและในเวลาที่เหมาะสมสารสำคัญเหล่านั้นสามารถตรวจวัดปริมาณได้โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี เช่น แก๊สโครมาโตรกราฟฟี มีหน่วยการวัดในระดับ part per million (ppm) หรือ part per thousand (ppt) อย่างไรก็ตามปริมาณสารเหล่านี้ที่วิเคราะห์ได้เป็นเพียงข้อมูลเชิงปริมาณ ไม่สามารถบ่งชี้เชิงคุณภาพได้อย่างแน่นอนเพราะคุณลักษณะด้านกลิ่นรสของอาหารและเครื่องดื่มมีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันออกไปตามองค์ประกอบทางเคมีของสารแต่ละชนิดที่เป็นส่วนผสมอยู่ และแม้ว่าเป็นอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดเดียวกัน กลิ่นรสของอาหารหรือเครื่องดื่มที่ได้รับก็ไม่เหมือนกัน เนื่องจากมีปัจจัยอื่นร่วมหลายประการ เช่น แหล่งและปัจจัยการผลิตของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต อายุของผลิตภัณฑ์ สภาวะแวดล้อมในการเก็บรักษา นอกจากนี้ยังรวมถึงระดับการรับรู้ทางประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งในการควบคุมคุณภาพของเมล็ดกาแฟ บริษัทผู้ผลิตส่วนใหญ่มักใช้วิธีทดสอบคุณภาพด้านประสาทสัมผัสโดยผู้เชี่ยวชาญในห้องปฏิบัติการ (cupping test) เป็นหลัก ซึ่งจะต้องอาศัยความเชี่ยวชาญเฉพาะบุคคล และจำเป็นต้องมีการฝึกฝนพนักงานให้มีทักษะและความเชี่ยวชาญก่อนจะสามารถปฏิบัติงานได้ โดยสามารถตั้งสมมติฐานได้ว่าความหวานและปริมาณสารสำคัญมีความสัมพันธ์กับการสุกแก่ จึงเป็นประด็นที่ควรศึกษาความสัมพันธ์ดังกล่าวเพื่อให้การเก็บเกี่ยวสามารถทำได้ในระยะเวลาเดียวกัน หรือใกล้เคียงกัน ซึ่งจะทำให้ลดปัญหาการใช้แรงงาน และทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพสม่ำเสมอใกล้เคียงกัน

อัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นยังเป็นประเด็นสำคัญในการเพิ่มมูลค่าผลผลิต โดยผลการศึกษาเบื้องต้นของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในระหว่างการคั่วนั้นพบการเปลี่ยนแปลงของสารดังกล่าวในกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา โดยพบการสลายตัวของสารทั้งสองกว่าร้อยละ 60 อย่างไรก็ตามการสลายตัวดังกล่าวจะมีอัตราการลดลงในปริมาณที่เท่ากันโดยอัตราส่วนของปริมาณที่เหลือจากการคั่วอ่อนแบบ (Light Roast) มีอัตราส่วนที่ 1.3 และคงค่าเดิมแม้ระดับการคั่วจะเพิ่มขึ้นที่คั่วเข้ม (Full City Roast) หรือแม้แต่การทดสอบการเปลี่ยนแปลงกระบวนการชงกาแฟหลายรูปแบบพบว่าอัตราส่วนของสาร Diterpene ทั้งสองนั้นยังมีอัตราส่วนที่เท่ากันโดยขึ้นอยู่กับชนิดของกาแฟที่มาจากหลายแหล่งผลิต ดังนั้นการศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol เพื่อรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้กำหนดคุณภาพกาแฟเฉพาะถิ่น จึงเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อระบุปริมาณในแต่ละแหล่งเพาะปลูกและทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารและอัตราส่วนระหว่างสารสำคัญทั้งสองตัวนี้ (โกเมศ, 2558)

ลักษณะภายนอกของกาแฟ ก็ใช้เพื่อคัดเกรดคุณภาพเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นปัญหาสำคัญของการซื้อขายเมล็ดกาแฟดิบในประเทศไทย ยังสืบเนื่องมาจากการจัดเกรดเมล็ดกาแฟที่ไม่ถูกต้องมีการนำหลักเกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ส่งผลต่อรสชาติกาแฟสดเมล็ดกาแฟเกรด A จะเป็นเมล็ดกาแฟที่ใหญ่ ทรงสวย สมบูรณ์ ไม่มีเมล็ดแตกหัก แมลงกัดแทะ เมล็ดหูช้าง หรือมีเศษเมล็ดปะปนอยู่ซึ่งจะมีราคาสูงที่ประมาณ 300 – 500 บาทต่อกิโลกรัม ส่วนเมล็ดกาแฟเกรดรองลงมาคือเกรด A รวม และเกรด Y จะมีราคาถูกกว่าขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของเมล็ดกาแฟ นอกจากนี้ยังมีเมล็ดกาแฟอีกลักษณะที่เรียกว่า พีเบอร์รี่ ราคาประมาณ 500 – 600 บาทต่อกิโลกรัม เป็นกาแฟเมล็ดกลม ที่มีความเชื่อกันว่าเป็นเมล็ดกาแฟที่พิการ ไม่แยกออกเป็น 2 ซีก ทำให้สารอาหารอยู่ครบถ้วน ต้องคัดด้วยมืออย่างเดียว จึงมีราคาแพง แต่อย่างไรก็ตามผู้บริโภคที่เลือกกาแฟเกรดพรีเมียม ไม่ได้มองเมล็ดกาแฟในเครื่องบด แต่สนใจกลิ่นและรสชาติของกาแฟเป็นสำคัญ โดยพีเบอรรี่ที่มีราคาสูง เนื่องจากมีปริมาณน้อย และได้กาแฟสดที่มี body มากกว่า และรสชาติหวานกว่ากาแฟเกรด A ดังนั้นข้อบกพร่อง (defect) ของเมล็ดกาแฟที่มีส่วนสำคัญต่อกลิ่นและรสชาติของกาแฟ จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกและจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ มาตรฐานที่ใช้โดยทั่วไปใช้หลักเกณฑ์ คือ พิจารณาปริมาณข้อบกพร่อง (defect) 6 ข้อบกพร่องหลัก ได้แก่ เมล็ดดำ (Full Black), เมล็ดเปรี้ยวมีกลิ่น(Full Sour), เปลือกหุ้มเมล็ดปนเปื้อน (Cherry/Pod), เมล็ดเชื้อรา (Fungus), สิ่งแปลกปลอมในกาแฟ(Foreign Matter)และ เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe Insect) มาใช้เป็นเกณฑ์ในการจำแนกและจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ถ้าประเทศไทยสามารถสร้างมาตรฐานให้เป็นที่ทั่วโลกยอมรับ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งออกเมล็ดกาแฟ และใช้เป็นหลักในการพัฒนากาแฟ ที่จะแนะนำให้เกษตรกรเข้าใจและนำไปพัฒนาการผลิตให้ได้มาตรฐานที่กำหนดแม้ว่าจะมีมาตรฐานการคัดเกรดที่ยอมรับในระดับสากล ซึ่งใช้การประเมิน defect เป็นหลัก และมีความเข้มงวดสูง แต่ประเทศผู้ผลิตกาแฟส่วนใหญ่ก็ยังคงกำหนดมาตรฐานของตนเองเพื่อให้สอดคล้องกับคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่เกษตรกรผลิตได้ เช่น อินโดนีเซียที่มีการคัดเกรดคุณภาพเมล็ดกาแฟเป็น 10 เกรดตาม defect ท้องถิ่น บราซิลที่มีการส่งเสริมการคัดเกรดตามกระบวนการผลิตในพื้นที่เฉพาะ และเคนยาที่ประเมินคุณภาพเฉพาะเมล็ดที่ดีจากกระบวนการผลิตแบบกึ่งเปียกเท่านั้น ดังนั้นเพื่อให้เกษตรกรของไทยมีแนวทางในการพัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟ จึงควรศึกษาเพื่อหาเกณฑ์การประเมินคุณภาพที่เหมาะสม

นอกจากนั้น งานวิจัยนี้ มีเป้าหมายเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของระยะการสุกต่างๆ ของผลเชอรี่ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหวานและปริมาณสาร indole ในกาแฟพันธุ์เชียงใหม่ 80 และชุมพร 2 เพื่อจัดทำดัชนีการเก็บเกี่ยวเมล็ดกาแฟที่มีผลต่อคุณภาพและรักษารสชาติของกาแฟให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เก็บข้อมูลอัตลักษณ์

กรมวิชาการเกษตร

กาแฟไทยพื้นฐานในแต่ละท้องถิ่นโดยการศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol เพื่อจัดทำฐานข้อมูลในการสร้างมาตรฐานในการผลิตกาแฟที่เหมาะสมของประเทศไทย นอกจากนี้ยังมุ่งเน้นพัฒนาคุณภาพเมล็ดกาแฟโดยเปรียบเทียบกับมาตรฐานของเมล็ดกาแฟต่างประเทศ กำหนดลักษณะข้อบกพร่องเฉพาะถิ่น ข้อกำหนดที่จะทำให้คุณภาพเมล็ดกาแฟได้คุณภาพ และคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้ผลิตในประเทศหรือในภูมิภาคทำให้ผู้ประกอบการประสบปัญหาให้ปฏิบัติตามมาตรฐานและสามารถควบคุมคุณภาพได้เพื่อมุ่งหวังให้กาแฟยกระดับให้กาแฟมีราคาที่สูงขึ้น เมล็ดที่ตกเกรดมีปริมาณน้อย หรือหากคุณภาพของเมล็ดที่ตกเกรดแต่มีกลิ่นและรสชาติของกาแฟในพันธุ์นั้นๆ ไม่แตกต่างกับเมล็ดกาแฟดี ก็จะสามารถปรับเกรดคุณภาพกาแฟไทยใหม่ เพื่อสามารถลดปริมาณกาแฟตกเกรด ยกระดับคุณภาพ และสามารถใช้ข้อมูลเพื่อยืนยันข้อมูลการรับรองคุณภาพเมล็ดกาแฟไทยให้มีคุณภาพทัดเทียมกับประเทศคู่แข่งในภูมิภาคเดียวกันหรือของโลกได้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสุกแก่ของผลเชอรี่ที่มีผลต่อความหวานและปริมาณสารIndole ในกาแฟพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นสายพันธุ์อะราบิกา และชุมพร 2 เป็นพันธุ์โรบัสตาที่ปลูกในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญกลุ่ม Cafestol และ Kahweol ตั้งแต่ระยะการเก็บเกี่ยวตลอดกระบวนการแปรรูปและระบุอัตราส่วนเฉพาะเพื่อส่งเสริมการผลิตกาแฟคุณภาพเฉพาะถิ่นได้
3. เพื่อศึกษาผลของข้อบกพร่อง (defect) ในกาแฟที่มีผลต่อคุณภาพด้านกลิ่นและรสชาติของกาแฟ และสามารถจัดทำมาตรฐานการคัดเกรดคุณภาพเมล็ดกาแฟต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน (°Brix) ปริมาณทริปโตเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอรี่ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2

ตอนที่ 1 ศึกษาดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวานและสารสำคัญของผลเชอรี่ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่กาแฟ

คัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ติดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วเก็บตัวอย่างผลกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 จากแหล่งปลูกในเขตภาคเหนือ จำนวน 4 แห่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 400 ผล

แหล่งที่ 1 และ 2 พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 92 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 176 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 232 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 273 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 3 พื้นที่ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ

กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 94 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 180 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 235 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 278 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

แหล่งที่ 4 พื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ
กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 98 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีชมพู (อายุผลเชอรี่ 182 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดง (อายุผลเชอรี่ 238 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 280 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4

โดยทำการบันทึกคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

1.1 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ด้วยเครื่อง pocket refractometer (pocket PAL-1) อ่านค่าที่ได้เป็นเปอร์เซ็นต์

1.2 สีเปลือกของผลเชอรี่ ด้วยเครื่องวัดสี choma meter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็น ค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ดังนี้

ค่า L	เป็น 0	คือ สีดำ	เป็น 100	คือ สีขาว
ค่า a	เป็น ลบ	คือ สีเขียว	เป็น บวก	คือ สีแดง
ค่า b	เป็น ลบ	คือ สีน้ำเงิน	เป็น บวก	คือ สีเหลือง

1.3 สังเกตุอาการผิดปกติและข้อบกพร่องของผลเชอรี่สด เช่น แมลงเจาะ ผลเน่าเสียและอื่นๆ

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

นำผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แยกเปลือก เนื้อและเมล็ดออกจากกันด้วยเครื่องสีผลเชอรี่ นำเมล็ดกาแฟแช่น้ำ เป็นเวลานาน 24-48 ชั่วโมงเพื่อหมักเมือก และล้างด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปตากแดดบนลานปูนซีเมนต์ปูด้วยผ้าใบหรือสแลน ประมาณ 10-15 วัน หรือตากจนกว่าจะมีเมล็ดกาแฟมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 เมล็ดกาแฟที่มีเปลือกหุ้มเมล็ดหรือกาแฟกะลาไปบรรจุในถุงตาข่าย วางบนแผ่นไม้ที่อยู่ในโรงเก็บรักษาที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลานาน 6-9 เดือน จากนั้นนำกาแฟกะลาที่ได้มาสีเปลือกหุ้มเมล็ดออกจนได้สารกาแฟเพื่อนำมาทดสอบสมบัติทางเคมีในสารกาแฟต่อไป

2.1 การเตรียมตัวอย่าง นำตัวอย่างสารกาแฟที่บดละเอียด หนัก 5 กรัม แช่ในสารละลายเมทานอลต่ออะซิโตนไนไตร์ต่อน้ำ อัตราส่วน 2 ต่อ 2 ต่อ 1 ปริมาตร 10 มล. เขย่าสารสกัดด้วยความเร็วรอบ 85 rpm ด้วยเครื่องเขย่าสารละลาย นาน 8 ชั่วโมงเพื่อสกัดสารสำคัญออกจากสารกาแฟ จากนั้นทำการแยกสารสกัดที่ได้และตัวทำละลายออกจากกันด้วย vacuum rotary evaporator ที่ระดับความดัน 50-200 mbar ที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส จนได้สารสกัดกาแฟเข้มข้นพร้อมตรวจวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

2.2 นำสารสกัดกาแฟเข้มข้น ปริมาตร 10 ไมโครลิตร กรองด้วย pre-filtered ขนาด 0.2 ไมครอนเพื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-MS

การวิเคราะห์นี้ ใช้ UV chromatograms ในการตรวจ หลักการทำงานคือ สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดกลืนแสง UV ที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน การทดลองนี้ใช้ L-Tryptophan, Caffeine และ Chlorogenic acid เป็นสารมาตรฐานเปรียบเทียบ คอลัมภ์ที่ใช้คือ Waters XSelect-CSH ขนาด 100 mmx 4.6 mm. ความจุ 3 ไมโครลิตร Gradient time คือ 12 นาที สารละลาย A คือ น้ำที่มีกรดฟอร์มิค 0.1 เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

สารละลาย B คือ เมทานอลและอะซิโตนไนไตร์ อัตรา 1 ต่อ 1 MS ที่ใช้คือ ESI+ อัตราการไหล คือ 1 มล.ต่อนาที วิธีวิเคราะห์ คือ ฉีดตัวอย่างสารสกัดที่ผ่านการกรอง 0.2 ไมครอน ที่ปริมาตร 10 ไมโครลิตร โดยใช้สารมาตรฐานความเข้มข้น 1 มก.ต่อ มล. ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ทั้งแบบสารมาตรฐานผสมและแบบสารมาตรฐานแต่ละชนิด ฉีดซ้ำจำนวน 3 ครั้ง โดย Retention time (RT) และความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสง UV มากที่สุด ($W_{mix\ uv}$) ของสารมาตรฐาน คือ

L-Tryptophan	มี RT ที่ 5.04 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 278 nm
Caffeine	มี RT ที่ 5.85 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 272 nm
Chlorogenic acid	มี RT ที่ 6.38 นาที	$W_{mix\ uv}$ ที่ 325 nm

3. การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

3.1 การเตรียมตัวอย่างกาแฟ นำสารกาแฟตามกรรมวิธีที่กำหนดจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี มาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh ชั่งน้ำหนัก ปริมาณ 10 กรัมต่อแก้ว เติมน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 92.2 - 94.4 องศาเซลเซียส ปริมาตร 180-200 มล. เป็นเวลานาน 3 นาที ประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 4-5 มล. ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสามสัมผัส

3.2 ผู้ทดสอบ จะใช้ผู้ชิมที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนจนชำนาญในการจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) เพื่อคัดแยกข้อบกพร่อง การทดสอบกลิ่นรสในกาแฟทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Green cupping test ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) ทดสอบกลิ่นในตัวอย่างกาแฟ โดยวิธีการทดสอบหาคู่ (Matching test) กับชุดกลิ่นช่วย ประเมินคุณภาพกาแฟ (Coffee nose) และทดสอบกลิ่นที่เป็นปัญหาในเมล็ดกาแฟ หรือ Defect Cupping จำนวน ทั้งหมด 7 กลิ่น ได้แก่ Mold, Fruit decomposition (Over fermentation, Over ripe, Rotten), Aged (Faded), Over roast, Under roast, Under ripe และ Tainted โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณ (Descriptive test) จำนวนอย่างน้อย 10 คน ดม และชิมกาแฟ

3.3 ผู้ทดสอบทำการประเมินและจำแนกโดยเปรียบเทียบกับกลิ่น แล้วให้คะแนนคุณภาพกาแฟที่ชิม เป็น 3 ด้านคือ

3.3.1 กลิ่น (Aroma) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นหอมของผงกาแฟบดที่บดไว้ไม่นานเกิน 15 นาที และกลิ่นหอมที่ระเหยออกมาเมื่อเราเทน้ำร้อนลงยังผลกาแฟ ตามอัตราส่วนในข้อ 4.1 เป็นเวลานาน 3 นาที

3.3.2 กลิ่นรส (Flavor) หมายถึง ความรู้สึกถึงกลิ่นรสสัมผัสของกาแฟ เมื่อเราได้ slurp กาแฟเข้าไป ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมินคือ 8-10 นาที นับจากเริ่มเทน้ำร้อน ที่อุณหภูมิห้อง 25 องศาเซลเซียส

3.3.3 ความรู้สึกตกค้าง (After taste) หมายถึง ความยาวนานในความรู้สึกเชิงคุณภาพของกลิ่นรสที่ยังคงอยู่ในลมหายใจ หลังจากที่ผู้ทดสอบกลืนกาแฟเข้าไปแล้วหรือบ้วนออกมา หากความรู้สึกนั้นสั้น หรือไม่ดี คะแนนควรจะอยู่ในเกณฑ์ต่ำ ระยะเวลาที่เหมาะสมที่ควรประเมิน คือ 8-10 นาที

โดยเกณฑ์การประเมินของผู้ทดสอบ แบ่งได้ดังนี้

เกณฑ์การยอมรับด้านกลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) โดยใช้เกณฑ์คะแนน 9 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

1= extremely poor แย่ที่สุด 2= very poor แย่มาก

กรมวิชาการเกษตร

3= poor แย่ 4= below average ต่ำกว่าเกณฑ์
5= fair ปานกลาง 6= good ดี
7= very good ดีมาก 8= excellent ยอดเยี่ยม
9= outstanding โดดเด่น

เกณฑ์การรับรู้ด้านกลิ่น โดยใช้เกณฑ์คะแนน 4 ระดับ ตามที่กำหนดไว้

0 = None ไม่พบ 1 = Low น้อย
2 = Medium ปานกลาง 3 = High มาก

เกณฑ์การรับรู้ด้านกลิ่นรส ใช้เกณฑ์เดียวกับการรับรู้ด้านกลิ่น

ตอนที่ 2 ศึกษาดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวานและสารสำคัญของผลเชอรี่ในกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2

1. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่กาแฟ

คัดเลือกต้นกาแฟ ที่มีอายุใกล้เคียงกัน ติดป้ายช่อดอกกาแฟและนับอายุหลังดอกบานเพื่อกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด แล้วเก็บตัวอย่างผลกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2 จากแหล่งเขตภาคใต้ตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 3 แห่ง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 400 ผล

แหล่งที่ 1 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ
กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 183 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอรี่ 288 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอรี่ 309 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 325 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4
แหล่งที่ 2 พื้นที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล) เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ
กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 185 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอรี่ 292 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอรี่ 311 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 329 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4
แหล่งที่ 3 พื้นที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ เก็บตัวอย่างผลเชอรี่เมื่ออายุ (ภาพที่ 7)
กรรมวิธีที่ 1 ผลเชอรี่สีเขียว (อายุผลเชอรี่ 189 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 1
กรรมวิธีที่ 2 ผลเชอรี่สีเหลืองส้ม (อายุผลเชอรี่ 294 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 2
กรรมวิธีที่ 3 ผลเชอรี่สีแดงส้ม (อายุผลเชอรี่ 315 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 3
กรรมวิธีที่ 4 ผลเชอรี่สีแดงมะเหมี่ยว (อายุผลเชอรี่ 335 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ 4
โดยทำการบันทึกคุณภาพหลังเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ตามกรรมวิธีที่กำหนด ดังนี้

1.1 ปริมาตรของผลเชอรี่ ด้วยการใช้เวอร์เนียคาร์ริบเบอร์ วัดขนาดความกว้าง ความยาวและความหนาของผลเชอรี่ โดยแสดงค่าที่อ่านได้ หน่วยเป็น มม.

กรมวิชาการเกษตร

1.2 สีเปลือกของผลเชอรี่ ด้วยเครื่องวัดสี choma meter โดยแสดงค่าที่อ่านได้ รายงานเป็น ค่า L, a และ b ตามระบบ Hunter's scale ดังนี้

ค่า L	เป็น 0	คือ สีดำ	เป็น 100	คือ สีขาว
ค่า a	เป็น ลบ	คือ สีเขียว	เป็น บวก	คือ สีแดง
ค่า b	เป็น ลบ	คือ สีน้ำเงิน	เป็น บวก	คือ สีเหลือง

1.3 ชั่งน้ำหนักผลเชอรี่ จำนวน 25 ผล หน่วยเป็นกรัม

1.4 สังเกตุอาการผิดปกติและข้อบกพร่องของผลเชอรี่สด เช่น แมลงเจาะ ผลเน่าเสียและอื่นๆ

2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ ใช้การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์เช่นเดียวกับการศึกษาในกาแฟอะราบิกา

3. การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ใช้การเตรียมตัวอย่างและเกณฑ์การให้คะแนนเช่นเดียวกับการศึกษาในกาแฟอะราบิกา

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) : ตุลาคม 2560 ถึง กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ : ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ)

ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย , ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง)

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) , ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี (ทุ่งเพล), ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ

กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

พัฒนากระบวนการวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และสาร Kahweol ตลอดกระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การหมักกาแฟ การตากกาแฟ การเก็บรักษากาแฟ การคั่วกาแฟและกระบวนการชงประเมินคุณภาพกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

1. ทดสอบการสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟโดยวิธี Soxhlet และการวิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID เปรียบเทียบระหว่างการสกัดโดยวิธี GSLS Soxhlet ที่ 4 ชั่วโมง และการสกัดโดยวิธี AOAC soxhlet ที่ 16 ชั่วโมง

2. ทดสอบเปรียบเทียบการฉีดสารสกัดโดยการใช้กระบวนการ Cold on-column inlet (COC) ที่อุณหภูมิห้องและ กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi

3. ทดสอบวิเคราะห์เบื้องต้นปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากตัวอย่างผลิตผลกาแฟเบื้องต้นจากท้องตลาด

กรมวิชาการเกษตร

ขั้นตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างก่อนการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บเกี่ยวเชอร์รี่กาแฟ

1. กำหนดแปลงทดลองที่ปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 ไม่น้อยกว่า 10 แปลงทดลอง และกาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ชุมพร 2 ไม่น้อยกว่า 5 แปลงทดลอง

2. เก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟหลังระยะออกดอกตามเวลาหลังติดดอกเป็นเวลา 7 – 9 เดือน โดยเก็บตัวอย่างปริมาณ 100 กรัมต่อต้น บริเวณกิ่งที่นอนที่สองที่เป็นกิ่งที่สมบูรณ์ที่สุดในของกาแฟและวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

3. ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation)

ขั้นตอนที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างกระบวนการหมักย่อยเมือกกาแฟ

1. ศึกษาปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation)

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากการย่อยเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae BAwine*

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *PROwine 16*

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูลปริมาณ Cafestol และ Kahweol,ปริมาณกรดซิตริก, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids),ความเป็นกรด-ด่าง (pH)และการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 4 การตากและการเก็บรักษากาแฟ

1. แบ่งสารกาแฟในการตากโดยการสุ่มเมล็ดกาแฟมาอย่างน้อยแปลงทดลองละ 300 กรัม และระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ตลอดเวลาการเก็บรักษา 18 เดือนความชื้นไม่เกินร้อยละ 50

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม เมล็ดกาแฟเก็บในกระสอบป่าน

กรรมวิธีที่ 2 เก็บในถุงซิบ One way valve

กรรมวิธีที่ 3 เก็บในกล่องกระดาษหุ้มฟลอย

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูลปริมาณ Cafestol และ Kahweol, ปริมาณกรดซิตริก, ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2561 – กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี(เชียงราย), ศูนย์วิจัยพืชสวนเขาค้อ(เพชรบูรณ์), ศูนย์วิจัยพืชสวนมูเซอ(ตาก) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

ขั้นตอนที่ 1 คัดเลือกและฝึกฝนผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัส

1.1) คัดเลือกผู้ทดสอบที่มีความสามารถในการทดสอบกลิ่นรสในกาแฟ โดยเชิญเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการของกองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช จำนวน 30 คน ทำแบบทดสอบทางประสาทสัมผัส ดังนี้

- การประเมินการแยกรสชาติพื้นฐาน ได้แก่ หวาน เค็ม เปรี้ยว ขม อุมามิ และเผื่อน เป็นต้น
- การประเมินการแยกรสชาติ ได้แก่ ผลเปรี้ยวจากกรดชนิดต่างๆ ได้แก่ กรดซิตริก กรดแลกติก กรดอะซิตริก กรดมาร์ลิก และกรดทาร์ทาริก เป็นต้น รสหวานจากน้ำตาลชนิดต่างๆได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลฟรุกโตส และน้ำตาลซูโครส เป็นต้น และความสามารถในการรับรู้รสขมของสาร Propylthiouracil
- การประเมินการแยกกลิ่น ได้แก่ วงล้อกลิ่นกาแฟ (Coffee Taster's Flavor Wheel) จำนวน 15 กลิ่น ได้แก่ ส้ม สตรอเบอรี่ ถั่วลิสงบด ช็อคโกแลต อบเชย กานพลู มะลิ วนิลา น้ำผึ้ง ไวน์ ฟาง ยาง ใบชา ผลไม้อบแห้ง และน้ำส้มสายชู เป็นต้น

1.2) ฝึกฝนผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือก จำนวน 12 คน ให้มีความเชี่ยวชาญในการทดสอบ ดังนี้

- ฝึกฝนการจำแนกข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟทางกายภาพ โดยวิธี Green grading coffee เพื่อคัดแยกข้อบกพร่อง ได้แก่ เมล็ดดำ (Full black) เมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) เมล็ดเชื้อร (Fungus) เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) และสิ่งแปลกปลอมในเมล็ดกาแฟ (Foreign Matter)
- ฝึกฝนการทดสอบกลิ่นรสในกาแฟทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test ตามมาตรฐานของ Specialty Coffee Association of America (SCAA)
- ทดสอบกลิ่นในตัวอย่างกาแฟ โดยวิธีการทดสอบหาคู่ (Matching test) กับชุดกลิ่นช่วยประเมินคุณภาพกาแฟ (Coffee nose) และทดสอบกลิ่นที่เป็นปัญหาในเมล็ดกาแฟ หรือ Defect Cupping จำนวนทั้งหมด 7 กลิ่น ได้แก่ Mold, Fruit decomposition (Over fermentation, Over ripe, Rotten), Aged (Faded), Over roast, Under roast, Under ripe และ Tainted โดยวิธีการทดสอบเชิงพรรณ (Descriptive test)

ขั้นตอนที่ 2 สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟ (Green coffee bean)

2.1) สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา จำนวนทั้งหมด 90 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก (มูเซอ) ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ) และศูนย์วิจัยและพัฒนาเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) และเกษตรกรในแถบพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ น่าน ตาก เชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน นครราชสีมา และชัยภูมิ

กรมวิชาการเกษตร

2.2) สุ่มเก็บตัวอย่างเมล็ดกาแฟเมล็ดกาแฟโรบัสตา จำนวนทั้งหมด 90 ตัวอย่าง จากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชสวนจังหวัดชุมพร ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรจันทบุรี ศูนย์วิจัยพืชสวนเลย ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสระเกษ และเกษตรกรในแถบพื้นที่จังหวัดราชบุรี จันทบุรี ตราดชุมพร ระนอง สุราษฎร์ธานี เลย นครราชสีมา ศรีสะเกษ และอุบลราชธานี

ขั้นตอนที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee)

การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) และเปรียบเทียบผลตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอะราบิกา (มกษ. 5701-2561) และมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟโรบัสตา (มกษ. 5700-2561) โดยมีวิธีการ ดังนี้

3.1) ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟ จำนวน 350 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียม

3.2) เทเมล็ดกาแฟลงบนกระดาษขาว (A4) เพื่อคัดแยกเมล็ดที่มีข้อบกพร่องหลัก (Full defect) ได้แก่ เมล็ดดำ (Full Black) เมล็ดเปรี้ยว (Full Sour) ผลกาแฟแห้ง (Cherry/Pod) เมล็ดเชื้อรา (Fungus) เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe Insect) และสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) โดยการนับจำนวนเมล็ดที่พบซึ่งข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกเว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน กรณีที่พบข้อบกพร่องมากกว่าหนึ่งข้อในเมล็ดกาแฟให้นับเฉพาะข้อบกพร่องที่มีผลกระทบมากที่สุด โดยข้อบกพร่องทั้งหมดต้องไม่เป็นเศษส่วนหรือทศนิยม หากเป็นให้ทำการปัดเศษลง

3.3) นำข้อบกพร่องที่พบในแต่ละรายการไปชั่งน้ำหนัก เพื่อคำนวณหาสัดส่วนโดยน้ำหนัก (ร้อยละ) เปรียบเทียบกับเกณฑ์ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และเมล็ดกาแฟโรบัสตา

3.4) นำข้อมูลทั้งหมดมาประมวลผล และจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกาแฟโรบัสตาทางกายภาพโดยจัดลำดับชั้นตามหลัก Hierarchical Ascendant Classification (HAC)

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee)

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส เป็นการประเมินกลิ่น รสชาติ และรสชาติตกค้าง โดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) มีวิธีการ ดังนี้

4.1) บดตัวอย่างเมล็ดกาแฟ ให้มีขนาดเล็กกว่า 20 mesh

4.2) ชั่งตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่บดแล้ว จำนวน 10 กรัม ต่อหนึ่งแก้ว

4.3) เติมน้ำร้อน (อุณหภูมิ 92.2 – 94.4 °C) ประมาณ 180 – 200 มิลลิลิตร จับเวลา 3 นาที

4.4) ประเมินตัวอย่างโดยใช้ช้อนสแตนเลส ขนาด 4 – 5 มิลลิลิตร ตักชิม และให้คะแนนในแบบฟอร์มบันทึกผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส

การชิมจะใช้ผู้ทดสอบที่ผ่านการคัดเลือกและฝึกฝนตามเกณฑ์ในขั้นตอนที่ 1 ทดสอบตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่ผสมข้อบกพร่องหลัก จำนวนทั้งหมด 30 ตัวอย่าง ตามกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้

- การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดดำ (Full black) ที่เกิดจากเชื้อราตระกูล *Colletotrichum* spp. ที่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดกาแฟก่อนการเก็บเกี่ยวและทำให้เกิดผลกาแฟเสียหายเน่าคาต้น โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดดำ)

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 20 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 40 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 60 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดดำ 80 เมล็ด

- การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus) ที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟหรือผลกระทบจากเชื้อราที่เกิดจากเมล็ดทำให้เมล็ดกาแฟมีเชื้อราเกิดขึ้น เดิมออกแบบการทดลองผสมเมล็ดกาแฟ5 กรรมวิธี แต่เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยของผู้ชิม จึงปรับเปลี่ยนวิธีการทดลอง โดยดำเนินการเพาะเชื้อและส่งทดสอบสารพิษจากเชื้อรา แทนการทดสอบทางประสาทสัมผัส 5 กรรมวิธี ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา)
กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 20 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 40 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 60 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเชื้อรา 80 เมล็ด

- เมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) ที่เกิดจากการทำลายของแมลงกลุ่ม Coffee Bean Borer (CBB) ทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดกาแฟ และอาจส่งผลกระทบให้เกิดข้อบกพร่องอื่น เช่น เมล็ดเชื้อรา และเมล็ดเปรี้ยวตามมาได้ โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดที่มีแมลงทำลาย)
กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 20 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 40 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 60 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 80 เมล็ด

- เมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ที่เกิดจากกระบวนการหมักเกินกำหนด (Over-fermented bean)ทำให้มีปริมาณกรดอะซิติกมากเกินไปหรือเกิดกระบวนการหมักทั้งเมล็ด (Seed fermentation) ซึ่งหากพบเมล็ดเปรี้ยวเกิน 20 เมล็ด จะไม่ยอมรับสารกาแฟล็อตนั้น โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดที่มีเมล็ดเปรี้ยว)
กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมเมล็ดเมล็ดเปรี้ยว 20 เมล็ด

- ผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือกึ่งแห้งทำให้ไม่สามารถคัดแยกเปลือกผลเชอร์รี่ออกได้ทั้งหมด โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีผลกาแฟแห้ง)
กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 20 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 3 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 40 เมล็ด
กรรมวิธีที่ 4 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 60 เมล็ด

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 5 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมผลกาแฟแห้ง 80 เมล็ด

6) สิ่งแปลกปลอม (Foreign matter) ที่เกิดจากกระบวนการเก็บผลผลิตกาแฟ การตากเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยตากบนพื้นที่ไม่มีภาชนะรองรับและไม่ได้รับการคัดเกรดเมล็ด ซึ่งหากพบสิ่งแปลกปลอมเกินร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก จะไม่ยอมรับสารกาแฟล็อตนั้น นั้น โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ดังนี้

กรรมวิธีที่ 1 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีสิ่งแปลกปลอม)

กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้วผสมสิ่งแปลกปลอม ร้อยละ 0.5

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2561 สิ้นสุด กันยายน 2563

ห้องปฏิบัติการทางกายภาพและประสาทสัมผัส กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้า

กองพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าพืช

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ดัชนีการสุกแก่ต่อปริมาณความหวาน (°Brix) ปริมาณทริปโตเฟน และสาร Methylbutanoic Acid ของผลเชอรี่ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 และกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟหรือผลเชอรี่อะราบิกาและโรบัสตา คือ การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของผลกาแฟเป็นปัจจัยภายในที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ได้แก่ การเปลี่ยนสีเปลือกเมื่อผลกาแฟมีอายุเพิ่มมากขึ้น การพักตัวและการขยายขนาดของผลกาแฟ และการสะสมอาหารและสารสำคัญในผลกาแฟเอง และปัจจัยภายนอกที่มีอิทธิพลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟ คือ ระดับความสูงจากน้ำทะเลของพื้นที่ปลูกกาแฟ ปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิในการเพาะปลูก ความลาดชั้นของพื้นที่เพาะปลูก เป็นต้น นอกจากนี้ การสุกแก่ของผลกาแฟยังส่งผลถือคุณภาพในการแปรรูปกลายเป็นกาแฟเพื่อบริโภค ทั้งการสร้างอัตลักษณ์ที่มีความจำเพาะแต่ละพื้นที่ ความหวานและ flavor ของสารกาแฟที่นำไปคั่วบดเพื่อบริโภคต่อไป

การสุกแก่ของผลกาแฟอะราบิกาและผลกาแฟโรบัสตา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระยะ คือ ผลอ่อน ผลไม่สุก ผลสุก และผลสุกงอม ทั้ง 4 ระยะการสุกแก่ มีการสะสมสารสำคัญที่เนื้อผลกาแฟและเมล็ดกาแฟแตกต่างกันไป ทั้งน้ำตาล สารประกอบฟีนอล กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น

เมื่อผลกาแฟเกิดกระบวนการสุกแก่ มีการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบของผลกาแฟ ดังนี้ ชั้น exocarp หรือผิวผลกาแฟ มีการเปลี่ยนแปลงสีตามกระบวนการสุกแก่ที่เพิ่มขึ้น ในผลกาแฟอะราบิกา เปลือกผลเปลี่ยนจากสีเขียว สีชมพู สีแดงและสีแดงมะเหมี่ยว ส่วนผลกาแฟโรบัสตา เปลือกผลเปลี่ยนจากสีเขียว สีเหลืองส้ม สีแดงส้ม และสีแดงม่าเหมี่ยว ตามลำดับ ขณะเดียวกัน เมื่อเกิดการสุกแก่เพิ่มขึ้น ชั้น mesocarp หรือเนื้อผลกาแฟ แป้งเป็นอาหารสำรองเกิดการสลายตัวกลายเป็นน้ำตาลทั้งน้ำตาลรีดิวซิ่งและซูโครส ทำให้มีการสะสมน้ำตาลเพิ่มขึ้น ส่วน endosperm หรือเมล็ดกาแฟเป็น triploid tissue เกิดการแยกส่วนอย่างชัดเจน ทั้งส่วนภายนอกที่มีความแข็งแรงและส่วนภายในที่มีความอ่อนนุ่ม เมื่อผลเกิดการสุกแก่เต็มที่ ส่วนภายในที่อ่อนนุ่ม มีการสะสมสารอาหารและสารสำคัญจำนวนมากเพื่อให้เอ็มบริโอใช้เป็นอาหารสำรองในการดำรงชีพต่อไป โดยในกาแฟโรบัสตามีกระบวนการสุกแก่และการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาเป็นเวลานานมากกว่ากาแฟอะราบิกา (Castro and Marraccini, 2006)

กรมวิชาการเกษตร

ตอนที่ 1 กาแฟอะราบิกา

การพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของผลกาแฟอะราบิกาที่เพาะปลูกในประเทศไทย จำแนกได้ดังนี้

1.ระยะผลพักตัวและโตช้า (0-84 วัน นับหลังดอกบาน) ระยะนี้ผลจะไม่เปลี่ยนแปลงขนาด ลักษณะผลที่ติดมีสีเขียวเข้มและขนาดเท่าหัวเข็มหมุด

2.ระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว (84-98 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ จะทำให้ผลเชอรี่มีขนาดใหญ่ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน (กรรมวิธีที่ 1 ของการทดสอบกาแฟอะราบิกา)

3.ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก (98-182 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีการสุกแก่ของผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีชมพู (กรรมวิธีที่ 2 ของการทดสอบกาแฟอะราบิกา)

4.ระยะผลสุก (182-270 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากชมพูเป็นสีแดง โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะที่ 3 (กรรมวิธีที่ 3 ของการทดสอบกาแฟอะราบิกา)

หากผลกาแฟมีอายุมากกว่า 270 วันขึ้นไป หลังดอกบาน (กรรมวิธีที่ 4 ของการทดสอบกาแฟอะราบิกา) พบว่า ผลกาแฟเปลี่ยนจากสีแดงกลายเป็นสีแดงม่าเหมี่ยว ถือเป็นระยะสุกแก่มากเกินไป หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะกาแฟ

จากงานวิจัยการสะสมสารสำคัญของกาแฟอะราบิกาที่ผ่านมา พบว่า ในระยะผลอ่อนและผลไม่สุก เมล็ดกาแฟมีการสะสมปริมาณทริปโตเฟนสูง และมีปริมาณลดลงตามการสุกแก่ของผลกาแฟเมื่ออายุของผลกาแฟเพิ่มมากขึ้น (Keiko *et al*., 2014) ส่วนการสะสม Chlorogenic acid เป็นสารกลุ่ม phenolic compounds พบปริมาณมากในระยะเอ็มบริโอเป็นของเหลว ภายหลังมีปริมาณลดลงเมื่อเอ็มบริโอพัฒนาเต็มที่ ส่วนใหญ่พบในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วบด และมีปริมาณลดลงเมื่อถูกความร้อน ในเมล็ดกาแฟอะราบิกามีปริมาณ Chlorogenic acid อยู่ที่ร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักแห้งเมล็ด (Skowron *et al.,* 2015) และการสะสม Caffeine เป็นสารในกลุ่ม methylxanthines เป็นสารหลักกลุ่ม alkaloid พบมากในเมล็ดกาแฟที่ยังไม่ผ่านการคั่วบด ความเข้มข้นหรือปริมาณของ Caffeine ในเมล็ดกาแฟอะราบิกา อยู่ที่ร้อยละ 0.7-1.6 โดยการสังเคราะห์ Caffeine เกิดขึ้นตั้งแต่เอ็มบริโอยังเป็นระยะวัยอ่อนหรือเป็นของเหลวอยู่ และมีการถ่ายเทจากชั้นของเนื้อผลกาแฟสู่เมล็ดกาแฟได้ (Castro and Marraccini, 2006) และ methyl butanoic acid จัดเป็น natural fatty acid อยู่ใน essential oil ของพืช ถือเป็นสาร volatile compounds โดย methyl butanoic acid เกิดจากการสลายตัวของกรดอะมิโน Leucine ที่ถูก deamination เป็น α-keto-isopentanoic acid ถูก decarboxylation เป็น 3-methylbutanol ถูก aldehyde oxidase จนกลายเป็น 3- methyl butanoic acid ในที่สุด ในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วบด พบการสะสมมากมากถึงร้อยละ 32.8 หากเมื่อทำ sensory test พบว่าให้กลิ่นรส sweet และ acid (Toledo et al., 2016)

ส่วนของเนื้อผลกาแฟของผลกาแฟ ในระยะผลอ่อนและผลไม่สุก มีการสะสมอาหารในรูปของคาร์โบไฮเดรตเป็นจำนวนมากเพื่อเป็นอาหารสำรองในการดำรงชีพ ทำให้เกิดการสะสมน้ำตาลรีดิวซิ่งและซูโครสอย่างช้าๆ ในช่วง 0- 176 วันหลังดอกบาน หลังจากนั้นมีปริมาณการสะสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงจนกระทั่งเก็บเกี่ยว (280 วันหลังดอกบาน ขึ้นไป) จึงเป็นสาเหตุให้มีการสะสมปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในปริมาณต่ำและมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามการสุกแก่ของผลกาแฟ (Castro and Marraccini, 2006)

เมื่อศึกษาข้อมูลปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการสุกแก่ของผลกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย กล่าวว่า พื้นที่การเพาะปลูกเหนือระดับน้ำทะเล มีผลต่อการกำหนดอายุการเก็บเกี่ยวผลเชอรี่ โดยพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร เกิดการออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงเมษายน ช่วงที่เก็บเกี่ยวคือเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม โดยมีอายุการเก็บเกี่ยว 5-8 เดือน ส่วนพื้นที่ปลูกเหนือระดับน้ำทะเล 1,100 – 1,500 เมตร เกิดการออกดอกในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม มีช่วงเก็บเกี่ยวผลผลิตตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงมีนาคม อายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณน้ำฝน (ต้องไม่น้อยกว่า 1,500 มม.ต่อปี) และอุณหภูมิ (ระหว่าง 20-30 องศาเซลเซียส) ในแต่ละปี (สถาบันพืชสวน, 2562 และ กองวิจัยและพัฒนาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2563)

การดำเนินงานวิจัย ทดสอบในพื้นที่ในเขตเขาค้อ และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูก ปลูกกาแฟอะราบิกาเหนือระดับน้ำทะเล 300 -1,000 เมตร ส่วนพื้นที่ขุนวางและวาวี เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาเหนือระดับน้ำทะเล 1,300 เมตร และ 1,500 เมตร ตามลำดับ โดยทั้ง 4 แหล่ง มีการเพาะปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์เชียงใหม่ 80 เป็นพันธุ์ลูกผสมที่ผ่านรับรองกรมวิชาการเกษตร ผลสุกแดงที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูง (500-900 กรัมต่อต้น) เมื่ออายุ 7 ปี ให้สารกาแฟมากถึง 215 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพการชิมอยู่ในระดับปานกลาง (สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

1.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลกาแฟ หรือผลเชอรี่

การสุกของผลต้องใช้เวลานานเพิ่มขึ้นตามระดับความสูงจากน้ำทะเลของแหล่งปลูก ทำให้ผลมีการสะสม TSS ได้แตกต่างกันและมีการเปลี่ยนสีของผลช้าเร็วต่างกัน หากพิจารณาข้อมูลTSS และการเปลี่ยนสีของผลตามอายุของผลในแต่ละพื้นที่ปลูก พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลมี TSS เพิ่มขึ้นตามอายุของผล การเปลี่ยนสีของเปลือกผล รายงานเป็นค่า L a และ b พบว่า ค่า L และ b มีค่าลดลงตามอายุของผล ส่วนค่า a ในผลสีเขียวมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า a ในผลสีแดงมีค่ามากที่สุด กาแฟที่เขาค้อและศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย มีเปลี่ยนสีของผลสีเขียวกลายเป็นสีแดงเร็วที่สุด (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดงมีค่า a เป็นบวก และมีค่า อยู่ที่ 20.1153 และ 25.2972 จากสาเหตุที่ผลมีระยะเวลาในการสะสมสารอาหารน้อย ส่งผลให้ปริมาณสารสำคัญที่สะสมปริมาณน้อย คือ เนื้อผลมี TSS เพียง 16.8 และ17 องศาบริกซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับขุนวางและวาวี มีกระบวนการสุกผลเชอรี่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 235 และ 238 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่าอยู่ที่ 21.4035 และ 29.8757 เนื้อผลมีการสะสม TSS ที่ 20 และ 20.5 องศาบริกซ์ ขึ้นไป และหากปล่อยให้ผลกาแฟมีอายุเพิ่มขึ้น (ผลเข้าสู่ระยะที่ 4 หรือผลอายุ 273-280 วันหลังดอกบาน) พบว่า มีการสะสมปริมาณ TSS เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทั้ง 4 แหล่งปลูก ทำให้เนื้อผลกาแฟเป็นแหล่งอาหารสำรองของเมล็ดกาแฟมีปริมาณเพียงพอต่อการสังเคราะห์กรดอินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อ flavor ของกาแฟต่อไป (Boot, 2005) รวมทั้งสอดคล้องกับคู่มือการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมของสถาบันพืชสวน (2562) รายงานว่า ควรเก็บเกี่ยวกาแฟอะราบิกา เมื่อผลกาแฟมีอายุการเก็บเกี่ยว 9 เดือน และเก็บเกี่ยวเฉพาะผลสุก 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป คือผลมีสีแดง โดยเก็บทีละช่อ ดัชนีการเก็บเกี่ยวกาแฟที่เหมาะสมอาจสุ่มด้วยน้ำคั้นจากเนื้อผลมาวัดหาปริมาณ TSS ควรมีค่ามากกว่า 17 องศาบริกซ์

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารสำคัญจากสารกาแฟทั้ง 4 แหล่งปลูกด้วยวิธี HPLC-MS มีการตรวจพบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Chlorogenic acid และ Caffeine แต่ไม่พบทริปโตเฟน Benzo (b) flouranthene เป็นสารกลุ่ม PAHs และ methylbutaonic acid โดยสารกาแฟจากผลสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232-238 วันหลังดอกบาน) มีการสะสม Chlorogenic acid สูง (0.631 -0.646 พีพีทีต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสารกาแฟ) แต่มีปริมาณกรด Caffeine ต่ำ (0.412-0.425 พีพีทีต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสารกาแฟ) โดยสารกาแฟที่ได้จากแหล่งปลูกเขาค้อและศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ปริมาณ Chlorogenic acid และ Caffeine มีแนวโน้มลดลงเมื่ออายุผลเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสารกาแฟจากแหล่งปลูกที่ขุนวางและวาวี ปริมาณ ปริมาณ Chlorogenic acid และ Caffeine ค่อนข้างคงที่เมื่อผลมีการสุกแก่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Castro and Marraccini (2006) ที่พบว่า การสังเคราะห์ caffeine เกิดขึ้นในขณะที่เอ็นโดสเปริมยังอ่อนและเป็นของเหลวอยู่ในผลกาแฟอะราบิกา ส่วนการสังเคราะห์ Chlorogenic acid มีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นขณะเอ็นโดสเปริมเกิดการพัฒนาในผลกาแฟ และมีปริมาณลดลงเมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้ขึ้นกับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยภายนอก ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน การกระจายตัวของน้ำฝนและอุณหภูมิในแต่ละปี ร่วมด้วย

3.การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิมเพื่อประเมินข้อบกพร่องของสารกาแฟจากผลที่มีอายุเพิ่มขึ้น จาก 4 แหล่งปลูก พบว่า สารกาแฟได้รับคะแนนการยอมรับของผู้ชิมด้านกลิ่น กลิ่นรสและความรู้สึกตกค้างต่อกาแฟจากแหล่งทั้ง 4 พบว่า สารกาแฟจากผลสีเขียว ชมพู แดง และม่าเหมี่ยวจากทั้ง 4 แหล่ง ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 5.47 5.67 6.29 และ 6.08 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลางถึงดีมาก จากตารางที่ 3 6 9 และ 12 สารกาแฟจากผลสีแดงของวาวี (ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 238 วันหลังดอกบาน) มีคะแนนมากที่สุด (6.67 คะแนน) รองมาคือ สารกาแฟของขุนวาง (ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 235 วันหลังดอกบาน) เขาค้อ(ผลระยะที่ 3 หรือผลอายุ 232 วันหลังดอกบาน) และศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย ตามลำดับ (6.50 6.30 และ 5.7 คะแนน) สอดคล้องกับรายงานของ Boot (2005) สารกาแฟที่ได้จากผลสีแดงเป็นระยะที่ผลมีพัฒนาเต็มที่จัดเป็นระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว ระยะนี้มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์จำเป็นจำนวนมากที่มีผลต่อการปรากฏของความหวานอย่างชัดเจนในการชิมหลังคั่วบดแล้ว การเพิ่มคะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้านสามารถทำได้โดยการควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลเพื่อสะสมกรดอินทรีย์ การสีเปลือกและเนื้อ การหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย (Boot, 2005)

ตอนที่ 2 กาแฟโรบัสตา

การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของกาแฟโรบัสตา ด้านการพัฒนาการและการเปลี่ยนแปลงของผล เป็นแบบ single sigmoid curve แบ่งได้ ดังนี้

1.ระยะผลพักตัว (0-28 วัน นับหลังดอกบาน) และโตช้า (29-126 หรือ 154 วัน นับหลังดอกบาน) ระยะนี้ผลจะไม่เปลี่ยนแปลงขนาด ลักษณะผลที่ติดมีสีเขียวเข้มและขนาดเท่าหัวเข็มหมุด

2.ระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว (126/154 -238 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการขยายขนาดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว หากได้รับปริมาณน้ำฝนอย่างเพียงพอและมีการกระจายตัวของฝนสม่ำเสมอ จะทำให้ผลเชอรี่มีขนาดใหญ่ สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเข้มเป็นสีเขียวอ่อน (กรรมวิธีที่ 1 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสต้า)

3.ระยะเมล็ดสะสมน้ำหนัก (238-294 วันหลังดอกบาน) ระยะนี้ ผลมีการสะสมน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และมีการสุกแก่ของผลกาแฟเปลี่ยนจากสีเขียวอ่อนกลายเป็นสีเหลืองส้ม (กรรมวิธีที่ 2 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสตา)

4.ระยะผลสุก (294-315 วันหลังดอกบาน) เป็นระยะที่ผลสุกแก่เต็มที่ โดยผลเปลี่ยนสีจากเหลืองส้มเป็นสีแดงหรือแดงส้ม โดยน้ำหนักมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากระยะที่ 3 (กรรมวิธีที่ 3 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสตา)

หากผลกาแฟมีอายุมากกว่า 315 วันขึ้นไป หลังดอกบาน (กรรมวิธีที่ 4 ของแต่ละแหล่งปลูกโรบัสตา) พบว่า ผลกาแฟเปลี่ยนจากสีแดงส้มกลายเป็นสีแดงม่าเหมี่ยว ถือเป็นระยะสุกแก่มากเกินไป หากไม่มีการเก็บเกี่ยวผลระยะนี้ทิ้งจากต้น จะเป็นแหล่งอาศัยของมอดเจาะกาแฟ

นอกจากนี้ พบว่า กาแฟโรบัสตามีการเปลี่ยนแปลงสรีรวิทยาทางกายภาพ ทางเคมีและชีวเคมีเป็นไปในทิศทางเดียวกับกาแฟอะราบิกา เช่น ผลกาแฟที่มีอายุเพิ่มขึ้น เปลือกผลเปลี่ยนสีจากสีเขียว สีเหลืองส้ม สีแดงส้ม และสีแดงม่าเหมี่ยว ตามลำดับ ขณะเดียวกันมีการสะสมปริมาณ TSS และปริมาณสารสำคัญในผลกาแฟทั้งการสะสมปริมาณทริปโตเฟน Chlorogenic acid Caffeine และ methyl butanoic acid เช่นเดียวกับกาแฟอะราบิกา

ความสัมพันธ์การเปลี่ยนแปลงสีเปลือกและปริมาณ TSS ของผลที่มีอายุเพิ่มขึ้นทั้งกาแฟอะราบิกาและโรบัสตามีทิศทางเป็นไปในทางเดียวกัน จากงานวิจัยของ Castro and Marraccini (2006) and Sousa et al (2020) พบว่า ผลโรบัสต้าสีเขียวเป็นระยะผลอ่อน มีปริมาณ TSS น้อยที่สุด (4.47 องศาบริกซ์) เมื่อผลมีอายุเพิ่มขึ้น สีเปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง และสีน้ำเงิน ผลมีปริมาณ TSS อยู่ที่ 7.79 และ 5.53 องศาบริกซ์ตามลำดับ

การสะสมโปรตีนและกรดอะมิโนที่จำเป็นในเมล็ดกาแฟโรบัสตา พบในปริมาณสูงในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วบดเดียวกับกาแฟอะราบิกา แต่มีการเก็บกรดอะมิโน tryptophan ในรูปที่แตกต่างกัน โดยกาแฟอะราบิกาเก็บสะสมในรูป free tryptophan ส่วนกาแฟโรบัสตา เก็บสะสมอยู่รวมกับโปรตีน นอกจากนี้ กาแฟโรบัสตา มีปริมาณ Total protein ในปริมาณสูง เมื่อจำแนกเป็นกรดอะมิโนจำเป็นกลุ่ม predominant ที่สามารถถูก hydrolysis เป็นรูปเป็นสารที่ให้กลิ่นต่อไป กรดอะมิโนที่ตรวจพบคือ Leucine ที่สลายตัวให้ methyl butanoic acid ที่กลิ่นที่ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้ยังตรวจพบกรดอะมิโน lysine และ arginine ด้วย (Martins and Gloria, 2010; Keiko et al, 2014 and Wenjiang et al, 2015)

การสะสม Chlorogenic acid และ Caffeine ในสารกาแฟโรบัสตามีปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับในกาแฟอะราบิกา โดยเฉพาะปริมาณ Chlorogenic acid มีปริมาณสูงถึงร้อยละ 6.1 ของน้ำหนักแห้งเมล็ด และ Caffeine มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.5-4.0 พบในปริมาณสูงในเมล็ดกาแฟที่ไม่ผ่านการคั่วมากที่สุด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟโรบัสตา สภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก ดิน อุณหภูมิ และระดับความสูงของพื้นที่(Skowron et al, 2015 and Wenjiang et al, 2015)

ส่วนการสะสม methyl butanoic acid เป็นสาร volatile compounds เป็น 1 ใน 79 volatile compounds ในเมล็ดกาแฟโรบัสต้าที่ไม่ผ่านการคั่วเช่นเดียวกับที่พบในกาแฟอะราบิกา ทั้งนี้ขึ้นกับสภาพภูมิอากาศในการเพาะปลูก ดิน และระดับความสูงของพื้นที่ (Wenjiang et al, 2015)

เมื่อศึกษาปัจจัยภายนอกต่อการเร่งการสุกของผลกาแฟโรบัสตา พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้รับและการกระจายตัวของฝน หากปริมาณน้ำฝนที่ได้รับไม่เพียงพอ และการกระจายตัวของฝนขาดความสม่ำเสมอ ทำให้ผล

กาแฟที่อยู่ในช่วงขยายขนาดกระทบแล้ง รวมทั้งผลจากความร้อนสะสมในแปลง ส่งผลให้ระยะเวลาของผลที่อยู่บนต้นสั้นลง ผลกาแฟเกิดการสุกและเปลี่ยนสีเร็วขึ้น เนื่องจากฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดปริมาณและคุณภาพของผลผลิตกาแฟโรบัสตา หากฤดูฝนเริ่มเร็วประมาณปลายเดือนเมษายนและมีฝนตกสม่ำเสมอตลอดฤดูการผลิต ผลก็จะมีพัฒนาการที่ดี ผลมีขนาดใหญ่และคุณภาพดี ผลที่อยู่บนต้นยิ่งนานจะมีคุณภาพยิ่งดี หากผลชุดใดขาดฝนในช่วงระยะผลขยายตัวอย่างรวดเร็ว เป็นระยะสำคัญหรือวิกฤติ ผลชุดนั้นจะเบาและมีขนาดเล็ก รวมถึงการแข่งขันระหว่างผลที่เกิดจากดอกต่างรุ่นในการแย่งสารอาหารเพื่อการเติบโตเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญต่อการกำหนดคุณภาพของผลผลิตกาแฟโรบัสตา โดยผลรุ่นที่เกิด (ติดผล) ก่อนจะแย่งสารอาหารได้ดีกว่าและมีระยะเวลาอยู่บนต้นนานกว่า คุณภาพจึงดีกว่า แต่หากผลที่เกิดก่อนนี้กระทบแล้งในช่วงวิกฤติ ทำให้ไม่สามารถเติบโตได้เต็มที่ ผลจะมีขนาดเล็กและสุกเก็บเกี่ยวได้เร็ว ผลที่เกิดรุ่นหลังก็จะได้รับอาหารเหลือเฟือ มีผลขนาดใหญ่กว่าและคุณภาพดีกว่าผลรุ่นที่เกิดก่อนได้ และเก็บเกี่ยวหลังรุ่นแรกหลายสัปดาห์ นอกจากนี้พบว่า ลักษณะสีแดงของเปลือกผลเป็นตัวชี้บ่งที่ดีที่สุดในการเก็บเกี่ยวกาแฟโรบัสตา (สุรีรัตน์ และเสาวนีย์, 2543 ; ปิยนุช และคณะ, 2561)

การดำเนินงานวิจัย ทดสอบในพื้นชุมพร จันทบุรี และสะเกษ เนื่องจากเป็นพื้นที่สูงไม่เกิน 700 เมตรจากระดับน้ำทะเล และมีความเหมาะสมในการเพาะปลูกกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2 ทั้งเชิงเดี่ยวและผสม (ปิยนุช และคณะ, 2561) โดยกาแฟโรบัสตาพันธุ์ชุมพร 2 เป็นพันธุ์ที่ผ่านรับรองกรมวิชาการเกษตร ผลสุกแดง ที่ให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูง 2 กิโลกรัมต่อต้นเมื่ออายุ 3 ปี ให้สารกาแฟมากถึง 340-480 กิโลกรัมต่อไร่ (สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

1.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของผลเชอรี่

เนื่องจากสรีรของผลกาแฟโรบัสตา มีเมล็ดขนาดใหญ่และเนื้อผลบางทั้งในผลอ่อนและผลแก่ การศึกษาทางกายภาพจึงเปลี่ยนจากวัดปริมาณ TSS เป็นวัดปริมาตรผลและชั่งน้ำหนักสดของผลแทน

การสุกของผลต้องใช้เวลานานเพิ่มขึ้นตามเส้นรุ้งของประเทศไทย ทำให้ผลมีปริมาตรและน้ำหนักแตกต่างกันและมีการเปลี่ยนสีของผลช้าเร็วต่างกัน หากพิจารณาข้อมูลมีปริมาตรผล น้ำหนักผลสด และการเปลี่ยนสีของผลตามอายุของผลในแต่ละพื้นที่ปลูก พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ ผลมีปริมาตรและน้ำหนักสดเพิ่มมากที่สุดเมื่อผลเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้ม(ผลเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือผลอายุ 288 292 และ294 วันหลังดอกบาน) และลดลงมาหรือคงที่เมื่อผลเปลี่ยนสีจากสีเหลือส้มเป็นสีแดงส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือผลอายุ 309 311 และ 311 วันหลังดอกบาน) สุดท้ายมีค่าลดลงน้อยที่สุดเมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงม่าเหมี่ยว การเปลี่ยนสีของเปลือกผล รายงานเป็นค่า L a และ b พบว่า ค่า L และ b มีค่าลดลงตามอายุของผล ส่วนค่า a ในผลสีเขียวมีค่าน้อยที่สุด ส่วนค่า a ในผลสีแดงมีค่ามากที่สุด กาแฟที่ชุมพร มีเปลี่ยนสีของผลสีเขียวกลายเป็นสีแดงส้มเร็วที่สุด (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่า อยู่ที่ 26.5978 จากสาเหตุที่ผลมีระยะเวลาในการสะสมสารอาหารน้อย ส่งผลให้ปริมาณและน้ำหนักผลสดน้อยที่สุด คือ 2,637.59 มม.^{3} และ 33.75 กรัมต่อ 25 ผลกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบกับจันทบุรีและศีรสะเกษ มีกระบวนการสุกผลเชอรี่เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดงนาน (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 และ 315 วันหลังดอกบาน) โดยเปลือกผลสีแดง มีค่า a เป็นบวก และมีค่าอยู่ที่ 19.5388 และ 26.19535 ปริมาณผลแดงสุก คือ 1,634.16 และ 1,973.82 มม.^{3} น้ำหนักผลสดของผลแดงสุก คือ 33 และ 40.25 กรัมต่อ 25 ผลกาแฟสด สอดคล้องการคำแนะนำการเก็บเกี่ยวผลกาแฟโรบัสต้า ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลสุกมีอายุ 10-11 เดือน ผลสุกมีเปลือกสีแดง หรือแดง

ส้มไม่น้อยกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป (สถาบันพืชสวน,2548 ; สถาบันพืชสวน, 2562 และกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, 2562)

2.ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีในสารกาแฟ

สมบัติทางเคมีของสารกาแฟที่ได้จาก 3 แหล่งปลูก มีการตรวจพบสารสำคัญเพียง 2 ชนิด คือ Chlorogenic acid และ Caffeine แต่ไม่พบทริปโตเฟน Benzo (b) flouranthene เป็นสารกลุ่ม PAHs และ methylbutaonic acid ให้ผลเช่นเดียวกับกาแฟอะราบิกา สารกาแฟจากผลเชอรี่สุก แดงส้ม (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) ในกาแฟโรบัสตาจากชุมพร มีปริมาณสารสำคัญต่ำสุด รองมาคือศรีสะเกษ (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 315 วันหลังดอกบาน) และจันทบุรี (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ โดยมีปริมาณ Chlorogenic acid อยู่ที่ 0.519 0.610 0.619 และ Caffeine อยู่ที่ 0.670 0.763 0.777 พีพีทีต่อ 1 กรัมน้ำหนักแห้งของสารกาแฟ และการสะสมสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด พบในปริมาณสูงเมื่อเปรียบเทียบกับการสะสมในกาแฟอะราบิกา แต่มีการสังเคราะห์ caffeine และ Chlorogenic acid ในทิศทางเดียวกันกับกาแฟอะราบิกา สอดคล้องกับงานวิจัยการสะสมสารสำคัญในกาแฟโรบัสตา พบว่า มีปริมาณ Chlorogenic acid เพิ่มสูงขึ้นขณะเอ็นโดสเปริมเกิดการพัฒนาในผลกาแฟ โดยพบว่าถึงร้อยละ 6.1 ของน้ำหนักแห้งของสารกาแฟโรบัสต้า และมีปริมาณลดลงเมื่อผลกาแฟสุกแก่เพิ่มขึ้น ส่วนการสะสม Caffeine มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 1.5-4.0 ของน้ำหนักแห้งของสารกาแฟโรบัสตา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุ์ของกาแฟและปัจจัยอื่นร่วมด้วย (Castro and Marraccini, 2006 and Wenjiang et al, 2015)

3.การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Green cupping coffee) ตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA)

การจัดชั้นคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม เพื่อประเมินข้อบกพร่องของสารกาแฟจากผลที่มีอายุเพิ่มขึ้น จาก 3 แหล่งปลูก พบว่า สารกาแฟจากผลสีเขียว ชมพู แดง และม่าเหมี่ยวจากทั้ง 3 แหล่ง ได้คะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.18 4.88 5.50 และ 5.13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าเกณฑ์ถึงดี พบว่าสารกาแฟจากผลสีแดง (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 309 วันหลังดอกบาน) ของชุมพร มีคะแนนมากที่สุด (6.67 คะแนน) รองมาคือ สารกาแฟของจันทบุรี (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 311 วันหลังดอกบาน) และศีรสะเกษ (ผลเข้าสู่ระยะที่ 3 หรือผลอายุ 315 วันหลังดอกบาน) ตามลำดับ (5.2 และ 5.0 คะแนน) สอดคล้องกับรายงานของ Boot (2005) สารกาแฟที่ได้จากผลสีแดงเป็นระยะที่ผลมีพัฒนาเต็มที่จัดเป็นระยะความสุกแก่ที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยว ระยะนี้มีการพัฒนาและสังเคราะห์กรดอินทรีย์จำเป็นจำนวนมากที่มีผลต่อการปรากฏของความหวานอย่างชัดเจนในการชิมหลังคั่วบดแล้ว การเพิ่มคะแนนการยอมรับของผู้ชิมทั้ง 3 ด้าน สามารถทำได้โดยการควบคุมปัจจัยในการเพาะปลูก ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาผลเพื่อสะสมกรดอินทรีย์ การสีเปลือกและเนื้อ การหมักและกำจัดเมือก วิธีการเก็บรักษากาแฟกะลาที่เหมาะสม และการกำจัดของสิ่งบกพร่องหลักและรองที่ปะปนมากับสารกาแฟที่นำมาทดสอบด้วย (Boot, 2005)

1.ผลกาแฟอะราบิกาที่มีอายุเพิ่มขึ้น ส่งผลให้มีการสะสมปริมาณ TSS เพิ่มมากขึ้นตามอายุผล แต่ไม่มีผลการสะสมปริมาณ chlorogenic acid ส่วนการสะสม caffeine มีค่าลดลง ทั้ง 3 สารเป็นสารสำคัญที่ตรวจพบทั้งในผลสีเขียว ผลสีชมพู ผลสีแดงและผลสีแดงม่าเหมี่ยว แต่ไม่พบการสะสมของ Tryptophan และ methylbutanoic acid ในผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ

กรมวิชาการเกษตร

2.อายุผลกาแฟโรบัสตาที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาตรผลและน้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นและคงที่เมื่อผลเปลี่ยนเป็นสีแดงส้ม แต่ไม่มีผลการสะสมปริมาณ chlorogenic acid และ caffeine ทั้ง 2 สารเป็นสารสำคัญที่ตรวจพบทั้งในผลสีเขียว ผลสีชมพู ผลสีแดงและผลสีแดงม่าเหมี่ยว แต่ไม่พบการสะสมของ Tryptophan และ methylbutanoic acid ในผลกาแฟทั้ง 4 ระยะ

3.ผลกาแฟอะราบิกาเชียงใหม่ 80 จาก 4 แหล่งปลูกทางภาคเหนือ ควรใช้ดัชนีการเก็บเกี่ยวดังนี้ พื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงจากระดับน้ำทะเล 700-1,000 เมตร ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 232 วันหลังดอกบาน และน้ำคั้นจากผลกาแฟสุก ควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 17 องศาบริกซ์ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก และมีการเปลี่ยนสี โดยวัดค่า a ไม่น้อยกว่า 25 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง ส่วนในพื้นที่ปลูกกาแฟที่สูงจากระดับน้ำทะเล 1,300 -1,500 เมตร ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดง เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 270 วันหลังดอกบาน และเนื้อคั้นจากผลกาแฟสุก ควรมีปริมาณ TSS ไม่น้อยกว่า 20 องศาบริกซ์ ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก และมีการเปลี่ยนสี โดยวัดค่า a ไม่น้อยกว่า 20 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง

4. ผลกาแฟกาแฟโรบัสตา จาก 3 แหล่งปลูกชุมพร จันทบุรีและศีรสะเกษ คือ ควรเก็บเกี่ยวเมื่อผลกาแฟเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีแดงส้ม เป็นระยะที่ 3 หรือผลมีอายุไม่น้อยกว่า 309 วันหลังดอกบาน มีปริมาตรของผลเชอรี่ มากกว่า 1,600 มม^3 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวหลัก การขึ้นสีของผลเชอรี่ ที่ต้องสุกแดงส้ม โดยมีค่า a เป็นบวก และมีค่ามากกว่า 19.53 ถือเป็นดัชนีการเก็บเกี่ยวรอง

5.ควรเก็บเกี่ยวผลกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาที่มีการสุกแก่เหมาะสม เนื่องจากเมล็ดกาแฟมีการพัฒนาและสะสมกรดอินทรีย์ที่มีผลต่อ cupping for flavor

การทดลองที่ 2 ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพและอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

1. ผลการศึกษากระบวนการวิเคราะห์สารกลุ่ม Diterpene (Cafestol และ Kahweol)

1.1 ผลการศึกษาการสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟโดยวิธี Soxhlet และการวิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID ตามวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี GSLS และ AOAC การสกัดไขมันจากกาแฟโดยใช้การสกัดที่ 4 ชั่วโมงและ 16 ชั่วโมงตามลำดับ โดยเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสกัด (extraction yield) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลวิเคราะห์ (RSD%) ผลทางสถิติที่วิเคราะห์โดยวิธี Tukey's test ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดังนั้นเวลาในการสกัดเพียง 4 ชั่วโมงจึงเพียงพอสำหรับการสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

1.2 ผลการเปรียบเทียบวิธีการฉีดสารกลุ่ม Diterpene

ผลการเปรียบเทียบการทดสอบการฉีดสารโดยการใช้กระบวนการ Cold on-column inlet (COC) ที่อุณหภูมิห้องและ กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณสารมาตรฐาน diterpene ที่วิเคราะห์

1.3 ผลวิเคราะห์เบื้องต้นปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากตัวอย่างผลิตผลกาแฟ

ผลการศึกษากระบวนการสกัดและการวิเคราะห์ปริมาณสาร diterpene ในตัวอย่างกาแฟ ได้นำไปทดสอบวิเคราะห์ในตัวอย่างกาแฟโดยใช้วิธี PS-GC-FID และทำกราฟมาตรฐานที่ความเข้มข้น 8 ถึง 69 มิลลิกรัม

กรมวิชาการเกษตร

ต่อมิลลิลิตรพบว่ามีค่า r^2 เท่ากับ 0.99 ในสารทั้ง 2 ชนิดโดยสามารถคำนวณค่า LOD (Limit of Detection) ได้ที่ 0.78 และ 0.64 และ LOQ ได้ที่ 2.61 และ 2.14 ตามลำดับโดยนำมาทดสอบวิเคราะห์ปริมาณสารในตัวอย่างกาแฟ 6 ตัวอย่าง พบว่ากาแฟที่มีค่า C/K สูงกว่า 1.2 มีคุณภาพดี(soft) และค่าน้อยกว่า 0.96 มีคุณภาพต่ำ (Hard/Rio)

2. ผลวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเพาะปลูก พื้นที่และกรรมวิธีการปลูกที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol. จากปัจจัยการเพาะปลูก

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟหลังเก็บเกี่ยวและในน้ำมันสกัดจากเมล็ดกาแฟพบว่ามีปริมาณไขมันอยู่ที่ร้อยละ 7.7 – 17.7 ทั้งในกาแฟ ***C. arabica*** และ ***C. canephora*** แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและโพลีแซกคาร์ไรท์ที่เป็น precursor ของการผลิตสารกลุ่มดังกล่าวมีความแตกต่างกันโดยใน ***C. arabica*** จะมีปริมาณมากกว่า ***C. canephora*** ทั้งนี้ปริมาณขึ้นอยู่กับแหล่งผลิตที่เพาะปลูกกาแฟทั้งสองชนิดโดยเมื่อทำการสกัดน้ำมันจากเมล็ดกาแฟเพื่อทำการศึกษาปริมาณสาร Diterpene ester ที่เป็นกลุ่มของ Cafestol และ Kahweol พบว่ามีอยู่เพียงร้อยละ 18.9 เท่านั้น

อย่างไรก็ตามเมื่อทำการวิเคราะห์แยกส่วนของสารประกอบกลุ่ม Diterpene โดยการสกัดน้ำมันจากส่วนต่างๆได้แก่ Perisperm, Endosperm, Pericarp และ Leaf จะไม่พบสารกลุ่ม Kahweol ในกาแฟสายพันธุ์ ***C. canephora*** ในขณะที่พบสาร Kahweol ปริมาณมากใน Perisperm และ Endosperm ของ *C. arabica* ประมาณ 516 – 590 mg/100g of Sample ส่วนสาร Cafestol นั้นจะพบในกาแฟทั้งสองชนิด โดยเมื่อทำการติดตามปริมาณสารสำคัญทั้งสองชนิดตามจำนวนวันหลังดอกบาน (Day After Flowering :DAF) พบว่าช่วงเวลาที่มีปริมาณสารกลุ่มดังกล่าวมากที่สุดคือ DAF90 – DAF150 ซึ่งเป็นช่วงเก็บเกี่ยวของเมล็ดกาแฟโดยพบข้อสังเกตว่าปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol นั้นมีปริมาณคงที่ในช่วงเวลาดังกล่าวทั้งนี้เมื่อทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีการปลูกในแบบต่างๆในพื้นที่เดียวกันนั้นไม่พบความแตกต่างของปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol แต่มีความแตกต่างกันโดยตรงในพื้นที่เพาะปลูกโดยสามารถแบ่ง *C. arabica* ได้เป็นสองกลุ่มได้แก่พื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 600 เมตรที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.80 – 1.50 และ1,200 เมตรขึ้นไปที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.10 – 0.50 ส่วน *C. canephora* พบอัตราส่วนคงที่ที่ 180 – 200

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญและอัตราส่วนที่แสดงถึงอัตลักษณ์ของกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาเฉพาะถิ่นก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าอัตราส่วนของสารประกอบ diterpene มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญระหว่างสายพันธ์อะราบิกาและโรบัสตา โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลของแหล่งเพาะปลูกที่แบ่งตามอุณหภูมิเพาะปลูกที่ต่ำกว่า (18 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิที่สูงกว่า (26 องศาเซลเซียสต่อปี)จะมีผลต่อปริมาณของสารประกอบทั้ง Cafestol และ Kahweol ซึ่งหากเปรียบเทียบ ratio จะส่งผลเพียงเล็กน้อยหากเป็นพื้นที่เพาะปลูกเดียวกันแต่แตกต่างกันที่อุณหภูมิแต่ปริมาณน้ำฝนกลับส่งผลอย่างมากโดยในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,500 มิลลิเมตรต่อปีทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของ C/K ratio สูงมากดังนั้นแสดงให้เห็นว่าปัจจัยก่อนเก็บเกี่ยวปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนที่สำคัญนอกจากจะเป็น<u>สายพันธุ์กาแฟ (อะราบิกาและโรบัสตา) แล้วยังมีผลที่พื้นที่เพาะปลูกและปริมาณน้ำฝนอีกด้วย</u> สำหรับผลทางประสาทสัมผัสต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟอะราบิกาและโรบัสตาเฉพาะถิ่นก่อนการเก็บเกี่ยวพบว่าหากอุณหภูมิที่สูงและปริมาณน้ำฝนมากจะส่งผลต่อคะแนน Cupping score ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบในพื้นที่เดียวกันที่อุณหภูมิเพาะปลูกต่ำกว่า

โดยคะแนนผลการชิมมีความแตกต่างกันกว่าร้อยละ 11.84 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผลของแหล่งเพาะปลูกนั้นมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ Cafestol และ Kahweol และผลของคะแนนทางประสาทสัมผัสอีกด้วย ดังนั้นคุณภาพของกาแฟที่แสดงถึงแหล่งเพาะปลูกจึงมีความสำคัญตั้งแต่การคัดเลือกแหล่งเพาะปลูกที่จะสื่อถึงอัตลักษณ์กาแฟรวมทั้งคุณภาพก่อนเข้าสู่กระบวนการแปรรูปอีกด้วย

3. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ระหว่างกระบวนการหมักย่อยเมือกกาแฟ

ผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และปริมาณสาร Kahweol ต่อการหมักเมล็ดกาแฟไม่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกลุ่ม diterpene ทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญโดยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณชุดควบคุมพบการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยมีการเปลี่ยนแปลงของปริมาณ Cafestol โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 12.32 และ Kahweol โดยเฉลี่ยเพียงร้อยละ 5.82 ทั้งนี้เมื่อนำมาคำนวณเป็นค่าอัตราส่วน Cafestol/Kahweol พบว่ามีค่าคงที่ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการหมักย่อยเมือกกาแฟไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารกลุ่ม diterpene

4. การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol จากการทำแห้งสารกาแฟ

ผลการเปรียบเทียบการทำแห้งกาแฟกะลาจำนวน 5 วิธีจนความชื้นเมล็ดกาแฟน้อยกว่าร้อยละ 5 (Bean Moisture content < 5%) ได้แก่ การตากแดดธรรมชาติ, การใช้ตู้อบลมร้อนที่ 60 องศาเซียส การใช้โรงอบลมร้อนและการคั่วอ่อนที่อุณหภูมิไม่เกิน 80 องศาเซลเซียสพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahteol อย่างมีนัยสำคัญโดยพบว่าเมื่อใช้ความร้อนในการทำแห้งสูงโดยเฉพาะการเลือกใช้กระบวนการทำแห้งโดยใช้เครื่องมือไม่ว่าจะเป็นตู้อบ โรงอบพลังงานแสงอาทิตย์หรือการใช้เครื่องคั่วอ่อนนั้นปริมาณสารดังกล่าวจะลดลงในปริมาณมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมจากร้อยละ 50 – 75 ทั้งนี้ผลจากการลดลงของสารทั้งสองชนิดเมื่อนำมาคำนวณอัตราการลดลงเป็นอัตราส่วนของ Cafestol/Kahweol จะเป็นไปในทางเดียวกันโดย Ratio จะอยู่ที่ 1.47 – 1.33 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าบ่งบอกอัตลักษณ์ของกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อทำการทดสอบชิมในชุดทดลองทั้ง 5 ชุดพบผลการทดสอบของคุณภาพที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญโดยชุดทดสอบที่ใช้เวลาการทำแห้งนานที่สุดคือชุดควบคุมและชุดตากแห้งโดยแสงอาทิตย์ที่ใช้เวลากว่า 2 สัปดาห์นั้นมีผลการทดสอบชิมในระดับคะแนน 74.52 - 75.35 แตกต่างกับชุดทดสอบที่ใช้เตาอบ โรงอบลมร้อนหรือการทำ preroast ที่มีผลทดสอบชิมเพียง 61.25 – 67.25 ซึ่งคะแนนมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะข้อมูลผลการชิมที่ได้ให้คำจำกัดความเรื่อง underoast (กาแฟไม่สุก) หรือกลุ่มรสชาติถั่วดิบและถั่วงอกทำให้ผลการทดสอบชิมมีความไม่พึงพอใจสูงกว่าชุดทดสอบที่ทำการตากโดยพลังงานแสงอาทิตย์และชุดควบคุมอย่างสิ้นเชิง ทั้งนี้แม้ในสภาวะจริงเกษตรกรที่แปรรูปกาแฟในพื้นที่สูงจำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ช่วยทำแห้งด้วยในระหว่างการแปรรูปกาแฟสภาพภูมิอากาศไม่อำนวยในการทำแห้งกาแฟนั้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจถึงปัจจัยของอุณหภูมิต่อคุณภาพกาแฟต่อไป

5. ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 กรรมวิธีพบว่าหลังจากทดสอบเก็บสารกาแฟที่อุณหภูมิและความชื้นควบคุม พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณลดลงของปริมาณน้ำมันโดยรวมและสารสำคัญโดยพบว่า ตั้งแต่เวลาการเก็บรักษา 210 วันถึง 300 วันพบว่าสารกาแฟที่เก็บในชุดควบคุม, ถุงฟลอยและถุง PP seal ปิดสนิทมีปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมากโดยเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol

กรมวิชาการเกษตร

และ Kahweol ยังพบการลดลงของสารดังกล่าวด้วยแม้อัตรา C/K จะลดลงเพียงเล็กน้อยเกือบคงที่จากค่าเริ่มต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีเพียง HDPE ที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำมันและสารสำคัญ ได้ดี โดยมีถุง PP และ PE ที่สามารถควบคุมได้ใกล้เคียงกันที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณเริ่มต้น โดยสันนิษฐานว่าปริมาณออกซิเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด

การทดลองที่ 3 การจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีทางกายภาพและประสาทสัมผัส

1) การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee)

จากการทดสอบตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา ที่สุ่มเก็บจากแหล่งผลิตเมล็ดกาแฟของกรมวิชาการเกษตร และเกษตรกรในแถบพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย นำมาคัดเกรดตามหลักการของ Society of Specialty coffee of America (SCAA) บันทึกผลเป็นคะแนนข้อบกพร่อง (Defect score) และการคัดเกรดตามเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟอะราบิกา (มกษ. 5701-2561) และและมาตรฐานสินค้าเกษตร เมล็ดกาแฟโรบัสตา (มกษ. 5700-2561) บันทึกผลเป็นร้อยละโดยน้ำหนักของข้อบกพร่อง (% w/w) ได้ผล

ผลการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกา พบว่าค่าเฉลี่ยเมล็ดดำมีจำนวน 10 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.2 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเชื้อรามีจำนวน 40 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.6 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดที่มีแมลงทำลายมีจำนวน 119 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 4.4 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเปรี้ยวมีจำนวน 12 เมล็ด ไม่พบผลกาแฟแห้ง (เกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยสิ่งแปลกปลอมมีจำนวน 3 ชิ้น ซึ่งมีน้ำหนักเบามาก ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟเป็นส่วนมาก เส้นเชือก และก้อนหินเล็กน้อย ไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) และค่าเฉลี่ยเมล็ดแตกพบร้อยละ 2.0 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5701-2561 (ไม่เกินร้อยละ 1.5) ส่วนผลการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตา พบว่าค่าเฉลี่ยเมล็ดดำมีจำนวน 60 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.9 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 2.0) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเชื้อรามีจำนวน 69 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 3.0 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยเมล็ดที่มีแมลงทำลายมีจำนวน 110 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 4.8 ซึ่งเกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 4.0) ค่าเฉลี่ยเมล็ดเปรี้ยวมีจำนวน 10 เมล็ด ค่าเฉลี่ยผลกาแฟแห้งมีจำนวน 5 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.3 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) ค่าเฉลี่ยสิ่งแปลกปลอมมีจำนวน 13 ชิ้น หรือคิดเป็นร้อยละ 0.1 ไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 0.5) และค่าเฉลี่ยเมล็ดแตกพบร้อยละ 0.9 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์ข้อบกพร่องตามมาตรฐาน มกษ. 5700-2561 (ไม่เกินร้อยละ 2.0) นอกจากนี้ยังพบว่าข้อบกพร่องที่พบมากที่สุดทั้งในกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา และมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร คือข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย โดยพบตั้งแต่ร้อยละ 1.5 – 7.7 หรือนับได้อยู่ในช่วง 61 – 186 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และพบตั้งแต่ร้อยละ 2.5 – 6.6 หรือนับได้อยู่ในช่วง 56 – 140 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา รองลงมาคือ ข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา ซึ่งถือเป็นอีกหนึ่งข้อบกพร่องที่น่ากังวล โดยพบปริมาณที่สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตรอย่างชัดเจน พบตั้งแต่ร้อยละ 0.5 - 2.5 หรือนับได้

กรมวิชาการเกษตร

อยู่ในช่วง 21 – 63 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และพบตั้งแต่ร้อยละ 0.8 – 4.4 หรือนับได้อยู่ในช่วง 22 – 98 เมล็ด สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา แต่อย่างไรก็ตามหลังจากตรวจสอบสาร Ochratoxin A พบว่าไม่มีค่าเกินกำหนด (20 ppm)

เมื่อนำข้อมูลผลรวมคะแนนข้อบกพร่องหลัก 6 ข้อบกพร่อง ได้แก่ เมล็ดดำ เมล็ดเปรี้ยว ผลกาแฟแห้ง เมล็ดเชื้อรา เมล็ดที่มีแมลงทำลาย และสิ่งแปลกปลอม จากการคัดเกรดทางกายภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มานับคะแนนข้อบกพร่องรวมตามหลักการของ SCAA (ข้อบกพร่อง 1 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน ยกว้นข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 5 เมล็ด เท่ากับ 1 คะแนน) แล้วนำมาจัดกลุ่มข้อมูลตามหลัก Hierachy Classification of Ascendent (HAC) เพื่อจัดลำดับชั้นคุณภาพหรือจัดเกรดของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา

เมื่อนำข้อมูลผลการคัดเกรดทางกายภาพ โดยวิธีการนับเมล็ดตามมาตรฐาน SCAA มาวิเคราะห์ข้อมูล และจัดกลุ่มชั้นคุณภาพ (Hierarchical Clustering) ตามภาคผนวก พบว่า สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ (Specialty) ซึ่งต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 0 - 5 คะแนน เกรดเอ (A) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 6 - 30 คะแนน เกรดรวม (AB) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 31 – 60 คะแนน และแบบไม่คัดเกรด (Y) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวมตั้งแต่ 61 ขึ้นไป และจากตารางที่ 2 สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตา ได้ทั้งหมด 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ (A) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 25 – 45 คะแนน เกรดรวม (AB) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 46 – 75 คะแนน เกรดบี (B) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวม 76 – 115 คะแนน และแบบไม่คัดเกรด (Y) ต้องมีคะแนนปริมาณข้อบกพร่องรวมตั้งแต่ 116 ขึ้นไป ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์แนะนำสำหรับเกษตรกรและโรงคัดบรรจุสำหรับการซื้อขายเมล็ดกาแฟอะราบิกาและกาแฟโรบัสตาของประเทศไทย

8.2) การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee)

8.2.1 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดดำ (Full black)

เมล็ดดำ (Full black) เป็นข้อบกพร่องหลัก ซึ่งเกิดจากเชื้อราตระกูล *Colletotrichum* spp. ส่งผลต่อคุณภาพของผลเชอรี่ก่อนการเก็บเกี่ยว และปริมาณน้ำที่ไม่เพียงพอระหว่างการพัฒนาผลเชอรี่ ซึ่งการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

ในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟ อะราบิกาและอะราบิกา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดดำกรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.85 – 6.67 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.75 – 6.63 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตาซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดดำมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกา และเมล็ดกาแฟโรบัสตา

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดดำที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 2 ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกาเช่นเดียวกับเมล็ดกาแฟโรบัสตา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นเมล็ดกาแฟที่มีเมล็ดดำเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมเมล็ดดำ 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 0.6 สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และคิดเป็นร้อยละ 0.7 สำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเมื่อตรวจสอบสารพิษจากเชื้อราของเมล็ดกาแฟ พบว่ากรรมวิธีที่ 2 ผลเป็น Not detected (เกณฑ์มาตรฐานของประเทศไทย ไม่เกิน 20 ppm) ดังนั้นกรรมวิธีที่ 2 จึงปลอดภัยต่อการบริโภค

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณเมล็ดดำ พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดดำ ได้แก่ กลิ่นหมัก (Fermented) กลิ่นดิน (Earthy) กลิ่นอับ/เชื้อรา (Fungus) บางตัวอย่างมีกลิ่นผลไม้สุก (Ripe-fruity) และมีรสชาติรสขม (Bitter) และกระด้าง (Harsh)

8.2.2 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรา (Fungus) ที่เกิดจากการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟหรือผลกระทบจากเชื้อราที่เกิดจากเมล็ดทำให้เมล็ดกาแฟมีเชื้อราเกิดขึ้น โดยการทดลองไม่ได้ดำเนินการทดสอบทางประสาทสัมผัส เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยของผู้ทดสอบ จึงได้ปรับเปลี่ยนโดยใช้ตัวอย่างเมล็ดกาแฟที่คัดเกรดแล้ว (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา) และเมล็ดกาแฟที่เป็นเมล็ดเชื้อรามาทำการเพาะเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ และเมื่อนำตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมเมล็ดเชื้อราทั้ง 4 ระดับ ได้แก่ 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด มาทดสอบสารพิษจากเชื้อรา ได้แก่ Aflatoxin (B1, B2, G1, G2) และ Ochratoxin A เปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 1 (ไม่มีเมล็ดเชื้อรา)

จากผลการทดสอบไม่พบ Aflatoxin (B1, B2, G1, G2) ในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาทุกกรรมวิธี แต่พบ Ochratoxin A ในกรรมวิธที่ 4 และ 5 ในเมล็ดกาแฟโรบัสตา โดยพบในปริมาณ 0.63 µg/kg และ <0.50 µg/kg (น้อยกว่าLOQ) แต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน (10 µg/kg)

8.2.3 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย (Severe insect) ที่เกิดจากการทำลายของแมลงกลุ่ม Coffee Bean Borer (CBB) ทำให้เกิดรูพรุนในเมล็ดกาแฟ ซึ่งจากการทดลองประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ เพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

กรมวิชาการเกษตร

เมล็ดที่มีแมลงทำลายในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย กรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.85 – 6.59 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.37 – 6.59 คะแนนสำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดี โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกา และเมล็ดกาแฟโรบัสตา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 3 ไม่มีความแตกต่างทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 4 ขึ้นไปสำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ด้านกลิ่นและกลิ่นรสมีความแตกต่างยังไม่เกินร้อยละ 50 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป มีความแตกต่างกันมากกว่าร้อยละ 50 ดังนั้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่มีเมล็ดแมลงทำลายเท่ากับกรรมวิธีที่ 3 (ผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 40 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.4) และเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีเมล็ดแมลงทำลายเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมเมล็ดที่มีแมลงทำลาย 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลาย ได้แก่ กลิ่นถั่ว(Peanut) กลิ่นอับ/เชื้อรา (Fungus) กลิ่นเนื้อไม้ (Woody) และมีรสชาติ รสจืดแบบขี้เถ้า (Ashy) และรสกระด้าง (Harsh)

8.2.4 การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว (Full sour)

การทดสอบข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว (Full sour) ที่เกิดจากกระบวนการหมักเกินกำหนด (Over-fermented bean) ทำให้มีปริมาณกรดอะซิติกมากเกินไปหรือเกิดกระบวนการหมักทั้งเมล็ด (Seed fermentation) โดยออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟอะราบิกาแต่ละกรรมวิธีทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test เพื่อทดสอบการยอมรับ (Acceptance) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test โดยเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรด (กรรมวิธีที่ 1) กับเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีการเติมข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว 20 เมล็ด (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 6.57 และ 6.54 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟอะราบิกามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 4.90 คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ และเมล็ดกาแฟโรบัสตามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 5.10

กรมวิชาการเกษตร

คะแนน ซึ่งอยู่ในเกณฑ์เฉยๆ ดังนั้นคาดว่าหากปริมาณข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยวมากกว่า 20 เมล็ด จะมีผลให้ระดับคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ โดยเฉพาะในเมล็ดกาแฟอะราบิกาจะชัดเจนมากกว่าเมล็ดกาแฟโรบัสตา และเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ T-test พบว่าตัวอย่างทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 53 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องเมล็ดเปรี้ยว ได้แก่ กลิ่นกรดอะซิติก (Acetic acid) และรสเปรี้ยว (Sour)

8.2.5 การทดสอบข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง (cherry/pod)

การทดสอบข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง (cherry/pod) ที่เกิดจากกระบวนการแปรรูปแบบแห้งหรือกึ่งแห้งทำให้ไม่สามารถคัดแยกเปลือกผลเชอร์รี่ออกได้ทั้งหมด โดยออกแบบการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำเพื่อหาระดับคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ได้แก่ กลิ่น (Aroma) กลิ่นรส (Flavor) และความรู้สึกตกค้าง (After taste) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test เมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา โดยเปรียบเทียบปริมาณข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง กรรมวิธีที่ 1 – 5 ได้แก่ 0, 20, 40 , 60 และ 80 เมล็ด ตามลำดับ ซึ่งผลการทดสอบพบว่าคะแนนการยอมรับด้านกลิ่น กลิ่นรส และความรู้สึกตกค้างอยู่ในช่วง 5.88 – 7.23 คะแนน สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา และอยู่ในช่วง 5.14 – 7.27 คะแนนสำหรับเมล็ดกาแฟโรบัสตา ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับดีจนถึงดีมาก โดยพบว่าเมื่อปริมาณข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งมากขึ้นจะมีผลให้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสลดลงตามลำดับเช่นเดียวกันทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา โดยเมล็ดกาแฟอะราบิกาจะชัดเจนมากกว่าเมล็ดกาแฟโรบัสตา

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) แบบทางเดียว ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้วิธีทดสอบของ Duncan เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างด้านประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่ผสมข้อบกพร่องผลกาแฟแห้งที่กรรมวิธีต่างๆ โดยใช้เกณฑ์ทางประสาทสัมผัส คือจำนวนตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด ถือว่ากรรมวิธีนั้นมีความแตกต่างกันทางประสาทสัมผัส ซึ่งจากการทดลองพบว่า

ผู้ทดสอบเริ่มรับรู้ความแตกต่างด้านกลิ่น กลิ่นรส และรสชาติตกค้างได้ตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไป สำหรับเมล็ดกาแฟอะราบิกา แม้ว่ากรรมวิธีที่ 2 จะมีแนวโน้มแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 แต่ด้านกลิ่นรสมีความแตกต่างยังไม่เกินร้อยละ 50 ส่วนเมล็ดกาแฟโรบัสตามีความแตกต่างตั้งแต่กรรมวิธีที่ 3 ขึ้นไปไปทุกตัวอย่าง ดังนั้นเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาเท่ากับกรรมวิธีที่ 2 (ผสมผลกาแฟแห้ง 20 เมล็ด หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1 ทั้งเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา) จะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส และเมื่อทำการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากปริมาณผลกาแฟแห้ง พบลักษณะกลิ่น และรสชาติที่เป็นผลกระทบจากข้อบกพร่องผลกาแฟแห้ง ได้แก่ กลิ่นมะตูมแห้ง (Dried Quince) และกลิ่นเนื้อไม้ (Wood) ส่วนรสชาติจะมีรสจืดชืด (Bland) แต่บางตัวอย่างอาจมีรสหวาน (Sweet) เล็กน้อย

8.2.6 การทดสอบสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter)

กรมวิชาการเกษตร

การทดสอบสิ่งแปลกปลอม (Foreign Matter) ที่เกิดจากกระบวนการเก็บผลผลิตกาแฟ การตากเมล็ดกาแฟที่ไม่ได้มาตรฐาน โดยตากบนพื้นที่ไม่มีภาชนะรองรับและไม่ได้รับการคัดเกรดเมล็ด โดยสิ่งแปลกปลอมที่พบในเมล็ดกาแฟส่วนใหญ่ ได้แก่ เปลือกเมล็ดกาแฟ เศษกะลา ก้อนหิน อิฐ และเศษเชือก เป็นต้น ออกแบบการทดลองเป็น 2 กรรมวิธี ทดสอบกรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซึ่งจากการประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟอะราบิกาแต่ละกรรมวิธีทางประสาทสัมผัส โดยวิธี Green cupping test เพื่อทดสอบการยอมรับ (Acceptance) ด้วยวิธีการให้คะแนนการยอมรับแบบ 9-จุด

การประเมินคุณภาพเมล็ดกาแฟทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี Green cupping test โดยเปรียบเทียบเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาคัดเกรด (กรรมวิธีที่ 1) กับเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาที่มีการเติมสิ่งแปลกปลอมร้อยละ 0.5 (กรรมวิธีที่ 2) ซึ่งจากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 1 ตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา มีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 6.82 และ 6.57 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ชอบ ในขณะที่กรรมวิธีที่ 2 เมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตามีระดับคะแนนการยอมรับเฉลี่ย 4.74 และ 4.71 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ ดังนั้นคาดว่าหากปริมาณสิ่งแปลกปลอมมากกว่าร้อยละ 0.5 จะมีผลให้ระดับคะแนนการยอมรับลดลงอยู่ในเกณฑ์ไม่ชอบ และเมื่อนำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ความแตกต่างโดยใช้ T-test พบว่าตัวอย่างทั้ง 2 กรรมวิธี มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 70 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา และกรรมวิธีที่ 2 มีความแตกต่างจากกรรมวิธีที่ 1 คิดเป็นร้อยละ 60 ของจำนวนตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกา ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นรสที่เป็นผลกระทบจากสิ่งแปลกปลอม ได้แก่ กลิ่นเหม็นอับ (Musty) และจืดชืด (Bland)

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

สารประกอบกลุ่ม diterpene สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric โดยกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่สำคัญรวมทั้งสารประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟจะพบในส่วนของน้ำมันกาแฟที่มีปริมาณระหว่างร้อยละ 7.7 – 17.7 ที่เกิดจากแหล่งเพาะปลูกรวมทั้งกระบวนการแปรรูปการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟโดยใช้อัตราส่วนของสาร Cafestol และ Kahweol นั้นสามารถพัฒนาสู่การตรวจสอบย้อนกลับสินค้ากาแฟโดยเฉพาะการจำแนกอัตราการผสมระหว่างกาแฟสายพันธุ์เศรษฐกิจหลักทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* โดยสาร Kahweol ที่จะพบปริมาณมากในกาแฟอะราบิกาและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสตา นอกจากนี้กระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) พื้นที่เพาะปลูกกาแฟอะราบิกาที่ระดับความสูงแตกต่างกัน อุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของสารทั้งสองชนิด แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด ผลการวิจัยกลับพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัตราส่วนที่น้อยมากทำให้สมมติฐานของหลักการใช้ chemometric ของ diterpene ในกาแฟนั้นเป็นกระบวนการที่สามารถประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของสินค้ากาแฟได้ นอกจากนี้ผลของ

การทดสอบทางประสาทสัมผัสหรือ cupping score ยังส่งผลไปในแนวทางเดียวกันของปริมาณสารประกอบกลุ่มดังกล่าว ซึ่งกล่าวได้ว่าผลของการศึกษาปริมาณสารกำกับอัตลักษณ์ของกาแฟและบ่งบอกคุณภาพนี้เป็นต้นแบบการควบคุมแหล่งผลิตและกระบวนการผลิตกาแฟสู่การควบคุมคุณภาพอีกทั้งกำหนดอัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นที่พัฒนาต่อยอดได้เพื่อความมั่นใจในการซื้อขายและการบริโภคกาแฟสำหรับตลาดกาแฟในปัจจุบัน

จากการตรวจสอบข้อบกพร่องหลักในตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา ของประเทศไทย พบข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุดในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา คือเมล็ดที่มีแมลงทำลายรองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ส่วนเมล็ดแตก ซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องรอง พบในเมล็ดกาแฟอะราบิกามีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐานสินค้าเกษตร ดังนั้นปัญหาข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ (Coffee berry borer) ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำได้ ส่วนข้อบกพร่องเมล็ดเชื้อรามักพบเนื่องจากปริมาณความชื้นในเมล็ดกาแฟสูงกว่าร้อยละ 15 และปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 75 มีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการปนเปื้อนเชื้อราและผลิตสารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้

การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) นับจำนวนข้อบกพร่องหลักในเมล็ดกาแฟ สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวมและไม่คัดเกรด และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบีและไม่คัดเกรด ซึ่งสามารถใช้เป็นเกณฑ์แนะนำในการซื้อขายเมล็ดกาแฟได้ โดยการใช้ร่วมกับกระดานคัดเกรดเนื่องจากสามารถทำได้ง่ายและสะดวกรวดเร็วกว่าการคำนวณร้อยละโดยน้ำหนักของข้อบกพร่องในเมล็ดกาแฟ

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) เป็นการประเมินคุณภาพของเมล็ดกาแฟที่มีข้อบกพร่องหลักในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยจากการทดลองพบว่า ปริมาณเมล็ดดำและปริมาณผลกาแฟแห้ง จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลายจำนวน 40 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และปริมาณเมล็ดดำ ปริมาณผลกาแฟแห้งและปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนเมล็ดเปรี้ยวไม่เกิน 20 เมล็ด และสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ทั้งในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา เนื่องจากมีผลทำให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบเชื้อราจากผลการเพาะเชื้อราเมล็ดคัดเกรด และเมล็ดที่มีข้อบกพร่องเชื้อรา แต่เมื่อทดสอบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ผลไม่พบ และพบในบางกรรมวิธีแต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้อาจอยู่ในช่วงที่เชื้อรายังไม่สร้างสารพิษ

ลิขสิทธิ์กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 7
วิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ
Research and Development on Arabica Coffee Fermentation project

ผู้วิจัย

โกเมศ สัตยาวุธ สุกัญญา นิติยนต์ วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร ประยูร เอ็นมาก ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ
สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ นิทัศน์ ตั้งพินิจกุล

Komate Satayawut, Sukanya Nitiyon, Wimonwan Wattanawichit, Prayoon Enmak ,
Chatnapa Khomarwut, Supattra Lertwatanakia, nitad Tangpinitgun

คำสำคัญ

กาแฟอะราบิกา กระบวนการหมัก เชอรี่กาแฟ เมือกกาแฟ ยีสต์ แบคทีเรีย
Arabica Coffee, fermentation process, coffee cherry, coffee slime, yeast, bacteria

บทคัดย่อ

การหมักกาแฟอะราบิกาโดยจุลินทรีย์ถือเป็นนวัตกรรมการพัฒนากลิ่นรสกาแฟคุณภาพที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามยังพบปัญหาตั้งแต่ กระบวนการหมักที่ถูกต้องและควบคุมได้ การไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก ปัญหาด้านแรงงาน เวลา การใช้ทรัพยากรน้ำที่สิ้นเปลืองรวมทั้งของเสียจากการหมักที่ถูกทิ้งให้เป็นมลภาวะ ซึ่งหัวใจสำคัญของการหมักกาแฟคือ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมักเมือกกาแฟ ได้แก่ ยีสต์ และ แบคทีเรียที่มีศักยภาพในการผลิตกลิ่นรส โครงการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพจึงได้พัฒนากระบวนการหมักกาแฟให้มีประสิทธิภาพรูปแบบใหม่ 3 กระบวนการได้แก่ การหมักกาแฟโดยเทคนิค AAF หรือการหมักโดยเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine แบบเติมอากาศและปรับกรด ที่สามารถควบคุมการหมักให้เสร็จภายในเวลา 18 ชั่วโมงมีการผลิตกลิ่นรสผลไม้ นอกจากนี้มีการใช้จุลินทรีย์ *Pichia Klyuvari* strain Pro-Y17 ในการหมักแบบไม่เติมอากาศที่มีศักยภาพดีในพื้นที่สูงและพัฒนากลิ่นรสกลุ่มชอคโกแลต และกระบวนการหมักแบบจำลองทางเดินอาหารสัตว์โดยเชื้อที่สกัดจากชะมดโดยเบื้องต้น สามารถพัฒนากลิ่นรสนมเนยให้กาแฟได้ ทั้งนี้มีการพัฒนาเครื่องช่วยหมักกาแฟทำให้ควบคุมการหมักง่ายโดยใช้หลักการของอากาศแบบยกมีการควบคุมการเติมอากาศและป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์นอกสภาวะการหมัก ต้นทุนต่ำและกำลังการผลิตไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมต่อครั้ง ผลพลอยได้จากการหมักกาแฟอันได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เมือกกาแฟ และน้ำเสียจากการหมักกาแฟมีการนำไปวิเคราะห์และนำไปใช้ประโยชน์ โดยเฉพาะเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีกรดอินทรีย์สูงสามารถพัฒนาเป็นสารปรุงแต่งรสได้เมื่อผ่านการหมักแบบกึ่งแห้งโดยเชื้อ *Streptococus spp.* และหากนำเชื้อ *Aspergillus niger* หมักสารสกัดที่ความเข้มข้น 40% จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อก่อโรคแอนแทรคโนสในกาแฟ ทั้งนี้ผลการวิจัยและพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาแบบครบวงจรเพื่อมุ่งแก้ไขปัญหาที่ตั้งไว้ ผ่านผลการทดลองที่มีการทดสอบในพื้นที่จริงและแปลงเกษตรกรเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการต่อยอดสู่ระดับอุตสาหกรรมให้เกิดความยั่งยืน มีการสร้างเครือข่ายการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมของกรมวิชาการเกษตรเพื่อสอดรับเทคโนโลยีและพัฒนา ต่อยอดให้ตอบโจทย์ความต้องการของเกษตรกร ป้องกันปัญหาที่สามารถเกิดได้ตลอด

กระบวนการผลิตในอนาคต นวัตกรรมการหมักกาแฟอะราบิกาทั้งกระบวนการใหม่และต้นแบบผลิตภัณฑ์จากโครงการจะทำให้เกษตรกรสามารถยกระดับคุณภาพกาแฟอะราบิกาให้มีการเพิ่มมูลค่า สร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัว นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรจากฐานชีวภาพตอบโจทย์ธุรกิจชีวภาพเชิงสร้างสรรค์ตามนโยบายของภาครัฐกับการเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจการฐานชีวภาพแบบครบวงจร

Abstract

Arabica fermentation valids as novel innovation for developing the flavor of coffee quality is known worldwide. However, there are still problems since incontrollable fermentation process, absence of microorganisms, labor problems, time consuming, wastewater resources, and polluted fermentation waste which related to the core of coffee fermentation 'Microorganisms' included yeast and bacteria. Arabica Coffee Fermentation Project had developed 3 new efficient coffee fermentation processes as follows: AAF techniques or oxidative fermentation using *Saccharomyces cerevisiae* strain BAwine with aerated and acidified. This technique reduces time consume to 18 hours with the production of fruit flavor. In addition, *Pichia Klyuvari* strain Pro-Y17 was used in anaerobic fermentation with good potency at high altitudes and developed chocolate flavor. Thirdly, the bio-processing fermentation imitated the animal gastrointestinal model extracted from civet enhances milk and butter flavor to coffee. Pilot coffee fermenter has been developed in parallel to facilitate these processes by using the air-lifting principle. This pilot-fermenter model help aeration controlled and evitated microbial with affordable cost and the production capacity is at less 50 kg per process. Futhermore, coffee fermentation by-products, which are Coffee cherry pulp, Coffee mucile and coffee wastewater, were analyzed and utilized. Especially, coffee pulp with high organic acid was able to develop as a flavoring agent after solid-state fermentation by *Streptococus spp*., indeed if using *Aspergillus niger*, the extract could inhibit the growth of anthracnose pathogens in coffee. These technogy have been tested in coffee farm to realize the feasibility of extending to the industrial level for sustainability. Thai Premium Coffee network affected in Department of Agriculture has been established to support this technology, extend to meet the needs of farmers, prevent problems causing throughout the production process in the future. The innovation of Arabica coffee fermentation, both new processes and product prototypes from the project, will enable farmers to raise the quality of arabica coffee to high-value added, creating farmers' identity. Finally, whole process aims to meet the creative bio-business needs in accordance with government policies with an integrated Bio-Circular-Green economy community.

บทนำ

กาแฟ เป็นเครื่องดื่มที่มีความนิยมอย่างสูงของผู้บริโภคทั่วโลก ได้ถูกจัดเป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมและการส่งออกของประเทศไทย สายพันธุ์ที่มีการนิยมปลูกในประเทศไทยคือ พันธุ์อะราบิกาที่ปลูกในภาคเหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ และพันธุ์โรบัสต้าที่ปลูกในภาคใต้ ซึ่งความแตกต่างของทั้งสองสายพันธุ์ในด้านกลิ่นรส จึงทำให้กาแฟพันธุ์อะราบิกามีกลิ่นหอมและรสชาติที่ดีกว่าพันธุ์กาแฟโรบัสต้า และได้รับความนิยมนำมาใช้ผลิตเป็นกาแฟคั่วบดมีคุณภาพและราคาสูงในท้องตลาดปัจจุบัน ในกระบวนการผลิตกาแฟจะเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของกลิ่นและรสชาติของกาแฟ โดยทั่วไปจะมีสองวิธี คือ กระบวนการแปรรูปแบบเปียก และกระบวนการแปรรูปแบบแห้ง ซึ่งแต่ละวิธีจะให้คุณภาพของเมล็ดกาแฟและกลิ่นรสที่แตกต่างกัน โดยหลังจากการเก็บเกี่ยวกาแฟจะมีการลอกเชอร์รี่ออก จากนั้นในกระบวนการผลิตกาแฟอะราบิกาคุณภาพจะใช้กระบวนการแปรรูปแบบเปียก (Sivetz, 1963) เป็นการนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการลอกเปลือกนอกออก แล้วนำมาหมักลงในถังหมัก โดยจุลินทรีย์ธรรมชาติที่มากับเมล็ดกาแฟจะทำการหมักเพื่อย่อยเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นส่วนของเพคติน น้ำตาล เฮมิเซลลูโลส และส่วนที่ไม่ละลายน้ำ จึงต้องอาศัยกิจกรรมจุลินทรีย์และเอนไซม์ในการย่อยสลาย จุลินทรีย์ที่พบส่วนใหญ่จะเป็นแบคทีเรียและยีสต์ จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการหมักเมล็ดกาแฟอะราบิกายังมีน้อยมากในประเทศไทยและการศึกษาที่ผ่านมาจะเป็นงานวิจัยทางด้านคุณภาพ เช่น ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในประเทศไทย (นนทวัชร , 2547) ทั้งนี้ในปัจจุบันเกษตกรได้ละเลยกระบวนการหมักดังกล่าวไปมาก โดยเลือกที่จะใช้กระบวนการแปรรูปแบบแห้ง เนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ แรงงานและค่าใช้จ่าย จึงส่งผลให้คุณภาพกาแฟอะราบิกาลดลง ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เกิดสารพิษและสารให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในกาแฟตามท้องตลาด นอกจากนี้ปัญหาขยะและสิ่งเหลือใช้จากกระบวนการหมักกาแฟยังส่งผลกระทบต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการกาแฟที่ส่งปัญหาด้านมลภาวะทางอากาศ น้ำและดินในโรงงานผลิตและแปลงกาแฟเองโดยสามารถสังเกตได้จากแผนภาพแสดงกระบวนการหมักกาแฟดังนี้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเจริญและความสัมพันธ์ระหว่างการหมักเมล็ดกาแฟอะราบิกาของแบคทีเรียและยีสต์ที่ระยะเวลาต่างๆของการหมักกาแฟอะราบิกาและทราบถึงระยะเวลาที่เหมาะสมของการหมัก ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการหมักโดยการเติมหัวเชื้อยีสต์เพิ่มลงไปในกระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาและประเมินคุณภาพของกาแฟคั่วบดจากเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่ผ่านกระบวนการหมักโดยการเติมหัวเชื้อยีสต์

2. เพื่อศึกษาปัจจัยในการหมักกาแฟแบบระบบแอนแอโรบิกด้วยจุลินทรีย์ เพื่อพัฒนากาแฟอะราบิกาคุณภาพ และทดลองผลิตถังหมักกาแฟอย่างง่าย ต้นทุนต่ำ ใช้ในแปลงกาแฟอะราบิกาคุณภาพ

3. เพื่อศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองระบบการย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อเก็บข้อมูลจุลินทรีย์ กลิ่น รสและสารสำคัญในระหว่างการหมักกาแฟสำหรับเป็นข้อมูลในการพัฒนาเทคโนโลยีและคุณภาพการแปรรูปกาแฟทดแทนการใช้สัตว์ในการหมักกาแฟ

4.เพื่อศึกษาสารสำคัญในเมือกกาแฟและเปลือกกาแฟและการนำใช้ประโยชน์จากเมือกกาแฟและเปลือกกาแฟในรูปแบบอาหาร

ระเบียบวิธีการวิจัย

การทดลองที่ 1 การพัฒนากระบวนการหมักกาแฟกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ

1.1 การเตรียมหัวเชื้อสำหรับการทดลอง

1.2 ศึกษาการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอะราบิกาและคุณภาพกาแฟอะราบิกาที่ได้จากการหมักในห้องปฏิบัติการ

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อ C116 2%

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อ BAwine 2%

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH), การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์, ตรวจสอบสายพันธุ์และคุณภาพกาแฟหลังหมัก

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์ในแปลงทดสอบ

2.1 ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ระหว่างการหมักเมือกกาแฟโดยวิธีปกติในสถานีทดลองอย่างน้อย 4 สถานี

2.2 ทดลองนำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออกด้วยมือ คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 500 กรัม ทำการหมัก 3 วิธีคือ หมักโดยเติมหัวเชื้อของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่คัดเลือกและไม่เติมหัวเชื้อเป็นตัวควบคุมหรือการหมักตามธรรมชาติ จาก 4 สถานี

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อ BAwine 2%

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการแปรรูปแบบแห้ง(Dry process) เพื่อแสดงความสำคัญของกระบวนการหมักกาแฟอะราบิกา

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ ตรวจสอบสายพันธุ์และคุณภาพกาแฟหลังหมัก

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกา

3.1 ทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในห้องทดลอง

กรมวิชาการเกษตร

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ 3x3+1 Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ในอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 1 หมักโดยการปรับปริมาณเกลือในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%,2.5% และ 2%

ปัจจัยที่ 2 หมักโดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง(pH), การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ และปริมาณเกลือ

3.2 ทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในห้องทดลอง

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ 3x3+1 Factorial in RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ในอุณหภูมิตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียส

ปัจจัยที่ 1 หมักโดยการปรับปริมาณกรดในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 5% และ 10%

ปัจจัยที่ 2 หมักโดยการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง(pH)และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

3.3 ทดสอบควบคุมปัจจัยต่อปริมาณเชื้อโดยใช้ถังปฏิกรณ์ชีวภาพแบบควบคุมได้เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นที่ส่งผลและควบคุมปริมาณแก๊สที่ผลิตและทดลองหมักกาแฟอะราบิกาในบ่อหมักจริงอย่างน้อย 2 สถานีวิจัยโดยใช้การแปรผันปัจจัยที่ได้จากการพัฒนาการเร่งการหมัก

การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์การหมักเมล็ดกาแฟ ได้แก่ ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ด, ความเป็นกรด-ด่าง (pH), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity : AOAC, 2000), วิเคราะห์การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ คุณภาพเมล็ดกาแฟหลังคั่วและการทดสอบทางประสาทสัมผัสและตรวจสอบคุณภาพกาแฟ

ขั้นตอนที่ 4 การศึกษากระบวนการหมัก AAF techniques ในการย่อยเมือกกาแฟและการประยุกต์ใช้ในแปลงทดลอง

4.1 ศึกษากระบวนการย่อยเมือกโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่งกราด

4.2 ทดลองนำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออกด้วยมือ คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 500 กรัม ทำการหมัก 3 วิธีคือ หมักโดยเติมหัวเชื้อของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ที่คัดเลือกและไม่เติมหัวเชื้อเป็นตัวควบคุมหรือการหมักตามธรรมชาติ จาก 4 สถานี

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

สำนักวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 2 การใช้เทคนิคใหม่ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล เปรียบเทียบผลการทดสอบกับการแปรรูปแบบแห้ง(Dry process) เพื่อแสดงความสำคัญของกระบวนการหมักกาแฟอะราบิกา

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์ ตรวจสอบสายพันธุ์และคุณภาพกาแฟหลังหมัก

ระยะเวลา ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี(เชียงราย), ศูนย์วิจัยพืชสวนเขาค้อ(เพชรบูรณ์), ศูนย์วิจัยพืชสวนมูเซอ(ตาก) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 2 ศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีอากาศน้อยในห้องปฏิบัติการ

1.1 คัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีอากาศน้อย

1.2 ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเพคตินของจุลินทรีย์ที่แยกได้

1.2.1 ทดสอบบนอาหารแข็ง Cristal Violet Pectate Medium (CVP)

1.2.2 ทดสอบการหมักเมือกกาแฟในขวดปิดสนิท

1.3 ทดสอบการหมักในสภาวะที่มีอากาศน้อยโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์

1.3.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

1.3.2 ทดสอบการหมักภายใต้ระบบแอนแอโรบิกโดยการเติมหัวเชื้อยีสต์และแบคทีเรีย

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 การทำ Acidification ด้วยกรดทาทาริก จนมีค่า pH เท่ากับ 4

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* BAwine

กรรมวิธีที่ 4 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Leuconostoc oneos*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantalum*

กรรมวิธีที่ 6 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกจากข้อ 1.2.2

2 ศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกสภาวะที่มีอากาศน้อยในแปลงทดสอบ

ทดสอบการหมักกาแฟอะราบิกาในแปลงทดสอบ 4 แห่ง ได้แก่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเพชรบูรณ์ (เขาค้อ), ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรตาก (ดอยมูเซอ), ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่ (ขุนวาง),

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี) โดยบรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 500 กรัม จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ทำการหมัก 6 กรรมวิธี โดยในการทดสอบการหมักจะเติมหัวเชื้อที่เตรียมตามวิธีข้อ 1.3.1 ปริมาตร 10 มิลลิลิตรลงในขวดหมัก หลังจากนั้นปิดฝาขวดหมักและตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมง สังเกตการหลุดของเมือกจากเมล็ดกาแฟโดยวิเคราะห์ค่าความขุ่น, ปริมาณกรดทั้งหมด, ความเป็นกรด-ด่าง

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ
กรรมวิธีที่ 2 การทำ Acidification ด้วยกรดทาทาริก จนมีค่า pH เท่ากับ 4
กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* BAwine
กรรมวิธีที่ 4 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Leuconostoc oneos*
กรรมวิธีที่ 5 ใส่หัวเชื้อแบคทีเรีย *Lactobacillus plantalum*
กรรมวิธีที่ 6 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ที่คัดเลือกจากข้อ 1.2.2

3 ศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในสภาวะที่มีอากาศน้อยโดยนำผลการทดลองในข้อที่ 2 มาศึกษาต่อ

3.1 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในขวดปิด

3.1.1 ศึกษาผลของปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟในห้องทดลอง ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 °C

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต)
กรรมวิธีที่ 2 เติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต
กรรมวิธีที่ 3 เติม 1.5% แอมโมเนียมซัลเฟต
กรรมวิธีที่ 4 เติม 2% แอมโมเนียมซัลเฟต

3.1.2 ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟในห้องทดลอง ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 °C

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง)
กรรมวิธีที่ 2 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 5 ด้วยกรดทาทาริก
กรรมวิธีที่ 3 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6 ด้วยกรดทาทาริก
กรรมวิธีที่ 4 ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 8 ด้วยกรดทาทาริก

3.1.3 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในถังหมักในห้องปฏิบัติการ

3.1.4 ทดสอบผลของปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญของยีสต์ในอาหารสังเคราะห์

กรมวิชาการเกษตร

3.2 ทดลองหมักกาแฟอะราบิกาในถังหมักอย่างน้อย 2 ศูนย์วิจัยโดยใช้การแปรผันปัจจัยที่ได้จากการพัฒนาการเร่งการหมัก

3.3 ตรวจสอบคุณภาพของกาแฟอะราบิกา

3.4 เปรียบเทียบคุณภาพกาแฟที่ได้จากการหมักในระบบปิดกับวิธีปกติและคำนวนต้นทุนการทดลองเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักแบบเดิม แบบใช้เครื่องจักร แบบการใช้สารเคมีและวิธีที่พัฒนามาใหม่

ระยะเวลา ตุลาคม 2560 – กันยายน 2562

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี(เชียงราย), ศูนย์วิจัยพืชสวนเขาค้อ(เพชรบูรณ์), ศูนย์วิจัยพืชสวนมูเซอ(ตาก) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 3 การพัฒนาต้นแบบเครื่องหมักกาแฟ

1. ดัดแปลงเครื่องช่วยหมักขนาด 20 ลิตรโดยใช้หลักการของ single-stage pilot plan ดัดแปลงตามวิธีของ Bartlett and Gerhandt (1989) และทดลองประกอบเครื่องช่วยหมักอย่างง่ายโดยประกอบส่วนประกอบทั้งสิ้น 3 ส่วนได้แก่ ชุดปั้มอากาศ ส่วนของถังหมัก และชุดเก็บตัวอย่างน้ำหมัก

2. นำสภาวะเลี้ยงเชื้อของยีสต์และแบคทีเรียภายใต้สภาวะการหมักจากเทคนิค AAF technique โกเมศ (2560) มาใช้ในถังปฏิกรณ์ชีวภาพทำการทดสอบการหมักแบบ twin-batch competition

3. ทดสอบถังหมักโดยใช้การหมักเมือกโดยใช้เครื่องช่วยหมักอย่างง่ายล้อตามการหมัก Chloramphenicol fermentation ตามวิธีของ Bartlett and Gerhardt (1989) เพื่อศึกษาภาวะที่เหมาะสมและบันทึกข้อมูล

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ควบคุมความเป็นกรดด่าง (บันทึกการเปลี่ยนแปลง pH)

กรรมวิธีที่ 2 ควบคุมความเป็นกรดด่างโดยใช้กรดทาทาริกปรับเป็น pH 3.0

กรรมวิธีที่ 3 ควบคุมความเป็นกรดด่างโดยใช้กรดทาทาริกปรับเป็น pH 3.5

กรรมวิธีที่ 4 ควบคุมความเป็นกรดด่างโดยใช้กรดทาทาริกปรับเป็น pH 4.0

กรรมวิธีที่ 5 ควบคุมความเป็นกรดด่างโดยใช้กรดทาทาริกปรับเป็น pH 5.0

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลง, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH)และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

4. ทดสอบถังหมักโดยใช้การหมักเมือกโดยใช้เครื่องช่วยหมักอย่างง่ายล้อตามการหมัก Penicillin fermentation ตามวิธีของ Bartlett and Gerhardt (1989) เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมและเวลาที่เหมาะสมในการใช้เครื่องช่วยหมัก

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ 3x3 Factorial in RCD จำนวน 3 ซ้ำ

ปัจจัยที่ 1 ควบคุมเวลาในการสกัดจำนวน 12,24,48 ชั่วโมง

ปัจจัยที่ 2 ควบคุมปริมาณน้ำที่ใช้ในการสกัดระดับ 50%, 75% และ 100% ของถังหมัก

การบันทึกข้อมูล ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลง ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids) ความเป็นกรด-ด่าง (pH)และ การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

กรมวิชาการเกษตร

5. ทดสอบถังหมักโดยใช้การหมักจริงในสภาวะสุญญากาศในสถานีวิจัย เปรียบเทียบคุณภาพกาแฟ เวลาหมักและปริมาณเมือกที่หลุดกับวิธีปกติ

การบันทึกข้อมูล การวิเคราะห์การหมักเมล็ดกาแฟ ได้แก่ ลักษณะเมือกหุ้มผิวเมล็ด ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acidity : AOAC, 942.15) วิเคราะห์การเจริญของเชื้อแบคทีเรียและยีสต์

การวิเคราะห์เมล็ดกาแฟหลังคั่ว ได้แก่ ความชื้นจากเมล็ดกาแฟโดยใช้วิธีของ The Official Analytical Chemists (AOAC 930.15) ค่าสีของเมล็ดกาแฟโดยใช้เครื่องวัดสี Chroma Meter ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity : AOAC 942.15) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids) ปริมาณเถ้าของเมล็ดกาแฟ (Ash) น้ำหนักเมล็ดกาแฟ ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีเจลดาห์ล ปริมาณสารคาเฟอีน (Caffeine) และธีโอโบรมีน (Theobromine) ด้วยเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) วิเคราะห์สารสำคัญที่ให้กลิ่นในกาแฟด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose : E-nose)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยให้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน ทดสอบชิมประเมินความชอบในคุณลักษณะของกาแฟในแต่ละด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ (Visuel) กลิ่น (Olfactive) รสชาติ (Gustative) และ ความพึงพอใจ (General Impression)

6. สรุปผลการทดลองเปรียบเทียบกับวิธีปกติ คำนวณต้นทุนการทดลองและถ่ายทอดผลงาน

ระยะเวลา ตุลาคม 2561 – กันยายน 2563

สถานที่ทำการทดลอง ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่,ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี(เชียงราย), ศูนย์วิจัยพืชสวนเขาค้อ(เพชรบูรณ์), ศูนย์วิจัยพืชสวนมูเซอ(ตาก) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 4 การใช้ผลิตผลพลอยได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินคุณภาพวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการหมักกาแฟ

ขั้นตอนที่ 2 การนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปใช้ประโยชน์

1. ศึกษาคุณภาพและคุณสมบัติของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ทางกายภาพและส่วนประกอบทางเคมีและการเปลี่ยนแปลงระหว่างการหมักแบบแห้ง (Solid-state fermentation) โดยมุ่งเน้นคุณค่าทางอาหารเป็นหลัก

2. ศึกษาปริมาณกรดอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ โดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักแบบแห้ง

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD 3 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์

กรรมวิธีที่ 2 เติมเชื้อจุลินทรีย์ *Aspergillus niger (ที่ไม่ผลิตสารพิษ)*

กรรมวิธีที่ 3 เติมเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus* spp.

กรมวิชาการเกษตร

การบันทึกข้อมูล ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Glucose, Fructose), ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง(pH), ปริมาณสารแทนนิน, ปริมาณกรดอะมิโน, ปริมาณกรดครอโรเจนิคและปริมาณสารอีเทอร์

3. ศึกษาคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (Biofungicide) ในรูปแบบสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (อัตราเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ 100 กิโลกรัมต่อหัวเชื้อ 20 ppm) ทดสอบคุณสมบัติการเกิด Clear-zone ในการยับยั้งเชื้อราจากสารสกัดโดยทดสอบการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides* ด้วยวิธี Broth Dilution Technique

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design : CRD) มี 7 ตำรับการทดลองจำนวน 5 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 7.1

ตารางที่ 7.1 การออกแบบการทดลองใช้สารสกัดจากฝักเชอร์รี่เพื่อทดสอบการยับยั้ง Collectotrichum gleosporiodes ด้วยเทคนิค Broth Dilution

กรรมวิธีการทดลอง	รหัสตำรับ	ปริมาณสารสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (%)		น้ำกลั่น (%)
		หมักที่ 30 วัน	หมักที่ 60 วัน	
1	T_1	-	-	100
2	T_2	20	-	80
3	T_3	40	-	60
4	T_4	60	-	40
5	T_5	-	20	80
6	T_6	-	40	60
7	T_7	-	60	40

ทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides*

$$\text{เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใย} = \frac{(A-B)}{A} \times 100$$

หมายเหตุ: A; เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราที่เจริญในตำรับควบคุม

B; เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อราที่เจริญบนผิวหน้าอาหารที่ใช้ในการทดสอบ

การบันทึกข้อมูล คุณสมบัติการยับยั้งเชื้อรา (Clear-zone distance), ปริมาณเซลล์ที่เหลือ และลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีของเชื้อรา

4. ศึกษาการผลิตกรดซิตริกจากเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus* spp.และเพื่อพัฒนาเครื่องปรุงรส Aromat และผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่

แผนการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 3 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus lactis* 2%

กรรมวิธีที่ 3 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus thermophilus* 2%

กรมวิชาการเกษตร

กรรมวิธีที่ 4 ใส่หัวเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus faecium* 2%

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เพื่อเริ่มทำการหมัก ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก 6 ชั่วโมงเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ผล

การบันทึกข้อมูล ปริมาณกรดซิตริก, ปริมาณกรดทั้งหมด (Total Acids), ความเป็นกรด-ด่าง (pH)และ การเจริญของเชื้อจุลินทรีย์

ทดลองผลิตสารสำคัญที่ได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟและนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารในอาหารประเภทเบเกอรี่และเครื่องดื่มเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์ในท้องตลาด

5. สรุปผลการทดลอง คำนวณต้นทุนการทดลองและถ่ายทอดผลงาน

-เวลาและสถานที่

ระยะเวลา ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ดำเนินการ ศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่, ศูนย์วิจัยพืชสวนวาวี(เชียงราย), ศูนย์วิจัยพืชสวนเขาค้อ(เพชรบูรณ์), ศูนย์วิจัยพืชสวนมูเซอ(ตาก) กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

การทดลองที่ 5 ศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์

1. คัดแยกจุลินทรีย์จากกาแฟขี้ชะมด

1.1 นำกาแฟขี้ชะมดที่ยังไม่ได้ผ่านการแปรรูป จำนวน 10 กรัม บรรจุลงในขวดหมักที่บรรจุน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 30 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน นำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient agar, MRS agar และ YM agar และสุ่มเก็บจุลินทรีย์ที่มีลักษณะโคโลนีแตกต่างกัน

1.2 ตรวจสอบสายพันธุ์ของแบคทีเรียและยีสต์แยกได้โดยวิธีทางชีวเคมีและโดยอาศัยอนุกรมวิธานระดับโมเลกุล

2. ทดสอบการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่แยกได้จากกาแฟขี้ชะมด

2.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

2.2 การหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ t-test จำนวน 2 กรรมวิธี 10 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม ไม่เติมหัวเชื้อ

กรรมวิธีที่ 2 ใส่จุลินทรีย์ผสมที่แยกจากกาแฟขี้ชะมด ในข้อ 2.1

จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส หยุดการหมักกาแฟหลังจากหมักนาน 20 ชั่วโมง

3. ทดสอบการหมักกาแฟด้วยกรดและเอนไซม์เพื่อเลียนแบบสภาวะระบบย่อยอาหารของสัตว์

แผนการทดลอง ออกแบบการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 กรรมวิธี 5 ซ้ำ

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุมที่ไม่เติมกรดและเอนไซม์

กรรมวิธีที่ 2 กรดไฮโดรคลอริก 0.01%

กรรมวิธีที่ 3 เอนไซม์เปปซิน 1.4%

กรรมวิธีที่ 4 เอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin 1.4%)

กรมวิชาการเกษตร

4. การตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

- **เวลาและสถานที่**

ระยะเวลา (เริ่มต้น – สิ้นสุด) : ตุลาคม 2562 ถึง กันยายน 2563

สถานที่ดำเนินการ: กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร, ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรที่สูงเชียงราย (วาวี)

ผลการวิจัย

การทดลองที่ 1 การพัฒนากระบวนการหมักกาแฟกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์

1. ผลการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ต่อผลของการหมักกาแฟอะราบิกา

พบว่าเชื้อยีสต์จะมีการเจริญต่อร่วมกับแบคทีเรียอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรกของการหมักเป็นต้นไป หลังจากชั่วโมงที่มีปริมาณ pH ลดลงระหว่าง 4.0 – 3.5 และพบการลดลงของปริมาณเมือกอย่างต่อเนื่อง โดยที่ 60 ชั่วโมงเป็นต้นไปมีการลดลงของเมือกอย่างรวดเร็วและหมดลงในระยะเวลาหมักครบ 96 ชั่วโมง แสดงให้เห็นสัมพันธ์กับค่าความเป็นกรดด่างที่มีการลดลงเมื่อมีการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์เพิ่มขึ้น โดยเป็นผลมาจากแบคทีเรียในกลุ่มที่สร้างกรดทำให้น้ำหมักมีปริมาณกรดเพิ่มขึ้นส่งผลให้ค่าความเป็นกรดด่างลดลงจนมีค่าเท่ากับคือ 3.64 ในขณะที่การเจริญของเชื้อแบคทีเรียจะคงที่ตั้งแต่ชั่วโมงที่ 60 และลดลงในช่วงท้ายของการหมักโดยมีจำนวนเซลล์ 6.95 log CFU/ml และการเจริญของเชื้อยีสต์จะมีปริมาณลดลงในชั่วโมงที่ 72 และจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งตั้งแต่ชั่วโมงที่ 96 จนถึงในช่วงท้ายของการหมัก จำนวนเซลล์จะลดลงเหลือ 5.20 log CFU/ml ดังแสดงในภาพที่ 1 และพบว่าเชื้อ *S. cerevisiae* มีผลต่อการหลุดของเมือกและจากเจริญเติบโตตั้งแต่ชั่วโมงที่ 12 โดยแบคทีเรียที่ส่งผลต่อการหลุดของเมือกนั้นเมื่อทำการทดสอบนั้นคือแบคทีเรียชนิด *Erwinia dissolvens* โดยเป็นกลุ่มเดียวกับ Enterobactor ที่ได้ทำการตรวจสอบทำให้ทราบถึงเชื้อจุลินทรีย์เฉพาะที่ช่วยในการหมักกาแฟและสามารถนำไปศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่อได้

ผลทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าคะแนนจากเมล็ดกาแฟคั่วที่ผ่านการหมักด้วยยีสต์ BAwine มีคะแนนคุณภาพลักษณะทางประสาทสัมผัสความชอบโดยรวมสูงที่สุดคือ 3.2±0.45 จากคะแนนเต็ม 5 และเมื่อวิเคราะห์ค่าทางสถิติ พบว่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสในทุกลักษณะทางประสาทสัมผัสต่างๆ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มผู้ทดสอบได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 60 ชั่วโมงในการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของกาแฟกับสารมาตรฐาน

2. **ผลการศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาด้วยจุลินทรีย์ที่คัดเลือกและคุณภาพกาแฟอะราบิกาที่ได้จากการหมักในแปลงทดสอบ**

พบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติ Principal Component Analysis (PCA) จากการทดสอบหมักใน 4 แหล่งผลิตกาแฟอะราบิกา สามารถแบ่งผลการหลุดลอกของเมือก (Turbidity, IC = 94.83%) แบ่งออกเป็นสามกลุ่มได้แก่ กลุ่มที่ใช้ยีสต์ช่วยหมัก กลุ่มที่ไม่ใช้ออกซิเจนและกลุ่มควบคุม และปริมาณการผลิตกรดแลคติก (Lactic Acid, IC 96.98%) ที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญแต่มีความแตกต่างกันที่ปริมาณกรดแลคติก

จากผลการทดสอบการหมักเมือกกาแฟในสภาวะจริง ผลการเปลี่ยนแปลงของจุลินทรีย์และผลการทดลอง innoculation ในสภาวะจริงจาก 4 แหล่งผลิตกาแฟอะราบิกาโดยเปรียบเทียบจาก 3 กรรมวิธีสามารถแบ่ง

กรมวิชาการเกษตร

คุณภาพการหมักได้ออกเป็น 2 กลุ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ กลุ่มควบคุม (ไม่เติมเชื้อยีสต์) กลุ่มเติมเชื้อยีสต์ แต่ไม่พบว่ามีผลต่อการผลิตกรดแลคติกจาก 2 กรรมวิธีเช่นเดียวกับการทดลองแรก ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเติมเชื้อยีสต์ไม่ส่งผลต่อการเพิ่มหรือลดของปริมาณกรดแลคติกที่ได้จากการหมักเมือกกาแฟแต่ส่งผลต่อการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างของน้ำหมัก อัตราการหลุดลอกของเมือก และการเริ่มทำงานของเชื้อแบคทีเรียแลคติกที่ส่งผลต่อคุณภาพของกาแฟและเมือกกาแฟ โดยทุกพื้นที่ผลิต (จังหวัดเชียงใหม่, จังหวัดเชียงราย, จังหวัดเพชรบูรณ์และจังหวัดตาก) เมื่อทำการทดสอบในการแฟอะราบิกาสายพันธุ์เชียงใหม่ 80 แหล่งผลิตกาแฟไม่ส่งผลต่อการหลุดลอกของเมือกดังนั้นผลของการเติมเชื้อยีสต์ส่งผลต่อการหมักเมือกกาแฟให้มีการหลุดลอกของเมือกที่สมบูรณ์อย่างมีนัยสำคัญและส่งผลต่อเวลาที่มีความรวดเร็วขึ้นจาก 72 ชั่วโมงเหลือ 24 ชั่วโมงและคุณภาพของการหมักกาแฟทำให้สารกาแฟมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี

3. ศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกา

ผลการทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในห้องทดลองที่อุณหภูมิการหมักตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียสและแปรผันปริมาณเกลือไดแอมโมเนียมในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 2.5% และ 2% ต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงพบว่าได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี one way ANOVA ต่อการหลุดของเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity) ในการทดลองที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติเป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าความน่าเชื่อถือที่ <0.0001 ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 7 – 9 ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคือ Treatment ที่ 9 ที่ใช้ปริมาณเกลือเพียง 2% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 6 – 9 ผลวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกลับเป็น Treatment ที่ 7 และ 8 ที่ใช้ปริมาณเกลือไม่เกิน3% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงแสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงส่งผลต่อการหลุดของเมือกกาแฟแต่ไม่พบความแตกต่างต่อปริมาณเกลือแอมโมเนียม

ผลการทดลองแปรผันปัจจัยในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในห้องทดลองอุณหภูมิการหมักตลอดระยะเวลาการหมัก 2 ระดับได้แก่ 30 และ 40 องศาเซลเซียสและแปรผันปริมาณกรดทาทาริกในอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาณ 3%, 5% และ 10% ต่อต่อการเพิ่มปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการหมักปริมาณ 30, 40, 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงพบว่าได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี one way ANOVA ต่อการหลุดของเมือกหุ้มผิวเมล็ดที่ลดลงโดยวัดปริมาณค่าความขุ่น (turbidity) ในการทดลองที่อุณหภูมิ 30 และ 40 องศาเซลเซียส พบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติเป็นที่ยอมรับเนื่องจากมีค่าความน่าเชื่อถือที่ <0.0001 ($p<0.05$) และเมื่อพิจารณาตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 7 – 9 ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 50 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญคือ Treatment ที่ 9 ที่ใช้ปริมาณกรดทาทาริกที่ 10% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ตาราง Correlation matrix พบว่าชุดควบคุมมีค่าแปรผันตรงกับ Treatment ที่ 4 – 9 ผลวิเคราะห์โดยใช้กระบวนการ Tukey Analysis และ

Fisher Analysis พบ treatment ที่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกลับเป็น Treatment ที่ 8 ที่ใช้ปริมาณกรดทาทาริกไม่เกิน 5% แต่ใช้ปริมาณออกซิเจนที่ 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงแสดงให้เห็นว่าปริมาณออกซิเจนที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมงส่งผลต่อการหลุดของเมือกกาแฟโดยใช้ปริมาณกรดทาทาริกไม่น้อยกว่า 5%

ผลการทดลองวัดระยะเวลาในการหมักเมือกกาแฟก่อนจะได้ค่า Max Turbidity จากการทดลองทั้ง 36 batch นั้นพบค่าเฉลี่ยอัตราการหมัก 35 ชั่วโมง โดยพบอัตราการหมักเร็วที่สุดอยู่ที่ 6 ชั่วโมง เทียบกับชุดควบคุมที่ 72 ชั่วโมง ถือว่าเร็วกว่าระยะเวลาปกติถึง 66 ชั่วโมง (12 เท่า) โดยมีการควบคุมปัจจัยต่างๆ โดยเมื่อนำผลการหลุดลอกของเมือกสูงสุดมาเทียบกับเวลาพบว่า ชุดการทดลองที่ 8 (treatment 8) ให้ผลที่น่าพอใจที่สุดและเมื่อทำการวิเคราะห์ผลทางประสาทสัมผัสยังพบว่าในชุดการทดลองดังกล่าวมีผลความชอบโดยรวม (overall impression) อยู่ใน Cluster ที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ผู้ทดสอบจะได้รับรสชาติกาแฟที่มีค่า Acidity สูงและกลิ่น off-flavor ทั้งนี้เนื่องมาจากการหมักเป็นเวลานานถึง 72 ชั่วโมงและทำให้เกิดกลิ่น Ferment (หมัก) อย่างชัดเจนเมื่อพิจารณาปริมาณ Volatile acid ที่เป็นกลุ่มกรดอาซีติกจักมีค่าสูงมากกว่า 3.5 กรัมต่อกิโลกรัมถือเป็นกลิ่นน้ำส้มสายชูที่ไม่ก่อให้เกิดผลดีต่อคุณภาพกาแฟ เมื่อพิจารณากลุ่ม Cluster ที่ให้ผลต่อการคั่วที่มีสีเข้มและความขมสูงเช่นชุดการทดลองที่ 2 (treatment 2) ถือเป็นกลุ่มที่น่าสนใจอีกกลุ่มโดยเฉพาะการผลิตกาแฟเพื่อลด Acidity และ ให้ค่าความขมและสีที่สูง ซึ่งนำไปสู่ต้นแบบการผลิตเพื่อผลิตกาแฟที่ต้องการคุณลักษณะเฉพาะของสีและรสชาติขมได้ ผลการพัฒนากระบวนการหมักโดยพบว่าการหมักกาแฟให้ได้คุณภาพดีต้องใช้ เชื้อจุลินทรีย์ Saccharomyces cerevisae ที่อัตรา 20 ไมโครกรัมต่อเฮกโตลิตร(Flore Fermentation) รวมกับปริมาณออกซิเจนที่อัตรา 5 มิลลิลิตรต่อชั่วโมง (Oxygenation) และใช้ปริมาณกรดทาทาริกไม่น้อยกว่า 5% (Acidification) ทำให้เกิดกระบวนการใหม่ที่เรียกว่า “AAF technique” (Acelerated Arabica Fermentation “Acid-Air-Flore Fermentation”)

4. การหมักกาแฟแบบ AAF techniques

4.1 ผลการศึกษาการหมักเพคตินในถังหมักในสภาวะห้องปฏิบัติการโดยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่งกราด (SEM) เคลือบเมือกโดยใช้สาร Ruthidiam Red เพื่อศึกษาการหลุดลอกของเมือกโดยการใช้เทคนิค AAF พบการหลุดลอกของเมือกโดยกระบวนการ “Polysaccharide modification” จากการ dehydration ด้วยจุลินทรีย์และสภาพสารละลายที่มีความเป็นกรดสูงทำให้น้ำที่อยู่ในเมือกกาแฟหลุดออกออกมาและการเปลี่ยนแปลงสภาพของโพลีแซคคาไรท์ทำให้เกิดการหลุดลอกของเมือกจากเมล็ดกาแฟ โดยมีการทดสอบต่อเนื่องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพสารละลายเป็นสารละลายเอทานอลพบว่าการหลุดลอกของเมือกช้ากว่าการใช้การหมักด้วยน้ำดังนั้นจึงยืนยันได้ว่าเมือกของเมล็ดกาแฟมีส่วนประกอบของน้ำเป็นปริมาณมาก

4.2 ผลการทดลองการหมักเมือกของจุลินทรีย์ *S. cerevisiae* strain BAwine ที่คัดเลือกเปรียบเทียบกับเชื้อจุลินทรีย์ที่มีศักยภาพในการย่อยเพคติน (Pectolytic activity) ได้แก่ *S. bayanus, S. marxianus, Schizosaccharomyces sp.* ใช้อาหารเลี้ยงเชื้อชนิด Crystal Violet Pectate Modified ภายในเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส พบว่าการใช้ยีสต์ในการหมักกาแฟสายพันธ์ *S. cerevisiae* strain BAwine มีศักยภาพในการหมักเพคตินเทียบเคียงได้กับจุลินทรีย์ Pectinolytic สายพันธ์ที่ใช้ทั่วไปและเหมาะสมในการควบคุมคุณภาพกาแฟ โดยเฉพาะเมื่อมีการทดสอบการใช้เชื้อร่วมกันศักยภาพในการหมักมีการดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ในสภาวะ pure culure จึงถือว่า BAwine เป็นสายพันธ์ที่เหมาะสมในการนำไปทดสอบในพื้นที่ทดสอบ นอกจากนี้คุณภาพการหลุดของเมือก ลักษณะเมือกและกลิ่นยังเป็นที่น่าพึงพอใจในการนำไปใช้ในพื้นที่ทดสอบ

กรมวิชาการเกษตร

พบการเปลี่ยนแปลงการหมักในสถานีทดลองทั้ง 4 สถานีอย่างชัดเจนเมื่อเทียบจากผลการหมักโดยจุลินทรีย์เพียงอย่างเดียวที่ได้ดำเนินการในปี 2560 โดยเมื่อวิเคราะห์ปัจจัยที่สำคัญในการหมักพบว่า AAF technique สามารถปรับปรุงการหมักกาแฟอะราบิกาได้อย่างเห็นได้ชัดกล่าวคือ

(1.) ค่าความขุ่น (Turbidity) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการหมักโดยค่าความขุ่นที่เหมาะสมในการหลุดลอกของเมือกอยู่ที่ 1,000 NTU ขึ้นไป ในปี 2560 ต้องใช้เวลากว่า 19.5 ชั่วโมงเพื่อทำระดับความขุ่นให้ได้ระดับต่างกับในปี 2561 ที่ได้ใช้ AAF technique พบว่าสามารถพัฒนาค่าความขุ่นได้ที่เวลา 6 ชั่วโมงซึ่งดีกว่าชุดควบคุมถึง 8 เท่าเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ปี 2560 ชุดควบคุมใช้เวลา 48.5 ชั่วโมงและ 2561 ชุดควบคุมใช้เวลา 50 ชั่วโมง)

(2.) ปริมาณกรดแลคติก (Lactic acid) บ่งบอกถึงการทำงานของเชื้อแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยเมือกกาแฟโดยหากมีปริมาณกรดแลคติกมากแสดงให้เห็นว่ามีการหมักย่อยเมือกกาแฟอย่างไรก็ตามได้พบปัญหาที่เรียกว่า “Lactic Sting” หรือเปรี้ยวแลคติกเกิดขึ้นในชุดทดลองที่มีการย่อยเมือกในเวลานานเกินไปทำให้กาแฟมีรสเปรี้ยวจัดไม่เป็นที่ยอมรับ อย่างไรก็ตาม AAF technique สามารถแก้ไขปัญหาการผลิตกรดแลคติกเกินความจำเป็นและควบคุมปริมาณกรดแลคติกโดยพบว่า ในการหมักโดยใช้จุลินทรีย์ในปี 2560 มีปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 17.5 กรัมต่อลิตร แต่เมื่อใช้ AAF technique พบการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 5.88 กรัมต่อลิตรแม้ทิ้งการหมักไว้ในเวลาเท่ากับชุดควบคุมและมีปริมาณเท่ากันในชุดทดสอบ Pilot plant process ซึ่งดีกว่าชุดควบคุมกว่า 2 เท่าตัว (ปี 2560 ชุดควบคุมมีปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 20.63 กรัมต่อลิตรและ 2561 ชุดควบคุมมีปริมาณกรดแลคติกเฉลี่ย 10.75 กรัมต่อลิตร)

(3.) ค่าความเป็นกรดด่าง (pH value) ส่งเสริมสภาวะแวดล้อมของการหมักย่อยเมือกกาแฟโดยหากค่า pH มีค่าต่ำกว่า 4.5 เชื้อแบคทีเรียที่ทำหน้าที่ย่อยเมือกจะเริ่มทำงานโดยเวลาในการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างให้ต่ำกว่า 4.5 นั้นโดยปกติใช้เวลานานมากและในบางการหมักพบว่าค่าความเป็นกรดด่างไม่ลดลงต่ำกว่า 4.5 ทำให้เกิดกระบวนการหมักกรดอาซีติกและการหมักคู่ขนานทำให้เกิดสารและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญในการลดลงของค่าความเป็นกรดด่างคือคุณภาพน้ำที่ใช้ในการหมักพบว่าน้ำในแต่ละสถานีทดสอบมีค่าความเป็นกรดด่างแตกต่างกันและในปี 2561 พบว่าในสถานีวิจัยพืชสวนเพชรบูรณ์น้ำมีค่าความเป็นด่างสูงมากโดยเมื่อนำมาวิเคราะห์ค่า BOD กว่า 200 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าคุณภาพน้ำไม่เหมาะสำหรับดื่ม น้ำมีคุณภาพกระด้างส่งผลต่อการหมักกาแฟและเมื่อตรวจสอบค่า TDS (Total Dissolved Solid) พบค่าสูงกว่า 300 มิลลิกรัมต่อลิตรและมีค่า PO2 ในปริมาณต่ำ จึงไม่นำผลการทดสอบจากสถานีดังกล่าวมาใช้ในการวิเคราะห์พบค่าความเป็นกรดด่างของการหมักกาแฟโดยจุลินทรีย์ในปี 2560 พบว่ามีค่า pH ต่ำกว่า 4.5 ในชั่วโมงที่ 12 และหากใช้ AAF technique จะได้ผลในชั่วโมงที่ 10 ซึ่งดีกว่าชุดควบคุมถึง 4 เท่าตัว (ปี 2560 ชุดควบคุมมีค่าความเป็นกรดด่างลดลงที่ชั่วโมงที่ 36 และปี 2561 ในชั่วโมงที่ 44)

<u>วิจารณ์คุณภาพน้ำที่เหมาะสำหรับการหมักย่อยเมือก :</u> ปัจจัยสำคัญของน้ำตั้งต้นที่ใช้ในการหมักของเชื้อจุลินทรีย์คือ ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness), ค่าความเป็นกรดด่าง(pH) และปริมาณเกลือแร่ของน้ำ (Alkalinity) โดยความกระด้างของน้ำและค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นสำคัญในการเจริญเติบโต โดนสามารถใช้ค่า TDS(Total dissolved solid) เป็นตัวประเมินโดยค่าที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 0 – 80 ppm โดยหากมีค่า TDS ระหว่าง 80 – 120 ถือว่าความกระด้างกลางถึงสูง และหากมีค่า TDS >120ppm น้ำจะถือว่ากระด้างมาก กล่าวคือปริมาณเกลือและแร่ธาตุที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์มีมากเกินไปทำให้ขัดขวางการพัฒนาและ

กรมวิชาการเกษตร

การหมัก ส่วนค่าความเป็นกรดด่างที่เหมาะสมอยู่ที่ 4.5 – 6.0 โดยหากค่า pH สูงกว่า 7.5 นั้นถือว่ามีค่าความเป็นด่างสูงทำให้ขัดขวางการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์

แนวทางการแก้ปัญหาน้ำกระด้างและค่าความเป็นกรดด่างไม่เหมาะสมจะเติมเกลือแคลเซียมหรือแอมโมเนี่ยมซัลเฟสเพื่อให้จุลินทรีย์มีธาตุอาหารมากพอที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมอย่างไรก็ตามกระบวนการดังกล่าวถือเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุที่ไม่สามารถจัดการกับคุณภาพน้ำต้นทางได้ดังนั้นหากจัดการคุณภาพน้ำได้ตั้งแต่แหล่งผลิตจักลดต้นทุนในการเพิ่มสารเคมีที่ใช้ในการหมัก

ผลการทดสอบคุณภาพเมล็ดกาแฟจากวิธี AAF technique เปรียบเทียบกับ ชุดควบคุม

พบว่าสารกาแฟที่ทำการทดลองมีค่าความชื้นหลังคั่วเฉลี่ย 9.00% และค่าสีหลังคั่วอยู่ที่ระดับ Agtron 53.33 เท่ากันทุกตัวอย่างทดสอบ โดยผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของกาแฟจากแหล่งเพาะปลูกทั้ง 4 สถานีไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกล่าวคือกาแฟมีค่าความเป็นกรดโดยรวม (Total Acidity in tartaric acid) เฉลี่ย 0.02% (STD: 0)ในขณะที่ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) 5.20 (STD: 0.10) ค่าความเค็ม (Salinity) อยู่ที่ 4.29 (STD:0.57)และมีปริมาณเถ้าอยู่เฉลี่ย 4.68 (STD: 0.20) นอกจากนี้ผลปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสพบว่า ค่าองศาบริกซ์ในกาแฟที่ใช้เทคนิค AAF technique จะอยู่ที่ 8.77 และส่งผลให้น้ำกาแฟมีค่า Total dissolved solid อยู่ที่ 251.91 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าในกาแฟที่ผ่านเทคนิคดังกล่าวมีการผลิตสารให้กลิ่นรสเพิ่มขึ้นมาโดยเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันในเมล็ดกาแฟกลุ่มนี้พบว่ามีปริมาณน้ำมันสูงถึง 13.76% (STD : 1.78) แต่ต่างกับชุดควบคุมที่ไม่หมักที่8.00% หรือประมาณ 1.2 เท่า

การทดลองที่ 2 ศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและยีสต์ระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีอากาศน้อยในห้องปฏิบัติการ

จากการคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่เจริญในระหว่างการหมักเมือกกาแฟในสภาวะที่มีอากาศน้อยเชื้อ พบการเจริญของยีสต์และแบคทีเรียแลคติกแต่ไม่พบการเจริญของรา แสดงให้เห็นว่ายีสต์และแบคทีเรียแลคติกมีความเกี่ยวข้องกับการหลุดของเมือกกาแฟ โดยในระหว่างการหมักสามารถแยกเชื้อยีสต์ได้จำนวน 53 ไอโซเลต และแบคทีเรียจำนวน 48 ไอโซเลต เมื่อนำจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้ไปทดสอบความสามารถในการย่อยสลายเพคตินในบนอาหารแข็ง CVP และทดสอบความสามารถในการย่อยเมือกกาแฟในขวดปิดสนิท พบยีสต์และแบคทีเรียที่ทำให้เกิดการหลุดของเมือกกาแฟภายในเวลา 18 ชั่วโมงจำนวน 16 และ 3 ไอโซเลต ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าการย่อยเมือกกาแฟโดยวิธีธรรมชาติ เมื่อทดสอบการหมักเมือกกาแฟในสภาวะแอนแอโรบิกหรือในสภาวะที่มีอากาศน้อยเปรียบเทียบกับการเติมกรด, การเติมเชื้อเชื้อยีสต์ BAwine และการเติมเชื้อแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และ *Leuconostoc oenos* พบว่าการเติมยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 มีผลต่อการหลุดของเมือกได้ดีกว่าการเติมกรดและการเติมแบคทีเรียแลคติกเมื่อหมักกาแฟเป็นเวลา 18 ชั่วโมง และสามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์เมื่อหมักกาแฟครบ 24 ชั่วโมง (Figure 1)

จากการจัดจำแนกสายพันธุ์ยีสต์ PRO-Y15 โดยใช้อนุกรมวิธานระดับโมเลกุล โดยเปรียบเทียบลำดับ นิวคลีโอไทด์ในโดเมน D1/D2 ของ LSU rRNA gene ของยีสต์ PRO-Y15 กับลำดับนิวคลีโอไทด์ในฐานข้อมูล GenBank พบว่าเหมือนกับ Type strain ของ *Pichia kluyveri* NRRL Y-11519^{T} (NG_055122) 99.8% จึงจัดจำแนกยีสต์ PRO-Y-15 เป็น *Pichia kluyveri*

กรมวิชาการเกษตร

2. ศึกษาการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาด้วยแบคทีเรียที่คัดเลือกในสภาวะที่มีอากาศน้อยในแปลงทดสอบ

จากการทดสอบการหมักในแปลงทดสอบ โดยวิธีธรรมชาติ (ไม่เติมจุลินทรีย์) (Figure 2) พบว่าการหลุดของเมือกกาแฟซึ่งแสดงผลเป็นค่าความขุ่น (Turbidity) มีค่าเพิ่มขึ้นในน้ำหมักของทุกกรรมวิธี และเมื่อทำการหยุดการหมักที่เวลา 72 ชั่วโมง พบว่าเมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามความแตกต่างของแปลงทดสอบมีผลต่อการหลุดของเมือกกาแฟ แสดงให้เห็นว่าผลผลิตกาแฟ,อุณหภูมิที่ใช้ในการหมักและเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติส่งผลต่อความเร็วในการหลุดของเมือกกาแฟ การปรับความเป็นกรดเริ่มต้นไม่มีผลต่อการหมักเนื่องจากหลังปรับค่าความเป็นกรด (pH 4) แล้วค่าความเป็นกรดมีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจนเท่ากับชุดทดสอบอื่นๆ แล้วจึงลดลงอีกครั้งเมื่อจุลินทรีย์ธรรมชาติในการหมักกาแฟเจริญเติบโต ทั้งนี้การปรับความเป็นกรดอาจยับยั้งจุลินทรีย์ธรรมชาติทำให้การหมักเกิดขึ้นช้าลง เมื่อเติมแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* ส่งผลให้ปริมาณกรดแลคติกสูงขึ้นรวดเร็วกว่าชุดการทดสอบอื่นๆ และทำให้ค่าความขุ่นสูงขึ้นเร็วกว่าการหมักแบบธรรมชาติแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียแลคติกส่งเสริมการหลุดของเมือกกาแฟซึ่งสอดคล้องกับผลการแยกเชื้อที่พบการเจริญของแบคทีเรียแลคติกในเพาะเลี้ยงเชื้อที่แยกจากตัวอย่างการหมักกาแฟ การเติมแบคทีเรีย *Leuconostoc oenos* และการเติมกรดให้ผลการเปลี่ยนแปลงของกรดแลคติกที่แตกต่างกันระหว่างการหมักกาแฟที่เก็บจากจังหวัดเพชรบูรณ์ และจังหวัดตาก แสดงให้เห็นว่าปัจจัยภายนอกเช่น จุลินทรีย์ในธรรมชาติของแหล่งปลูกกาแฟมีผลต่อปัจจัยที่นำมาทดสอบ และมีแนวโน้มว่าระบบการหมักที่เหมาะสมสำหรับการหมักเมือกกาแฟอาจแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ การเติมยีสต์ BAwine และการเติมยีสต์ PRO-Y15 ทำให้เกิดการหลุดของเมือกได้ดีในสภาวะไร้อากาศ และทำให้เกิดการหลุดของเมือกได้เร็วกว่าเมื่อเติมแบคทีเรียแลคติก (Figure 3)

3. ศึกษากระบวนการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในสภาวะที่มีอากาศน้อย

3.1 ผลของปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟ

จากการทดสอบการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในสภาวะที่มีอากาศน้อย โดยแปรผันปริมาณเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตให้มีความเข้มข้น 1%, 1.5% และ 2% พบว่าที่อุณหภูมิ 20°C การหลุดของเมือกกาแฟของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นได้ช้า ใช้เวลามากกว่า 120 ชั่วโมง ซึ่งสอดคล้องกับสภาพภูมิอากาศบนยอดดอยที่มีอุณหภูมิต่ำและต้องใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟนาน การเติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตไม่ส่งผลต่อการเร่งการหลุดของเมือกกาแฟในชุดควบคุม แต่ในทางตรงกันข้ามเมื่อเติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในระบบหมัก ช่วยเร่งการหมักกาแฟที่อุณภูมิ 20 °C ได้ โดยยีสต์ BAwine ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 72 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 54 ชั่วโมง การเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ช่วยเร่งการหมักเมือกได้ดีที่สุด โดยยีสต์ PRO-Y15 ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 36 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 30 ชั่วโมง ซึ่งถือได้ว่าเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีประสิทธิภาพในการใช้เตรียมเป็นหัวเชื้อในการหมักกาแฟที่อุณหภูมิต่ำ เมื่อทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 30 °C การหลุดของเมือกกาแฟของชุดควบคุมที่ไม่มีการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์เกิดขึ้นภายในเวลา 48 ชั่วโมง การเติมแอมโมเนียมซัลเฟตไม่ส่งผลต่อการเร่งการหลุดของเมือกกาแฟในชุดควบคุม เมื่อเติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในระบบหมัก ช่วยเร่งการ

กรมวิชาการเกษตร

หมักกาแฟที่อุณภูมิ 30 °C ได้ โดยยีสต์ BAwine ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 36 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 30 ชั่วโมง การเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ช่วยเร่งการหมักเมือกได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุมและชุดที่เติมยีสต์ BAwine โดยยีสต์ PRO-Y15 ใช้เวลาในการทำให้เมือกหลุดอย่างสมบูรณ์ภายใน 24 ชั่วโมงและเมื่อเติม 1% แอมโมเนียมซัลเฟต ทำให้ระยะเวลาในการหมักเมือกลดลง โดยเมือกจะหลุดภายใน 18 ชั่วโมง อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของแอมโมเนียมซัลเฟตที่สูงขึ้นไม่มีผลต่อการเพิ่มความเร็วในการหมักเมือกกาแฟ

เมื่อทดสอบผลของแอมโมเนียมซัลเฟตต่อการเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในอาหารสังเคราะห์เพคติน พบว่าการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตส่งผลในการเพิ่มการเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 เล็กน้อยหลังจากบ่มในสภาวะนิ่ง 24 ชั่วโมงขึ้นไป แต่ในสภาวะที่มีการกวน 100 รอบต่อนาที การเติมแอมโมเนียมซัลเฟตให้ผลการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 น้อยกว่า ในอาหารที่ไม่มีการเติมแอมโมเนียมซัลเฟตและการเพิ่มปริมาณแก๊สที่ละลายในน้ำโดยการกวนในระบบหมัก 100 รอบต่อนาที เมื่อเปรียบเทียบการเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ที่บ่มในระบบปิด (อากาศน้อย) ในสภาวะนิ่ง (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 0-2.5 mg/L) เปรียบเทียบกับสภาวะที่มีการกวน 100 รอบต่อนาที (ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ 5 mg/L) พบว่าการกวนเพื่อเพิ่มปริมาณแก๊สที่ละลายในน้ำส่งเสริมการเจริญของยีสต์ BAwine เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในขณะที่การกวนเพิ่มการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 สูงกว่าการเจริญของยีสต์ BAwine 10 เท่า

3.2 ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักเพื่อเร่งการหมักเมือกกาแฟ

จากการทดสอบการเร่งการหมักเมือกกาแฟอะราบิกาในสภาวะที่มีอากาศน้อยโดยแปรผันความเป็นกรด-ด่าง เปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ที่อุณหภูมิ 20 และ 30 °C เบื้องต้นพบว่าการปรับค่าความเป็นกรดด่างในช่วง pH 5-8 ไม่มีผลต่อการเร่งการหลุดของเมือกกาแฟในทุกกรรมวิธี อาจเนื่องมาจากยีสต์และแบคทีเรียแลคติกตามธรรมชาติรวมถึงหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 สามารถเจริญได้ดีใกล้เคียงกันในช่วง pH 5-8 จึงอาจสรุปเบื้องต้นได้ว่าน้ำที่มีค่าความเป็นกรดด่างช่วง pH 5-8 สามารถใช้ในการหมักเมือกกาแฟได้

จากผลการทดสอบการหมักเมือกกาแฟในข้อ 3.1 และ 3.2 พบว่า ปริมาณของเกลือแอมโมเนียมซัลเฟตและค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมต่อการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบปิดที่มีอากาศน้อยได้ดังนี้ 1.) การเติมเกลือแอมโมเนียซัลเฟตมีผลต่อการส่งเสริมเจริญของยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 ในสภาวะนิ่ง เพียงเล็กน้อย จึงไม่จำเป็นต้องเติมลงในระบบการหมักกาแฟ เนื่องจากเป็นการเพิ่มต้นทุนในการหมักกาแฟ ความเป็นกรดด่างที่เหมาะสำหรับการเจริญอยู่ในช่วง 5-8 จึงไม่จำเป็นต้องปรับค่าความเป็นด่างของระบบหมัก 2.) เนื่องจากการทดลองนี้เป็นการศึกษาการหมักกาแฟในแบบไม่ใช้ออกซิเจน แต่จากการทดสอบพบว่าการเพิ่มปริมาณแก๊สออกซิเจนที่ละลายในน้ำและการกระจายตัวของจุลินทรีย์ โดยการกวน 100 รอบต่อนาทีส่งผลต่อการเพิ่มการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 สูงขึ้น 10 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับการบ่มในสภาวะนิ่ง ในขณะที่การกวนไม่มีผลต่อการเพิ่มการเจริญของ BAwine แสดงให้เห็นว่ายีสต์ PRO-Y15 ซึ่งเป็นยีสต์ที่มีความสามารถในการย่อยเมือกกาแฟนั้นมียัง

กรมวิชาการเกษตร

มีความต้องการออกซิเจนในการเจริญ ดังนั้นการกวนระบบหมักจะช่วยส่งเสริมการเจริญของยีสต์ PRO-Y15 ได้ดียิ่งขึ้นและสามารถเกิดการย่อยเมือกได้เร็วขึ้นโดยไม่ต้องเติมออกซิเจนจากภายนอก

3.3 ทดลองหมักกาแฟอะราบิกาในถังหมัก

เมื่อทำการทดสอบการหมักในแปลงทดสอบโดยใช้กรรมวิธีเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ในระบบที่ไม่ต้องควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง (pH 5-8) และไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และที่ไม่เติมหัวเชื้อยีสต์ ผลการทดสอบพบว่าในระหว่างการหมักมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิแวดล้อมในช่วงเวลากลางวันและเวลากลางคืน โดยมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 14-27 °C ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นมีค่าอยู่ระหว่าง 6.5-7.5 แต่อย่างไรก็ตามกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ในระบบหมักที่ไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟตทำให้เกิดการหลุดของเมือกกาแฟอย่างสมบูรณ์ได้เร็วที่สุดในทุกแปลงทดสอบ โดยการหลุดของเมือกกาแฟเกิดขึ้นภายใน 20-24 ชั่วโมงหลังเริ่มการหมักกาแฟ (Table 1-2) การทดสอบในแปลงทดสอบพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์เกิดการหลุดของเมือกกาแฟเร็วกว่าอาจเนื่องมาจากอุณหภูมิแวดล้อม (20-27 °C) สูงกว่าแปลงทดสอบในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย (14-23 °C)

จากเก็บข้อมูลค่าความขุ่นของการหมักกาแฟให้ผลเป็นไปในรูปแบบเดียวกันทั้ง 4 แปลงทดสอบ โดยค่าความขุ่นของกรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ แสดงให้เห็นถึงการเจริญของยีสต์และการหลุดของเมือกกาแฟ ซึ่งทำให้เกิดความขุ่นในน้ำหมัก ผลการทดสอบดังกล่าวสอดคล้องกับการทดสอบโดยการสัมผัสเมล็ดกาแฟ โดยพบว่าเมื่อเวลาของการหมักผ่านไป 12 ชั่วโมง เมือกกาแฟเกิดการอ่อนตัว ไม่เกาะแน่นที่เมล็ดกาแฟ เมื่อกวนระบบหมักหรือใช้มือถูเมล็ดเพียงเล็กน้อยเริ่มเกิดการหลุดร่อนของเมือกกาแฟ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีการเติมเชื้อยีสต์เมือกกาแฟยังคงเกาะเมล็ดแน่น แม้ว่าจะล้างทำความสะอาดเมล็ดกาแฟด้วยน้ำหลังจากหยุดการหมักไม่สามารถทำให้เมือกหลุดออกจากเมล็ดกาแฟได้ ส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการตากกาแฟเพื่อลดความชื้นใช้เวลามากขึ้นและเกิดการปนเปื้อนของเชื้อราได้ง่าย ซึ่งส่งเสียผลต่อคุณภาพของกาแฟ

การตรวจสอบคุณภาพของกาแฟที่ได้จากการหมักโดยการไม่เติมหัวเชื้อ, เติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และเติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 ร่วมกับการเติมและไม่เติมเกลือแอมโมเนียมซัลเฟต เป็นระยะเวลา 20 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่าคุณสมบัติทางกายภาพของกาแฟที่ทำการหมักในแต่ละกรรมวิธีมีค่าใกล้เคียงไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อทดสอบการชิม (Cupping) พบว่ากรรมวิธีที่ไม่เติมหัวเชื้อ, เติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ เติมหัวเชื้อยีสต์ PRO-Y15 มีคะแนนจากการชิม (Cupping score) คือ 68.75±1.7, 78.75±4.4 และ 78.00±5.1 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยวิธี One-Way ANOVA โดยใช้การเปรียบเทียบแบบ Tukey พบว่ากรรมวิธีที่เติมหัวเชื้อยีสต์ BAwine และ PRO-Y15 มีคะแนนจากการชิม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) แต่ทั้งสองกรรมวิธีมีคะแนนสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่เติมหัวเชื้อ (ชุดควบคุม) อย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) ทั้งในสภาวะที่เติมและไม่เติมแอมโมเนียมซัลเฟต แสดงให้เห็นว่าหัวเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดนอกจากจะมีผลในการช่วยเร่งการหลุดของเมือกกาแฟแล้วยังส่งผลต่อการเพิ่มคะแนนการชิม (Cupping score) อีกด้วย โดยกลไกการพัฒนากลิ่นช็อกโกแลตของ *Pichia kluyveri* นั้นยังไม่มีการศึกษาอย่างแน่ชัด แต่สอดคล้องกับรายงานของ Crafack และคณะ (2013) ซึ่งรายงานว่า *Pichia kluyveri* นั้นช่วยเพิ่มกลิ่นรสในโกโก้ได้ และให้เพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสให้กับโกโก้ได้สูงกว่าการหมักตามธรรมชาติ

การทดลองที่ 3 การพัฒนาต้นแบบเครื่องหมักกาแฟ

1. ผลการดัดแปลงเครื่องช่วยหมักกาแฟโดยใช้หลักการของ Single-stage pilot plan

การพัฒนาต้นแบบถังหมักกาแฟโดยใช้หลักการของ Single-stage pilot plan ประกอบด้วย (1.) การพัฒนาตัวถัง (2.) ระบบจ่ายอากาศ (3.) ระบบเติมสาร (4.) ระบบเก็บผลผลิต พบว่าการใช้ระบบการหมักแบบ AAF technique ที่ใช้ปริมาณออกซิเจนไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาที ด้วยการจ่ายอากาศแบบเทอบีน (turbine) สามารถกระจายอากาศได้ทั่วถังดีที่สุดซึ่งระบบเทอบีนจะควบคุมการลดลงของแก๊สออกซิเจนและการเพิ่มขึ้นของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับที่สม่ำเสมอเมื่อใช้ปั๊มจ่ายอากาศขนาด 6 ลิตรต่อนาที โดยพบการไหลออกของอากาศ (fluxed air) ในอัตราที่คงที่ที่ 100 ลิตรต่อวันตาม

ทดสอบประดิษฐ์ต้นแบบถังหมักขนาด 50 ลิตรใน โดยใช้วัสดุสแตนเลสเกรด 304 หรือ 18/8 ซึ่งเป็นสแตนเลสที่มีสารโครเมี่ยมอยู่ 18% นิกเกิ้ล 8% โดยมีความสามารถทนต่อการเกิดสนิม (Oxidation) และทนการกัดกร่อนต่างๆได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมีสารนิกเกิ้ลจึงทำให้แม่เหล็กดูดไม่ติด มีปริมาณคาร์บอนต่ำจึงมีความเหนียวสูงและตรงตามมาตรฐาน มอก. สำหรับถังบรรจุน้ำสำหรับบริโภคมีท่อระบาย 2 จุดได้แก่ (1.) ท่อระบายเมือกมีตะแกรงกันเมล็ดกาแฟหลุดด้านล่าง (2.) ท่อปล่อยเมล็ดกาแฟสำหรับระบายเมล็ดกาแฟที่หมักเสร็จด้านหน้ามีฝาปิดถอดได้และมีปั๊มจ่ายอากาศคงที่ขนาด 6 ลิตรต่อนาที

ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในถังหมักพบว่าจากการประยุกต์ใช้ AAF technique โดยใช้เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* strain BAwine ทดสอบการเจริญเติบโตในถังหมักโดยมีการปรับกรด (Acidification) โดยกรดทาทาริกที่ 20 ppm โดย pH เริ่มต้นอยู่ที่ 4.5 และให้อากาศต่อเนื่องที่ 6 ลิตรต่อนาที เชื้อยีสต์จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วตั้งแต่ 24 ชั่วโมงแรกของการหมักเป็นต้นไป โดยมีจำนวนเซลล์ 6.95 log CFU/ml และการเจริญของเชื้อยีสต์จะมีปริมาณลดลงในชั่วโมงที่ 72

2. ผลการทดสอบการหมักจากต้นแบบเครื่องช่วยหมักล้อตามการหมัก

2.1 ผลการทดสอบการหมักแบบ Chloramphenical ที่สามารถกำหนดปริมาณกรดด่างที่เหมาะสม

จาก ผลการทอลอง พบว่ากรรมวิธีที่ 4 ที่ได้ทดสอบปรับกรดทาทาริกที่ pH 4.0 ตอบสนองการหลุดลอกของเมือกได้ดีที่สุดโดยพบว่าเมือกหลุดหมดในเวลาไม่เกิน 18 ชั่วโมง (99.89% จาก NTU 1,500) โดยในกรรมวิธีที่ 2 และ 3 ที่ปรับ pH ที่ 3.0 และ 3.5 ตามลำดับพบการหลุดลอกของเมือกเช่นเดียวกันแต่ในปริมาณที่ต่ำกว่าที่อัตรา 80% และ 66.67% ซึ่งในกรรมวิธีที่ 5 พบการหลุดลอกของเมือกที่ชั่วโมงที่ 18 น้อยมากเพียง 26.67% ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ถังหมักสามารถนำกระบวนการ AAF techniques ในการปรับกรดที่ pH 4.0 ประยุกต์ใช้ได้ โดยเมื่อติดตามปริมาณความเป็นกรดด่างพบว่ากรรมวิธีที่ 4 มีความเสถียรสูงซึ่งแตกต่างกับชุดควบคุมที่มีการลดลงของเมือกที่ต่ำและมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดด่างมากโดยเฉพาะหลังจากชั่วโมงที่ 18 จึงได้นำถังหมักไปทดสอบในพื้นที่ทดลองจำนวน 3 สถานีทดลองเมื่อยืนยันผลการทดลอง พบว่าการหมักโดยใช้ถัง CFerm จะมีลักษณะเด่น 3 ประการได้แก่ ลดการผลิตกรดอินทรีย์และสารก่อรสขมไม่พึงประสงค์ (Acetic Acid กว่า 57%, Furfural กว่า 25% และ Pyrazine กว่า 44%) ผลิตกลิ่นรสที่น่าสนใจได้เพิ่มขึ้นได้แก่ Ethanone (กลิ่นผลไม้), ∂-butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β-damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่นผลไม้) ทั้งนี้การใช้กระบวนการหมักดังกล่าวส่งผลถึงปริมาณคาเฟอีนอย่างมีนัยสำคัญโดยพบการลดลงของปริมาณคาเฟอีนกว่า 38% อีกด้วย

กรมวิชาการเกษตร

2.2 ผลการทดสอบการหมักแบบ Penicillin เพื่อศึกษาเวลาและปริมาณน้ำที่เหมาะสม

ปัจจัยที่ส่งผลต่อการหมักทั้งระดับน้ำและการหลุดลอกของเวลาการหมักนั้นส่งผลชัดเจนต่อการใช้ต้นแบบถังหมัก (Water fill 50 – 100%) ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการหมักตามวิธีดั่งเดิม (เติมน้ำท่วมระดับบ่อหมัก : Submerged with microbial inoculation) จะมีการหลุดลอกของเมือกที่แตกต่างกันและการเจริญเติบโตของเชื้อที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ หากปริมาณน้ำไม่เพียงพอหรือเติมน้อยกว่า 50% แม้จะเกิดการหลุดลอกของเมือกแต่การเจริญเติบโตของเชื้อจะช้ากว่าการใช้น้ำที่ 75% ขึ้นไปและชะลอเมื่อใช้น้ำปริมาณมาก (submerge) ซึ่งนอกจากจะทำให้เกิดการสิ้นเปลืองน้ำในการหมักแล้วการเจริญเติบโตจะช้าลงอีกด้วย ปัจจัยที่ส่งผลต่อการใช้ถังหมักที่สำคัญคือปริมาณน้ำที่เหมาะสมระดับไม่น้อยกว่า 75 – 100% ของปริมาณกาแฟและระยะเวลาในการหมักไม่เกิน 24 ชั่วโมง (18 ชั่วโมงตามเวลาแนะนำของ AAF techniques, โกเมศ (2560) นอกจากนี้พบผลการทดสอบว่าการใช้ถังหมักนี้สามารถพัฒนาการหมักกาแฟแบบยังยืนยันการผลิตกลิ่นรสเฉพาะของกาแฟได้แก่การเพิ่มขึ้นของ Ethanone (กลิ่นผลไม้), ∂-butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β-damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่นผลไม้) ซึ่งเวลาการหมักและปริมาณน้ำนี้ยังลดทรัพยากรในการหมัก ต้นทุนและสามารถนำไปทดลองกระบวนการที่เหมาะสมของกาแฟในพื้นที่ต่างๆที่จะนำถังหมักไปทดสอบได้ โดยสามารถกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมเพื่อการหมักให้ได้คุณภาพดีและส่งเสริมการลดต้นทุนการผลิตอีกด้วย โดยผลการเปรียบเทียบผลการใช้ถังหมักและวิธีหมักแบบบ่อหมักเดิม พบการผลิตกลิ่นที่แตกต่างชัดเจน

2.3 ผลการปรับปรุงต้นแบบเครื่องช่วยหมักที่แก้ไขระบบจ่ายอากาศและการเก็บผลผลิต

การปรับปรุงต้นแบบเครื่องช่วยหมักกาแฟจากผลการทดสอบการหมักกาแฟจากรุ่น CFerm1พบว่าระบบที่มีปัญหาต่อการหมักคือ “ระบบจ่ายอากาศ” ซึ่งระบบเดิมจะใช้ท่อจ่ายอาหารและหัวจ่ายแบบพ่นฝอยเทอบีนที่ระดับต่ำทำให้ระดับการเติมอากาศที่คาดไว้ต่ำกว่า 6 ลิตรต่อนาทีโดยเฉพาะเมื่อเมือกกาแฟเริ่มหลุดเกิดการทับถมของเมือกบริเวณจุดจ่ายอากาศ ซึ่งถังหมักรุ่นที่พัฒนาใหม่จะมีการพัฒนาระบบจ่ายอากาศแบบเทอบีนฝังส่วนฝาโดยมีรูเจาะความยาว 80% ของตัวถังเพื่อให้ระบบจ่ายอากาศสามารถมีการจ่ายอากาศที่สม่ำเสมอลดอัตราการทับถมของเมือกกาแฟระหว่างการหลุดทำให้ได้อัตราการเติมอากาศที่สม่ำเสมอที่ 6 ลิตรต่อนาทีและปริมาณการไหลของอากาศ (flux air) ตลอดกระบวนการหมักตามที่ต้องการที่ 600 ลิตร

นอกจากนี้มีการพัฒนาระบบแยกเมือกออกจากกาแฟที่หมักและโดยใช้ตะแกรงฝังแยกเพื่อสามารถเก็บเมือกได้ทันทีที่หมักเสร็จ และปรับปรุงขาตั้งให้สามารถเคลื่อนย้ายได้เพื่อให้สามารถย้ายทำความสะอาดได้สะดวก ตัดระบบเติมกรดออกเนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีการเติมกรดตลอดเวลา ถังดังกล่าวได้พัฒนาไปในรูปแบบที่ชื่อว่า CFerm2 ซึ่งมีการนำไปทดสอบการหมักในสภาวะจริง พบว่าการทดลองใช้ถังหมักรุ่นเติมอากาศรุ่น Cferm2 มีประสิทธิภาพการหมักที่ดีกว่าการหมักโดยระบบปกติในทั้ง 4 สถานที่ทดสอบโดยพบว่าเมื่อทำการทดสอบโดยกระบวนการ AAF techniques ประสิทธิภาพการย่อยเมือกจะดีกว่าวิธีควบคุมหรือการหมักโดยวิธีปกติอีกทั้งสามารถควบคุมค่าความเป็นกรดด่าง (pH) รวมทั้งการเติมอากาศที่ดีกว่ารุ่น CFerm1 นอกจากนี้ยังง่ายต่อการเก็บเมือกเพื่อนำไปใช้ทดสอบต่อหรือเพื่อนำมาใช้ในการหมักซ้ำและการเก็บเมล็ดกาแฟที่หมักเสร็จอีกด้วย

ความแตกต่างของถังหมักที่ออกแบบเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักและง่ายต่อการเก็บเมือกกาแฟและเก็บสารกาแฟที่หมักเสร็จแล้วโดยการเพิ่มท่อสำหรับป้อนอาหารทางด้านบนป้องกันการรั่วซึมของแก๊สและยกตะแกรงสูงเพื่อสะดวกต่อการเก็บเมือกและแยกสารกาแฟจากเมือกกาแฟได้ เพิ่มโครงเหล็กสี่เส้นเป็นฐานที่สามารถยกออกได้รอบถัง พบว่าชุดปรับปรุงที่ 2 มีประสิทธิภาพการหมักที่ดีขึ้นกว่าชุดที่ 1 และดีกว่าบ่อหมัก

กรมวิทยาศาสตร์

กาแฟโดยสามารถควบคุม pH และ Turbidity ได้ดีในทุกพื้นที่ทดสอบและลดเวลาการหมักอย่างชัดเจน ส่วนสำหรับต้นทุนการผลิต พร้อมการนำไปใช้ประโยชน์พบว่าการใช้ถังหมักเพิ่มต้นทุนที่ 5 บาทจากวิธีแบบเดิมซึ่งยังถูกกว่าการใช้เครื่องคัดเมือก เอนไซม์และวิธีทางเคมี นอกจากนี้วิธีเดิมจะใช้น้ำและมีสิ่งเหลือใช้เยอะมาก ทำให้ต้นแบบถังหมักถือเป็นทางเลือกที่ดีในการแปรรูปกาแฟชนิดใหม่ที่มีคุณภาพ

3. ผลการทดสอบการหมักในพื้นที่ทดสอบจริง

ผลการทดสอบต้นแบบถังหมัก(ปรับปรุง 2) โดยถังหมักขนาด 100 ลิตรได้ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ทดลองทั้งสิ้น 4 ศูนย์วิจัยในการทดสอบการหมักกาแฟอะราบิกา พบผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของการทดสอบหมักโดยถังหมักและการหมักแบบดังเดิมพบผลวิเคราะห์โปรไฟล์กลิ่นโดยเครื่อง GC-SPME-FID-O-MS โดยพบความแตกต่างในกลุ่มสาร Furfural, Pyrazine และ 2-formylthiophene, Ethanone ที่มีปริมาณมากซึ่งเป็นสารให้กลิ่นผลไม้ เมื่อใช้ถังหมักต้นแบบและพบสาร 5-methyl-2-furancarboxaldehyde และ 2-methylbutanal ที่ให้กลิ่นน้ำตาลไหม้ในชุดควบคุมมากกว่าแสดงให้เห็นว่าถังหมักสามารถควบคุมการผลิตกลิ่นสารสำคัญได้ดีจากการหมักนอกจากนี้ยังพบว่าการใช้ถังหมักนี้มีการลดลงของเวลาการหมักและความคงตัวของปริมาณกรดด่างตามผลทดลองในพื้นที่ทดสอบทั้ง 4 แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ถังหมักในการหมักกาแฟที่ควบคุมได้

การทดลองที่ 4 การใช้ผลิตผลพลอยได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟ

1. ผลการประเมินคุณภาพผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟ ผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟจนถึงกระบวนการตากกาแฟแบ่งออกเป็น 3 ผลผลิตได้แก่

1.1 เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ (Cherry)

ผลการศึกษาคุณภาพของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณ 60% ของผลผลิตกาแฟพบว่ามีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนมากถึง 31.30% ตามด้วยปริมาณ Crude fiber 21.40% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 12.40% โปรตีน 10.10% แทนนิน 7.80% และสารประกอบอื่นๆ 17% ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปรุงรสเนื่องจากสารกลุ่มไนโตรเจนที่มีอยู่มากตอบสนองดีต่อการหมัก และสารแทนนินและ Reducing Sugar สามารถนำไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในแปลงทดสอบได้

1.2 เมือกกาแฟ (Mucilage)

- ผลการศึกษาเมือกกาแฟที่ได้จากการหมักโดยมีปริมาณเพียง 10% ของเมล็ดกาแฟพบว่า มีปริมาณน้ำที่สูงพบว่ามีน้ำเป็นส่วนประกอบถึง 84.20% และโปรตีน 8.00% และสารประกอบอื่น 7.8% โดยพบว่าสามารถนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบโดยเฉพาะปริมาณโปรตีนละน้ำตาลที่เหลือในเมือกกาแฟสามารถพัฒนาเป็นสารเคลือบผลไม้ได้เพราะมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสามารถนำกากใยไปพัฒนาเป็นสารสกัดมูลค่าสูงได้เพราะมีโปรตีน

1.3 น้ำเสียจากการหมักกาแฟ (Waste water)

ผลการวิเคราะห์ พบปริมาณน้ำที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปกาแฟจากการสีเปลือก หมักและล้างเมล็ดกาแฟมีปริมาณมากโดยปริมาณกาแฟ 49 กรัมจะใช้น้ำในการแปรรูปที่ 1 ลิตร ซึ่งหากผลิตกาแฟ 1 ตันจะใช้น้ำในการแปรรูปสูงถึง 20,408 ลิตร โดยเมื่อนำน้ำที่ใช้ในการหมักกาแฟมาตรวจคุณภาพพบว่าค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 4.27 – 4.40 ค่า COD อยู่ที่ 9,270 – 14,800 ค่า BOD อยู่ที่ 472 – 551 โดยพบว่าในน้ำเสียจากการหมักกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร

นั้นเมื่อเทียบกับมาตรฐานของ ISI standards พบว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีและน้ำดังกล่าวจะเน่าเสียได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามยังพบสารประกอบสำคัญมากมายได้แก่ Unrefined pectin ที่มีปริมาณ dietary fiber สูง หรือสารสำคัญจาก antioxidant กลุ่ม flavonoids ที่เกิดจากกระบวนการ deesterified ของเมือกกาแฟดังนั้นการเก็บน้ำหมักผสมกับเมือกจึงเป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ได้

2. การนำเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟไปใช้ประโยชน์

2.1 ผลทดสอบการหมักแบบ Solid state fermentation ของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ

ผลการทดสอบการศึกษาการหมักแบบ Solid state fermentation (SSF) ของเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟโดยใช้ความร้อนโดยการทดสอบผลของ Mycelium activity และ Sporulation ของเชื้อราต้นแบบ *Aspergillus niger* strain PRO17 ที่ไม่ผลิตสารพิษภายใต้ปัจจัยที่ส่งผลสูงสุดของเชื้อรา (static condition) พบการเจริญเติบโตของเชื้อที่ 32% ที่ ชั่วโมงที่ 12 และสูงสุดที่ 75% หลังจากชั่วโมงที่ 33 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการเติมเชื้อต่อเนื่องพบว่าค่า bonded particle จะมีค่าไม่เกิน 33% โดยปริมาณต่ำสุดที่เติมอยู่ที่ 2% ต่อวันโดยปริมาณ bonded particle จะไม่เกิน 30% ตลอดกระบวนการหมัก SSF โดยในปริมาณที่มากขึ้นกลับทำให้ค่า bonded particle ลดลงตามลำดับซึ่งมีผลชัดเจนต่อการหมักแบบ SSF นั่นเองโดยผลการทดสอบปริมาณ bonded particle เมื่อสิ้นสุดการหมักที่ 48 ชั่วโมงอยู่ที่ 28.7±1.2 % ขณะที่ปริมาณสูงสุดของการเติมเชื้อทดสอบที่ 8.0 ต่อวันมีค่าเพียง 8.9±0.2 % โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ซึ่งผลการทดสอบนี้ส่งผลให้ทราบถึงปริมาณเชื้อ *A. niger* strain PRO17 ที่นำไปใช้ทดสอบในการหมักแบบ SSF กับเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้พบว่าค่า PME activity มีค่ากิจกรรมเอนไซม์ที่ 47 mU ต่อกรัมของวัตถุดิบโดยมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่า 70.7 mU

2.2 ผลของการทดสอบการหมักปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยการวิเคราะห์ด้วยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักแบบแห้งพบว่า Table 5 แสดงปริมาณของกรดอินทรีย์ปริมาณมากที่เกิดจากการทดสอบหมักโดยเชื้อกลุ่ม *Streptococcus spp.* ปริมาณมากกว่า 5.26 mg/l โดยมีปริมาณกรด chlorogenic acid และ cafeic acid ด้วยซึ่งแสดงให้เห็นว่าเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์กรดสูงส่วนการทดสอบโดย *Aspergillus niger* พบว่ามีการสกัดแทนนินสูงและปริมาณกรดอินทรีย์สูง 2.3 ผลการทดสอบคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อรา (Biofungicide) ในรูปแบบสารสกัดเอทานอลจากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ พบผลการทดสอบคุณสมบัติการเกิด Clear-zone ในการยับยั้งเชื้อราจากสารสกัดหมักในรูปแบบ Solid state fermentation และผลการยับยั้งเชื้อราในห้องปฏิบัติการตาม Figure 3 โดยการใช้สารสกัดจากเปลือกกาแฟเพียง 40%

จากการพ่นสารสกัด CPE (Cherry Pod Extract) ที่ 40% ในต้นกาแฟระยะใบผีเสื้อคุมในระบบโรงเรือนและทำการ inoculation เชื้อรา *Colletotrichum gleosporoides* ไปเป็นเวลา 1 สัปดาห์โดยการพ่นพบการแสดงออกของโรคแอนแทรคโนสในชุดควบคุมที่ 83.33% จากกลุ่มตัวอย่าง 30 ต้น (30:30) โดยมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 (p-value <0.01) โดยพบว่าสารสกัด CPE สามารถควบคุมการเกิดโรคแอนแทรคโนสในต้นกาแฟระยะปีกผีเสื้อได้โดยมีความจำเป็นต้องนำไปทดสอบในแปลงทดสอบเพื่อการยืนยันผลการนำชีวภัณฑ์ไปใช้ประโยชน์ โดยสารสกัด CPE นี้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำด้วยใช้วัตถุดิบในแปลงเกษตรกรที่เหลือทิ้งจากการแปรรูปกาแฟทำให้มีค่าใช้จ่ายเพียงการผลิตเชื้อ *Aspergillus niger* ที่มีต้นทุนการผลิตหัวเชื้อที่หลอดละ 5 บาทเพื่อการใช้หมักผลเชอร์รี่ 500 กิโลกรัม เพื่อให้ได้สารสกัด 50 ลิตร

กรมวิชาการเกษตร

2.4 ศึกษาการผลิตกรดซิตริกจากเปลือกหุ้มเมล็ดโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus spp.*

ผลทดสอบการทำแห้งเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ Cherry โดยการใช้กระบวนการตากแห้ง (sun-dryer method) เป็นเวลา 14 วันจนความชื้นต่ำกว่า 8% และตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีและสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์ปรุงรส (aromat) จากเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟในการทดสอบผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆโดยสามารถแบ่งชนิดของผง GCP ได้เป็น 3 ชนิดตามการนำไปใช้โดยผงละเอียดที่สุดคือ GCP400 ที่สามารถนำไปทำซอสปรุงรสได้ที่ความหวาน 35 องศาบริกซ์เนื่องจากมีปริมาณ Sucrose สูงโดยเมื่อผสมกับ Glucose Syrup เพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลสามารถพัฒนาซอสปรุงรสได้ , GCP600 ที่สามารถนำไปเป็นผงโรยปรุงรสอาหารได้โดยเน้นอาหารคาว โดยการปรุงแต่งรสกับสมุนไพรและธัญพืช และขนาดใหญ่สุดที่ GGCP ที่นำไปผสมกับแป้งเค้กใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอร์รี่โดยสามารถนำไปทดแทนแป้งสาลีได้เมื่อทดสอบการเก็บรักษาที่ 30 วันในถุง HDPE เปรียบเทียบกับถุง PE พบว่าถุง HDPE สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผง GCP ได้ในเวลา 30 วันโดยสามารถควบคุมสี ความชื้นและกลิ่นของสาร Ethanone (กลิ่นผลไม้) ในการทดสอบผง GCP ทั้ง 3 ชนิด

3. การนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์

3.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในเมือกกาแฟเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์

ผลการทดสอบการสกัดเพคตินจากเปลือกและเมือกกาแฟพบว่าสารสกัดเมือกกาแฟมีสารสกัดชนิด Low Methoxyl Pectin (LM) ซึ่งจะไม่ถือเป็นสารก่อเจลเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความหวานและความเป็นกรดสูงและประกอบด้วยกรดยูโรนิกสูง เมื่อผสมระหว่าง LM (2%) ผสมกับกลีเซอรอล น้ำมันดอกทานตะวันและแคลเซียมครอไรท์ พบว่าสามารถใช้ทดสอบเคลือบส้มได้และเก็บรักษาที่ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 วัน

การทดลองที่ 5 ศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์

กาแฟขี้ชะมดที่ผลิตในฟาร์มเพาะเลี้ยงชะมดมีวิธีการผลิตโดยเกษตรกรเก็บและคัดเลือกผลเชอร์รี่กาแฟอะราบิกาที่สุกเต็มที่จากต้นกาแฟเพื่อใช้เป็นอาหารของชะมด หลังจากที่ชะมดบริโภคเชอร์รี่กาแฟแล้วจะขับถ่ายเมล็ดกาแฟออกจากร่างกายในเช้าวันถัดไป เมล็ดกาแฟจะถูกย่อยอยู่ในระบบย่อยอาหารของชะมดเป็นเวลาไม่เกิน 24 ชั่วโมง กาแฟขี้ชะมดสดที่ออกจากตัวชะมดมีลักษณะจับตัวเป็นก้อน เกษตรกรจะนำกาแฟขี้ชะมดที่ได้ไปตากแดดจนแห้ง และนำมาลอกกะลากาแฟออกก่อนคั่วกาแฟเพื่อขาย หากเป็นนอกฤดูของการเก็บเกี่ยวผลผลิตกาแฟ เกษตรกรจะใช้ผลไม้ เช่น กล้วย เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงชะมด ลักษณะของขี้ชะมดที่ได้จะเป็นก้อนเหมือนอุจาระทั่วไป

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างกาแฟขี้ชะมดสดและขี้ชะมดจากฟาร์มของเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟขี้ชะมดในพื้นที่ อ. วาวี จ. เชียงราย ซึ่งผลการคัดแยกจุลินทรีย์จากตัวอย่างขี้ชะมดโดยการนำตัวอย่างกาแฟขี้ชะมด 10 กรัม บรรจุลงในขวดหมักที่บรรจุน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อปริมาตร 30 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส นาน 2 วัน และนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็ง Nutrient agar, MRS agar และ YM agar สามารถแยกได้จำนวน 25 ไอโซเลต ประกอบด้วย แบคทีเรีย 19 ไอโซเลต และยีสต์ 12 ไอโซเลต จัดจำแนกเป็น *Lactobacillus plantarum* , *Shigella flexneri, Kurthia gibsonii, Escherichia coli* และ *Serratia* sp. และ *Pichia kudriavzevii* จากผลการจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้พบว่าในตัวอย่างขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่สามารถพบได้ทั่วไปในอุจจาระของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ *Shigella flexneri, Kurthia gibsonii, Escherichia coli* ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นจุลินทรีย์ในการผลิตอาหาร แม้ว่ากาแฟที่จะนำมาบริโภคต้องผ่านกระบวนการทำแห้ง

กรมวิทยาศาสตร์

และการคั่วด้วยความร้อนสูงที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าวถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กาแฟขี้ชะมดไม่ได้รับความนิยมในกลุ่มของผู้บริโภคที่มีความกังวลในเรื่องของสุขอนามัยในการผลิตอาหาร แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีนในกาแฟ เพื่อสร้างสารตั้งต้นของกลิ่นรสในกาแฟได้ (Hadipernata and Nugraha, 2017)

เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบการกินกาแฟของชะมด เมื่อครบเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมและชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่าลดลง จาก 5.2-5.4 เป็น 4.3 แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดในระหว่างการหมักทั้งสองกรรมวิธี ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีค่า Brix สูงกว่าชุดควบคุม แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม และค่าความขุ่นของชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดีและมีการหลุดของเมือกหุ้มกาแฟได้ดี ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากชะมดมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีรสชาติของผลไม้ มีความเปรี้ยว และมีความนุ่มและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ดีกว่าชุดควบคุม มีคะแนน Cupping ที่ 80±2 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (73±2) แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเปียก (wet process) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟขี้ชะมดยังมีความแตกต่างของรสชาติ

เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยการใช้กรดและเอนไซม์ โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก 0.01%, เติมเอนไซม์เปปซิน 1.4% และเติมเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) 1.4% ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ โดยเมื่อครบเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมและชุดทดสอบที่เติมกรดและเอนไซม์แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในระหว่างการหมักในทุกกรรมวิธี ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเมื่อหมักครบ 20 ชั่วโมง กรรมวิธีมีที่ เติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อน มีค่า Brix สูงกว่าค่าเริ่มต้นประมาณ 0.5 เช่นเดียวกับชุดควบคุม แต่การเติมกรดไฮโดรคลอริกมีค่า Brix เพิ่มขึ้น 0.8 แสดงให้เห็นว่าการเติมกรดไฮโดรคลอริกซึ่งปรับค่า pH ของระบบหมักลงอยู่ที่ 3.98 ส่งผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ธรรมชาติในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาลได้ดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งมีค่า pH ประมาณ 5.0-5.4 ซึ่งกรรมวิธีที่เติมกรดไฮโดรคลอริกยังต้องมีการปรับปรุงการทดสอบโดยเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก เพื่อให้ค่า pH ของการหมักต่ำลงที่ประมาณ pH 1-2 เพื่อที่จะได้ใกล้เคียงกับค่า pH ในกระเพาะอาหารสัตว์ต่อไป เมื่อทดสอบค่าความขุ่น (Turbidity) ของกรรมวิธีมีที่เติมกรดไฮโดรคลอริก,เติมเอนไซม์เปปซิน, และเติมเอนไซม์จากตับอ่อน พบว่ามีค่าความขุ่นสูงกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการหลุดของเมือกหุ้มกาแฟได้ดีกว่า ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีกลิ่นโทนหวาน เช่น วนิลาและคาราเมล มีคะแนน Cupping ที่ 75-76 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (73±2) เล็กน้อย แสดงให้เห็น

กรมวิชาการเกษตร

ว่าการเติมเอนไซม์ได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิมแต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟขี้ชะมดรสชาติที่ได้ยังมีความแตกต่าง

การทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นกาแฟคั่วโดยการสกัดสารและใช้วัสดุดูดซับที่สัมผัสสารโดยตรง (Solid phase microextraction, SPME) วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography – Olfactory spectrometry (GC-O) พบชนิดของสารเคมีและปริมาณของสารเคมีที่แตกต่างกันในแต่ละกรรมวิธีการหมัก โดยมีสารสำคัญในการเกิดกลิ่นรสของกาแฟ 17 ชนิด ในทุกกรรมวิธีการหมัก รูปแบบของกลิ่นรสที่ระเหยได้ในทุกกรรมวิธีมีรูปแบบของโครมาโตรแกรมที่ใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของสารเคมีแตกต่างกัน การหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงเพื่อให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมด ได้แก่ Furfuryl formate , 2,6-dimethyl-Pyrazine, 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde, 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของ ผลไม้, ถั่ว, เครื่องเทศ และกลิ่นโทนหวาน การหมักกาแฟโดยกรดและเอนไซม์ สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมี ได้แก่ Furfuryl formate, 2,6-dimethyl-Pyrazine, 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde, 4-Pyridinemethanol และ 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของ ผลไม้ และ ถั่ว เช่นกัน การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารให้กลิ่นในกาแฟอาจมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบเข้าไปย่อยผนังเซลล์หรือโครงสร้างของกาแฟที่เป็นคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเปลี่ยนเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นในกาแฟซึ่งเมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับความร้อนโดยการคั่วจึงให้กลิ่นและรสที่แตกต่างกันไป จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Muzaifa et. al (2018) ซึ่งเปรียบเทียบกลิ่นรสของกาแฟขี้ชะมดที่ได้จากธรรมชาติและชะมดเลี้ยง โดยรายงานว่ากาแฟที่ได้จากชะมดที่อาศัยในป่าธรรมชาติจะมีกลิ่นและรสในโทนของ ถั่ว ครีมนม สมุนไพร กลิ่นมิ้นท์ และกลิ่นหญ้า ในขณะที่กาแฟที่ได้จากชะมดเลี้ยง จะให้กลิ่นในโทนของ ถั่ว มิ้นท์ กลิ่นหญ้า และกลิ่นผลไม้ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบมีบทบาทและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีภายในกาแฟเพื่อเลียนแบบการผลิตจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การหมักเมือกกาแฟจากจุลินทรีย์ถือเป็นการผลิตกาแฟอะราบิกาให้ได้คุณภาพที่ควบคุมได้ โดยภาวะการหมักที่เหมาะสมรวมทั้งปัจจัยที่จำเป็นต้องควบคุมเพื่อการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพนี้สามารถประยุกต์ใช้ทคนิคใหม่ที่ได้จากการทดลองได้แก่ AAF technique ที่ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae strain BAwine* และการเติมอากาศในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักที่ 5 มิลลิตรต่อนาทีและควบคุมความเป็นกรดด่างให้อยู่ที่ pH 4.5 โดยเทียบกับกรดทาทาริกทั้งนี้การหมักโดยเทคนิคใหม่นี้ช่วยลดทรัพยากรในการหมักได้แก่ เวลา น้ำที่เป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตกาแฟอะราบิกาและยังสามารถเพิ่มกลิ่นรสที่ควบคุมได้ให้กาแฟอะราบิกาที่ได้จากเทคนิคเอเอเอฟอีกด้วยโดยเมื่อทดสอบโดยเทคนิค HS-SPME-GC-MS พบสารให้กลิ่นที่น่าสนใจในกลุ่มผลไม้ที่เกิดจากการหมักได้แก่กลุ่มกรดอินทรีย์และกลิ่นกลุ่มเอสเทอร์ปริมาณมากกว่าการหมักแบบปกติ โดยเมื่อทดสอบโดยวิธี SCAA cupping score methods คะแนนการทดสอบชิมสูงถึง 83 -85/100 จัดเป็นเกรดกาแฟพิเศษ (Specialty coffee)

การหมักกาแฟอะราบิกาในระบบปิดซึ่งเป็นสภาวะที่มีอากาศน้อย โดยใช้หัวเชื้อยีสต์ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 ในการเร่งการหมักและการหลุดลอกของเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติที่มีอุณหภูมิ

กรมวิชาการเกษตร

ระหว่าง 14-27 °C และระบบหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5-8 สามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 20-24 ชั่วโมง ซึ่งช่วยลดระยะเวลาการหมักกาแฟ การใช้ทรัพยากรน้ำและแรงงานที่ใช้ในการขัดเมือกกาแฟตามการแปรรูปกาแฟแบบดั้งเดิมลงได้ 80% (Table 5) และกาแฟที่ได้จากการหมักโดยใช้หัวเชื้อยีสต์ดังกล่าวยังมีคะแนนการชิม (Cupping score) ดีกว่าการหมักที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โดยผลจากการทดสอบพบว่าการผลิตกาแฟโดยใช้หัวเชื้อ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 ทำให้กาแฟมีแนวโน้มที่จะมีกลิ่นที่ใกล้เคียงกับกลิ่นของช็อกโกแลตเป็นส่วนประกอบ แสดงให้เห็นว่ากระบวนการแปรรูปกาแฟนั้นนอกจากเพิ่มคุณภาพแล้วยังสร้างความแตกต่างและเอกลักษณ์ให้กับกาแฟได้อีกด้วย

ถังหมักกาแฟต้นแบบที่พัฒนาโดยหลักการ Single stage pilot ประกอบด้วยการตัวถังที่ผลิตจากสแตนเลส 304 เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บริเวณผนังมีตะแกรงแบ่งเก็บตะกอนและหัวเชื้อเพื่อการใช้งานซ้ำ ระบบเติมอากาศที่ไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาทีจากปั๊มลมจากภายนอกเพื่อให้เกิด flux air ที่ไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อวันส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เพื่อเหมาะในการหมักกาแฟที่ 6.95 log CFU ต่อมิลลิลิตร มีการออกแบบระบบเก็บเมล็ดกาแฟจากท่อเก็บเมล็ดด้านหน้าและง่ายต่อทำความสะอาด ซึ่งเมื่อทดสอบโดยการหมักแบบ Chloramphenical เพื่อศึกษาสภาวะกรดที่เหมาะสมพบว่าสภาวะกรดที่เหมาะสำหรับการหมักโดยถังหมักอยู่ที่ความเป็นกรดโดยกรดทาทาริกที่ 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตรและการทดสอบการหมักแบบ Penicillin จะใช้ปัจจัยควบคู่ที่ปริมาณน้ำ 75 ถึง 100% ของปริมาณเมล็ดกาแฟที่เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง โดยการใช้ถังหมักยังส่งผลต่อการลดความขมจากการผลิตกรดอินทรีย์ที่มากเกินไปจากบ่อหมักปกติ เพิ่มการผลิตสารให้กลิ่นกลุ่ม Ethanone (กลิ่นผลไม้), ∂-butyrolactone (กลิ่นนมเนย), β-damascenone (กลิ่นดอกไม้) และสารกลุ่ม Phenol (กลิ่นผลไม้) และยังสามารถควบคุมปริมาณหรือลดคาเฟอีนได้ 38% ในบางชุดการทดลองซึ่งให้ผลทดสอบที่ดีในแปลงทดสอบอีกด้วย โดยต้นทุนการใช้ถังหมักอยู่ที่ 25 บาทต่อกาแฟหมัก 50 กิโลกรัมหรือ (0.45 บาทต่อกิโลกรัม) ต่างจากวิธีปกติที่ 1.2 บาทต่อกิโลกรัม

การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรคโนสในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และการหมักกรดซิตริกด้วย *Steptococcus spp.* เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซฮส, ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ นอกจากนี้เมือกกาแฟและน้ำหมักกาแฟที่มีปริมาณเพคตินสูงสามารถนำไปทดสอบสกัดเพคตินที่ทำการทดสอบเคลือบส้มให้ยืดอายุได้ ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดนี้ถือเป็นการสร้างรายได้เพิ่มขึ้นแก่เกษตรกรผู้แปรรูปกาแฟเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชน นอกจากนั้นยังลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดที่ปัจจุบันสร้างความขัดแย้งให้ชุมชนอย่างมากก่อให้เกิดข้อพิพาทที่สำคัญของผู้ประกอบการกาแฟและชุมชนรอบข้างทั้งนี้งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งสร้างทางเลือกที่สามารถสร้างรายได้ที่ยั่งยืนและลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมส่งเสริมการผลิตกาแฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัย

การศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ โดยขอบเขตของผลการวิจัยฉบับนี้ประกอบด้วย การคัดแยกจุลินทรีย์จากขี้ชะมด, การทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้และทดสอบการหมักโดยใช้เอนไซม์ จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* ,ยีสต์และจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งเมื่อหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟดีขึ้นและใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟสั้นกว่าจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟ ได้แก่ Furfuryl formate , 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde, 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่น ผลไม้ ถั่ว เครื่องเทศ และกลิ่นโทนหวาน มีการเปลี่ยนแปลงให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมด เมื่อทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้เอนไซม์เปปซินและเอนไซม์จากตับอ่อน สามารถเพิ่มคุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟดีเช่นกัน โดยความเข้มข้นของ Furfuryl formate , 5-methyl-2-Furancarboxaldehyde และ 3-ethyl-2,5-dimethyl-Pyrazine ซึ่งให้กลิ่นผลไม้และถั่ว มีการเปลี่ยนแปลงให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมด จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์และเอนไซม์ต่างมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีในกาแฟและสามารถนำไปใช้ในการหมักกาแฟโดยการจำลองการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ได้ ซึ่งคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาโดยการรวมปัจจัยของจุลินทรีย์ (เลือกใช้เฉพาะจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรค) เอนไซม์ การปรับสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ ได้แก่ pH และอุณหภูมิ เพื่อจำลองแบบระบบการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์ต่อไป

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยที่ 8

วิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพ

Research and Development on qualitative coffee production

คณะผู้วิจัย

โกเมศ สัตยาวุธ สุกัญญา นิติยนต์ ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ

Komate Satayawut, Sukanya Nitiyon, Chatnapa Khomarwut, Supattra Lertwatanakiat

คำสำคัญ

กาแฟอะราบิกา เปลือกกาแฟ เมือกกาแฟ น้ำหมักกาแฟ สารเคลือบส้ม การบำบัดน้ำเสีย กาแฟขี้ชะมด ยีสต์ การหมักกาแฟ สารคาเฟสโทล สารคาเวโอล อัตลักษณ์กาแฟ แหล่งผลิตกาแฟ คุณภาพกาแฟ

Arabica coffee, Coffee Cherry, Coffee Mucilage, Coffee wastewater, Orange Coating, Water treatment, Civet coffee, Yeast, Coffee fermentation, Cafestol, Kahweol, Coffee authentication, Coffee Single Origin, Coffee Quality

บทคัดย่อ

การผลิตกาแฟคุณภาพจำเป็นต้องใช้นวัตกรรมใหม่เพื่อตอบโจทย์การเปลี่ยนแปลงของโลกตั้งแต่การสร้างรสชาติใหม่โดยการจำลองการหมักกาแฟเลียนแบบทางเดินอาหารสัตว์โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ผสมชนิด *Lactobacillus plantarum*, *Pichia kudriavzevii* ผสมกับเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ที่ 2.0 เวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ทำให้เกิดรสชาติใหม่ นอกจากนี้ประเด็นด้านสิ่งแวดล้อมส่งผลให้เห็นความสำคัญของการใช้ผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟกาแฟที่มีกว่าร้อยละ 60 ได้แก่ เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟ เมือกกาแฟและน้ำเสียจากการหมักกาแฟ โดยเพคตินจากเมือกที่เป็นชนิด High Methoxy Pectin สามารถนำมาผลิตสารเคลือบส้มเพื่อยืดอายุกว่า 10 วันในขณะที่น้ำหมักกาแฟสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำได้ถึงสามครั้ง ทั้งนี้การบำบัดน้ำหมักเป็นสิ่งสำคัญเพื่อลดมลพิษผ่านกระบวนการตกตะกอน กรอง เติมอากาศและพืชบำบัดให้ได้คุณภาพตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามการป้องกันการละเมิดสิทธิ์ของการสร้างกาแฟอัตลักษณ์โดยใช้หลักการทาง Chemometric ที่ประเมินอย่างรวดเร็วนี้ตามผลการวิเคราะห์อัตราส่วนของ Cafestol และ Kahweol สามารถระบุอัตลักษณ์แหล่งผลิตกาแฟที่ผลการทดลองยืนยันว่าไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่ออัตราส่วนระหว่างกระบวนแปรรูปถือเป็น อัตราส่วนทองคำที่สามารถนำไปใช้ในการควบคุมการซื้อขายนำเข้าเมล็ดได้ ทั้งนี้ผลการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพเพื่อมุ่งแก้ไขปัญหาที่ตั้งไว้ ผ่านผลการทดลองที่มีการทดสอบในพื้นที่จริงและแปลงเกษตรกรเพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการต่อยอดสู่ระดับอุตสาหกรรมให้เกิดความยั่งยืน มีการสร้างเครือข่ายการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมของกรมวิชาการเกษตรเพื่อสอดรับเทคโนโลยีและพัฒนาต่อยอดให้ตอบโจทย์ความต้องการของเกษตรกร ป้องกันปัญหาที่สามารถเกิดได้ตลอดกระบวนการผลิตในอนาคต นวัตกรรมการหมักกาแฟ การตรวจสอบแหล่งผลิตทั้งกระบวนการใหม่และต้นแบบผลิตภัณฑ์จากโครงการจะทำให้เกษตรกรสามารถยกระดับคุณภาพกาแฟให้มีการเพิ่มมูลค่า สร้างอัตลักษณ์เฉพาะตัว นอกจากนี้ยังมีการใช้

กรมวิชาการเกษตร

ประโยชน์จากทรัพยากรจากฐานชีวภาพตอบโจทย์ธุรกิจชีวภาพเชิงสร้างสรรค์ตามนโยบายของภาครัฐกับการเพิ่มมูลค่าเศรษฐกิจการฐานชีวภาพแบบครบวงจร

Abstract

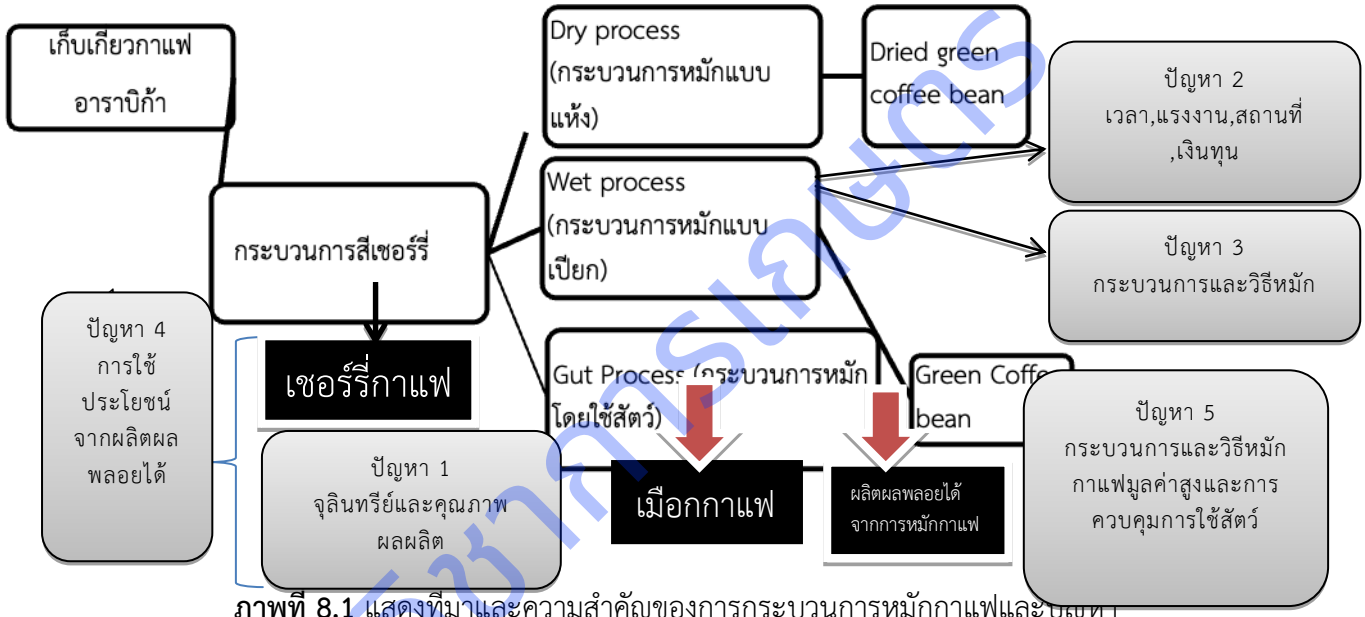
Qualitative Coffee production requires new innovations to meet this disruptive society. To create new coffee flavors by simulating the fermentation of coffee, mimicking the animal feed pathway using mixed microorganisms such as *Lactobacillus Plantarum* and *Pichia Kudriavzevii* mixture combine with pepsin and pancreatic enzymes at pH 2.0 adjustment for at least 24 hours, which enhance mimic 'luwak' flavors. In addition, environmental concerned aborted the important issues, marked the importance of using more than 60% of coffee by-products from coffee fermentation, such as coffee husks, mucilage and wastewater. High methoxy pectin could obtain from coffee mucilage and used to produce 'orange coating' to extend its lifespan by more than 10 days, while coffee ferment water can be reused up to three times. However, the treatment of fermented wastewater is prior to reduce pollution through sedimentation, filtration, aeration processes and wetland plants to meet the national standards. However, in the prevention of infringement of coffee authentication, the results shown the important of chemometric principles, this rapid assessment based on the results of 'Cafestol and Kahweol ratio' analyzes was able to identify coffee producing identities that the experimental results confirmed had no effect on alteration. The ratio of both diterpenes is constant mend to 'the golden ratio' named that can be used to regulate the import coffee bean. The results of research and development on the production of quality coffee to focus on solving the problems that have been set. Through experimental results that are tested in real areas and farmer plots to test the feasibility of extending to industrial level for sustainability. Premium coffee production network of the department of Agriculture has been created to support technology and development, extending to meet the needs of farmers, preventing problems that can occur throughout the manufacturing process in the future. Coffee fermentation innovation Inspection of new production processes and product prototypes from the project will enable farmers to upgrade coffee quality to add value. By creating a unique identity, there is also the utilization of resources from bio-based bases to meet the needs of creative bio-businesses according to the government's policy and to add value to the integrated Bio-Circular-Green based economy.

กรมวิทยาศาสตร์

บทนำ

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

การผลิตกาแฟคุณภาพมักใช้การแปรรูปแบบเปียกโดยใช้จุลินทรีย์ธรรมชาติที่มากับเมล็ดกาแฟจะทำการหมักเพื่อย่อยเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นส่วนของเพคติน น้ำตาล เฮมิเซลลูโลส และส่วนที่ไม่ละลายน้ำ จากการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับจุลินทรีย์ที่มีความเกี่ยวข้องกับการหมักเมล็ดกาแฟยังมีน้อยมากในประเทศไทยและการศึกษาที่ผ่านมาจะเป็นงานวิจัยทางด้านคุณภาพ ทำให้เกิดวัสดุเหลือพลอยได้มากมาย โดยก่อให้เกิดข้อจำกัดด้านเวลา สถานที่ แรงงานและค่าใช้จ่าย จึงส่งผลให้คุณภาพกาแฟลดลง ทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เกิดสารพิษและสารให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในกาแฟตามท้องตลาด นอกจากนี้ปัญหาขยะและสิ่งเหลือใช้จากกระบวนการหมักกาแฟยังส่งผลกระทบต่อเกษตรกรและผู้ประกอบการกาแฟที่ส่งปัญหาด้านมลภาวะทางอากาศ น้ำและดินในโรงงานผลิตและแปลงกาแฟเองโดยสามารถสังเกตได้จากแผนภาพแสดงกระบวนการหมักกาแฟดังนี้



ภาพที่ 8.1 แสดงที่มาและความสำคัญของการกระบวนการหมักกาแฟและปัญหา

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสารสำคัญในเมือกกาแฟและเปลือกกาแฟและการนำใช้ประโยชน์จากเมือกกาแฟและเปลือกกาแฟในรูปแบบอาหาร

2. เพื่อศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองระบบการย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อเก็บข้อมูลจุลินทรีย์ กลิ่น รส และสารสำคัญในระหว่างการหมักกาแฟสำหรับเป็นข้อมูลในการพัฒนาเทคโนโลยีและคุณภาพการแปรรูปกาแฟทดแทนการใช้สัตว์ในการหมักกาแฟ

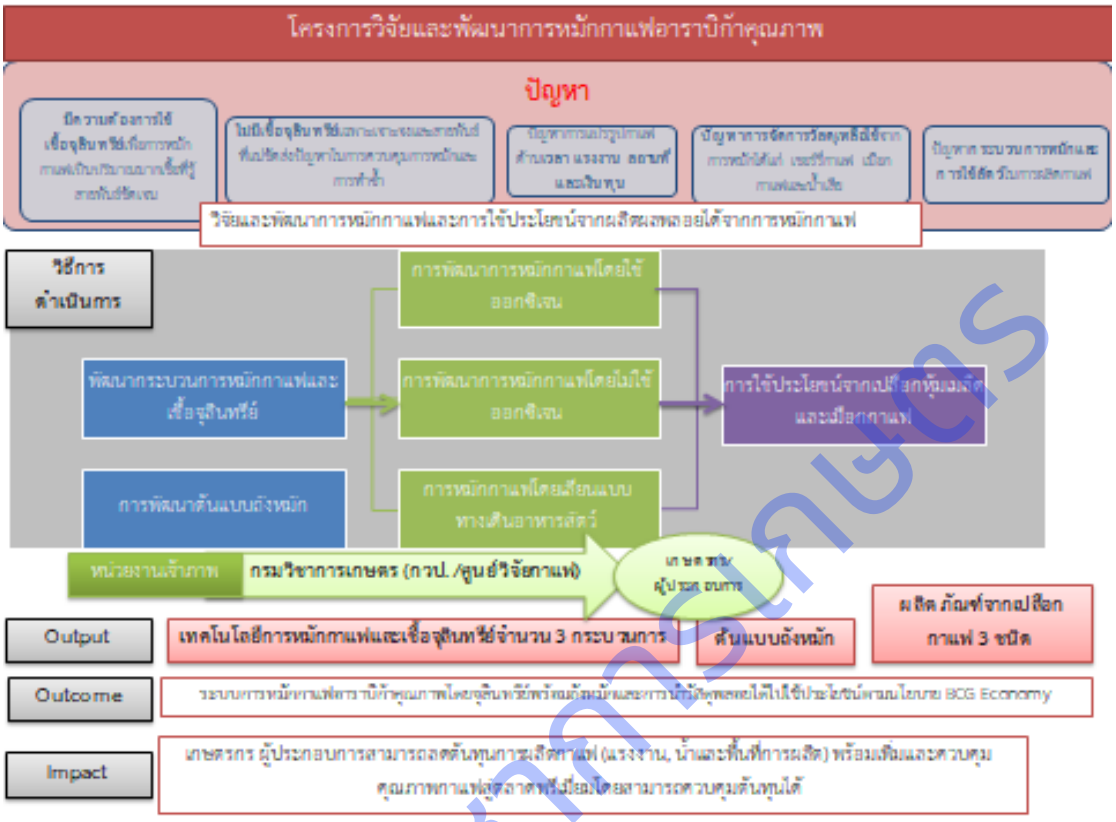
3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญกลุ่ม Cafestol และ Kahweol ตั้งแต่ระยะการเก็บเกี่ยวตลอดกระบวนการแปรรูปและระบุอัตราส่วนเฉพาะเพื่อส่งเสริมการผลิตกาแฟคุณภาพเฉพาะถิ่นได้

วิธีการวิจัย

โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพ เป็นงานวิจัยที่จะพัฒนานวัตกรรมการผลิตกาแฟ การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้และควบคุมอัตลักษณ์กาแฟ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเพื่อเพิ่มคุณภาพ ลดต้นทุน

กรมวิชาการเกษตร

และเวลาการผลิต รวมทั้งเป็นการเพิ่มมูลค่าของเมล็ดกาแฟ นอกจากนี้ยังค้นคว้าเทคโนโลยีใหม่ในการหมักกาแฟภายในภาวะเลียนแบบสัตว์และนำผลิตผลพลอยได้จากการหมักไปใช้ประโยชน์ เน้นการจัดการการผลิตแบบ Zero-waste process หรือการจัดการการผลิตที่ไม่มีของเสียออกจากระบวนการผลิต โดยมุ่งเน้นการนำไปใช้ประโยชน์จากการสกัดสารสำคัญและการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารและการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1
การใช้ผลิตผลพลอยได้จากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์

1. นำเมือกกาแฟและเปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟมาสกัดเพคตินเพื่อจำแนกชนิดและการนำไปใช้ประโยชน์โดยการศึกษา Degree of esterification (DE%) เพื่อจำแนกชนิด ปริมาณกรดกาแลคทูโลนิค ความหนืด การคงตัวและภาวะการก่อเจล

2. ทดลองนำเพคตินจากการสกัดจากน้ำหมักกาแฟไปใช้ในการทดสอบการเคลือบผิวส้ม

2.1. การเตรียมผลส้มเพื่อทดสอบการเคลือบ โดยนำส้มมาล้างที่น้ำสะอาดและน้ำผสมโซเดี่ยมไฮโปครอไรท์ร้อยละ 0.02 เพื่อทำความสะอาดและผึ่งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง

2.2. การเตรียมสารเคลือบตามวิธีของ Moalemiyan,2010 ใช้เพคตินสกัดละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตรที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เวลา 18 ชั่วโมงผสมซอลบิทอลปริมาณ 6.75 กรัมคนผสมและอุ่นบีแวกซ์ปริมาณ 6 กรัมและโมโนกลีเซอไรท์ 1.8 กรัมใช้เครื่องผสมอัตโนมัติ (homogenizer PowerGen700) ที่ความเร็วรอบ 14,000 rpm เวลา 4 นาทีและลดอุณหภูมิจนเหลือที่ 37±2 องศาเซลเซียส จากนั้นนำสารเคลือบปริมาตร 0.8 มิลลิลิตรมาทาเคลือบส้มและตากให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเวลาไม่น้อยกว่า 1 ชั่วโมงและแพ็คในถุงพลาสติกเพื่อทดสอบการเคลือบผิวส้มในเวลาเก็บรักษา 30 วัน โดยแปรผันกรรมวิธีโดยเติมเพคตินสกัดปริมาณ 0%, 3% และ 5%

ขั้นตอนที่ 2 การใช้ประโยชน์จากน้ำหมักกาแฟ

1. ทดสอบคุณภาพน้ำหมักกาแฟจากการหมักสารกาแฟปริมาณไม่น้อยกว่า 50 กิโลกรัมเชอร์รี่กาแฟ โดยกระบวนการ AAF Techniques (ผลการทดลองจากการทดลองการหมักกาแฟโดยจุลินทรีย์) โดยใช้การหมักสารกาแฟโดยจุลินทรีย์ *S. cerevisiae* strain BAwine และทดสอบการใช้น้ำหมักซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

2.นำตะกอนและน้ำเสียที่เหลือไปทดสอบเพื่อทำการบำบัดน้ำเสียและตรวจสอบคุณภาพน้ำก่อนทิ้งในแหล่งน้ำตามธรรมชาติโดยการตกตะกอนและบำบัดโดยพืช โดยทดสอบระบบบำบัดขนาด 21 ลิตรและติดตามคุณภาพบำบัดน้ำหมักในระดับห้องปฏิบัติการ

2.1 ออกแบบระบบบำบัดน้ำหมักกกาแฟโดยตรวจสอบคุณภาพน้ำหมักกาแฟเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำปล่อยจากโรงงานผลิตอาหารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

2.2 ดัดแปลงระบบบำบัดน้ำเสียตาม ไพฑูรย์, 2535 จำนวน 5 ขั้นตอนได้แก่ (1.) บ่อรวบรวมน้ำหมักเพื่อบำบัด (Sump tank), บ่อตกตะกอน (Sediment tank), บ่อกรอง (Filtration tank), บ่อเติมอากาศ (Aerated tank) และบ่อพืชบำบัด (Wetland tank)

3 ทดสอบขยายดัดแปลงบ่อพืชบำบัดโดยคัดเลือกพืชบำบัดในพื้นที่ทดสอบจริงโดยขยายกำลังการบำบัดขนาดไม่น้อยกว่า 100 ลิตร

3.1 ดัดแปลงระบบบำบัดจำนวน 5 ขั้นตอนได้แก่ (1.) บ่อรวบรวมน้ำหมักเพื่อบำบัด (Sump tank), บ่อตกตะกอน (Sediment tank), บ่อกรอง (Filtration tank), บ่อเติมอากาศ (Aerated tank) และบ่อพืชบำบัด (Wetland tank) และคัดเลือกพืชท้องถิ่น จำนวน 2 ชนิดได้แก่ ธูปฤาษีและพุทธรักษาเพื่อบำบัดเปรียบเทียบกับระบบการบำบัดโดยการปล่อยลงดิน

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการประเมินคุณภาพผลิตผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟ ผลพลอยได้จากกระบวนการหมักกาแฟจนถึงกระบวนการตากกาแฟแบ่งออกเป็น 3 ผลผลิตได้แก่ ***เปลือกหุ้มเมล็ด***กาแฟ (Cherry) ที่มีปริมาณร้อยละ 60 ของผลผลิตกาแฟพบว่ามีปริมาณของสารประกอบไนโตรเจนมากถึงร้อยละ 31.30 ตามด้วยปริมาณ Crude fiber ร้อยละ 21.40 ซึ่งสามารถนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ปรุงรสเนื่องจากสารกลุ่มไนโตรเจนที่มีอยู่มากตอบสนองดีต่อการหมัก และสารแทนนินและ Reducing Sugar สามารถนำไปพัฒนาเป็นชีวภัณฑ์ในแปลงทดสอบ ในส่วนของ***เมือกกาแฟ (Mucilage)*** ที่มีปริมาณเพียงร้อยละ 10 ของเมล็ดกาแฟมีน้ำเป็นส่วนประกอบถึงร้อยละ 84.20 และโปรตีนร้อยละ 8.00 สามารถพัฒนาเป็นสารเคลือบผลไม้ได้เพราะมีสารเพคตินเป็นองค์ประกอบ นอกจากนี้ยังสามารถนำกากใยไปพัฒนาเป็นสารสกัดมูลค่าสูงได้เพราะมีโปรตีนและ***น้ำเสียจากการหมักกาแฟ (Waste water)*** ระหว่างการผลิตกาแฟ 1 ตันจะใช้น้ำในการแปรรูปสูงถึง 20,408 ลิตร

กรมวิชาการเกษตร

เมื่อตรวจคุณภาพพบว่าค่าความเป็นกรดด่างอยู่ที่ 4.27 – 4.40 ค่า COD อยู่ที่ 9,270 – 14,800 ค่า BOD อยู่ที่ 472 – 551 โดยพบว่าในน้ำเสียจากการหมักกาแฟนั้นเมื่อเทียบกับมาตรฐานของ ISI standards พบว่าจุลินทรีย์สามารถเจริญเติบโตได้ดีและน้ำดังกล่าวจะเน่าเสียได้ง่าย แต่อย่างไรก็ตามยังพบสารประกอบสำคัญมากมายได้แก่ Unrefined pectin ที่มีปริมาณ dietary fiber สูง หรือสารสำคัญจาก antioxidant กลุ่ม flavonoids ที่เกิดจากกระบวนการ deesterified ของเมือกกาแฟดังนั้นการเก็บน้ำหมักผสมกับเมือกจึงเป็นกระบวนการที่เหมาะสมในการนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ได้

2. การนำเมือกกาแฟไปใช้ประโยชน์

พบว่าเพคตินสกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดและเมือกกาแฟมีสีน้ำตาลอ่อนโปร่งแสงซึ่งเมื่อนำไปวิเคราะห์ DE% (65.57%) พบว่าสอดคล้องกับน้ำหนัก (Equivalent Weight) 213.43 mg/mol ซึ่งถือเป็น High Methoxy Pectin (HMP) สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ โดยจากผล FTIR พบว่าอัตราส่วนของกรดกาแลกทูโรนิคสูงถึง 452.84 mg (79.57%) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rakitikul, 2016 อย่างไรก็ตามผลวิเคราะห์ดังกล่าวเมื่อพิจารณาสเปคตรัม 1,250 – 950 cm-1 ที่กำกับ glycosidic bonding และ carboxylic ที่ส่งผลต่อการก่อเจลดังนั้นการนำไปใช้จึงจำเป็นต้องมีการเติมน้ำตาลแอลกอฮอล์เพื่อกระตุ้นการทำลายพันธะดังกล่าวด้วย ทั้งนี้เมื่อทดลองใช้เพคติน (PCE) เพื่อเป็นสารเคลือบผิวส้มโดยใช้สูตรเพคตินโดยดัดแปลงจากวิธีขององอาจ, 2553 พบว่าเมื่อใช้เพคตินสกัดผสม canaubar wax (สารเคลือบทางการค้า) ผลการทดสอบตาม Table 6 พบว่าอัตราส่วน 5% สามารถยืดอายุส้มได้กว่า 10 วันและลดการใช้สารเคลือบลงได้ 10% ทั้งนี้เพคตินสกัดมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีทำให้สารเคลือบลอกหลุดง่ายเมื่ออากาศร้อนจัดแต่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภคด้วยสามารถบริโภคได้จึงเป็นที่น่าสนใจในการทดสอบเคลือบบนผลไม้ที่บริโภคโดยตรงได้

Table 1: Properties of Orange Coating by Coffee Pectin after 10 days of storage at ambient temperature in plastic basket

Tm (pectin mixing)	L*	a	b	TSS	TA	SE (odor)	SE (sweet)
Control	16.67? ?1.63	16.39? ?5.11	7.12? ?0.09	11.39	0.51	6.75±0.2	7.43±0.12
2.5%	16.19? ?1.45	18.58? ?1.38	8.13? ?0.14	10.98	0.51	7.23±0.1	7.12±0.02
5%	**13.40? ?0.73**	**15.64? ?0.81**	**6.98? ?0.16**	**10.72**	**0.47**	**8.92±0.1**	**8.75±0.2**
7.5%	15.41? ?7.30	17.51? ?7.47	7.00? ?0.36	10.97	0.55	8.12±0.5	7.12±0.12
10%	14.82? ?0.09	16.90± 0.21	7.06? ?0.18	11.06	0.53	7.04 ±0.1	7.02±0.1
12.5%	13.45? ?2.77	15.53? ?2.55	7.31? ?0.51	11.45	0.51	6.34±0.72	6.12±0.2
100%	17.55? ?7.74	19.17? ?7.88	7.44? ?0.26	10.83	0.45	6.71±0.2	7.07±0.2

3.การทดสอบการใช้น้ำเสียจากการหมักกาแฟ

คุณภาพน้ำที่ใช้ในการหมักกาแฟตั้งแต่ขั้นตอนการล้าง การหมักซ้ำครั้งที่ 1 – 3 และการใช้เครื่องขัดเมือกล้วนเกินมาตรฐานคุณสมบัติน้ำเสียเมื่อเปรียบเทียบกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมโดยเฉพาะค่าความเป็นกรดด่างที่

กรมวิชาการเกษตร

สูง (pH 3.7 – 4.2) รวมทั้งค่า COD ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานกว่า 10 – 50 เท่า และกว่า 100 เท่าเมื่อผ่านเครื่องขัดเมือกและค่า BOD ที่มีปริมาณเพิ่มกว่า 38 – 280 เท่า นอกจากนี้ยังพบปริมาณน้ำมัน (Oil & Grease) และของแข็งแขวนลอยปริมาณมากเกินมาตรฐานอีกด้วย ซึ่งจำเป็นต้องมีการบำบัดก่อนนำปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม จาก Table 7 พบว่าการใช้น้ำหมักซ้ำจำนวนไม่เกิน 3 ครั้งนั้นพบว่าคุณภาพของน้ำซ้ำไม่แตกต่างกันและสามารถให้คุณภาพกาแฟที่ดีนอกจากนี้ยังลดการใช้น้ำได้โดยพบว่าปริมาณสารกลุ่ม Furans, Pyrazines และ Maltol ลดลงอย่างมีนัยสำคัญโดยเฉพาะปริมาณ Caffeine ที่ลดกว่า 90% และ MethylChromone กว่า 86.67% ซึ่งสามารถสันนิษฐานได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ที่มีปริมาณมากขึ้น (ตามค่า BOD) มีผลต่อการย่อยคาเฟอีน และลดการผลิต methylcrhomone ที่เป็นสารต้านต้านจุลชีพ ทั้งนี้จึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับเชื้อที่มีผลต่อการเกิดคุณสมบัติดังกล่าวต่อไปในอนาคต

โดยผลการทดสอบการออกแบบระบบบำบัดน้ำหมักกาแฟตาม Figure 2 พบการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติสำคัญเพื่อพัฒนาน้ำหมักให้ได้คุณภาพตามาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ปริมาณความเป็นกรดด่าง(pH) และความขุ่นของน้ำเสีย (Turbidity) เมื่อทดสอบในแปลงทดสอบโดยการขยายกำลังการบำบัดเป็นขนาดไม่น้อยกว่า 100 ลูกบาศก์เมตรนั้นโดยขยายกำลังการทดสอบตามและติดตามผลการบำบัดพบว่าผลการทดลองโดยการใช้พืช 2 ชนิดในส่วนของ Wetland ได้แก่ ธูปฤาษีและต้นพุทธรักษาเพื่อบำบัดเปรียบเทียบกับการปล่อยบำบัดในดินนั้นพบการบำบัดโดยใช้พืชนั้นสามารถปรับปรุงคุณภาพน้ำหมักกาแฟได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้เมื่อนำน้ำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับน้ำตัวอย่างก่อนหมักพบว่าระบบการบำบัดที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถบำบัดน้ำจากการหมักได้จริงทั้ง 10 คุณสมบัติโดยเฉลี่ย 95% ยกเว้น Oil & Grease หรือน้ำมันจากเครื่องจักรที่เกิดจากการใช้เครื่องสีกาแฟและเครื่องขัดเมือกที่ใช้ในระหว่างการหมักกาแฟ อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำเสียจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ISI standard) พบว่าน้ำที่ผ่านการบำบัดเข้าเกณฑ์ในการนำกลับมาใช้ซ้ำ หรือสามารถปล่อยสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติได้

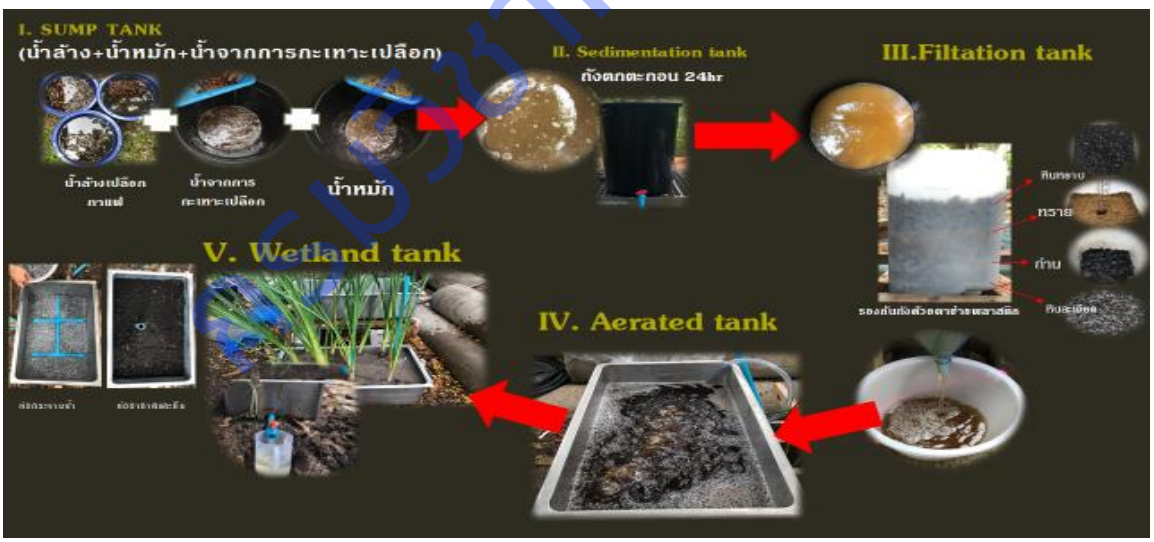


Figure 2 Demonstration protocol of coffee waste treatment method in fifth steps from sump tank to sedimentation tank then the filtration tank combined with aerated tank and stocking the pretreatment water in wetland tank for further used in field or recycling water cycle.

Table 2 Finalization of coffee wastewater parameters after treatment in pilot farm plant. The result shown the amelioration of the entire parameter compared to ISI standard which confirmed the capable of pretreatment water reuse in farm or coffee production plant.

Parameter	Water Before Treatment	Water After Treatment	ISI Standard	%Treatment
BOD	2388 mg/L	5 mg/L	< 20	99 %
COD	3097 mg/L	52 mg/L	< 120	98 %
DO	0.40 mg/L	4.3 mg/L	-	90 %
Oil & Grease	10.4 mg/L	2.5 mg/L	< 5	75 %
pH	3.7	7.5	5.5 – 9.0	90 %
Settleable Solids	11 mL/L	2 mL/L	-	81%
Total Dissolved Solids	1477 mg/L	117 mg/L	< 3,000	92 %
Total Suspended Solids	358 mg/L	8 mg/L	< 50	97 %
TKN	94 mg/L	12 mg/L	-	87 %
Turbidity	166 NUT	10 NUT	-	93 %

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรคโนสในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และการหมักกรดซิตริกด้วย *Steptococcus spp.* เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซอส ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ นอกจากนี้เมือกกาแฟและน้ำหมักกาแฟที่มีปริมาณเพคตินสูงสามารถนำไปทดสอบสกัดเพคตินที่เป็นชนิด High Methoxy Pectin ที่ใช้ผสมกับสูตรเคลือบปกติกับ canauba wax ใช้เคลือบส้มให้ยืดอายุได้อย่างน้อย 10 วัน สำหรับน้ำหมักที่มีการทดสอบการใช้ซ้ำนั้นผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าสามารถใช้ซ้ำได้อย่างน้อยสามครั้งก่อนจะทำการบำบัดซึ่งน้ำหมักกาแฟมีความจำเป็นต้องเข้าสู่ระบบบำบัดที่ได้พัฒนามาทั้งสิ้น 5 ขั้นตอนตั้งแต่ถังพักถังตกตะกอน ถังกรอง ถังเติมอากาศและบ่อบำบัดพืชซึ่งผลการทดสอบบำบัดทั้งในห้องปฏิบัติการ และแปลงทดสอบพบว่าสามารถทำให้น้ำหมักกาแฟสามารถผ่านมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรมและปล่อยสู่ธรรมชาติได้ ซึ่งการนำวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดนี้ถือเป็นการสร้างรายได้เพิ่มขึ้นแก่เกษตรกรผู้แปรรูปกาแฟเพื่อใช้ประโยชน์ในชุมชน นอกจากนั้นยังลดมลพิษทางสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งวัสดุเหลือใช้ทั้งหมดที่ปัจจุบันสร้างความขัดแย้งให้ชุมชนอย่างมากก่อให้เกิดข้อพิพาทที่สำคัญของผู้ประกอบการกาแฟและชุมชนรอบข้างทั้งนี้งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งสร้างทางเลือกที่สามารถสร้างรายได้ที่ยั้งยืนและลดปัญหามลภาวะทางสิ่งแวดล้อมส่งเสริมการผลิตกาแฟที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิจกรรมที่ 2

การศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์

Study of coffee fermentation process by simulation of animal digestive system

สุกัญญา นิติยนต์[*] โกเมศ สัตยาวุธ ฉัตรนภา ข่มอาวุธ และ สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ

บทคัดย่อ

คำสำคัญ (Key words) : กาแฟอะราบิกา, กาแฟขี้ชะมด, ยีสต์, การหมักกาแฟ

กาแฟขี้ชะมดเป็นกาแฟที่มีราคาสูงเนื่องจากความยากและความแปลกในการผลิต ปัจจุบันกาแฟขี้ชะมดที่จำหน่ายในท้องตลาดส่วนใหญ่เกิดจากการผลิตในฟาร์มของเกษตรกร โดยการจับชะมดจากป่ามาเลี้ยงไว้ในกรงและให้กินผลกาแฟสุกเป็นอาหาร เป็นเหตุให้ชะมดถูกจำกัดพื้นที่ ขาดอิสระภาพซึ่งอาจทำให้เกิดโรคระบาดและความเครียด การผลิตกาแฟขี้ชะมดดังกล่าวมีข้อจำกัดมากและได้ผลผลิตน้อย ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่นิยมบริโภคเนื่องจากคำนึงถึงความสะอาดถูกสุขลักษณะอนามัย งานวิจัยนี้ได้การจำลองการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมดโดยไม่ใช้สัตว์ในการผลิต เพื่อพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดปัญหาการทรมานสัตว์โดยใช้จุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้จากขี้ชะมดโดยคัดเลือกเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟและไม่เป็นกลุ่มเชื้อก่อโรค ได้แก่ *Lactobacillus plantarum*, *Pichia kudriavzevii* จากผลสอบการหมักแสดงให้เห็นว่าการเติมจุลินทรีย์ผสมกับเอนไซม์เปปซินเอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ในระบบการหมัก มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิม และเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟเพิ่มมาก แต่อย่างไรก็ตามกาแฟที่ได้มีความเปรี้ยวและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ต่ำกว่ากาแฟขี้ชะมด จากการทดสอบพบว่าการปรับ pH เริ่มต้นให้อยู่ในช่วง pH 2-3 โดยกรดไฮโดรคลอริกช่วยให้เกิดการย่อยโครงสร้างของกาแฟและสร้างสารตั้งต้นกลิ่นรสในกาแฟได้ เพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสได้ดี เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหมักพบว่าการเพิ่มเวลาในการหมักจะส่งผลต่อการเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟยิ่งขึ้น ระยะเวลาในการหมักที่เหมาะสมคือ 24 ชั่วโมง ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) มีคะแนน เฉลี่ยที่ 82 คะแนน ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8 คะแนน) และกาแฟหมัก 18 ชั่วโมง (คะแนนเฉลี่ย 78.5 คะแนน) การหมักกาแฟโดยจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟ ได้แก่ Pyrazine, 2,6-dimethyl และ 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของถั่ว และ 2-Furanmethanol, acetate และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ และกลิ่นโทนหวาน ให้เพิ่มขึ้นให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมดได้

Abstract

Keywords: Arabica coffee, Civet coffee, Yeast, Coffee fermentation

Civet coffee is an expensive coffee because of its unique fermentation process in civet digestion system. Most of the civet coffee available in the market is produced on farms by

[*] Email: sukanyaniti@gmail.com

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

coffee farmers. Asian palm civets are currently caught in the wild, kept in small cages and fed the coffee beans. Animals are thus deprived of their freedom and natural spaces, leading to diseases and depression. Civet coffee production using Asian palm civet animal has many weakness such as inefficient production processes and final product quality that always makes consumers hesitate in terms of its hygiene. The aim of this research is to improve the quality of coffee from the traditional coffee fermentation (wet process) by simulation of animal digestive system and to produce coffee with the quality of civet coffee or unique coffee without using animal. The beneficial microorganisms was screened and selected from civet feces, including lactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum* and yeast *Pichia kudriavzevii*. Coffee fermentation by using isolated microorganisms supplemented with mix enzyme (pepsin and pancreatin) at pH 2-3 (adjusted by hydrochloric acid) showed the higher coffee cupping score than that of traditional wet process. The results suggested that microorganisms and enzymes affected the chemical composition in coffee. However, aftertaste and acidity of fementation coffee lower than that of civet coffee. The 24 hours fermentation increase complexity of aroma in coffee than that of 18 hours fermentation and control (20 hours). The sensory evaluations of these coffees stand out from the traditional coffee fermentation. Cupping score of coffee fermentation by simulation of animal digestive system for 24 hours is 82, which is higher than that of control (71.8) and 18 hours fermentation (78.5). Concentrations of volatile chemicals that their aroma were described as nutty (Pyrazine, 2,6-dimethyl and 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl) and fruity / sweet (2-Furanmethanol, acetate and 2-Methoxy-4-vinylphenol) were changed nearly to that of civet coffee.

บทนำ (Introduction)

การหมักกาแฟโดยใช้สัตว์เช่น กาแฟขี้ชะมด กาแฟขี้ช้าง กาแฟขี้วัว เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่เพิ่มมูลค่าของให้กับกาแฟในท้องตลาด ซึ่งปัจจุบันราคาของกาแฟขี้ชะมดที่ปรุงสำเร็จในประเทศไทยมีราคาสูงถึงถ้วยละ 500-1500 บาท โดยมูลค่าที่สูงของกาแฟขี้ชะมดนั้นอาจเป็นผลมาจากความยากของกรรมวิธีการผลิตและความชอบส่วนบุคคลของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ถือเป็นกรรมวิธีที่ทำให้กาแฟมีคุณสมบัติทางกายภาพ กลิ่น และรสชาติแตกต่างจากการผลิตกาแฟแบบดั้งเดิม เป็นการเพิ่มความหลากหลายของกาแฟให้กับผู้บริโภค กาแฟขี้ชะมดเป็นกาแฟพื้นเมืองของอินโดนีเซียซึ่งเป็นที่รู้จักทั่วโลกเนื่องจากมีกลิ่นและรสที่เฉพาะตัว โดยกลิ่นรสของกาแฟขี้ชะมดได้เคยมีการอธิบายว่าจะอยู่ในกลุ่มของกลิ่น earthy, musty, syrupy, smooth, และ chocolate (Massimo, 2004) การผลิตกาแฟขี้ชะมดแบบดั้งเดิมเกิดขึ้นโดยอาศัยจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่มีอยู่ภายในระบบย่อยอาหารของชะมด การผลิตกาแฟขี้ชะมดโดยใช้สัตว์ในการผลิตมีข้อด้อยหลายประการ ได้แก่ ผลิตได้ในปริมาณน้อย ยากต่อการควบคุมคุณภาพ ผู้บริโภคบางกลุ่มไม่ต้องการบริโภคเนื่องจากคำนึงถึงความสะอาดถูกสุขลักษณะอนามัย และเป็นการทรมานสัตว์ ดังนั้นจึงมีงานวิจัยเพื่อที่จะผลิตกาแฟที่มีความคล้ายคลึงกับกาแฟขี้ชะมดทดแทนการใช้สัตว์ในการผลิต โดยพัฒนาหมักกาแฟในถังหมักร่วมกับการใช้เอนไซม์และจุลินทรีย์ที่คัดแยกจากขี้ชะมด (Fitri and Laga, 2019)

กรมวิชาการเกษตร

การหมักกาแฟโดยจำลองระบบย่อยอาหารของชะมด สามารถทำได้โดยการคัดแยกและจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่อยู่ในระบบย่อยอาหารของชะมด ได้แก่ กระเพาะอาหาร, ลำไส้เล็ก, ลำไส้ใหญ่ โดยจุลินทรีย์ที่พบในลำไส้เล็กและลำไส้ใหญ่มีจำนวนมากกว่าที่พบในกระเพาะอาหาร เนื่องจากในกระเพาะอาหารมีสภาวะที่เป็นกรดมากจึงทำให้มีจุลินทรีย์ปริมาณน้อยสามารถอาศัยอยู่ได้ จุลินทรีย์ที่พบมากในลำใส่ใหญ่ ได้แก่ *Enterobacter cloacae* และ *Lactobacillus brevis* (Suhandono et al, 2016) นอกจากจุลินทรีย์ที่คัดแยกระบบย่อยอาหารแล้ว ยังสามารถคัดแยกจุลินทรีย์กรดแลคติกซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ในการหมักกาแฟได้จากขี้ของชะมดได้อีกด้วย โดยแบคทีเรียแลคติกที่คัดแยกได้จากขี้ชะมดได้แก่ *Lactobacillus plantarum, Lactobacillus brevis, Leuconostoc paramesenteroides, Leuconostoc mesenteroides, Leuconostoc dextranicum* และ *Streptococcus faecium* (Fitri et al, 2019)

การทดสอบคุณภาพของกาแฟที่ได้จากการหมักสามารถทำได้โดยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) นอกจากนั้นยังสามารถทดสอบโดยการเปรียบเทียบองค์ประกอบทางเคมีได้อีกด้วย โดย Massimo (2004) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบและคุณสมบัติของกาแฟขี้ชะมด โดยเปรียบเทียบระหว่างกาแฟขี้ชะมดที่ได้จากอินโดนีเซีย (Indonesian plam civet coffe) และ กาแฟขี้ชะมดที่ได้จากเอธิโอเปีย (Ethiopian civet coffee) พบว่าเมื่อทำการทดสอบกลิ่นด้วยเครื่องจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic nose) กลิ่นของกาแฟขี้ชะมดที่ผลิตจากต่างที่กันให้ผลที่ต่างกัน และเมื่อศึกษาโครงสร้างของกาแฟโดยวิธี SDS-PAGE พบว่าน้ำย่อยในระบบย่อยอาหารของสัตว์มีผลต่อการตัดสายโปรตีนของเมล็ดกาแฟ ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้กลิ่นและรสของกาแฟขี้ชะมดแตกต่างจากกาแฟที่ผลิตตามวิธีดั้งเดิม ในปี 2013, Jumhawan และคณะได้ศึกษาสารสำคัญที่เป็นเครื่องหมายในการตรวจวิเคราะห์กาแฟขี้ชะมดแท้ของอินโดนีเซียเปรียบเทียบกับกาแฟที่ผลิตโดยวิธีปกติ โดยศึกษาจากตัวอย่างกาแฟขี้ชะมด 21 ตัวอย่าง พบว่า Citric acid, malic acid และอัตราส่วนของ inositol/pyroglutamic acid สามารถนำมาใช้เป็นสารเครื่องหมายในการตรวจวิเคราะห์กาแฟขี้ชะมดแท้ได้

ระเบียบวิธีการวิจัย (Research Methodology)

ประเด็นวิจัย : งานวิจัยนี้ได้การจำลองการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์ให้มีคุณภาพใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมดโดยไม่ใช้สัตว์ในการผลิต เพื่อพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดปัญหาการทรมานสัตว์โดยใช้จุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้จากขี้ชะมด โดยคัดเลือกเฉพาะจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟและไม่เป็นกลุ่มเชื้อก่อโรค ร่วมกับการใช้เอนไซม์ในระบบย่อยอาหาร และการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการผลิตกาแฟ

ทดสอบการหมักกาแฟด้วยการผสมเอนไซม์และจุลินทรีย์จากลำไส้สัตว์ในขวดหมัก

1.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากขี้ชะมดโดยเลี้ยงเชื้อยีสต์บนอาหารแข็ง YM agar เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหารแข็ง Nutrient agar และเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียแลคติกบนอาหารแข็ง MRS agar บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง เขี่ยเชื้อบนอาหารแข็งลงในขวดที่บรรจุน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปรับค่า optical density (OD) ที่ 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อใช้สำหรับการทดสอบการหมัก

1.2 ทดสอบการหมักกาแฟในขวดหมัก

นำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและ เมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จำนวน 500 กรัม ทำการหมัก 2

ระบบการศึกษา

วิธีคือ ไม่เติมจุลินทรีย์ (หมักแบบธรรมชาติ), เติมจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากกาแฟขี้ชะมดและเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin)จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปิดฝา บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง

1.3 ตรวจสอบคุณภาพกาแฟโดยใช้การคั่วเมล็ดกาแฟแบบคั่วกลาง หลังจากหมักเสร็จแล้วล้างเมล็กาแฟด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปตากแดด ประมาณ 3-4 วัน คอยพลิกกลับเมล็ดจนเมล็ดแห้ง สุ่มตัวอย่างไปวัดความชื้นให้มีเหลือประมาณไม่เกิน 12 % นำไปสีเปลือกกาแฟออกทำการบรรจุเก็บ ในถุงพลาสติกสุญญากาศนำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการสีเปลือกออกแล้ว มาคั่วด้วยเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟ โดยทำการคั่วในระดับปานกลาง (medium roast) ใช้เวลาการคั่วประมาณ 8-9 นาที เมื่อคั่วเสร็จแล้วจะได้เมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลดำ เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วใส่ถุงพลาสติกสุญญากาศ นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วไปตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping) ทำการวิเคราะห์ด้าน กายภาพ วิเคราะห์ด้านเคมี และการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญที่ให้กลิ่นในกาแฟ

2. ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

2.1 การเตรียมหัวเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่แยกได้จากขี้ชะมดโดยเลี้ยงเชื้อยีสต์บนอาหารแข็ง Yeast-Malt agar (YM) เลี้ยงเชื้อแบคทีเรียบนอาหารแข็ง Nutrient agar และเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียแลคติกบนอาหารแข็ง MRS agar บ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 24-48 ชั่วโมง เขี่ยเชื้อบนอาหารแข็งลงในขวดที่บรรจุน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร ปรับค่า optical density (OD) ที่ 600 นาโนเมตร ให้มีค่าเท่ากับ 1 เพื่อใช้สำหรับการทดสอบการหมัก

2.2 ทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์ในขวดหมัก

2.2.1 ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์โดยปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2.0 และ 4.0 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก นำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 500 กรัม จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร เติมจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ได้จากข้อ 1 ทำการหมัก 3 วิธีคือ ชุดควบคุม (ไม่ปรับความเป็นกรด-ด่าง), ปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 2 และปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 4 ด้วยกรดไฮโดรคลอริก หลังจากนั้นปิดฝาขวดหมัก บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

2.2.3 ศึกษาผลของเวลาในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์โดยหมักกาแฟนาน 18, 20 และ 24 ชั่วโมง แล้วนำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟลงในขวดหมักที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 500 กรัม จากนั้นนำขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟมาเติมน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร เติมจุลินทรีย์และเอนไซม์เปปซิน และหลังจากนั้นปิดฝาขวด บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 20, 18 และ 24 ชั่วโมง ตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

2.3 ทดสอบการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารสัตว์ตามกรรมวิธีที่คัดเลือก

นำผลมากาแฟสุกมาแช่น้ำ ทำการลอกส่วนเปลือกนอกออก คัดเลือกเมล็ดเสียและเมล็ดที่ลอยน้ำออก ล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด บรรจุเมล็ดกาแฟจำนวน 2000 กรัม ลงในถังปฏิกรณ์ชีวภาพทำการหมักโดยใช้จุลินทรีย์

กรมวิทยาศาสตร์

เอนไซม์ ความเป็นกรด-ด่างและเวลา ตามกรรมวิธีที่คัดเลือก หลังจากหยุดการหมักแล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping)

2.4 ตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักเปรียบเทียบกับกาแฟขี้ชะมด

ตรวจสอบคุณภาพกาแฟโดยใช้การคั่วเมล็ดกาแฟแบบคั่วกลาง หลังจากหมักเสร็จแล้วล้างเมล็ดกาแฟด้วยน้ำสะอาด ผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปตากแดด ประมาณ 3-4 วัน คอยพลิกกลับเมล็ดจนเมล็ดแห้ง สุ่มตัวอย่างไปวัดความชื้นให้มีเหลือประมาณไม่เกิน 12 % นำไปสีเปลือกกาแฟออกทำการบรรจุเก็บ ในถุงพลาสติกสุญญากาศ นำเมล็ดกาแฟที่ผ่านการสีเปลือกออกแล้ว มาคั่วด้วยเครื่องคั่วเมล็ดกาแฟ โดยทำการคั่วในระดับปานกลาง (medium roast) ใช้เวลาการคั่วประมาณ 8-9 นาที เมื่อคั่วเสร็จแล้วจะได้เมล็ดกาแฟคั่วที่มีสีน้ำตาลดำ เมล็ดกาแฟที่ผ่านการคั่วใส่ถุงพลาสติกสุญญากาศ นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟคั่วไปตรวจสอบคุณภาพกลิ่นรสของกาแฟที่หมักโดยการทดสอบการชิม (Cupping) ทำการวิเคราะห์ด้าน กายภาพ วิเคราะห์ด้านเคมี และการวิเคราะห์ปริมาณสาระสำคัญที่ให้กลิ่นในกาแฟ

3. เปรียบเทียบคุณภาพกาแฟที่ได้จากการหมักโดยจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์และ คำนวนต้นทุนการทดลองเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักแบบเดิม แบบใช้เครื่องจักร แบบการใช้สารเคมีและวิธีที่พัฒนามาใหม่

ผลการวิจัย (Results)

ในงานวิจัยก่อนหน้านี้คณะผู้วิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างกาแฟขี้ชะมดสดและขี้ชะมดจากฟาร์มของเกษตรกรผู้ผลิตกาแฟขี้ชะมดในพื้นที่ อ. วาวี จ. เชียงราย ซึ่งผลการคัดแยกจุลินทรีย์จากตัวอย่างขี้ชะมด สามารถแยกได้จำนวน 25 ไอโซเลต ประกอบด้วย แบคทีเรีย 19 ไอโซเลต และยีสต์ 12 ไอโซเลต จัดจำแนกเป็น *Lactobacillus plantarum* , *Shigella flexneri, Kurthia gibsonii, Escherichia coli* และ *Serratia* sp. และ *Pichia kudriavzevii* จากผลการจัดจำแนกจุลินทรีย์ที่คัดแยกได้พบว่าในตัวอย่างขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่ก่อโรคที่สามารถพบได้ทั่วไปในอุจจาระของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ *Shigella flexneri, Kurthia gibsonii, Escherichia coli* ซึ่งไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นจุลินทรีย์ในการผลิตอาหาร แม้ว่ากาแฟที่จะนำมาบริโภคต้องผ่านกระบวนการทำแห้ง และการคั่วด้วยความร้อนสูงที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์ดังกล่าวถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้กาแฟขี้ชะมดไม่ได้รับความนิยมในกลุ่มของผู้บริโภคที่มีความกังวลในเรื่องของสุขอนามัยในการผลิตอาหาร แต่อย่างไรก็ตามจุลินทรีย์กลุ่มแบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการสร้างเอนไซม์เพื่อย่อยโปรตีนในกาแฟ เพื่อสร้างสารตั้งต้นของกลิ่นรสในกาแฟได้ (Hadipernata and Nugraha, 2017) และเมื่อทดสอบการหมักกาแฟโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากชะมด พบว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกและนำมาทดสอบสามารถทำให้กาแฟมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีรสชาติของผลไม้ มีความเปรี้ยว และมีความนุ่มและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ดีกว่าชุดควบคุม มีคะแนน Cupping เฉลี่ยที่ 80 คะแนน ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 73) แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ที่คัดแยกมาได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเปียก (wet process) เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยการใช้กรดและเอนไซม์ โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริก 0.01%, เติมเอนไซม์เปปซิน 1.4% และเติมเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) 1.4% ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและกรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเอนไซม์เปปซินและ

กรมวิทยาศาสตร์

กรรมวิธีที่เติมเอนไซม์จากตับอ่อนมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟมากกว่าชุดควบคุม โดยกลิ่นที่ได้มีกลิ่นโทนหวาน เช่น วนิลาและคาราเมล มีคะแนน Cupping ที่ 75-76 คะแนน ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 73 คะแนน) เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าการเติมเอนไซม์ได้มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟขี้ชะมดรสชาติที่ได้จากการหมักโดยการแยกปัจจัยของจุลินทรีย์และเอนไซม์ยังมีความแตกต่างจากกาแฟขี้ชะมด

รายงานฉบับนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาการหมักกาแฟโดยการรวมปัจจัยของจุลินทรีย์ เอนไซม์ การปรับสภาวะเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ได้แก่ pH และระยะเวลาในการหมักเพื่อจำลองแบบระบบการหมักกาแฟเลียนแบบระบบย่อยอาหารสัตว์เพื่อการผลิตกาแฟที่มีคุณภาพดี

1. ผลการทดสอบการหมักกาแฟด้วยการผสมเอนไซม์และจุลินทรีย์จากลำไส้สัตว์ในขวดหมัก

เมื่อทำการทดสอบการหมักกาแฟโดยการใช้จุลินทรีย์ร่วมกับการเติมเอนไซม์เปปซิน และเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง เพื่อเลียนแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ โดยเมื่อครบเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมและชุดที่เติมจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์มีค่าลดลงจาก 5.5-6.4 เป็น 4.02-4.15 แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดในระหว่างการหมักทั้งสองกรรมวิธี ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยชุดที่เติมจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์มีค่า Brix สูงกว่าชุดควบคุมเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ามีกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาลได้ดีกว่าชุดควบคุม ค่าความขุ่นของชุดที่เติมหัวเชื้อจุลินทรีย์สูงกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ได้ดี (Figure 1)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยกาแฟที่หมักโดยการเติมเชื้อจุลินทรีย์ผสมที่แยกจากชะมดมีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟ (Flavor) มากกว่าชุดควบคุม มีความเปรี้ยว (acidity) ความหวาน (sweetness) และความกลมกล่อมเพิ่มขึ้น (Balance) ดีกว่าชุดควบคุม มีคะแนน Cupping score เฉลี่ย 76.5 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8) เมื่อเปรียบเทียบกับกาแฟขี้ชะมดที่จำหน่ายในท้องตลาดกาแฟที่ได้จากการหมักแม้มีการพัฒนาความซับซ้อนของกลิ่นรสมากขึ้นแต่ยังมีความเปรี้ยว, ความเข้มข้น (body) และรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ต่ำกว่า

2. ผลการทดสอบปัจจัยที่มีผลต่อการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์ในขวดหมัก

2.1 ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

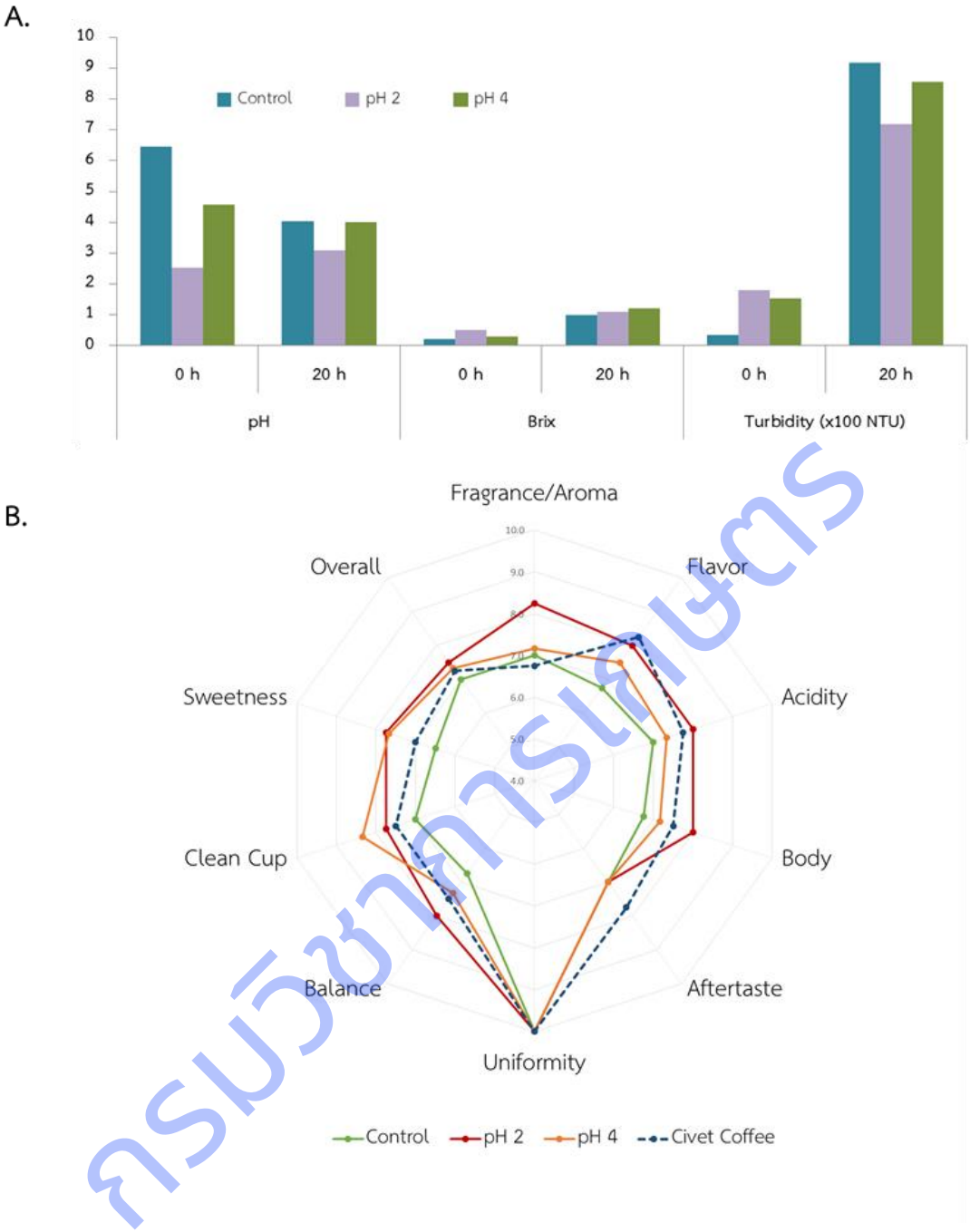
เมื่อทดสอบความเป็นกรด-ด่างในการหมักกาแฟโดยหมักกาแฟ 3 กรรมวิธี ได้แก่ ชุดควบคุมที่ไม่เติมจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์และไม่ปรับ pH, ปรับ pH เท่ากับ 2 และ ปรับ pH เท่ากับ 4 ในขวดหมักที่บรรจุเมล็ดกาแฟและบ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของชุดควบคุมลดลง จาก pH 6 มาอยู่ในระดับ pH 4 แสดงให้เห็นว่ามีการสร้างกรดจากจุลินทรีย์ธรรมชาติในระหว่างการหมัก ชุดทดสอบที่ปรับ pH 4 รักษาระดับ pH คงที่ ในขณะที่ชุดทดสอบที่ปรับ pH 2 มีการเปลี่ยนแปลง pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของ pH ดังกล่าวอาจเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในธรรมชาติ ค่าความหวาน (Brix) มีแนวโน้มสูงขึ้น โดยเมื่อหมักครบ 20 ชั่วโมง ทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่า Brix สูงกว่าค่าเริ่มต้นประมาณ 0.5 เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการย่อยเปลี่ยนรูปเพคตินในกาแฟเป็นน้ำตาล เมื่อทดสอบค่าความขุ่น (Turbidity) ของกรรมวิธีมีที่

กรมวิชาการเกษตร

ปรับ pH 2 พบว่ามีค่าความขุ่นต่ำกว่าชุดควบคุมแสดงให้เห็นว่ามีการเจริญของจุลินทรีย์ต่ำกว่าและมีการหลุดของเมือกกาแฟน้อยกว่า (Figure 3)

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยการชิม (Cupping test) พบว่ากาแฟที่หมักโดยการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ผสมเอนไซม์และการปรับ pH มีการเปลี่ยนแปลงรสชาติจากชุดควบคุม โดยการปรับ pH ในการหมักทำให้กาแฟ มีความซับซ้อนของกลิ่นกาแฟ (Flavor) เพิ่มขึ้น มีความเปรี้ยว (acidity) ความหวาน (sweetness) ความกลมกล่อมเพิ่มขึ้น (Balance) และความเข้มข้น (body) ดีกว่าชุดควบคุม การปรับ pH 2 มีคะแนน Cupping score เฉลี่ยที่ 80.3 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8) และกาแฟหมักที่ปรับ pH 4 (คะแนนเฉลี่ย 76.8) (Figure 3)

กรมวิชาการเกษตร



กรมวิชาการเกษตร

Figure 3 **A.)** Coffee fermentation profiles explain in pH, Brix and Turbidity (NTU) and **B.)** Coffee cupping spider of three treatments (Control, pH2, pH4) and civet coffee.

2.2 ผลของเวลาในการหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

การหมักกาแฟโดยเติมจุลินทรีย์ผสมกับเอนไซม์เปปซิน เอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ในระบบการหมัก ให้เท่ากับ pH 2 หมักนาน 18 และ 24 ชั่วโมง เมื่อนำกาแฟคั่วที่ได้จากการหมักมาทดสอบโดยการชิมพบว่าการหมักกาแฟนาน 24 ชั่วโมงส่งผลต่อการเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟยิ่งขึ้น เมื่อ

เปรียบเทียบกับการหมักในสภาวะเดียวกันแต่ใช้ระยะเวลาสั้น (18 ชั่วโมง) โดยคะแนนของกลิ่น (Fragrance/Aroma) และ รส (Flavor) มีคะแนนสูงขึ้น โดยมีคะแนนสูงถึง 8.5 คะแนน และคะแนน Cupping score รวมของการหมัก 24 ชั่วโมงเฉลี่ยที่ 82 ซึ่งสูงกว่ากาแฟชุดควบคุม (คะแนนเฉลี่ย 71.8) และกาแฟหมัก 18 ชั่วโมง (คะแนนเฉลี่ย 78.5)

2.3 การหมักกาแฟจำลองระบบย่อยอาหารสัตว์ตามกรรมวิธีที่คัดเลือก

เมื่อจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์ในการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ร่วมกับเอนไซม์ผสมเปปซินและแพนครีเอติน ตาม Figure 4 ที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทดสอบองค์ประกอบทางเคมีของกลิ่นกาแฟคั่วโดยการสกัดสารและใช้วัสดุดูดซับที่สัมผัสสารโดยตรง (Solid phase microextraction, SPME) วิเคราะห์ด้วย Gas Chromatography – Mass Spectrometer (GC-MS) พบว่าการจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์ในการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ร่วมกับเอนไซม์ผสมเปปซินและแพนครีเอติน ที่ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 2 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟให้เพิ่มขึ้นให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมด ได้แก่ Pyrazine, 2,6-dimethyl และ 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของถั่ว และ 2-Furanmethanol, acetate และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ และกลิ่นโทนหวาน (Table 1, Figure 4-6) การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารให้กลิ่นในกาแฟมีสาเหตุมาจากจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบเข้าไปย่อยผนังเซลล์หรือโครงสร้างของกาแฟที่เป็นคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนให้มีขนาดเล็กลงเปลี่ยนเป็นสารตั้งต้นของสารให้กลิ่นในกาแฟซึ่งเมื่อนำไปทำปฏิกิริยากับความร้อนโดยการคั่วจึงให้กลิ่นและรสที่แตกต่างกันไป จากผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานของ Muzaifa et. al (2018) ซึ่งเปรียบเทียบกลิ่นรสของกาแฟขี้ชะมดที่ได้จากธรรมชาติและชะมดเลี้ยง โดยรายงานว่ากาแฟที่ได้จากชะมดที่อาศัยในป่าธรรมชาติจะมีกลิ่นและรสในโทนของ ถั่ว ครีมนม สมุนไพร กลิ่นมิ้นท์ และกลิ่นหญ้า ในขณะที่กาแฟที่ได้จากชะมดเลี้ยง จะให้กลิ่นในโทนของ ถั่ว มิ้นท์ กลิ่นหญ้า และกลิ่นผลไม้ แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์และเอนไซม์ที่ใช้ในการทดสอบมีบทบาทและความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเคมีภายในกาแฟเพื่อเลียนแบบการผลิตจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์

เมื่อทำการเปรียบเทียบคุณภาพกาแฟที่ได้จากการหมักโดยจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์และคำนวนต้นทุนการทดลองเปรียบเทียบกับกระบวนการหมักแบบเดิม แบบใช้เครื่องจักร และแบบการใช้สารเคมี พบว่าการหมักกาแฟแบบดั้งเดิมนั้นใช้เวลามากกว่า 60 ชั่วโมง เมือกจึงหลุดอย่างสมบูรณ์ โดยในบางพื้นที่มีการเปลี่ยนน้ำในบ่อหมักทุกวันเพื่อลดการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในกาแฟ เช่น กลิ่นเปรี้ยว หรือลดเวลาหมักโดยการแช่เม็ดกาแฟในบ่อหมัก 1 วันและทำการขัดเมือกโดยใช้เครื่องจักร ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมากอีกทั้งยังมีเกิดการปนเปื้อนกลิ่นเครื่องจักรในกาแฟได้ ซึ่งมีต้นทุนประมาณ 35- 135 บาทต่อกิโลกรัมสารกาแฟ (green bean) แต่อย่างไรก็ตามแม้ว่าการหมักโดยการหมักโดยจำลองระบบย่อยอาหารของสัตว์จะสามารถสิ้นสุดการหมักได้ในระยะเวลา 24 ชั่วโมง ช่วยลดทรัพยากรในการหมักได้แก่ เวลาและปริมาณน้ำ ซึ่งเป็นต้นทุนสำคัญในการผลิตกาแฟอะราบิกาได้ถึง 80% และให้กาแฟที่มีคุณภาพดีกลิ่นรสแตกต่างจากกรรมวิธีแบบดั้งเดิม แต่เนื่องจากการหมักดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ 2 ได้แก่ เอนไซม์เปปซิน และเอนไซม์จากตับอ่อน (Pancreatin) ในการช่วยย่อย ทำให้ต้นทุนในการหมักกาแฟสูงถึงประมาณ 180 บาทต่อกิโลกรัมสารกาแฟ หรืออาจจะสูงกว่านั้นขึ้นกับคุณภาพของเอนไซม์ที่ใช้ในการหมัก จึงทำให้การหมักกาแฟโดยการจำลองระบบย่อยอาหารสัตว์ไม่เหมาะต่อการใช้ในการผลิตกาแฟปริมาณมาก เหมาะสมต่อการผลิตกาแฟในระดับพรีเมียมสำหรับกลุ่มลูกค้าที่มีความต้องการเฉพาะเท่านั้น

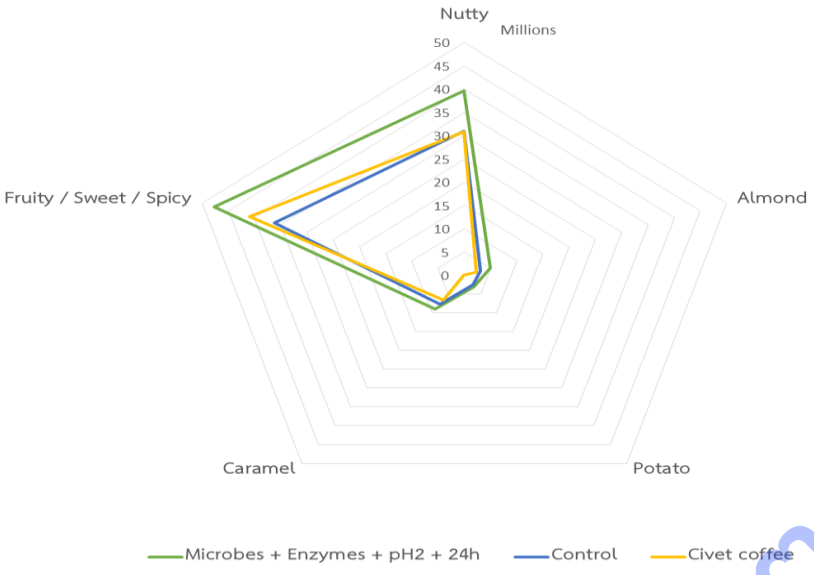


Figure 4 Coffee cupping spider of simulation of animal digestive system (Microbe + Enzyme + pH2 + 24h), control and Civet coffee.

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ โดยขอบเขตของผลการวิจัยประกอบด้วย จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* และยีสต์ *Pichia kudriavzevii* เป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อการหมักกาแฟ และจุลินทรีย์ก่อโรคบางชนิด จากผลสอบการหมักแสดงให้เห็นว่าการเติมจุลินทรีย์ผสมกับเอนไซม์เปปซินเอนไซม์จากตับอ่อน (pancreatin) และ การปรับ pH ในระบบการหมัก มีผลต่อการพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้แตกต่างจากการหมักกาแฟแบบเดิม และเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟเพิ่มมาก แต่ยังมีความเปรี้ยวในกาแฟคั่วและรสชาติค้างในปาก (Aftertaste) ต่ำกว่ากาแฟขี้ชะมด โดยการปรับ pH เริ่มต้นให้อยู่ในช่วง pH 2-3 โดยกรดไฮโดรคลอริก เพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสได้ดี แสดงให้เห็นว่าการย่อยโครงสร้างของกาแฟด้วยกรดช่วยสารตั้งต้นกลิ่นรสในกาแฟได้ และเมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาในการหมักพบว่าการเพิ่มเวลาในการหมักจะส่งผลต่อการเพิ่มความซับซ้อนของกลิ่นรสกาแฟยิ่งขึ้น โดยเวลาที่เหมาะสม คือ หมักกาแฟนาน 24 ชั่วโมง การหมักกาแฟโดยจำลองระบบการย่อยอาหารสัตว์สามารถปรับระดับความเข้มข้นของสารเคมีในกาแฟ ได้แก่ Pyrazine, 2,6-dimethyl และ 2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มของถั่ว และ 2-Furanmethanol, acetate และ 2-Methoxy-4-vinylphenol ซึ่งให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ และกลิ่นโทนหวาน ให้เพิ่มขึ้นให้มีปริมาณใกล้เคียงกับกาแฟขี้ชะมดได้

กรมวิทยาศาสตร์

กิจกรรมที่ 3

ศึกษาอัตราส่วนสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟต่อการพัฒนาคุณภาพ และอัตลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่น

Research on ratio content of cafestol and kahweol in coffee responsible to quality and authentication

ระเบียบวิธีการวิจัย

ประเด็นวิจัย : งานวิจัยชิ้นนี้มุ่งเน้นการวิเคราะห์สารกลุ่ม diterpenes ชนิด Cafestol และ Kahweol ในเมล็ดกาแฟตลอดกระบวนการผลิตตั้งแต่แปลงทดสอบจนถึงผู้บริโภคเพื่อหาอัตราส่วนที่บ่งชี้ถึงอัตลักษณ์ ปัจจัยกำหนดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารและอัตราส่วนที่สามารถใช้จำแนกกาแฟในพื้นที่ปลูกต่างกันได้โดยหลักทางเคมี

วิธีการดำเนินการ

1. พัฒนากระบวนการวิเคราะห์สารประกอบ Diterpene ในเมล็ดกาแฟสายพันธุ์ *Coffea arabica* และ *Coffea canephora* โดยการใช้การสกัดน้ำมันโดยดัดแปลงจากวิธี AOAC,1990 แล้วพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารสำคัญโดยใช้เครื่อง Gas-Chromatography

2. วิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และสาร Kahweol ตลอดกระบวนการผลิตกาแฟจำนวน 5 ขั้นตอนตั้งแต่การเพาะปลูก การเก็บเกี่ยว การหมักกาแฟ การตากกาแฟ การเก็บรักษากาแฟ การคั่วกาแฟและกระบวนการชงประเมินคุณภาพกาแฟ

ขั้นตอนที่ 1 การตากและการเก็บรักษากาแฟ

3. แบ่งสารกาแฟในการตากโดยการสุ่มเมล็ดกาแฟมาอย่างน้อยแปลงทดลองละ 300 กรัม และระหว่างการเก็บรักษาทุกสัปดาห์ตลอดเวลาการเก็บรักษาความชื้นไม่เกินร้อยละ 50 โดยเก็บตัวอย่างกาแฟเพื่อวิเคราะห์ตัวอย่างทุกเดือนเป็นเวลา 10 เดือนเก็บในกระสอบป่าน, ถุงซุปเปอร์ Grain Pro (HDPE), ถุง PP, ถุง PE, ถุง HDPE และกล่องกระดาษหุ้มฟลอย

4. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol

ขั้นตอนที่ 2 การคั่วกาแฟ (Roasting coffee test)

1. ศึกษาคุณภาพเมล็ดกาแฟบ่มเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 10 เดือนในภาชนะที่บรรจุตามกรรมวิธีที่ได้ผลดีที่สุดในขั้นตอนที่ 3 gเพื่อนำมาศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญโดยการเลือกการคั่วกลางแบบ Full-city Roast (อุณหภูมิไม่เกิน 240 องศาเซลเซียสเวลา 16 นาที) เพื่อลดการเกิดสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่เป็นสารพิษในการผลิตกาแฟคั่ว

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol แบ่งเป็นสารกาแฟไม่คั่ว และคั่วโดยวิธีปกติที่อุณหภูมิ 240 องศาเซลเซียส เวลา 5, 10, 12, 15 และ 20 นาที

ขั้นตอนที่ 3 การชงกาแฟ (Espresso cupping test)

กรมวิชาการเกษตร

1. ศึกษาคุณภาพกาแฟบ่มที่ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 10 เดือนโดยใช้บรรจุภัณฑ์ที่ให้ผลดีในขั้นตอนที่ 3 และคั่วที่ให้ผลที่ดีที่สุดในขั้นตอนที่ 4 เพื่อนำมาศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญ (อุณหภูมิไม่เกิน 240 องศาเซลเซียสเวลา 16 นาที) เพื่อลดการเกิดสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่เป็นสารพิษในการผลิตกาแฟคั่วและการพัฒนา Perfect Cupping โดยการทดสอบ Espresso Cupping

2. ศึกษาปริมาณสารสำคัญในเมล็ดกาแฟโดยเครื่องโครมาโตกราฟีแรงดันสูงในเปลือกหุ้มกาแฟภาวะปกติและภาวะที่เกิดจากการหมักโดยศึกษาการผลิตกรดปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol โดยใช้กาแฟชงแบบ Espresso ปริมาณ 9 กรัมปล่อยเวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30 วินาที ทดสอบการใช้องค์ความรู้ของอัตราส่วนของสาร diterpenes ในพื้นที่แปลงกาแฟพรีเมี่ยมเป็นกรณีศึกษาจำนวน 7 จังหวัดในสถานที่ทดลองและแปลงกาแฟเกษตรกรพรีเมี่ยมเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญในพื้นที่จริง ตรวจสอบกระบวนการผลิต จุดวิกฤตและประเมินคุณภาพกาแฟ

ผลการวิจัย (Results)

1. ผลการศึกษากระบวนการวิเคราะห์สารกลุ่ม Diterpene (Cafestol และ Kahweol) และปัจจัยการเพาะปลูกถึงการตากกาแฟต่อปริมาณสารสำคัญ

สามารถสกัดสาร diterpene จากเมล็ดกาแฟด้วยวิธี Soxhlet วิเคราะห์ด้วย PS-GC-FID ตามวิธีวิเคราะห์ด้วยวิธี GSLS และ AOAC ใช้เวลาในการสกัดเพียง 4 ชั่วโมงแล้วฉีดสารโดยการใช้กระบวนการ Pulsed split inlet (PS) ที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียสใช้ความดันที่ 25 psi วิเคราะห์โดยเครื่อง Gas Chromatography - FID คอลัมภ์ชนิด Elite-5MS column (10m, 0.25mm, 0.15 mm) ที่อุณหภูมเริ่มต้นที่ 50 องศาเซลเซียส (0.25 min) โดยอัตรา 15 C/min ถึง 380 องศาเซลเซียส (10 min) พบปริมาณน้ำมันสกัดจากเมล็ดกาแฟพบว่ามีปริมาณไขมันในประเทศไทยเฉลี่ยอยู่ที่ 10.45 กรัมต่อ 100 กรัมเมล็ดกาแฟทั้งในกาแฟ *C. arabica* และ *C. canephora* โดยปริมาณสาร Diterpene ester ที่เป็นกลุ่มของ Cafestol และ Kahweol พบว่ามีอยู่เพียงร้อยละ 18.9 เท่านั้นซึ่งส่วนประกอบของกรดไขมันพบว่าเป็นกรดไขมันจำนวน 2 ชนิดหลักได้แก่ กรดไลโนเลอิกและกรดปาล์มิติก นอกจากนี้จะไม่พบสารกลุ่ม Kahweol ในกาแฟสายพันธุ์ *C. canephora* ในขณะที่พบสาร Kahweol ปริมาณมากใน *C. arabica* ประมาณ 516 – 590 mg/100g ส่วนสาร Cafestol นั้นจะพบในกาแฟทั้งสองชนิดมากที่สุดคือ DAF90 – DAF150 ซึ่งเป็นช่วงเก็บเกี่ยวของเมล็ดกาแฟโดยพบข้อสังเกตว่าปริมาณ ratio ของสาร cafestol/kahweol นั้นมีปริมาณคงที่ในช่วงเวลาดังกล่าวทั้งนี้สามารถแบ่ง *C. arabica* ได้เป็นสองกลุ่มได้แก่ พื้นที่สูงกว่าระดับน้ำทะเล 600 เมตรที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.80 – 1.50 และ1,200 เมตรขึ้นไปที่มีอัตราส่วนระหว่าง 0.10 – 0.50 ส่วน *C. canephora* พบอัตราส่วนคงที่ที่ 180 – 200 นอกจากนี้อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ปลูกยังส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนอีกด้วย นอกจากนี้ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของอัตราส่วนของสารกลุ่ม diterpene ทั้งสองอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการหมักและการตากกาแฟ แต่พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol เมื่อเลือกใช้กระบวนการทำแห้งที่มีความร้อนสูงโดยปริมาณสารทั้งสองจะลดลงในปริมาณมากเมื่อเทียบกับชุดควบคุมจากร้อยละ 50 – 75 ซึ่งส่งผลต่อการทดสอบชิมเรื่อง underoast (กาแฟไม่สุก) หรือกลุ่มรสชาติถั่วดิบและถั่วงอก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการทำความเข้าใจถึงปัจจัยของอุณหภูมิต่อคุณภาพกาแฟต่อไป

2. ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

กรมวิชาการเกษตร

ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญของกาแฟในบรรจุภัณฑ์ทั้ง 6 กรรมวิธีพบว่าหลังจากทดสอบเก็บสารกาแฟที่อุณหภูมิและความชื้นควบคุม พบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณลดลงของปริมาณน้ำมันโดยรวมและสารสำคัญ โดยพบว่าตั้งแต่เวลาการเก็บรักษา 210 วันถึง 300 วันพบว่าสารกาแฟที่เก็บในชุดควบคุม, ถุงฟลอยและถุง PP seal ปิดสนิทมีปริมาณน้ำมันลดลงอย่างมากโดยเมื่อวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ยังพบการลดลงของสารดังกล่าวด้วยแม้อัตรา C/K จะลดลงเพียงเล็กน้อยเกือบคงที่จากค่าเริ่มต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีเพียง HDPE ที่สามารถควบคุมปริมาณน้ำมันและสารสำคัญ ได้ดี โดยมีถุง PP และ PE ที่สามารถควบคุมได้ใกล้เคียงกันที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของปริมาณเริ่มต้น โดยสันนิษฐานว่าปริมาณออกซิเจนส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารสำคัญทั้ง 2 ชนิด

3.ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการคั่วเมล็ดกาแฟภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

ผลวิเคราะห์ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol ในกาแฟคั่วจาก 7 สถานที่ปลูกกาแฟที่ได้ทดสอบปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสารสำคัญใน 4 ขั้นตอนข้างต้นบ่มเป็นเวลา 10 เดือน ทำการทดสอบการคั่วอ่อนแบบ Light Roast (อุณหภูมิไม่เกิน 180 องศาเซลเซียสเวลา 12 นาที), คั่วกลางแบบ Medium Roast (อุณหภูมิไม่เกิน 220 องศาเซลเซียสเวลา 15 นาที) และคั่วเข้มแบบ Dark Roast (อุณหภูมิไม่เกิน 240 องศาเซลเซียสเวลา 20 นาที) เพื่อลดการเกิดสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ที่เป็นสารพิษในการผลิตกาแฟคั่วพบว่าปริมาณสารทั้ง Cafestol และ Kahweol มีปริมาณลดลงเมื่อคั่วกลางแบบ Medium Roast และปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อคั่วเข้มแบบ Dark Roast ทุกตัวอย่างโดยยังพบว่าในกาแฟโรบัสตา (*C. canephora*) จะพบสาร Kahweol น้อยมากเช่นเดียวกับขั้นตอนอื่นและปริมาณอัตราส่วนของ Cafestol/Kahweol ยังเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในระหว่างสถานที่ปลูกกาแฟโดยสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร diterpenes ทั้งสองชนิดนี้ไม่ได้ขึ้นอยู่กับเวลาที่ให้ความร้อน สอดคล้องกับ Eloy Dias,2014 ที่อธิบายว่าสาร diterpenes ทั้งคู่จะสลายตัวเป็น dehydrocafestol และ dehydrokahweol หลังจาก 8 นาทีที่เริ่มคั่วกาแฟที่ร้อยละ 60 – 75 และจะมีปริมาณคงที่ต่อจนจบกระบวนการคั่ว

4.ปริมาณสาร Cafestol และ Kahweol พร้อมปัจจัยการชงกาแฟภาวะต่างๆที่ส่งผลต่อปริมาณสารสำคัญ

พบว่าผลของขนาดกาแฟบดว่ากาแฟขนาดเล็ก (FINE 200 – 400 um) มีปริมาณสาร diterpenes มากกว่าขนาดที่บดหยาบทั้งนี้สามารถอธิบายได้จากพื้นที่สัมผัสกับการสกัดที่มากกว่าเมื่อบดละเอียดขึ้นอย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเวลาสกัด (percolation time) พบว่าระยะเวลาของการกาแฟบดละเอียด (FINE) จากใช้เวลา 35 ± 3 วินาที ขณะที่ COARSE ใช้เวลาเพียง 10 ± 3 วินาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารประกอบ diterpenes จะมีปริมาณมากเมื่อมีการสกัดที่นานกว่า โดยเมื่อทำการทดสอบเวลาในการสกัดเปรียบเทียบกับการบดระดับเดียวที่ MEDIUM FINE พบปริมาณสารมากที่สุดที่เวลา 25 – 30 วินาที ทั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดสอบชิมที่พบว่าหากใช้เวลาสกัดน้อยกว่า 15 วินาทีกาแฟจะมีรสชาติอ่อนและหากเกิน 30 วินาทีรสชาติจะเข้มไป อย่างไรก็ตามพบว่าปริมาณไขมันทั้งหมด (total lipids) โดยไม่พบปริมาณเปลี่ยนแปลงหลังจากเวลาสกัดที่ 10 วินาทีทั้งนี้สอดคล้องกับผลการทดลองของ Caprioli, 2012 ที่ระบุว่าการชงโดยเครื่องเอสเพลสโซนั้นจะมีการสกัดไขมันที่ 10 วินาทีแรกและออกมาเพียงเล็กน้อยหลังจากนั้นโดยหลังจาก 30 วินาทีจะไม่มีไขมันอีกและปริมาณจะลดลงเนื่องจากจะมี

กรมวิชาการเกษตร

น้ำผสมในเครื่องดื่ม ซึ่งกลิ่นรสของกาแฟนั้นจะอยู่ในส่วนของไขมันนี้ดังนั้นผลการทดลองจึงสนับสนุนการพัฒนาการสกัดกาแฟให้ได้ diterpenes สูงและไขมันพอเหมาะที่เวลาระหว่าง 25 – 30 วินาที

5.กรณีศึกษาต่อการเปลี่ยนแปลงสาร Cafestol และ Kahweol ตลอดกระบวนการแปรรูปในพื้นที่ศูนย์การเรียนรู้กาแฟของกรมวิชาการเกษตร

ผลการเปลี่ยนแปลงของสาร diterpenes ตลอดกระบวนการผลิตกาแฟ ได้นำไปทดสอบเป็นกรณีศึกษาเปรียบเทียบกรณีในพื้นที่ทดสอบจำนวน 7 จังหวัดแบ่งเป็น 6 สถานีทดลองและแปลงเกษตรกรทั้งสิ้น 7 แปลงทดสอบและเครือข่ายพื้นที่ละ 40 แปลง รวม 280 แปลงที่ปลูกกาแฟอะราบิกา และโรบัสตาในระดับความสูงตั้งแต่ 0 – 1,200 เมตรจากระดับน้ำทะเล การแปรรูปกาแฟที่แตกต่างกันและกระบวนการที่ได้ปรับเปลี่ยนตามระบบการทำกาแฟพรีเมี่ยมของกรมวิชาการเกษตร โดยรายละเอียดตามพบว่าในพื้นที่จริงมีความหลากหลายในกระบวนการแปรรูปกาแฟตั้งแต่การหมัก กาแฟทำแห้ง การเก็บรักษา การคั่วกาแฟรวมทั้งการชงกาแฟทั้งนี้ส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสาร diterpenes ภาพรวมที่ สองจุดวิกฤตสำคัญคือการทำแห้งกาแฟ และการคั่วกาแฟทั้งนี้ล้วนเป็นขั้นตอนที่มีความร้อนมาเกี่ยวข้อง สำหรับการเก็บรักษากาแฟนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่เก็บรักษากาแฟไม่เกิน 6 เดือนทำให้ปริมาณไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากเหมือนในการทดลอง อย่างไรก็ตามอัตราส่วนของสารทั้งสองชนิดกลับมีปริมาณคงที่ ทั้งนี้เมื่อคำนวณอัตราส่วนดังกล่าวพบว่ามีปริมาณคงที่ตั้งแต่การเก็บเกี่ยวซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตลักษณ์กาแฟทั้งกาแฟ *C.arabica* และ *C.canephora* จะแปรผันตรงกับแหล่งผลิตเป็นสำคัญ โดยเฉพาะใน *C.canephora* ที่มีปริมาณ Kahweol ต่ำก็ไม่พบการเพิ่มขึ้นของสารดังกล่าวระหว่างกระบวนการแปรรูปแต่อย่างใด ทั้งนี้อัตราส่วนดังกล่าวที่คงที่ตลอดกระบวนการผลิตนี้ถือเป็นอัตราส่วนสำคัญที่ทางผู้ทดลองเรียกว่า อัตราส่วนทองคำ (golden ratio, Table 3) ซึ่งมักพบในธรรมชาติเพื่อใช้อธิบายอัตลักษณ์ที่สามารถบ่งบอกแหล่งผลิตกาแฟได้นั่นเอง

Table 3 Authentication and Identification compounds (Cafestol and Kahweol) ratio in perisperm tissue during *C. Arabica and C. canephora* fruit development (DAF 120) in different regions

Varieties	*Region*	*Cafestol (mg/100g)* [a]	*Kahweol (mg/100g)* [a]	*Cafestol/ Kahweol Ratio*	*Cupping Score*	*Cupping Characteristics*
C. arabica	Khun Wang (Chiang Mai)	272.55 ± 29.9	1009.48 ± 71.3	0.27	85 – 87/100	Floral with touch of violet (Geranium)
	Wawi (Chiang Rai)	413.88 ± 30.9	985.43 ± 20.3	0.42	88 – 90/100	Spice with hint of chocolate
	Loei (Loei)	97.90 ± 12.36	890.01 ± 25	0.11	78 – 80/100	Acacia (citrus floral)
	Khao koh (Petchabun)	674.78 ± 25.6	758.18 ± 30.5	0.89	78 – 80/100	Corn and Bittersweet
	Muser (Tak)	943.75 ± 12.8	699.08 ± 12.5	1.35	82 – 85/100	Grain and Citrus-Berry
C. canephora	Sawi (Chumporn)	227.52 ± 37	1.255 ± 0.512	181.29	87 – 91/100	Bergamot and Pepper
	Than to (Satun)	406.27 ± 15.2	2.081 ± 0.122	195.23	78 – 80/100	Cashew nut and Walnut

กรมวิชาการเกษตร

	Mae Ramad (Tak)	387.09 ± 2.5	4.345 ± 0.13	89.088	78 – 81/100	Peanut and Green pea

Data are means ± standard deviations. DAF, days after flowering

[a] Measurement conducted using gas chromatography analysis.

Figure 5 Summarize of Diterpenes variation during coffee processing life cycle with the critical point of diterpenes amounts which refered to different processing techniques

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestion)

สารประกอบกลุ่ม diterpenes สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric กล่าวคือกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่อยู่ในส่วนของกรดไขมันในกาแฟ อีกทั้งสารกลุ่มนี้ยังส่งผลต่อคุณภาพกาแฟทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* ทั้งนี้ผลการทดลองชี้ให้เห็นถึงปริมาณของ diterpenes ที่แปรผันตามแหล่งเพาะปลูกกาแฟระหว่างร้อยละ 18.9 สำหรับกาแฟในประเทศไทยรวมทั้งกระบวนการแปรรูปกาแฟยังส่งผลต่อปริมาณของสารที่แตกต่างกันโดยเฉพาะขั้นตอนที่มีความร้อนเกี่ยวข้องได้แก่ การตาก การเก็บรักษา การคั่วและการชงกาแฟ ทั้งนี้เพื่อควบคุณภาพของกาแฟให้สม่ำเสมอจึงจำเป็นต้องรักษาระดับของปริมาณสารดังกล่าวโดยการไม่ทำแห้งสารกาแฟเกินอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การเก็บรักษาสารกาแฟในถุงชนิด HDPE การคั่วกาแฟที่ใช้เวลาไม่น้อยกว่า 8 นาทีและการชงกาแฟที่ 25 – 30 วินาที โดยเมื่อพิจารณาลงลึกถึงอัตราส่วนระหว่างสาร Cafestol และ Kahweol ที่เป็นสารประกอบหลักกลับพบว่าอัตราส่วนดังกล่าวมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากหลังจากเก็บเกี่ยวหรือแทบจะคงที่ อัตราส่วนดังกล่าวนี้จึงสามารถใช้จำแนกอัตลักษณ์กาแฟเพื่อการตรวจสอบย้อนกลับสินค้ากาแฟในการค้นหาแหล่งผลิตโดยเฉพาะการจำแนกอัตราการผสมระหว่างกาแฟสายพันธุ์เศรษฐกิจหลักทั้ง *C. arabica* และ *C. canephora* โดยสาร Kahweol ที่จะพบปริมาณมากในกาแฟอะราบิกาและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสตา ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่ากระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) ในพื้นที่เพาะปลูกกาแฟที่ระดับความ

สูงแตกต่างกัน ส่งผลถึงอุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก และปริมาณน้ำฝนที่ทำให้อัตราส่วนของสารทั้งสองชนิดมีความแตกต่างกันตามแหล่งผลิตกาแฟ แต่เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงในด้านปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากปัจจัยสำคัญคือความร้อน ในกระบวนการทำแห้ง กระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด การคั่วกาแฟรวมถึงการชงกาแฟ โดยเมื่อกาแฟผ่านความร้อนสูงพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารทั้งสองชนิดสูงขึ้นซึ่งเป็นไปในลักษณะคู่ขนาน ทำให้ตอบโจทย์สมมติฐานของหลักการใช้ chemometric ของ diterpenes ในกาแฟเพื่อใช้ในการตรวจสอบย้อนกลับของสินค้ากาแฟในการทดสอบระดับแปลงทดสอบเพื่อเป็นกรณีศึกษาในพื้นที่ 7 จังหวัดในประเทศไทยก็ยังพบว่าปริมาณสาร diterpenes ยังสามารถตอบโจทย์เพื่อใช้ระบุแหล่งกำเนิดหรืออัตลักษณ์กาแฟ โดยจุดวิกฤตที่สำคัญนั้นยังเป็นกระบวนการที่ทางเกษตรกรให้ความร้อนในเมล็ดกาแฟและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารและคุณภาพของเมล็ดทำให้เกิดลักษณะเฉพาะตัว แต่อัตราส่วนของ Cafestol และ Kahweol นั้นยังคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง อาจกล่าวได้ว่าอัตราส่วนดังกล่าวถือเป็นอัตราส่วนทองคำ (golden ratio) ที่เป็นสิ่งที่พบในธรรมชาติทั่วไปเพื่อใช้ระบุถึงอัตลักษณ์แหล่งกำเนิด กำกับอัตลักษณ์ของกาแฟและบ่งบอกคุณภาพ จึงถือเป็นต้นแบบการควบคุมแหล่งผลิตและกระบวนการผลิตกาแฟสู่การควบคุมคุณภาพอีกทั้งกำหนดอัตลักษณ์ของกาแฟเฉพาะถิ่นที่พัฒนาต่อยอดได้เพื่อความมั่นใจในการซื้อขายและการบริโภคกาแฟสำหรับตลาดกาแฟในปัจจุบันที่มีการแข่งขันการผลิตกาแฟและกลยุทธ์การตลาดที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตา สามารถสร้างลูกผสมกาแฟอะราบิกาพันธุ์ใหม่และคัดเลือกต้นพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตดี มีแนวโน้มในการให้ผลผลิตสูง ในเบื้องต้นคัดเลือกได้จำนวน 16 ต้น ซึ่งเมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตได้ครบถ้วนจะนำมาทำการเปรียบเทียบพันธุ์เพื่อคัดพันธุ์ดีอีกครั้ง สำหรับกาแฟโรบัสตาสายพันธุ์ก้าวหน้าที่มีแนวโน้มดีอีก 6 พันธุ์ เมื่อเก็บข้อมูลผลผลิตครบถ้วนจะนำเสนอพันธุ์ที่ดีเพื่อเป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรและเผยแพร่เป็นพันธุ์ปลูกแก่เกษตรกรผู้ปลูกกาแฟต่อไป และจะใช้เป็นฐานเชื้อพันธุกรรมสำหรับต่อยอดงานปรับปรุงพันธุ์กาแฟโรบัสตาในอนาคต ซึ่งปัจจุบันมีการพัฒนากาแฟคุณภาพมีมูลค่าเป็นที่สนใจของเกษตรกรและบุคคลทั่วไป นอกจากนี้ข้อมูลการปลูกกาแฟโรบัสตาในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ภาคเหนือ หรือภาคอื่น ๆ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของพื้นที่ในการปลูกกาแฟโรบัสตาให้ได้ผลผลิตที่ดีและมีคุณภาพได้ เป็นการส่งเสริมให้มีการปลูกกาแฟเพิ่มขึ้นเพื่อให้มีผลผลิตเพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ ลดการนำเข้าเมล็ดกาแฟซึ่งจะส่งผลดีต่อภาคเกษตรกรและภาคเอกชนตลอดห่วงโซ่คุณค่า (value chain) สินค้ากาแฟ

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา พัฒนาพันธุ์กาแฟอะราบิกาคือ กาแฟอะราบิกาที่ต้านทานต่อโรคราสนิม จำนวน 2 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์เชียงราย 1 และ เชียงราย 2 เป็นพันธุ์แนะนำของกรมวิชาการเกษตรเมื่อ 19 ก.ค. 2564 และได้พันธุ์กาแฟอะราบิกาสายพันธุ์ก้าวหน้าที่ต้านทานต่อโรคราสนิม และโรคแอนแทรกโนสสำหรับศึกษาวิจัยและพัฒนาต่อในปี 2565-2567 จำนวน 23 สายพันธุ์ ได้แก่ CIFC No.1-T8, CIFC No.1-T15, CIFC No.1-T16, CIFC No.1-T51, CIFC No.2-T10, CIFC No.2-T14, CIFC No.2-T21, CIFC No.2-T27, 1/1 B2T5, 1/4 B3T3, 2/12 B1T3, 2/12 B2T1, 2/12 B2T3, 2/27 B4T5, 2/22 BC B5T1, 2/57 BC B6T76, ลูกผสมของ Catimor CIFC 7963-13-28 x 1/4 B3 SF (Caturra vermelho), Catimor CIFC 7963-13-28 x 2/20 B2 SF (H.420/9 ML2/4-78-62-34), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T8 (Catimor CIFC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/14-2 B7 T10 (Sanramon X H.420/9 ML2/4-78-62-26), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/8-2 B7 T9 (Catimor CIFC 7963-661-36 X Sanramon), Catimor CIFC 7963-13-28 x 3/2-1 B7 T6 (H.528/46ML2/10-29-65-29 X Sanramon), 3/2-1-T7-B7

ได้สายต้นที่มีศักยภาพที่จะสามารถพัฒนาเพื่อปรับปรุงพันธุ์ ให้ผลผลิตสูง มีความต้านทานต่อโรคราสนิมและโรคแอนแทรกโนส ในปี 2568-2570 จำนวน 18 สายต้น ได้แก่ 6-2 (51-269), Catuai km18, H739/4-5B4/1T1, H739/4-5B4/1T2, H739/4-5B4/1T3, H739/4-5B4/1T6, H739/4-5B4/1T18, H739/4-5B4/1T19, H739/4-5B4/1T20, H7262/8-2 B6/1T1, H7262/8-2 B6/1T3, H306 1/7EK, 5-1-54 ต้นที่ 7, 5-1-54 ต้นที่ 4, 5-4-2764 ต้นที่ 11, 5-4-2764 ต้นที่ 8, 5-4-2764 ต้นที่ 9 และ 4-1-130-35

ได้ข้อมูลระดับพันธุกรรมของกาแฟอะราบิกาคือ ข้อมูลยีนที่ต้านทานต่อโรคราสนิมในกาแฟอะราบิกา, ข้อมูลโครงสร้างทางพันธุกรรมและความหลายหลายทางของกาแฟอะราบิกาในประเทศไทย วิเคราะห์ด้วยเครื่องหมายโมเลกุล SSR, ลายพิมพ์ดีเอ็นเอของกาแฟอะราบิกา 143 สายพันธุ์ และข้อมูลระดับพันธุกรรมของเชื้อราสนิมในกาแฟอะราบิกา

ได้แหล่งรวบรวมพันธุกรรมของกาแฟอะบิกา อย่างน้อย 4 แหล่ง 5,423 สายพันธุ์ ซึ่งมีศักยภาพที่จะพัฒนาพันธุ์ต่อไปสำหรับใช้ในการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

ได้ข้อมูลว่า เมล็ด Peaberry สามารถเพาะและงอกและเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์เหมือนเมล็ดที่มีลักษณะปกติ และให้ผลผลิตที่เป็นเมล็ดที่ปกติเช่นเดิม ซึ่งการเกิดลักษณะเมล็ด Peaberry ขึ้นกับอุณหภูมิ ความชื้น และปริมาณน้ำฝน มีผลร่วมกับพันธุกรรม

การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embrygenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม โดยการสำรวจคุณภาพผลผลิตกาแฟอะราบิกาภายใต้ร่มเงาในแหล่งต่างๆอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟในสภาพร่มเงาต่างๆ มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีการตอบสนองต่อแสงในรอบวันที่คล้ายคลึงกัน โดยจะมีความแปรปรวนค่อนข้างสูงในรอบวันตามปริมาณความเข้มแสงที่เรือนพุ่มได้รับ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง การคายน้ำ ประสิทธิภาพการใช้น้ำของใบกาแฟจะต่ำในระยะหลังเก็บเกี่ยว และเพิ่มขึ้นในระยะออกดอกและติดผล ความเข้มแสงที่ทำให้เกิดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิสูงสุด (Light saturation point) ของใบกาแฟที่ปลูกในสภาพร่มเงาในแต่ละระยะการเจริญเติบโตในพื้นที่ต่างๆ มีค่าระหว่าง 313 - 485 μmol m^{-1} s^{-2} และมีความเข้มแสงที่สำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเท่ากับอัตราการหายใจ (Light compensation point) มีค่าระหว่าง 19-73 μmol m^{-1} sด้านดัชนีพื้นที่ใบมีการเปลี่ยนแปลงคล้ายคลึงกันในแต่ละพื้นที่ โดยจะมีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยในระยะออกดอกและเพิ่มขึ้นในระยะติดผล การปลูกพืชร่มเงาที่มี ต้นสูง ทรงพุ่มหนาทึบ เช่น มะคาเดเมีย นางพญาเสือโคร่ง หรือระบบวนเกษตรมีผลทำให้กาแฟได้รับความเข้มแสงต่ำจนมีค่าใกล้เคียงศูนย์จากความเข้มแสงปกติ (1,800-2,000 μmol m^{-1} s^{-2}) เมื่อเทียบกับพืชร่วมที่มีลำต้นสูง ทรงพุ่มโปร่ง เช่น ซิลเวอร์โอ๊ค พืชตระกูลกระถินที่กาแฟจะได้รับความเข้มแสงที่สูงกว่า ดังนั้นในการปลูกพืชร่วมกาแฟควรพิจารณาชนิดพืชที่มีเรือนยอดหรือการแผ่กิ่งก้านไม่ใหญ่เกินไป หากเป็นไม้ผลไม้ยืนต้นที่มีทรงพุ่มหรือใบหนาทึบ ควรมีการตัดแต่งกิ่งและควบคุมทรงพุ่มเพื่อให้ได้รับแสงที่เหมาะสม ในกรณีที่มีการปลูกกาแฟร่วมในระบบวนเกษตรควรตัดแต่งกิ่งพืชร่วมกาแฟให้กลางทรงพุ่มโปร่ง และเน้นตัดแต่งในทิศที่ได้รับความเข้มแสงน้อย โดยสามารถใช้แอปพลิเคชั่นในการวัดความเข้มแสงให้ได้ค่าที่เหมาะสม เช่น แอปพลิเคชั่น Korona สำหรับระบบปฏิบัติการ ios ที่สามารถวัดพลังงานแสง (PAR, μmol m^{-1} s^{-2}) ได้ค่อนข้างเที่ยงตรง

การศึกษาโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกา โดยการสำรวจเก็บตัวอย่างกิ่ง ใบและผลกาแฟที่แสดงอาการโรค จากพื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ น่าน แม่ฮ่องสอน ลำปาง เลย และ เพชรบูรณ์ รวมจำนวน 31 ตัวอย่าง นำมาแยกเชื้อ พิสูจน์โรคศึกษาลักษณะทางสัณฐานและศึกษาชีววิทยา ผลการศึกษาพบว่าเชื้อรา *Colletotrichum* spp. ที่แยกได้ทั้งหมด 14 ไอโซเลต เมื่อนำมาพิสูจน์โรคโดยการปลูกเชื้อให้กับต้นกล้ากาแฟ ต้นกล้ากาแฟเริ่มแสดงอาการแผลสีดำหลังปลูกเชื้อได้ 5 วัน ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาร่วมกับการใช้แนวทางการวินิจฉัยของ Mordue (1971), Sutton (1980,1992)และวิรัชและคณะ (2528) จึงจำแนกชนิดราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ของกาแฟอะราบิกาที่ได้ทำการศึกษาครั้งนี้เป็น *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc. ในครั้งนี้ศึกษาเฉพาะลักษณะทางสัณฐานในการจำแนกชนิด ซึ่งพบปัญหาในการจำแนก เนื่องจากรา *Colletotrichum* spp. บางไอโซเลต มีลักษณะของโคโลนีแตกต่างกันแต่รูปร่างของโคนิเดียเหมือนกัน และบางไอโซเลตมีลักษณะของโคโลนีไม่แตกต่างกัน แต่โคนิเดียมีรูปร่างแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาเพิ่มเติมโดยการนำเทคนิคทางอนูชีววิทยาเข้ามาช่วยในการจัดจำแนกชนิดรา *Colletotrichum* spp. สาเหตุโรคแอนแทรคโนสของกาแฟอะราบิกา

กรมวิชาการเกษตร

ที่รวบรวมจากต่างสถานที่และความรุนแรงของโรคแตกต่างกัน เพื่อสนับสนุนให้ข้อมูลของชนิดหรือสายพันธุ์ของเชื้อรามีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

การศึกษาการป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกา ในการศึกษาพบว่าการใช้สารป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสทุกกรรมวิธี สามารถควบคุมโรคได้ใกล้เคียงกัน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และการจัดการตัดแต่งกิ่งมีผลใกล้เคียงกับการใช้สารป้องกันกำจัด ส่วนอาการบนผลจะพบมากในช่วงใกล้การเก็บเกี่ยว สารที่ใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช benomyl 50% WP อัตรา 20 กรัม/น้ำ 20 ลิตร, กรรมวิธีตัดแต่งกิ่ง ไม่พ่นสาร และกรรมวิธีพ่นสาร azoxystrobin+difenoconazole 20%+12.5% W/V SC อัตรา 10 มล./น้ำ 20 ลิตร มีประสิทธิภาพป้องกันกำจัดโรคแอนแทรกโนสกาแฟอะราบิกาบนใบได้ดีไม่แตกต่างกันทางสถิติ รองลงมาคือ กรรมวิธีพ่นสาร prochloraz 45% W/V EC อัตรา 30 กรัม/น้ำ 20 ลิตร และ mancozeb 80% WP อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร

การทดลองการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในเขตภาคเหนือตอนบนแบบผสมผสาน พบว่า ทั้งในพื้นที่แปลงกาแฟอะราบิกาของเกษตรกร อ.แม่ริม และ อ.ดอยสะเก็ด จ.เชียงใหม่ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮฮล์ = 50 : 50) และ ตัดแต่งกิ่งกาแฟมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟดีที่สุด รองลงมาคือ การตัดแต่งกิ่งกาแฟ ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) และ การใช้ *Beauveria bassiana* สายพันธุ์ DOA B4 ร่วมกับ กับดักฟีโรโมน (เมธิลแอลกอฮอล์ : เอทิลแอลกอฮอล์ = 50 : 50) ตามลำดับ ซึ่งวิธีการป้องกันกำจัดดังกล่าวเป็นการลดการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัด เพื่อก้าวสู่การผลิตกาแฟแบบอินทรีย์ ยกระดับมาตรฐานการผลิตกาแฟ สร้างมูลค่าเพิ่ม มีความปลอดภัยต่อผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม และควรร่วมมือกันทำการป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟในทุกพื้นที่อย่างจริงจัง ถูกต้อง ถูกวิธี และถูกเวลา เพื่อลดการระบาดของมอดเจาะผลกาแฟที่จะระบาดในรุ่นต่อๆ ไป

การศึกษารูปแบบและอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่เหมาะสม โดยศึกษาลักษณะสี พบว่า ทำให้สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟกะลาไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา แต่เมื่อนำมากะเทาะเป็น เมล็ดกาแฟแบบสาร พบว่า สีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารมีการเปลี่ยนแปลงตามอายุการเก็บรักษา คือ เมื่อเก็บรักษานานขึ้นจะได้คะแนนประเมินในเรื่องของสีของเมล็ดกาแฟแบบกาแฟสารจากมากไปหาน้อยลงตามอายุการเก็บรักษาที่มากขึ้น และการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟในถุงทั้งสองชนิดมีการเปลี่ยนแปลงสีของของเมล็ดกาแฟแบบสารเท่ากันคือ เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดกาแฟแบบสารจากมากไปหาน้อย

ความชื้นเมล็ดกาแฟแบบกะลา พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.23 และ 1.52 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา ยกเว้นความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE หนา 40 ไมครอน เป็นเวลา 3 เดือน ที่มีความชื้นเพิ่มขึ้นจากก่อนการเก็บรักษาคือจาก 12 เปอร์เซ็นต์ เป็น 12.15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในกาแฟสาร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันความชื้นของเมล็ดกาแฟแบบสารในระยะเวลาที่เก็บรักษา โดยเมล็ดกาแฟแบบสารที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นน้อยกว่าถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน คือ 1.65 และ 1.99 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และมีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงความชื้นลดลงตามอายุการเก็บรักษา

กรมวิชาการเกษตร

ข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติกันในข้อบกพร่องของเมล็ดกาแฟในระยะเวลาที่เก็บรักษา คือ เมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.8 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดกาแฟที่เก็บรักษาถุง HDPE ที่หนา 78 ไมครอน มีข้อบกพร่อง 6.7 เปอร์เซ็นต์ โดยมีข้อบกพร่องมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน ต่อมาลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน และมากขึ้นเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 18 - 24 เดือน และมีข้อบกพร่องน้อยที่สุดเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

คุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟ พบว่า ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในชนิดของถุงที่เก็บรักษา แต่มีความแตกต่างทางสถิติในเรื่องของคุณภาพการชิมของเมล็ดกาแฟแบบกะลาในระยะเวลาที่เก็บรักษาคือ เมล็ดกาแฟแบบกะลาที่เก็บรักษาในถุง HDPE ที่หนา 40 และ 78 ไมครอน ได้คะแนนคุณภาพการชิมเฉลี่ย 80.22 และ 80.26 ตามลำดับ และมีแนวโน้มคุณภาพการชิมที่มากขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น คือ ตั้งแต่ 0 ถึง เดือนที่ 12 และลดลงตามลำดับในเดือนที่ 15 ถึงเดือน 24 โดยที่อายุเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีคุณภาพการชิมสูงที่สุด ในชนิดของถุงที่เก็บรักษาเมื่อ 31 เดือนวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

การจัดการวัชพืชในสวนกาแฟอะราบิกา: ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัม ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การใช้สารกำจัดวัชวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอกในสวนกาแฟ ควรที่จะทำการศึกษาก่อนว่าพื้นที่นั้นเดิมที่มีวัชพืชประเภทใบแคบหรือประเภทใบกว้างเป็นหลัก หากพบว่ามีวัชพืชใบแคบเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช acetochlor เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชพืชใบแคบได้ดีกว่าใบกว้าง และหากพบวัชพืชในพื้นที่นั้นมีวัชพืชใบกว้างเป็นหลักควรใช้สารกำจัดวัชพืช oxyfluorfen เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชพืชใบกว้างได้ดีกว่าใบแคบและ**การ**ศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอกในสวนกาแฟ โดยใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นก่อนวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช acetochlor และ oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 60 วันหลังพ่นสาร และไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญต่อต้นกาแฟ และพบปริมาณการตกค้างของสาร acetochlor และ oxyfluorfen ในดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร และ 10-20 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงหลังจากพ่นที่ระยะ 81 วัน พบปริมาณ 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และน้อยกว่า 0.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณสารตกค้างทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสาร ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด การใช้สารกำจัดวัชพืชประเภทพ่นหลังวัชพืชงอก ได้แก่ สารกำจัดวัชพืช glufosinate-amonium+fomesafen และ glufosinate-amonium+oxyfluorfen มีประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชได้ดีจนถึงระยะ 30 วันหลังพ่นสาร ไม่ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟ และจากการตรวจสารตกค้างในดินพบว่ามีปริมาณการตกค้างของสารทั้งสองชนิดในดินหลังการพ่นสารในระดับต่ำ ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

โครการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร ได้ต้นแบบเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลกาแฟโดยวิธีรูดที่ออกแบบพัฒนาขึ้น ตัวเครื่องประกอบด้วยก้านรูดผลกาแฟ 2 ก้าน ยาว 100 มิลลิเมตร หมุนสวนทางกัน ด้านข้างติดเส้นลวด 2 เส้น สำหรับรูดผลกาแฟออกจากต้น ก้านรูดผลกาแฟทำงานที่ความเร็วเชิงเส้น 4.18 เมตรต่อนาที ถ่ายทอดกำลังด้วยเฟือง ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรง 12 โวลต์

6 วัตต์ ใช้แบตเตอรี่แห้ง 12 โวลต์ ให้กำลังไฟฟ้า โดยรอบตัวเครื่องติดริ้วพลาสติกเพื่อป้องกันผลกาแฟกระเด็นออกที่รองรับ จากการวิเคราะห์เศรฐศาสตร์ทางวิศวกรรมเพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน กลุ่มเกษตรกรแปรรูปกาแฟควรมีปริมาณการใช้เครื่องคัดแยกกาแฟผลอ่อนไม่ต่ำกว่า 211,810.35 กิโลกรัม/ปี เป็นเวลา 1.06 ปีจึงจะคุ้มทุน การคัดแยกผลอ่อนผลเขียวนอกจากทำให้ได้เมล็ดกาแฟที่มีคุณภาพ เครื่องคัดแยกผลกาแฟอ่อนแบบรีดผลกาแฟอาจนำไปใช้งานแทนเครื่องลอกเปลือกในการลอกเปลือกกาแฟได้ เมล็ดกาแฟสุกส่วนใหญ่ถูกปลิ้นออกจากเปลือก ทำให้เมล็ดแตกน้อย ได้ผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกปนกับเปลือก แต่ต้องหาวิธีกำจัดแยกเปลือกออกจากผลผลิตเมล็ดกาแฟเมือกที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีเมล็ดกาแฟส่วนหนึ่งยังฝังอยู่ในเปลือกที่ฉีกขาดแล้ว การคัดแยกเปลือกด้วยตะแกรงโยก หรือตะแกรงกลมหมุนที่ใช้กันทั่วไป คัดแยกเมล็ดกาแฟส่วนนี้ไม่ออก ทำให้สูญเสียปะปนไปกับกับเปลือก

โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

การศึกษาลักษณะเฉพาะของกาแฟอะราบิกา

ผลการสำรวจ จึงแบ่งกระจายพันธุ์กาแฟอะราบิกาของกรมวิชาการเกษตรเป็น 2 ช่วงคือ ช่วงที่ 1 ในปี 2529-2549 และ ช่วงที่ 2 ในปี 2550-2559 คือ

ช่วงที่ 1 ปี 2529-2549 กรมวิชาการเกษตรดำเนินการผลิตต้นกาแฟอะราบิกาแจกจ่ายแก่เกษตรกรโดยตรงและผ่านหน่วยงานต่างๆ ซึ่งเป็นกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ลูกผสมชั่วที่ 4-6 จำนวนไม่น้อยกว่า 2,830,000 ต้น

ช่วงที่ 2 ปี 2550-2559 กรมวิชาการเกษตรพัฒนาพันธุ์จนได้ได้กาแฟอะราบิกาพันธุ์รับรอง เชียงใหม่ 80 ซึ่งเป็นกาแฟอะราบิกาสายพันธุ์คาติมอร์ที่เป็นลูกผสมชั่วที่ 7 เมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2550 และได้มีการกระจายพันธุ์รวมทั้งสิ้นประมาณ 2,860,713 ต้น ในพื้นที่หลัก 6 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน จังหวัดลำปาง และ จังหวัดน่าน พบว่า พื้นที่ปลูกกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 มีการปลูกมากในจังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ และน่าน ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ในจังหวัดแม่ฮ่องสอนและลำปาง พบน้อยมาก และพบว่า เกษตรกรผู้ปลูกเป็นผู้ที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์การถือครอง เป็นส่วนใหญ่รองลงมาเป็นผู้ที่มีหนังสือสิทธิทำกินในเขตป่าไม้ ระบบแปลงปลูกพบว่า ส่วนใหญ่ปลูกร่วมกับพืชเศรษฐกิจอื่น เช่น มะคาเดเมีย กล้วย อาโวกาโด และชาอัสสัม เป็นต้น รองลงมาคือ ปลูกร่วมกับพื้นที่ป่า และปลูกพืชเชิงเดี่ยว สภาพแปลงปลูกส่วนใหญ่เป็นที่ราบเชิงเขา รองลงมาเป็นพื้นที่ลาดชัน และพื้นที่ราบตามลำดับ ลักษณะดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย และดินร่วน แปลงปลูกกาแฟอะราบิกาส่วนใหญ่อยู่ในระดับความสูง 700-1,000 เมตรจากระดับน้ำทะเล การปฏิบัติดูแลรักษา แตกต่างในแต่ละจังหวัดคือ

1) จังหวัดเชียงราย เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดตั้งแต่เริ่มเตรียมดินจนถึงเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรส่วนใหญ่จะให้ปุ๋ยในช่วงที่ระยะการพัฒนามากที่สุด รองลงมาคือช่วงระยะติดผล และก่อนปลูกตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าเกษตรกรจะใส่สารปรับปรุงดินช่วงหลังการเก็บเกี่ยว จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนมากให้ปุ๋ยในช่วงก่อนปลูก รองลงมาคือ ช่วงระยะพัฒนา ช่วงติดผล ช่วงก่อนเก็บเกี่ยว และหลังเก็บเกี่ยว ทั้งนี้พบว่าช่วงหลังออกดอกเกษตรกรจะไม่ใส่ปุ๋ย ระยะที่เกษตรกรใส่สารปรับปรุงดินสูงสุดคือช่วงการเตรียมดินก่อนปลูก และพบในช่วงระยะการพัฒนาเล็กน้อยหลังจากออกดอกจนถึงหลังเก็บเกี่ยว ไม่มีการใส่สารปรับปรุงดิน

2) จังหวัดแม่ฮ่องสอน เกษตรกรให้ปุ๋ยมากที่สุดช่วงระยะติดผล รองลงมาคือระยะการพัฒนา ช่วงก่อนปลูก และช่วงก่อนเก็บเกี่ยวตามลำดับ ทั้งนี้ พบว่าเกษตรกรจะไม่มีการใส่ปุ๋ยเลยในช่วงหลังออกดอกและหลังเก็บ

เกี่ยว ในส่วนของการใส่สารปรับปรุงดิน พบว่าใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูก และเป็นระยะเดียวที่เกษตรกรมีการใส่สารปรับปรุงดิน

3) จังหวัดน่าน เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยตลอดช่วงการดูแลกาแฟ โดยเฉพาะการติดผล ในส่วนของการใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกสูงสุด

4) จังหวัดลำปาง เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ย 3 ครั้ง ในช่วง ระยะการพัฒนา ช่วงติดผล และก่อนเก็บเกี่ยว ทั้งนี้พบกว่าใส่สารปรับปรุงดินในช่วงก่อนปลูกเพียงครั้งเดียว

ลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ แบ่งเป็น 3 กลุ่มพันธุ์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ได้แก่

1. พันธุ์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ใน 18 แปลง ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านผีปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่อ.เมือง) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล

2. พันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่าง ใน 4 แปลง ได้แก่ H420/9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-239 ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง พิกัด 47Q 0447527 2069839 ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก พิกัด 47Q 0444380 2061933 และพิกัด 47Q 0444288 2061950 ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม) และจังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง พิกัด 47Q 0559555 2190067 ต.วาวี อ.แม่สรวย) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล

3. พันธุ์คาติมอร์ที่ไม่สามารถระบุสายพันธุ์ได้ จำนวน 8 ตัวอย่าง ใน 7 แปลง ของจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด, บ้านยางครก ต.ยางเปียง และ บ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมูเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ พิกัด 47Q 06697272131175 และพิกัด 47Q 06678262130227 ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) ที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล

กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเลในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านขุนแม่วาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง บ้านผีปาน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านใบหนา ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านนาเกียน ต.นาเกียน อ.อมก๋อย บ้านพะอัน ต.สบโขง อ.อมก๋อย บ้านแบแล ต.สบโขง อ.อมก๋อย และบ้านขุนตื่นน้อย ต.แม่ตื่น อ.อมก๋อย บ้านคุ้มแปลง 5 บ้านคุ้มแปลง 7 ต.แม่งอน อ.ฝาง บ้านสบวาก ต.แม่นาจร อ.แม่แจ่ม บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง และบ้านม่อนจอน ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย)

กรมวิชาการเกษตร

จังหวัดเชียงราย (บ้านดอยช้าง ต.วาวี อ.แม่สรวย บ้านปางขอน ต.ห้วยชมภู อ.เมือง บ้านห้วยหมาก ต.แม่สลองใน อ.แม่ฟ้าหลวง บ้านมูเซอผาฮี้ ต.โป่งงาม อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านห้วยขาบ ต.บ่อเกลือ อ.บ่อเกลือ บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านปางตอง ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง และบ้านรวมไทย ต.หมอกจำแป่ อ.เมือง บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) และจังหวัดพะเยา (บ้านหนองห้า ต.ร่มเย็น อ.เชียงคำ) มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในด้านสภาพภูมิศาสตร์ ได้แก่ แปลงปลูก พิกัด พืชที่ปลูกร่วม พืชร่มเงา ระบบการปลูก ความลาดชันของพื้นที่ การปฏิบัติดูแลรักษา ลักษณะดินโดยแบ่งหน้าตัดดินตามระดับความลึก และปริมาณธาตุอาหารที่พบในแต่ละระดับความลึกของรากกาแฟ (pH, organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, cupper, zinc, manganese, iron และ boron) และด้านสภาพภูมิอากาศ ได้แก่ อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนสะสม และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย

สำหรับลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบทางเคมีของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ มีความเหมือนและแตกต่างกันดังนี้

1) ลักษณะทางกายภาพของกาแฟกะลาและสารกาแฟ เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง ที่ปลูกใน 18 แปลง พบว่า มีลักษณะไม่แตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติในน้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ (ร่องแบบตรงลึก-ร่องแบบตรงตื้น-ร่องแบบโค้งลึก-ร่องแบบโค้งตื้น) ที่มีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.83 เซนติเมตร ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.21 เซนติเมตร ความหนากะลาเฉลี่ย 0.51 เซนติเมตร ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.7 เซนติเมตร ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.93 เซนติเมตร ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.39 เซนติเมตร น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 149.6 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เฉลี่ย 679 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 41.51 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 36.03 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 8.61 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 1.22 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 86.15 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 9.38 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 22.3 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 53.81 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 22.46 เปอร์เซ็นต์ และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 18.35 เปอร์เซ็นต์

2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในพื้นที่บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์จำนวน 7 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ต่างกันที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเลในจังหวัดเชียงใหม่ (บ้านแม่ตอนหลวง ต.เทพเสด็จ อ.ดอยสะเก็ด บ้านยางครก ต.ยางเปียง อ.อมก๋อย บ้านม่อนจอง ต.ม่อนจอง อ.อมก๋อย) จังหวัดเชียงราย (บ้านมูเซอผาฮี้ อ.แม่สาย) จังหวัดน่าน (บ้านสันเจริญ ต.ผาทอง อ.ท่าวังผา) และ จังหวัดแม่ฮ่องสอน (บ้านห้วยฮ่อม ต.ห้วยฮ่อม อ.แม่ลาน้อย) พบว่า มีลักษณะแตกต่างกันทางสถิติในด้านความกว้าง ความยาว และความหนาของกาแฟกะลา และความหนาของสารกาแฟ น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ด จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัม เปอร์เซ็นต์

กรมวิชาการเกษตร

เมล็ดกาแฟเกรด 1 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry ลักษณะของร่องของสารกาแฟ (ร่องแบบตรงลึก-ร่องแบบตรงตื้น-ร่องแบบโค้งลึก-ร่องแบบโค้งตื้น) ที่มีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.85 เซนติเมตร ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.25 เซนติเมตร ความหนากะลาเฉลี่ย 0.53 เซนติเมตร ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 เซนติเมตร ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.99 เซนติเมตร ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.42 เซนติเมตร น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 176.23 เซนติเมตร จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 582 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 เฉลี่ย 68.05 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 เฉลี่ย 19.97 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย 3.35 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย 0.65 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A เฉลี่ย 91.05 เปอร์เซ็นต์ เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 6.4 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงลึกเฉลี่ย 14.23 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบตรงตื้นเฉลี่ย 18.53 เปอร์เซ็นต์ ร่องของสารกาแฟแบบโค้งลึกเฉลี่ย 28.94 เปอร์เซ็นต์ และร่องของสารกาแฟแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 38.41 เปอร์เซ็นต์

ทั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของลักษณะทางกายภาพของกาแฟกะลาและสารกาแฟในกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงได้ แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่ามีความกว้างกะลาเฉลี่ย 0.84 ± 0.04 ซม. (%RSD=4.27) ความยาวกะลาเฉลี่ย 1.20 ± 0.10 ซม. (%RSD=9.29) ความหนากะลาเฉลี่ย 0.54 ± 0.08 ซม. (%RSD=14.74) ความกว้างสารกาแฟเฉลี่ย 0.71 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.95) ความยาวสารกาแฟเฉลี่ย 0.95 ± 0.03 ซม. (%RSD=3.27) ความหนาสารกาแฟเฉลี่ย 0.40 ± 0.02 ซม. (%RSD=4.69) น้ำหนักของสารกาแฟ 1,000 เมล็ดเฉลี่ย 157.15 ± 4.8 กรัม (%RSD=3.03) จำนวนเมล็ดกาแฟต่อน้ำหนัก 100 กรัมเฉลี่ย 648 ± 18 เมล็ด (%RSD=3) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 1 (เมล็ดขนาด ›7.1 มิลลิเมตร) เฉลี่ย 48.82 ± 5.43% (%RSD=13.53) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 2 (เมล็ดขนาด 6.3≤7.1 มิลลิเมตร) เฉลี่ย 31.16 ± 4.04% (%RSD=16.07) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 3 เฉลี่ย (เมล็ดขนาด 5.6≤6.3 มิลลิเมตร) เฉลี่ย 6.78 ± 1.83% (%RSD=26.02) เปอร์เซ็นต์เมล็ดกาแฟเกรด 4 เฉลี่ย (เมล็ดขนาด ≤ 5.6 มิลลิเมตร) เฉลี่ย 0.96 ± 0.44 % (%RSD=44.27) เปอร์เซ็นต์เมล็ดเกรด A (เมล็ดขนาด > 5.6 มิลลิเมตร) เฉลี่ย 86.37 ± 2.58% (%RSD=3.12) เปอร์เซ็นต์เมล็ด Pea Berry เฉลี่ย 9.55 ± 2.29% (%RSD=23.67) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงลึกเฉลี่ย 21.76 ± 4.63% (%RSD=33.46) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบตรงตื้นเฉลี่ย 18.34 ± 5.96% (%RSD=40.68) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งลึกเฉลี่ย 32.29 ± 6.1% (%RSD=31.04) เปอร์เซ็นต์เมล็ดมีลักษณะร่องแบบโค้งตื้นเฉลี่ย 35.95 ± 6.47% (%RSD=29.27)

2) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิม แบบ Cup testing คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.72 ± 0.97 คะแนน (%RSD=1.22) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และวิธีการแปรรูป คือ มีกลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นธัญพืช กลิ่นขนมปัง กลิ่นเนย กลิ่นคาราเมล กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นดอกไม้ กลิ่นผลไม้ กลิ่นช็อกโกแลต และกลิ่นสมุนไพรและเครื่องเทศ

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 ที่ปลูกในพื้นที่บ้านขุนวาง ต.แม่วิน อ.แม่วาง จ.เชียงใหม่ และกาแฟอะราบิกาที่ไม่ทราบพันธุ์จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล มีความแตกต่างกันทางสถิติในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Cup testing คะแนนเต็ม 100 คะแนน พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.27 ± 1.4 คะแนน (%RSD=1.78) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติในวิธีการแปรรูป และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ มีกลิ่นสมุนไพรและเครื่องเทศ กลิ่นเนย กลิ่นถั่ว กลิ่นคาราเมล กลิ่นผลไม้แห้ง และกลิ่นธัญพืช

ทั้งนี้ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing ในกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่าง ใน 29 แปลงได้ แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.61 ± 1.69 คะแนน (%RSD=2.16) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นมะคาเดเมีย กลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นดอกไม้อบแห้ง กลิ่นกาแฟคั่ว กลิ่นอบเชย กลิ่นถั่ว กลิ่นขนมอบ กลิ่นดอกไม้ กลิ่นพีช กลิ่นแอ๊บปริคอท กลิ่นพลัม กลิ่นฮาเซนัท กลิ่นสมุนไพร กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลล์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้ กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นแอปเปิล กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นมะนาว กลิ่นการบูร กลิ่นโกโก้ กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นธัญญพืช และกลิ่นผลไม้อบแห้ง

สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.13 ± 1.16 คะแนน (%RSD=1.47) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นช็อคโกแลต กลิ่นถั่ว กลิ่นดอกไม้ กลิ่นพีช กลิ่นแอ๊บปริคอท กลิ่นพลัม กลิ่นเฮเซนัท กลิ่นสมุนไพร กลิ่นกล้วยสุก กลิ่นอัลมอลล์ กลิ่นขนมปังขิง กลิ่นผลไม้ กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นแอปเปิล กลิ่นดอกมะลิ กลิ่นน้ำผึ้ง กลิ่นมะนาว กลิ่นการบูร และกลิ่นโกโก้

สำหรับกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ ซึ่งไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในคุณภาพการชิม แบบ Cup testing แต่มีข้อมูลเบื้องต้นพบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 79.31 ± 2.74 คะแนน (%RSD=3.45) และมีกลิ่นต่างๆ ซึ่งมีความแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่และสายพันธุ์ คือ กลิ่นสมุนไพร กลิ่นเครื่องเทศ กลิ่นคาราเมล กลิ่นถั่ว กลิ่นผลไม้แห้ง กลิ่นเนย และกลิ่นธัญญพืช

3) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติด้านกายภาพ ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่างใน 18 แปลง ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.22 ± 0.17 (%RSD = 3.35) Total Acid Content เฉลี่ย 2.21 ± 1.38 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 62.41) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.33 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 7.32) Color (L) เฉลี่ย 38.55 ± 1.50 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 3.9) Color (a) เฉลี่ย 6.96 ± 1.48 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 21.19) Color (b) เฉลี่ย 2.74 ± 1.51 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 55.87) Sugar Content เฉลี่ย 4.78 ± 1.53 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 32.08) Nitrogen contain เฉลี่ย 13.96 ± 0.68 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.87) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 4.15 ± 1.3 ^{0}Brix (%RSD=31.27) ปริมาณ

กรมวิทยาศาสตร์

Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=39.41) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 13.17 ± 2.45 เปอร์เซ็นต์(%RSD=18.63) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.86 ± 0.33 เปอร์เซ็นต์(%RSD=6.72)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.23 ± 0.03 (%RSD = 0.51) Total Acid Content เฉลี่ย 1.44 ± 0.14 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 10.03) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.49 ± 0.27 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.92) Color (L) เฉลี่ย 36.49 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 3.07) Color (a) เฉลี่ย 5.96 ± 0.31 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.27) Color (b) เฉลี่ย 2.36 ± 0.49 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 20.82) Sugar Content เฉลี่ย 2.4 ± 0.84 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 35.14) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.75 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 6.28) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.73 ± 2.4 ^{0}Brix (%RSD=41.97) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=38.51) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 14.83 ± 0.66 เปอร์เซ็นต์(%RSD=4.46) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.29 ± 0.29 เปอร์เซ็นต์(%RSD=6.73)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.13 ± 0.1 (%RSD = 1.95) Total Acid Content เฉลี่ย 2.09 ± 1.39 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 66.45) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.36 ± 0.4 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 9.23) Color (L) เฉลี่ย 38.41 ± 0.59 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 1.53) Color (a) เฉลี่ย 7.02 ± 0.93 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 13.22) Color (b) เฉลี่ย 2.7 ± 1.15 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 42.58) Sugar Content เฉลี่ย 4.38 ± 1.47 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 33.65) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.94 ± 0.71 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.76) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 7.62 ± 4.7 ^{0}Brix (%RSD=61.68) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=41.48) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 12.57 ± 0.94 เปอร์เซ็นต์(%RSD=7.46) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.62 ± 0.35 เปอร์เซ็นต์(%RSD=7.67)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านกายภาพ คือ pH เฉลี่ย 5.2 ± 0.15 (%RSD = 2.88) Total Acid Content เฉลี่ย 1.99 ± 1.21 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 60.68) Ash Alkalinity เฉลี่ย 4.37 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 7.21) Color (L) เฉลี่ย 37.99 ± 1.58 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 4.17) Color (a) เฉลี่ย 6.71 ± 1.27 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 18.97) Color (b) เฉลี่ย 2.61 ± 1.26 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 48.15) Sugar Content เฉลี่ย 4.1 ± 1.7 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 41.41) Nitrogen contain เฉลี่ย 14.29 ± 0.85 เปอร์เซ็นต์ (%RSD = 5.95) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ เฉลี่ย 5.61 ± 3.42 ^{0}Brix (%RSD=60.99) ปริมาณ Tartaric acid content เฉลี่ย 0.02 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์(%RSD=41.54) ปริมาณ Oil content เฉลี่ย 13.19 ± 1.96 เปอร์เซ็นต์(%RSD=14.86) ปริมาณ Ash content เฉลี่ย 4.69 ± 0.38 เปอร์เซ็นต์(%RSD=8.15)

4) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 232.38 ± 53.14 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.87) Pyridine เฉลี่ย 691.47 ± 216.18 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=31.26) Caffeine เฉลี่ย 18,545.29 ± 2,260.85 มิลลิกรัม/ลิตร

(%RSD=12.19) Quinic Acid เฉลี่ย 7,311.47 ± 1,454.29 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=19.89) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 122.35 ± 28.46 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=23.26) Trigonelline เฉลี่ย 4,621.76 ± 2,417.04 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=52.3) Pyrene เฉลี่ย 4.34 ± 1.38 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=31.81) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.76 ± 0.18 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=24.07) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=43.41) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.12 ± 0.42 ppb unit (%RSD=19.63) Cafestol เฉลี่ย 0.59 มิลลิกรัมต่อลิตร Kahweol เฉลี่ย 1.13 มิลลิกรัมต่อลิตร และสัดส่วนของ Cafestol:Kahweol เท่ากับ 0.52

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 197.5 ± 11.84 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=6) Pyridine เฉลี่ย 553 ± 120.54 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=21.8) Caffeine เฉลี่ย 15,528 ± 357.33 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=2.3) Quinic Acid เฉลี่ย 5,482 ± 867 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=15.82) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 127 ± 20.71 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=16.31) Trigonelline เฉลี่ย 6,610 ± 1,809.82 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=27.38) Pyrene เฉลี่ย 3.16 ± 0.19 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=6.08) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.57 ± 0.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=8.48) Fluoranthene เฉลี่ย 0.2 ± 0.0 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=40.9) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.35 ± 0.24 ppb unit (%RSD=10.28) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร(%RSD=12.96) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.15 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=13.49) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.02 (%RSD=2.93)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 181.67 ± 2.89 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=1.59) Pyridine เฉลี่ย 315 ± 69.46 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=22.05) Caffeine เฉลี่ย 15,450 ± 476.97 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=3.09) Quinic Acid เฉลี่ย 4,135 ± 103.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=2.5) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 95 ± 17.32 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=18.23) Trigonelline เฉลี่ย 3,543.33 ± 385.53 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=10.88) Pyrene เฉลี่ย 4.15 ± 0.05 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=1.2) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.68 ± 0.08 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=12.04) Fluoranthene เฉลี่ย 0.23 ± 0.03 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=12.37) ตรวจไม่พบ B[b]f (Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 0.67 ± 0.15 ppb unit

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติด้านคุณสมบัติทางเคมี คือ ปริมาณ Furans เฉลี่ย 215.68 ± 44.71 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=20.73) Pyridine เฉลี่ย 607.67 ± 211.27 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=34.77) Caffeine เฉลี่ย 17,230 ± 2,283.91 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=13.26) Quinic Acid เฉลี่ย 6,384 ± 1,645.89 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=25.78) Chlorogenic Acid เฉลี่ย 121.17 ± 26.15 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=21.58) Trigonelline เฉลี่ย 5,176.67 ± 2,326.99 มิลลิกรัม/ลิตร (%RSD=44.95) Pyrene เฉลี่ย 3.93 ± 1.17 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=29.78) Benzo[a]pyrene เฉลี่ย 0.69 ± 0.16 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=23.81) Fluoranthene เฉลี่ย 0.22 ± 0.09 ไมโครกรัม/กิโลกรัม (%RSD=40.23) ตรวจไม่พบ B[b]f

กรมวิทยาศาสตร์

(Benzo[b]fluoranthene) และ Ochratoxin A เฉลี่ย 2.05 ± 0.66 ppb unit (%RSD=32.25) Cafestol เฉลี่ย 0.56 ± 0.07 มิลลิกรัมต่อลิตร(%RSD=12.19) Kahweol เฉลี่ย 1.09 ± 0.14 มิลลิกรัมต่อลิตร (%RSD=12.64) และสัดส่วนของ Cafestol : Kahweol เท่ากับ 0.51 ± 0.01 (%RSD=2.77)

5) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) ด้วยเครื่อง E-nose ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 50.29 ± 13.28%(%RSD=26.41) Blackcurrant เฉลี่ย 21.76 ± 7.06%(%RSD=32.43) Butter เฉลี่ย 23.24 ± 5.57%(%RSD=23.99) Caramel เฉลี่ย 24.12 ± 4.41%(%RSD=18.3) Roasted peanuts เฉลี่ย 25.59 ± 5.83%(%RSD=22.79) และ Roasted coffee เฉลี่ย 33.24 ± 8.09%(%RSD=24.34)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 41.5 ± 11.32%(%RSD=27.27) Blackcurrant เฉลี่ย 25.5 ± 6.43%(%RSD=25.23) Butter เฉลี่ย 29 ± 5.16%(%RSD=17.81) Caramel เฉลี่ย 25.5 ± 2.84%(%RSD=11.13) Roasted peanuts เฉลี่ย 29 ± 3.16%(%RSD=10.9) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30%(%RSD=0)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 31.67 ± 2.89%(%RSD=9.11) Blackcurrant เฉลี่ย 16.67 ± 2.89%(%RSD=17.32) Butter เฉลี่ย 13.33 ± 2.89%(%RSD=21.66) Caramel เฉลี่ย 16.67 ± 2.89%(%RSD=17.33) Roasted peanuts เฉลี่ย 25%(%RSD=0) และ Roasted coffee เฉลี่ย 30%(%RSD=0)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสกลิ่น (Aroma analysis) คือ มีกลิ่นของ Garden Peas เฉลี่ย 45.5 ± 13.28%(%RSD=29.2) Blackcurrant เฉลี่ย 22.5± 6.92%(%RSD=30.74) Butter เฉลี่ย 24.17 ± 6.83%(%RSD=28.28) Caramel เฉลี่ย 23.83 ± 4.49%(%RSD=18.83) Roasted peanuts เฉลี่ย 26.67 ± 4.97%(%RSD=18.64) และ Roasted coffee เฉลี่ย 31.83 ± 6.23%(%RSD=19.56)

6) องค์ประกอบทางเคมีด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติได้ข้อมูลเบื้องต้นดังนี้

(1) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 จำนวน 18 ตัวอย่าง 18 แปลง ที่ปลูกใน 18 สถานที่ปลูกตั้งแต่ในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 924-1420 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.18 ± 0.39 คะแนน(%RSD=12.37) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.24 ± 0.44 คะแนน(%RSD=13.51) รสชาด

กรมวิชาการเกษตร

(Gustative) เฉลี่ย 2.97 ± 0.45 คะแนน(%RSD=15.14) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.12 ± 0.33 คะแนน(%RSD=10.65) และ คะแนนเฉลี่ย 3.13 ± 0.28 คะแนน(%RSD=8.79)

(2) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 10 ตัวอย่างใน 4 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 1275-1499 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.25 ± 0.26 คะแนน (%RSD=8.1) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.1 ± 0.21 คะแนน(%RSD=6.8) รสชาด (Gustative) เฉลี่ย 2.95 ± 0.28 คะแนน(%RSD=9.6) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.05 ± 0.15 คะแนน(%RSD=5.18) และ คะแนนเฉลี่ย 3.09 ± 0.14 คะแนน(%RSD=4.68)

(3) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ที่ไม่ทราบสายพันธุ์ จำนวน 8 ตัวอย่างใน 7 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1400 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.5 คะแนน (%RSD=0) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 2.83 ± 0.58 คะแนน(%RSD=20.38) รสชาด (Gustative) เฉลี่ย 2.83 ± 0.29 คะแนน(%RSD=10.19) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.17 ± 0.19 คะแนน(%RSD=9.12) และ คะแนนเฉลี่ย 3.09 ± 0.26 คะแนน(%RSD=8.46)

(4) กาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ที่ปลูกในพื้นที่ที่มีระดับความสูง 839-1457 เมตรจากระดับน้ำทะเล พบว่า มีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis คะแนนเต็ม 5 คะแนน ได้แก่ สายตา (Visual) เฉลี่ย 3.23 ± 0.34 คะแนน (%RSD=10.54) กลิ่น (Olfactive) เฉลี่ย 3.15 ± 0.4 คะแนน(%RSD=12.61) รสชาด (Gustative) เฉลี่ย 2.95 ± 0.38 คะแนน(%RSD=12.86) ความพึงพอใจ (General Impression) เฉลี่ย 3.1 ± 0.28 คะแนน (%RSD=8.88) และ คะแนนเฉลี่ย 3.11 ± 0.23 คะแนน(%RSD=7.43)

7) มีความแตกต่างทางพันธุกรรมของพันธุ์คาติมอร์ เชียงใหม่ 80 กับพันธุ์คาติมอร์สายพันธุ์อื่นๆ (H420/9 ML2/4-78-62-26, H420/9 ML3/1-106-WW29/6, H420/9 ML3/1-106-WW29/10, H420/9 ML3/1-106-WW29/13, H420/9 ML3/1-106-WW29/14, H420/9 ML3/1-106-WW29/15, H420/9 ML3/1-106-WW29/23, H420/9 ML3/1-106-WW29/24, H420/9 ML3/1-106-WW29/26, H528/46 ML2/10-29-65-23 และ H528/46 ML2/10-29-65-23)

ไม่สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติของกาแฟอะราบิกาพันธุ์คาติมอร์ จำนวน 35 ตัวอย่างใน 29 แปลง ในองค์ประกอบทางเคมี ด้านคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ pH, Total Acid Content, Ash Alkalinity, Sugar Content, Nitrogen contain, Furans, Pyridine, Caffeine, Quinic Acid, Chlorogenic Acid, Trigonelline, Pyrene, Benzo[a]pyrene, Fluoranthene, Ochratoxin A, kahwoel/cafestol ด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยเครื่อง E-nose ได้แก่ Garden Peas (กลิ่นถั่ว) Blackcurrant (กลิ่นแบล็คเคอเร้นท์) Butter (กลิ่นเนย) Caramel (กลิ่นคาราเมล) Roasted peanuts (กลิ่นถั่วคั่ว) และ Roasted coffee (กลิ่นกาแฟคั่ว) ด้านคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านคุณภาพการชิมแบบ Simple Sensorial Analysis ได้แก่ สายตา (Visual) กลิ่น (Olfactive) รสชาด (Gustative) และความพึงพอใจ (General Impression) เนื่องจากวิเคราะห์ไม่ครบทุกตัวอย่างในแต่ละสถานที่และวิธีการแปรรูป ดังนั้นหากต้องการพัฒนาเพิ่มมูลค่า และคุณค่ากาแฟ โดยสร้างอัตลักษณ์กาแฟในแต่สถานที่ ทั้งกลิ่น รสชาติ วิถีชีวิต และถิ่นที่ปลูก ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมใน

กรมวิชาการเกษตร

ลักษณะดังกล่าวเพิ่มเติม รวมถึงปริมาณธาตุอาหารในเมล็ดกาแฟดิบ ได้แก่ แคลเซียม ทองแดง เหล็ก โปแตสเซียม แมงกานีส แมกนีเซียม สังกะสี โบรอน และ strontium (Sr) ในเมล็ดกาแฟดิบ ซึ่งสามารถเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการจำแนกแยกถิ่นกำเนิดของเมล็ดกาแฟ

การทดลองที่ 2 การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตา

การศึกษาลักษณะเฉพาะกาแฟโรบัสตาเป็นการรวบรวมทุกลักษณะประกอบด้วย แหล่งกำเนิด ประวัติของพันธุ์ การปฏิบัติของเกษตรกร รวมถึง ลักษณะทางกายภาพ คุณภาพ เพื่อทราบลักษณะเฉพาะของกาแฟแต่ละพื้นที่และการกำหนดคุณภาพ รสชาติกาแฟเป็นเอกลักษณ์เฉพาะพื้นที่ อีกทั้งเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่ม โดยใช้ตัวอย่างกาแฟในพื้นที่จังหวัดชุมพร และระนอง เป็นตัวแทนของกาแฟโรบัสตา โดยลักษณะดินเป็นกรด ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางถึงสูง ขนาดเมล็ดกาแฟจากการสีสดและตากแห้ง ไม่แตกต่างกัน ส่วนอัตราการเปลี่ยนผลสดเป็นเมล็ดแห้งกรรมวิธีแบบสีสดมีมากกว่า น้ำหนัก 100 เมล็ด พันธุ์ 84-4 เมล็ดกาแฟของจังหวัดชุมพรมีน้ำหนักตามเกณฑ์มาตรฐาน (15 กรัมต่อ 100 เมล็ด) ส่วนเมล็ดกาแฟจากจังหวัดระนองมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเกินมาตรฐาน ยกเว้นพันธุ์ 84-4 ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสม ชุมพร 2, ชุมพร 84-5 จังหวัดชุมพร มีเมล็ดขนาดเล็ก ค้างอยู่บนตะแกรงร่อนขนาดเบอร์ 14 มากที่สุดเฉลี่ย 42.75 และ 50.11 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ 84-5 มีขนาดเมล็ดเบอร์ 16 23 เปอร์เซ็นต์ จังหวัดระนอง ขนาดของเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมทุกพันธุ์ดังกล่าวมีขนาดเมล็ดเบอร์ 14 ส่วนพันธุ์พื้นเมือง ขนาดเมล็ดเบอร์ 17 มากที่สุด 23 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าขนาดเมล็ดกาแฟพันธุ์ลูกผสมมีขนาดเล็กกว่าพันธุ์พื้นเมือง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการดูแลรักษาและสภาพพื้นที่ปลูก สภาพภูมิอากาศ การจัดทำเอกลักษณ์กาแฟเฉพาะถิ่นหรือพื้นที่ ควรมีการจัดเก็บข้อมูลพื้นฐานและข้อมูลเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี การชิมรสชาติ ให้ครอบคลุมมากกว่านี้เพื่อประโยชน์ในการจัดทำข้อมูลเพื่อเป็นเครื่องบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ต่อไป

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ สารประกอบกลุ่ม diterpene สามารถใช้ในการจำแนกอัตลักษณ์กาแฟตามหลักการของ chemometric โดยกลุ่มสารให้กลิ่นในกาแฟที่สำคัญรวมทั้งสารประกอบที่ส่งผลต่อคุณภาพกาแฟจะพบในส่วนของน้ำมันกาแฟที่มีปริมาณระหว่างร้อยละ 7.7 – 17.7 การจำแนกอัตลักษณ์กาแฟโดยใช้อัตราส่วนของสาร Cafestol และ Kahweol โดยสาร Kahweol จะพบปริมาณมากในกาแฟอะราบิกาและน้อยมากหรือแทบไม่มีในกาแฟโรบัสตา นอกจากนี้กระบวนการผลิตกาแฟตั้งแต่การเพาะปลูกที่เริ่มมีการสะสมปริมาณสารทั้งสองชนิดตั้งแต่วันที่ 90 หลังดอกบาน (DAF90) พื้นที่เพาะปลูกกาแฟอะราบิกาที่ระดับความสูงแตกต่างกัน อุณหภูมิพื้นที่เพาะปลูก ปริมาณน้ำฝนล้วนส่งผลต่ออัตราส่วนของสารทั้งสองชนิด เมื่อเข้าสู่กระบวนการแปรรูปแม้จะมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารทั้งสองชนิดจากกระบวนการทำแห้งหรือกระบวนการเก็บรักษากาแฟในบรรจุภัณฑ์ต่างชนิด ผลการวิจัยกลับพบการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอัตราส่วนที่น้อยมาก จากการตรวจสอบข้อบกพร่องหลักในตัวอย่างเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตาของประเทศไทย พบข้อบกพร่องหลักที่พบมากที่สุดในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและเมล็ดกาแฟโรบัสตา คือเมล็ดที่มีแมลงทำลาย รองลงมาคือ เมล็ดเชื้อรา ส่วนเมล็ดแตก ซึ่งถือเป็นข้อบกพร่องรอง ดังนั้นปัญหาข้อบกพร่องเมล็ดที่มีแมลงทำลายถือว่าเป็นปัญหาสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดกาแฟ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากมอดเจาะผลกาแฟ (Coffee berry borer) ผลกาแฟที่ถูกเจาะจะเป็นช่องทางให้เชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียเข้าทำลายซ้ำได้ ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เกินร้อยละ 75 มีโอกาสทำให้เมล็ดกาแฟเกิดการปนเปื้อนเชื้อราและผลิตสารพิษโอคราทอกซิน เอ ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ การจัดชั้นคุณภาพทางกายภาพโดยวิธีการคัดเกรด (Green grading coffee) นับ

จำนวนข้อบกพร่องหลักในเมล็ดกาแฟ สามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟอะราบิกาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดคัดพิเศษ เกรดเอ เกรดรวม และไม่คัดเกรด และสามารถจัดชั้นคุณภาพของเมล็ดกาแฟโรบัสตาได้ 4 ระดับ ได้แก่ เกรดเอ เกรดเอบี เกรดบี และไม่คัดเกรด การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยวิธีการชิม (Green cupping coffee) พบว่า ปริมาณเมล็ดดำและปริมาณผลกาแฟแห้ง จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลายจำนวน 40 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟอะราบิกา และปริมาณเมล็ดดำ ปริมาณผลกาแฟแห้ง และปริมาณเมล็ดที่มีแมลงทำลาย จำนวนอย่างละ 20 เมล็ด ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของเมล็ดกาแฟโรบัสตา ส่วนเมล็ดเปรี้ยวไม่เกิน 20 เมล็ด และสิ่งแปลกปลอมไม่เกินร้อยละ 0.5 ทั้งในเมล็ดกาแฟอะราบิกาและโรบัสตา เนื่องจากมีผลทำให้คะแนนการยอมรับลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้การทดสอบปริมาณสารพิษจากเชื้อรา ผลไม่พบ และพบในบางกรรมวิธีแต่ยังไม่เกินเกณฑ์มาตรฐาน

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ การหมักเมือกกาแฟจากจุลินทรีย์ถือเป็นการผลิตกาแฟอะราบิกาให้ได้คุณภาพที่ควบคุมได้ โดยภาวะการหมักที่เหมาะสมรวมทั้งปัจจัยที่จำเป็นต้องควบคุมเพื่อการพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพนี้สามารถประยุกต์ใช้ทคนิคใหม่ที่ได้จากการทดลองได้แก่ AAF technique ที่ใช้เชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae strain BAwine* และการเติมอากาศในช่วง 6 ชั่วโมงแรกของการหมักที่ 5 มิลลิตรต่อนาทีและควบคุมความเป็นกรดด่างให้อยู่ที่ pH 4.5 พบสารให้กลิ่นในกลุ่มผลไม้ที่เกิดจากการหมัก ได้แก่ กลุ่มกรดอินทรีย์และกลิ่นกลุ่มเอสเทอร์ปริมาณมากกว่าการหมักแบบปกติ โดยเมื่อทดสอบโดยวิธี SCAA cupping score methods คะแนนการทดสอบชิมสูงถึง 83 -85/100 จัดเป็นเกรดกาแฟพิเศษ (Specialty coffee) การหมักกาแฟอะราบิกาในระบบปิด โดยใช้หัวเชื้อยีสต์ *Pichia kluyveri* PRO-Y15 ในการเร่งการหมักและการหลุดลอกของเมือกหุ้มเมล็ดกาแฟ ในสภาวะแวดล้อมธรรมชาติที่มีอุณหภูมิระหว่าง 14-27 °C และระบบหมักมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5-8 สามารถทำให้เมือกกาแฟหลุดอย่างสมบูรณ์ได้ภายในเวลา 20-24 ชั่วโมง และกาแฟที่ได้จากการหมักโดยใช้หัวเชื้อยีสต์มีคะแนนการชิม (Cupping score) ดีกว่าการหมักที่เกิดขึ้นเองตาม ถังหมักกาแฟต้นแบบที่พัฒนาโดยหลักการ Single stage pilot ประกอบด้วยการตัวถังที่ผลิตจากสแตนเลส 304 เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บริเวณผนังมีตะแกรงแบ่งเก็บตะกอนและหัวเชื้อเพื่อการใช้งานซ้ำ ระบบเติมอากาศที่ไม่น้อยกว่า 6 ลิตรต่อนาทีจากปั้มลมจากภายนอกเพื่อให้เกิด flux air ที่ไม่น้อยกว่า 100 ลิตรต่อวัน ส่งผลให้เชื้อจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เพื่อเหมาะในการหมักกาแฟที่ 6.95 log CFU ต่อมิลลิลิตร การใช้ประโยชน์จากผลิตผลพลอยได้จากการหมักกาแฟทั้งสามชนิดในกระบวนการผลิตกาแฟเพื่อเพิ่มมูลค่านั้นเป็นทางเลือกการเพิ่มรายได้จากวัสดุเหลือใช้ ตั้งแต่การใช้เปลือกหุ้มเมล็ดกาแฟที่มีปริมาณไนโตรเจนและไฟเบอร์สูงในการพัฒนาชีวภัณฑ์ป้องกันโรคแอนแทรคโนสในต้นกาแฟโดยการหมักแบบแห้งด้วย *A. niger* และการหมักกรดซิตริกด้วย *Steptococcus spp.* เพื่อพัฒนาเป็นสารปรุงรสอาหารได้แก่ซฮส, ผงปรุงรสและแป้งเปลือกกาแฟ การศึกษาการหมักกาแฟโดยจำลองแบบระบบย่อยอาหารของสัตว์ เพื่อพัฒนาคุณภาพของกาแฟให้มีความแตกต่างจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม ลดการทรมานสัตว์ การทดสอบการหมักกาแฟโดยใช้จุลินทรีย์ที่คัดแยกได้และทดสอบการหมักโดยใช้เอนไซม์ จากผลการคัดแยกจุลินทรีย์พบว่าในขี้ชะมดประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ แบคทีเรียแลคติก *Lactobacillus plantarum* ยีสต์และจุลินทรีย์ก่อโรค ซึ่งเมื่อหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ผสมที่คัดแยกได้ส่งผลให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของกาแฟดีขึ้นและใช้ระยะเวลาในการหมักกาแฟสั้นกว่าจากการหมักกาแฟแบบดั้งเดิม

โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพ ประกอบด้วยการวิจัยต้นแบบกระบวนการใหม่ระดับกึ่งอุตสาหกรรมจำนวน 2 กระบวนการ ได้แก่เทคโนโลยีการหมักจำลองกระเพาะอาหารสัตว์ (Bio-processing techniques) และเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียจากการหมักกาแฟ ต้นแบบผลิตภัณฑ์ระดับอุตสาหกรรมและกึ่งอุตสาหกรรมจำนวน 2 ต้นแบบ ได้แก่ เชื้อจุลินทรีย์สำหรับหมักกาแฟคุณภาพจำนวน 1 ชนิดและสารเคลือบส้มจากเพคตินสกัดจากเชอร์รี่กาแฟและเมือกกาแฟ องค์ความรู้ใหม่ จำนวน 1 องค์ความรู้ได้แก่ เทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ในการตรวจสอบอัตลักษณ์กาแฟโดยหลักการ Chemometric โดยการวิเคราะห์สาร Diterpenes นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์เชิงสาธารณะและการฝึกอบรม ได้แก่ เทคโนโลยีการหมักกาแฟคุณภาพ ภายใต้โครงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟพรีเมี่ยมปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา

ปานหทัย นพชินวงศ์ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ และเสรี อยู่สถิตย์. 2561. เปรียบเทียบกาแฟอะราบิกา 10 สายพันธุ์ ชุดที่ 7. เรื่องเต็มโครงการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา ปี 2559-2564. (ยังไม่ได้ตีพิมพ์)

สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ และ เสาวนีย์ มีมุทา. 2548. การศึกษาพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของเมล็ดกาแฟอะราบิกา. *ใน* รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2545-2547, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 113-131.

สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ปานหทัย นพชินวงศ์ เสรี อยู่สถิตย์ และยุพิน กสินเกษมพงษ์. 2555. การคัดเลือกพันธุ์กาแฟอะราบิกาต่างประเทศ 12 สายต้น. งานวิจัยกาแฟอะราบิกา เล่ม 1, ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร. หน้า 1-13.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการนำเข้ากาแฟ ปี 2564. http://impexp.oae.go.th/service/import.php?S_YEAR=2564&E_YEAR=2565&PRODUCT_GROUP=5247&PRODUCT_ID=3810&wf_search=&WF_SEARCH=Y [1 ม.ค. 2565]

Cannel, M.G.R. 1985. Physiology of the coffee crop. pp. 108-134. *In*: M.N. Clifford and K.C. Willson (eds.). Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. Croom Helm, London.

Carvalho, A., F. P. Ferwerda, J. A. Frahm-Leliveld, D. M. Medina, A. J. T. Mendes and L. C. Monaco. 1969. Coffee. *In:* Ferwerda F. P. and F. Wit. (Eds.). Outlines of Perennial Crop Breeding in the Tropics. 189-241 pp.

Charrier, A. and J. Berthaud. 1987. Principles and Methods in Coffee Plant Breeding: *Coffea canephora* Pierre. *In*: Clarke, R.J. and R. Macrae. (eds.) Coffee Vol. 4: Agronomy. Elsevier Applied Science, London. 167-197 pp.

Cilas, C., P. Bouharmont and A. Bar-Hen. 2003. Yield stability in *Coffea canephora* from diallel mating designs monitored for 14 years. Heredity. 91: 528-532.

Cilas, C. and C. Montagnon. 2011. Yield stability in clines of *Coffea canephora* in the short and medium term: longitudinal data analyses and measures of stability over time. Tree Genetics & Genomes. 7: 421-429.

Clarke, R.J. 1988. International standardization. *In*: Clarke, R.J. and Macrae, R. (Eds.). Coffee Vol. 6: Commercial and Technico-Legal Aspects. Elsevier Applied Science, London. 105-143 pp.

Ferwerda, F. P. 1948. Coffee breeding in Java. Econ. Bot. 2: 258-272.

Klein, A. -M., I. S. –Dewenter and T. Tscharntke. 2003. Pollination of *Coffea canephora* in relation to local and regional agroforestry management. J. Applied Ecology. 40: 837-845.

Le Pelley, R.H. 1973. Coffee insects. Annual Review of Entomology 18:121-142.

โครงการการปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา

กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร กรมการค้าภายใน. 2561. กาแฟ ประจำสัปดาห์ที่ 3 เดือนเมษายน 2561 (17-20 เมษายน 61). แหล่งข้อมูล: http://kbp.ops.moc.go.th/ewt_dl_link.php?nid=748 (23 กรกฎาคม 2561)

ณัฐวณี ยมโชติ. 2561. สถานการณ์การผลิตและการตลาดกาแฟ. ใน เอกสารประกอบการประชุมผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกาแฟ ณ วันที่ 27 มีนาคม 2561 กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร

ประสาน สืบสุข กุหลาบ คงทอง ขนิษฐา วงศ์วัฒนารัตน์ จีราพร แก่นทรัพย์ และ กิตติภพ วายุภาพ. 2558. การใช้เครื่องหมายโมเลกุลประเมินความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดข้าวเหนียวเพื่อการปรับปรุงพันธุ์. เอกสารประกอบการสัมมนาวิชาการประจำปี 2558 สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ เรื่อง “การบริหารงานวิจัยสู่ความเป็นเลิสด้านเทคโนโลยีชีวภาพการเกษตรและการอนุรักษ์ วันที่ 25-27 สิงหาคม 2558 ณ คำแสด ริเวอร์แคว รีสอร์ท อ.เมือง จ.กาญจนบุรี.

ปูชากร ภูวเกตานนท์. 2549. การใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยาและ PCR based เพื่อจำแนกความหลากหลายทางพันธุกรรมของงา (*Sesamum indicum* Linn.). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

วันชัย เย็นเพชร ธานี ศรีวงศ์ชัย มณฑิกานธิ์ สงบจิต ศานนท์ สุขสถาน สรรเสริญ จำปาทอง และชบา จำปาทอง. 2554. ความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าวโพดสายพันธุ์แท้ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์โดยใช้เครื่องหมายโมเลกุล SSR. ใน: การประชุมวิชาการข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35 วันที่ 24-27 พฤษภาคม 2554. ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น กรุงเทพฯ. หน้า 70-76.

ศุจิรัตน์ สงวนรังศิริกุล วีรเดช โขนสันเทียะ รัชนี ขันธหัตถ์ เพียงเพ็ญ ศรวัต ประพิศ วองเทียม ศุภชัย สารกาญจน์ และ อัจฉรา ลิ่มศิลา. 2552. ฐานข้อมูลลายพิมพ์ดีเอ็นเอของมันสำปะหลังไทยพันธุ์ลูกผสมและพันธุ์ต่างประเทศ. ใน: ผลงานวิจัยดีเด่นและผลงานวิจัยที่เสนอเข้าร่วมพิจารณาเป็นผลงานวิจัยดีเด่น. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า16-30.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2559. รายงานโครงการวิจัยประเมินผลการใช้เทคโนโลยีการเกษตรด้านพันธุ์พืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. 210 หน้า.

อุทัย นพคุณวงศ์, มานพ หาญเทวี, สนอง จรินทร, สากล มีสุข, ศิริพร หัสสรังสี และ ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ. 2555. รายงานวิจัยและพัฒนาการวิจัยการเกษตร ฉบับสมบูรณ์ โครงการวิจัยและปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธีการผสมพันธุ์. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โดยทุนวิจัย สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) 179 หน้า.

Bertrand-Desbrunais, A., Noirot, M., Charrier, A., 1991. Minimal growth in vitro conservation of coffee (*Coffea* spp.). Plant Cell Tissue Org. Cult. 27, 333–339.

Braghini, M. T., L.C. Fazuoli, C. Luiz, J.C. Mistro, C. Júlio and P.B. Paulo. 2014. Evaluation and Selection of Coffea Arabica Progenies Resistance to Coffee Leaf Rust in Mococa, SP, Brazil. p.168. *In* The 25th International Conference on Coffee Science. September 8-13, 2014. Armenia, Colombia

CIFC. 2020. Coffee Leaf Rust (CLR). Available from http://www.isa.ulisboa.pt/en/cifc/research. Accessed 25 May 2020.

Cortina, H., P. Moncada and J. Cardenas. 2014. Development and Adoption of Improved Varieties of Coffee with Resistance to Leaf Rust (*Hemileia vastatrix*) in Colombia. pp. 62-63. *In* The 25th International Conference on Coffee Science. September 8-13, 2014. Armenia, Colombia.

กรมวิชาการเกษตร

Etienne, H., Anthony, F., Dussert, S., Fernandez, D., Lashermes, P., Bertrand, B. 2002. Biotechnological applications for the improvement of coffee (*Coffea arabica* L.)(review). In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant 38, 129–138.

Eulgem T, Somssich IE. 2007. Networks of WRKY transcription factors in defense signaling. Current Opinion in Plant Biology 10, 366–71.

Frédéric Georgeta, Philippe Courtelb, Eduardo Malo Garcia, Martin Hidalgo, Edgardo Alpizarb, Jean-Christoph Breitlera, Benoît Bertranda, Hervé Etienne. 2017. Somatic embryogenesis-derived coffee plantlets can be efficientlypropagated by horticultural rooted mini-cuttings: A boost for somatic embryogenesis. Scientia Horticulturae 216 : 177–185. Available : www.elsevier.com/locate/scihorti.

Georget, F., Bertrand, B., Malo, E., Montagon, C., Alpizar, E., Bobadilla, R., Dechamp, E., Jourdan, I., Etienne, H., 2010. An example of successful technology transfer in micro propagation: multiplication of Coffea arabica by somatic embryogenesis. In: Proceedings of the 23rd International Conference on Coffee Science (ASIC): 3–8 October 2010, Bali, Indonesia.ASIC, editor. Vevey, Switzerland, pp. 496–506.

Heath MC, 1977. A comparative study of nonhost interactions with rust fungi. Physiological Plant Pathology 10, 73–88.

Hendre, P.S., Phanindranath, R., Annapurna, V., Lalremruata A. and Aggarwal, K. 2008. Development of new genomic microsatellite markers from robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) showing broad cross-species transferability and utility in genetic studies. BMC Plant Biology. 8:51 (doi:10.1186/1471-2229-8-51)

Ramiro, D.A., Escoute, J., Petitot, A.S., Nicole, M., Maluf, M.P. and Fernandez, D. 2009. Biphasic haustorial differentiation of coffee rust (*Hemileia vastatrixrace* II) associated with defence responses in resistant and susceptible coffee cultivars. Plant Pathology 58(5): 944–955.

Ramiro D, Jalloul A, Petitot A-S, De Sá MFG, Maluf MP, Fernandez D. 2010. Identification of coffee WRKY transcription factor genes and expression profiling in resistance responses to pathogens. ***Tree Genetics & Genomes.*** 2010;6(5):767–781. doi: 10.1007/s11295-010-0290-1.

Silva MC, Nicole M, Guerra-Guimara˜es L, Rodrigues Jr CJ, 2002. Hypersensitive cell death and post-haustorial defence responses arrest the orange rust (Hemileia vastatrix) growth in resistant coffee leaves. Physiological and Molecular Plant Pathology 60, 169–83

U., Noppakoonwong, C., Khomrwut, M., Hanthewee, S., Jarintorn, S., Hassarungsee, S., Meesook, CH., Downruang, P., Naka, S., Lertwattanakiet, K., Satrawut, A.P., Pereira, M.C. Silva and V.M.P. Varzea. 2014. Research and Development of Arabica Coffee in Thailand. 2014.

Oral session in The 25st International Conference on Coffee Science(ASIC2014) on September 8th- 13th, 2014, Armenia, Colombia.

Várzea, V. M. P. and D.V. Marques. 2005. Population variability of Hemileia vastatrix vs. coffee durable resistance. pp. 53-74. In Durable resistance to coffee leaf rust. L. Zambolim, E. M. Zambolim and V. M. P. Várzea, eds. University of Viçosa, UFV, DEP.

Vieira Elisa S.N., Édila V. de R. Von Pinho, Maria G.G. Carvalho, Danny G. Esselink and Ben Vosman. 2010. Development of microsatellite markers for identifying Brazilian *Coffea arabica* varieties. Genetics and Molecular Biology: 33 (3) 507-514.

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embrygenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาระบบการปลูกกาแฟอะราบิกา

ดวงรัตน์ ศตคุณ พูนพิภพ เกษมทรัพย์ Crozat Yves. 2542. อิทธิพลของแสง และอายุใบต่อการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบฝ้าย. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาพืช สาขาส่งเสริมนิเทศศาสตร์เกษตร 3-5 กุมภาพันธ์ 2542, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 27-23.

วิรัชณีย์ ออมทรัพย์สิน. 2558. การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตปาล์มน้ำมัน. รายงานโครงการวิจัย กรมวิชาการเกษตร. 207 หน้า.

Damatta F.M. 2004. Ecophysiological constrains on the production of shade and unshade coffee. Review. Field Crops Research, v.86,p.99-114.

Francisco J.S.N., L. Bonfanti, R. Gazaffi and A. Fontanetti. 2019. Effect of shade trees spatial distribution and species on photosynthetic rate of coffee trees. Coffee Science, Lavras, v.14,n.3,p.326-337.

Salisbury, F.B. and C.W. Ross. 1985. Plant Physiology. 3d ed., Wadsworth Publishing Company, Belmont, California. 540 p.

Sassenarth-Cole, G.F., G. Lu, H.F. Hodges and J.M. Mckinion. 1996. Photo flux density versus leaf senescence in determining photosynthetic efficiency and capacity of *Gossypium hirsutum* L. leaves. Env. Exp. Bot. 33:335-340.

กิจกรรมที่ 2 พัฒนาเทคโนโลยีการผลิตกาแฟ

กรมวิชาการเกษตร. 2548. เอกสารวิชาการกาแฟ. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ, 80 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร, 2547. กาแฟ. เอกสารวิชาการ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 90น.

กาแฟ. Available from: https://th.wikipedia.org/). Accessed 20 May 2017

กาแฟอะราบิกา Available from: http://www.doa.go.th/hrc/cmroyal Accessed 20 May 2017.

กรมวิชาการเกษตร

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2523. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. โรงพิมพ์รุ่งเรืองธรรม. กรุงเทพฯ. 673 หน้า.

ธิดารัตน์ เมธาวรากุล, เบญญา มะโนชัย, ปริยานุช จุลกะ, ณัฏฐ พิชกรรม และ ประภาส ช่างเหล็ก. 2560. อิทธิพลของการตัดแต่งกิ่งและการให้ปุ๋ยต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในสถานีวิจัยเพชรบูรณ์. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 48(2): 284–296.

ประภาพร ฉันทานุมัติ ไพรัตน์ ช่วยเต็ม อรทัย ธนัญชัย ยุพิน กสินเกษมพงษ์ และ ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ. 2558 .ศึกษาการขยายพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดยวิธี somatic embryogenesis และ micro-cutting. รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ปรีดา พากเพียร และพิชิต พงษ์สกุล. 2535. บทบาทของธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพของพืชสวน. เอกสารวิชาการ 001. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. ISBN 974-7621-17-7. 86 หน้า.

มานพ หาญเทวี, อุทัย นพคุณวงศ์, สากล มีสุข, ประสงค์ มั่นสลุง, กำพล เมืองโคมพัส, เสงี่ยม แจ่มจำรูญ, ปิยนุช นาคะ และ สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2551. การปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกาลูกผสมสายพันธุ์ Catimor CIFC 7963-13-28. วารสารวิชาการเกษตร, 26(2): 130-145.

ไว อินต๊ะแก้ว นันทินี ศรีจุมปา และสุภาพร ธรรมสุรกุล. 2553. ผลของเชื้อไมโคไรซ่าเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของกาแฟอะราบิกา. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2553 (เรื่องเต็ม) ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 340-352.

ศศิธร วรปิติรังสี และคณะ. 2563. การประเมินความต้องการธาตุอาหารและการจัดการปุ๋ยต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตกาแฟอะราบิกาตามผลวิเคราะห์ดินและพืช. ในรายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุด ปี 2563. ศูนย์วิจัยพืชสวนเชียงราย กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2553. การจัดการความรู้เรื่องเทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ, 86 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2553. การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN:978-974-463-755-6. 86 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟอะราบิกา. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 31 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2552. เมล็ดกาแฟอะราบิกา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 13 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. กาแฟ.สรุปภาวะการผลิต การตลาดและราคาในประเทศ. ข้อมูลระบบออนไลน์ www:oae.go.th ค้นเมื่อ 4 พฤษภาคม 2558.

Barry-Etienne, D., B. Bertrand, N. Vasquez and H. Etienne. 2002. Comparision of Somatic Embryogennesis-dirived Coffee (*Coffea arabica* L.) Plantlets Regenerated *in vitro* and *ex vitro*: Morphological, Mineral and Water Characteristics. Annals of Botany 90: 77 – 85.

Berthouly, M., M. Dufour, D. Alvard, C. Carasco, L. Alemana and C. Teisson. 1995. Coffee

micropropagation in liquid medium using the temporary immersion technique. In: ASIC Publishers (eds.) 16th International Scientific Colloquium on Coffee, Kyoto, Japon (pp. 514-519). Vevey, Switzerland.

Browning, G. 1975. Shoot growth in *Coffea arabica* L. I. Responses to rain fall when the soil moisture status and gibberellin supply are not limiting. J. Hort. Sci. 3:1-11.

Chemura, A. 2014. The growth response of coffee (*Coffea arabica* L) plants to organic manure, inorganic fertilizers and integrated soil fertility management under different irrigation water supply levels. The International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 3:59.

Crisosto, C. H., D. A. Grantz, and F. C. Meinzer. 1992. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). Tree physiology 10(2): 127-139.

Drinnan, J. E. and C. M. Menzel, 1994. Synchonization of anthesis and enhancement of vegetative growth in coffee (*Coffea arabica* L.) Following water stress during floral initiation. Journal of Horticultural Science. 69(5) 841-849.

Etienne, H., Anthony, F., Dussert, S., Fernandez, D., Lashermes, P., Bertrand, B., 2002.Biotechnological applications for the improvement of coffee (Coffea arabica L.)(review). In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant 38, 129–138. *In* Frédéric Georgeta,, Philippe Courtelb, Eduardo Malo Garciab, Martin Hidalgoc,Edgardo Alpizarb, Jean-Christophe Breitlera, Benoît Bertranda, Hervé Etienne.2017.Somatic

Gatica , A. M.,Arrieta, E.G. and Espinoza, A. M. (2008a). Direct somatic embryogenesis in *Coffea arabica* L. cvs. 'Catura' and'Catuai': Effect of triacontanol, light conditions and medium consistency. *Agronomia Costaroiecense*, **32,** 140–145.

Gatica, Andres M., G. Arrieta and M. Espinoza. 2008. Direct somatic embryogensis in *Coffea arabica* L. cas. Caturra and Catuai: effect of triacontanol, light condition, and medium consistency. Agronomia Costarricense 32(1): 139-147.

Haarer, A. E. 1956. Modern coffee production. Leonard hill (Books) Limited. Printed in Great Britain by Ebenezer Baylis and Son, LTD. The trinity Press, Worcester and London. 467 pps.

International Coffee Organization. 2007. Botanical Aspects. *In* กาแฟ. Available fromhttps://th.wikipedia.org/). Accessed 20 May 2017.

Kuit, M., D. M. Jansen and N. V. Thiet. 2004. Manual for Arabica Cultivation of Coffee. Tan Lam Agricultural Product Joint Stock Company, Khe Sanh, Vietnam, pp. 212.

Mes, M.G. 1957. Studies on flowering of *Coffea arabica* L. The influence of temperature on the initiation and growth of coffee flower buds. II. Breaking the dormancy of coffee flower buds. Acta. Hort. Biol. 4: 328-356.

Meynarti Sari Dewi Ibrahim , R Sri Hartati , Rubiyo , Agus Purwito AB A A B Raden oro , and Sudarsono. 2015. The Induction of Primary and Secondary Somatic Embryogenesis for Arabica Coffee Propagation. Journal of Tropical Crop Science Vol. 2 No.3 , October 2015 .www.j-tropical-crops.com embryogenesis-derived coffee plantlets can be efficientlypropagated by horticultural rooted mini-cuttings: A boost for somaticembryogenesis. Scientia Horticulturae 216 (2017) 177–185

Naka, P., P. Ngankarunathikarn, M. Hantewee, S. Tuantawee, Y. Kasinkasamepong and P. wutthisin. 2004. The botanical and species of coffee plant. Dogbia printing, Bangkok.

Pohlan, H. A. J. and M. J. J. Janssens. 2010. GROWTH AND PRODUCTION OF COFFEE, in Soils, Plant Growth and Crop Production, [Ed. Willy H. Verheye], in Encyclopedia of Life Support Systems. pp. 30.

Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1986. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press, Melbourne. Sydney. Australia. 218 pps.

Tesfaye Shimber G., M. Razi Ismail, H. Kausar, M. Marziah, and M. F. Ramlan. 2013. Plant water relations, crop yield and quality in coffee (*Coffea arabica* L.) as influenced by partial root zone drying and deficit irrigation. Australian Journal of Crop Science, 7(9): 1361-1368.

USDA (2011). *Coffee: World Market and Trade*. USDA, Washington, D.C., USA. 26 pp.

กิจกรรมที่ 3 วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการศัตรูพืชของกาแฟและการจัดการหลังการเก็บเกี่ยว

กรมวิชาการเกษตร. 2544. กาแฟ ผลงานวิชาการประจำปี 2543. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2544, เล่มที่ 1, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2544. กาแฟ ผลงานวิชาการประจำปี 2543. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2544, เล่มที่ 1, โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ.

กลุ่มวิจัยวัชพืช 2554. คำแนะนำการควบคุมวัชพืชและการใช้สารกำจัดวัชพืช. กลุ่มวิจัยวัชพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร. 149 หน้า.

กาแฟ. เอกสารสัมมนาวิชาการ เรื่อง กลยุทธ์เพื่อความสามารถในการแข่งขันด้านพืชสวนเศรษฐกิจ. ณโรงแรมไดมอนด์พลาซ่า อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา. 58 หน้า.

จรัสศรี วงศ์กำแหง วิชิต ตรีพันธ์ และ อานุภาพ ธีระกุล. 2535. การศึกษาชีวประวัติของมอดกาแฟ

จรัสศรี วงศ์กำแหง. 2535. การศึกษาชีวประวัติ- นิเวศวิทยาและการทดสอบประสิทธิภาพสารฆ่าแมลงในมอด

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ มานพ หาญเทวี สมคิด รัตนบุรี พรทิพย์ เลิศสมบัติพลอย ไพรินทร์ มาลา ปราณี เดชอูป และ รุ่งทิพย์ ดาวเรือง. 2558. ศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟที่เหมาะสม. รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2558 ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาการขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

กรมวิชาการเกษตร

ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ มานพ หาญเทวี สมคิด รัตนบุรี พรทิพย์ เลิศสมบัติพลอย ไพรินทร์ มาลา ปราณี เดชอูป และ รุ่งทิพย์ ดาวเรือง. 2558. ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการเก็บรักษาเมล็ดกาแฟ. รายงานเรื่องเต็มการทดลองสิ้นสุดปี 2558 ภายใต้โครงการวิจัยและพัฒนาการขยายผลและถ่ายทอดเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาแฟแบบเกษตรกรมีส่วนร่วม. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร.

บัณฑูรย์ วาฤทธิ์ ชวลิต กอสัมพันธ์ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง วราพงษ์ บุญมา ประเสริฐ คำออน นิธิ ไทยสันทัด สมบัติ ศรีชูวงศ์ และ ถาวร สุภาวงค์, 2551. การศึกษาการระบาดและป้องกันกำจัดมอดเจาะผลกาแฟอราบิก้าแบบผสมผสาน. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์.สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เครือข่ายภาคเหนือ.

ประภาพร ฉันทานุมัติ ยุพิน กสินเกษมพงษ์ มานพ หาญเทวี และนัด ไชยมงคล. 2556. การทดสอบเทคโนโลยีการป้องกันกำจัดมอดกาแฟในแหล่งปลูกภาคเหนือ. ใน เอกสารประกอบการปรับระดับ ของนางสาวประภาพร ฉันทานุมัติ ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน.

ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์ และ เยาวลักษณ์ จันทร์บาง. 2557. การสำรวจแมลงศัตรูกาแฟอะราบิกาและแมลงศัตรูธรรมชาติในจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย. วารสารเกษตร 30(3): 233 -242

พงศ์ศรี ใบอดุลย์, มลิสา เวชยานนท์, บังอร ธารพล, ธวัชชัย หงษ์ตระกูล. 2549. การพัฒนาวิธีวิเคราะห์สารกำจัดวัชพืช alachlor, bromacil, fenoxaprop-p-ethyl, oxyfluorfen, picloram และ pretilachlor ในดิน โดยวิธี Gas Chromatography. *ใน* ผลการปฏิบัติงานประจำปีงบประมาณ 2549. กลุ่มวิจัยวัตถุมีพิษการเกษตร สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร. 119-130 น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม. 351 หน้า

ยุพิน กสินเกษมพงษ์, ประภาพร ฉันทานุมัติ และ ไพรัตน์ ช่วยเต็ม. 2545. ผลของเชื้อรา *Beauveria bassiana* (Balssamo) Vuillemin ต่อการป้องกันกำจัดมอดกาแฟในห้องปฏิบัติการ หน้า167 บทคัดย่อในการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 2.

เยาวลักษณ์ จันทร์บาง, 2554. มอดเจาะผลกาแฟแมลงศัตรูในแปลงปลูกที่ส่งผลเสียระหว่างเก็บรักษา.

วิจัย รักวิทยาศาสตร์. 2546. ราวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน

วิรัช ชูบำรุง, ประไพศรี พิทักษ์ไพรวันและพัฒนา สนธิรัตน. 2528. *Colletotrichum* spp. ในประเทศไทย. หน้า 128-140. *ใน* : รายงานผลงานวิจัย พ.ศ.2528 กลุ่มงานวิทยาไมโค กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2560. การปลูกและการดูแลรักษา. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/coffee/controller/01-04.php (8 ตุลาคม 2560)

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. เมล็ดกาแฟอะราบิกา. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

สิรินาฏ พรศิริประทาน. 2557. การส่งออกผักและผลไม้สดไทยไปสหภาพยุโรป. สถาบันระหว่าง ประเทศเพื่อการค้าและพัฒนา(ITD). (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล. http://lib.dtc.ac.thต่อarticleต่อkitchenต่อar2011-040-exporttoeu.pdf (10 มกราคม 2558)

อาภรณ์ ธรรมเขต. 2527. ประวัติความเป็นมาของพันธุ์กาแฟอะราบิกา คาร์ติมอร์. *วารสารกรมวิชาการเกษตร*. ปีที่ 2 (ฉบับที่ 3). หน้า 229-233.

Anastassiades, M., Tasdelen, B., Scherbaum, E., Stajnbaher, D. 2007. Recent developments in QuEChERS methodology for pesticide multiresidue analysis. In: Ohkawa H, Miyagawa H, Lee PW (eds), Pesticide chemistry: Crop protection, public health, environmental safety. Wiley-VCH, Weinheim.

Cabral P.G.C., E.M. Zambolim, L. Zambolim, T.P. Lelis, A.S. Capucho and E.T. Caixeta. 2009. Identification of a new race of Hemiliea vastatrix inBrazil. *Australasian Plant Disease* Notes. 4: 129-130 p.

Christensen, H. B., Poulson, M. E., Herrmann, S. and Granby, K. 2008. Analysis of glyphosate in cereals. Danish Institute for Food and Veterinary Research.Clebson Gomes Goncalves, Antonio Carlos Da Silva Junior, Maria Renata Rocha Pereira, Sidnei Roberto Marchi and Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production A Guidebook for Grower, Processors, Traders, and Researchers. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KgaA. 976 p.

Dagoberto Martins. 2016. Selecttivity of Saflufenacil applied singly and in combination with Glyphosate on coffee and citrus crops. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/301224616_Selectivity_of_saflufenacil_applied_singly_and_in_combination_with_glyphosate_on_coffee_and_citrus crops

Elvin G. Boneta Garcia. 1982. Effect of three Post-Emergence Herbicide on Coffee Growth and Weed Control. [Online]. Available: Effect of Three Post-Emergence Herbicides on Coffee Growth and Weed Control | The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (upr.edu)

Eshetu T. 2001. Weed flora and weed control practices in coffee. [Online]. Available http://www.scielo.br/scielo.php. (June 2015)

Extoxnet 1993. Oxyfluorfen. [Online]. Available http://pmep.cce.cornell.edu/ profiles/extoxnet/metiram-propoxur/oxyfluorfen-ext.html. (November 2018)

Extoxnet 1993. Pendimetlalin. [Online]. Available http://pmep.cce.cornell.edu/ profiles/extoxnet/metiram-propoxur/pendimethalin-ext.html. (November 2018)

Extoxnet. 1996. Acetochlor. [Online]. Available http://pmep.cce.cornell.edu/ profiles/extoxnet/24d-captan/acetochlor-ext.html. (November 2018)

Jean Nicolas Wintgens. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production: A Guidebook for Growers, Processors, Traders, and Researchers. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim. ISBN: 3-527-30731-1.

Kennedy, S. H. 1986. Paraquat. ICI Jealott's Hill Research Station.

Lan C.C. and J.H. Wintgens, 2004. Major Pests of Coffee in the Asia-Pacific Region. P467-470. In

กรมวิชาการเกษตร

Le Bot, B., Colliaux, K., Pelle, D., Brines, C., Seux, R., Clément, M. 2002. Optimization and performance evaluation of the analysis of glyphosate and AMPA in water by HPLC with fluorescence detection. Chromatographia. 56, p. 161-164.

Mendes, F. K., Hall, K.E., Spokas, K. A., Koskinen, and Tornisielo, V. L. 2017. Evaluating Agricultural Management Effects on Alachlor Availability: Tillage, Green Manure, and Biochar. Agronomy 2017, 7, 64: doi:10.3390/ agronomy7040064 [Online]. Available http://www.res.mdpi.com/agronomy -70-00064/article_deploy/agronomy-07-00064-v2.pdf. (November 2018)

Moraima, G. S. 2001. A contribution to determine critical levels of weed interference in coffee crops of Monagas state, Venezuela. Bioagro, v. 12, p. 63-70, 2000.

Mordue JEM, 1971. Colletotrichum gloeosporioides. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute: CMI Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria no. 315.

Muller R.A., Berry D., Avelino J., Bieysse D. 2009. Coffee diseases. *In* : Wintgens Jean Nicolas.(ed.). Coffee: growing, processing, sustainable production: A guidebook for growers, processors, traders, and researchers. Weinheim: Wiley-VCH, p. 495-549. (ระบบออนไลน์). แหล่งที่มา: https://www.researchgate.net/publication/230245135_Coffee_Diseases

Navneet Kaur and Makhan S. Bhullar. 2015. Harvest time residues of pendimethalin and oxyfluorfen in vegetables and soil in sugarcane-based intercropping system. Environ Monit Assess (2015) 187:221

NIPC. 1994. OSU Extension Pesticide Properties Database, National Pesticide Information Center. [Online]. Available http://npic.orst.edu/ingred/ ppdmove.htm. (November 2018) Pacific Pests and Pathogens - Fact Sheets (ระบบออนไลน์).

Pelley, R.H. 1968. Pest of Coffee. Longman Green and Co. Ltd. London. 950 pp.

Phattanit Tripet and Chaleeda Borompichaichartkul. 2019. Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor). Journal of Stored Products Research. Volume 84, December 2019, 101510.

PPDB. 2007. Acetochlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ ppdb/en/Reports/12.htm. (November 2018)

PPDB. 2007. Alachlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/ Reports/17.htm. (November 2018)

PPDB. 2007. Oxadiazon in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ ppdb/en/Reports/496.htm. (November 2018)

ลิขสิทธิ์การเกษตร

PPDB. 2007. Oxyfluorfen in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ ppdb/en/Reports/502.htm. (November 2018)

PPDB. 2007. Pendimethalin in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en /Reports/511.htm. (November 2018)

PPDB. 2007. S-metholachlor in Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en /Reports/1027.htm. (November 2018)

PPDB. 2007. THE PPDB Ato Z List of Herbicide *in* Pesticide Properties Database, University of Hertfordshire. [Online]. Available https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/atoz_herb.htm. (January 2020)

Ronchi, C.P. and Silva, A.A..2004. Weed control in young coffee plantations through post-emergence herbicide application onto total area. Plant Daninha V.22, n.4, p.607-615, 2004.

Scot Nelson. 2008. Glyphosate Herbicide Injury to Coffee. Cooperative Extention Service. University of Hawai. Plant Disease Nov.2008.

Selmar Dirk, Gerhard Bytof and Sven-erik Knopp. 2008. The Storage of Green Coffee (*Coffea arabica*): Decrease of Viability and Changes of Potential Aroma Precursors. Annals of Botany 101: 31–38.

Sutton BC, 1980. The Coelomycetes: Fungi Imperfecti with Pycnidia, Acervuli and Stromata. Kew, UK: Commonwealth Mycological Institute. 695p.

Sutton BC, 1992. The genus Glomerella and its anamorph Colletotrichum. In: Bailey JA, Jeger MJ, eds. Colletotrichum: Biology, Pathology and Control. Wallingford, UK: CAB International, p.1–26.

US EPA. 2010. Method GRM 044.03A [Online]. Available https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-03/documents/49193106-fluazifop-ilv-soil.pdf. (October 2018)

แหล่งที่มา: http://www.pestnet.org/fact_sheets/coffee_browneye_spot_142.htm

โครการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร

กรมวิชาการเกษตร. 2553. เทคโนโลยีการผลิตกาแฟแบบครบวงจร. เอกสารวิชาการการจัดการองค์ความรู้ของสถาบันวิจัยพืชสวนในปี 2553.

พิมล วุฒิสินธุ์. 2555. ศึกษาและพัฒนาเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟกะลา. เอกสารการประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10. วันที่ 22-24 กุมภาพันธ์ 2555. ณ โรงแรมคุ้มภูคำ เรสซิเดนซ์ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่.

พุทธธินันทร์ จารุวัฒน์. 2546. การออกแบบและพัฒนาเครื่องลอกเมือกกาแฟอะราบิกา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว. คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 124 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ก. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร กาแฟ. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/download/prcai/farmcrop/coffee.pdf. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560ข. สถิติการส่งออกกาแฟ. แหล่งข้อมูล: http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php. (สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2561)

Efico Seabridge. 2010. Picking Methods Machines. แหล่งที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=RjTNcA1ImD4&t=29s. (สืบค้นเมื่อวันที่ 11 ต.ค. 2559)

Vinh Ha Thanh. 2013. Coffee Picker Latest Innovations. แหล่งที่มา: https://www.youtube.com/watch?v=qgC0kZ8qpx0&t=15s. (สืบค้นเมื่อวันที่ 3 ธ.ค. 2561)

โครงการศึกษาอัตลักษณ์กาแฟไทย

กรมทรัพย์สินทางปัญญา. 2557. แหล่งสืบค้น : http://www.ipthailand.go.th/ipthailand/index.php?option=com_content&task=view&id=291&Itemid=248 (20 พฤษภาคม 2557).

ราชบัณฑิตยสถาน. 2550. บทวิทยุรายการ "รู้ รัก ภาษาไทย" ออกอากาศทางสถานีวิทยุกระจายเสียงแห่งประเทศไทย เมื่อวันที่ 16 มิถุนายน พ.ศ. 2550 เวลา 7.00-7.30 น. แหล่งสืบค้น : http://www.royin.go.th/th/knowledge/detail.php?ID=1583 (24 ก.ย. 2557).

เกริกชัย ธนรักษ์ สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ ปานหทัย นพชินวงศ์ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ดารากร เผ่าชู เสรี อยู่สถิตย์ ปาริชาติ พจนศิลป์ วีรา คล้ายพุก พุฒนา รุ่งระวี อุไรวรรณ มาสพัฒน์. 2559. การประเมินผลความพึงพอใจของเกษตรกรต่อกาแฟอะราบิกาพันธุ์แนะนำ. น. 42-61. *ใน* รายงานโครงการวิจัยประเมินผลการใช้เทคโนโลยีการเกษตรด้านพันธุ์พืชสวน. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 210 น.

ประชา เตชนันท์ วิชญ์ภาส สังพาลี สาวิกา กอนแสง และ ผานิตย์ นาขยัน. 2560. คุณภาพเมล็ดกาแฟอาราบิก้าภายใต้รูปแบบการปลูกแบบต่างๆ ของชาวเขา ชาติพันธุ์อาข่า ตำบลวาวี อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย.

ปิยนุช นาคะ ผานิต งานกรณาธิการ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ ยุพิน กสินเกษมพงศ์ มานพ หาญเทวี สนอง จรินทร ทิพยา ไกรทอง พิมล วุฒิสินธุ์ วิไลวรรณ ทวิชศรี ประภาพร ฉันทานุมัติ ปานหทัย นพชินวงศ์ ดร.นันทรัตน์ ศุภกำเนิด วีรา คล้ายพุก สุภัทรา เลิศวัฒนเกียรติ สัจจะ ประสงค์ทรัพย์. 2553. การจัดการความรู้เทคโนโลยีการผลิตกาแฟครบวงจร. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 86 น.

ผานิต งานกรณาธิการ และ สุรีรัตน์ ปัญญาโตนะ. 2544. เอกสารขอเสนอพันธุ์แนะนำกาแฟสายพันธุ์ FRT 65 FRT 65 และ FRT 09. ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

กรมวิชาการเกษตร

สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ ฉัตต์นภา ข่มอาวุธ ปาริชาติ พจนศิลป์ วีรา คล้ายพุก พุฒนา รุ่งระวี อุไรวรรณ มาสพัฒน์ สมคิด รัตนบุรี พิจิตร ศรีปินตา มานพ หาญเทวี สมพล นิลเวศน์ ทวีพงศ์ ณ น่าน นริศรา อินทรจักร นัด ไชยมงคล ประสงค์ มั่นสลุง อนันต์ ปัญญาเพิ่ม และอุทัย นพคุณวงศ์. 2559. การประเมินผลความพึงพอใจของเกษตรกรต่อกาแฟอะราบิกา สายพันธุ์เชียงใหม่ 80. ในรายงานโครงการวิจัยประเมิลผลการใช้เทคโนโลยีการเกษตรด้านพันธุ์พืชสวน : กาแฟอะราบิกา กาแฟอะราบิกา มะพร้าวและพริก. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. น. 5-40.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2552 เ ม ล็ ด กาแฟอะราบิกา. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ISBN 9789744036599.

Cı́ntia Sorane Good Kitzberger, Maria Brı́gida, dos Santos Scholz, Luiz Filipe Protasio Pereira c, Luiz Gonzaga Esteves Vieira, Tumoru Sera, Joa˜o Batista Gonc¸alves Dias Silva, Marta de Toledo Benassi. 2013. Diterpenes in green and roasted coffee of *Coffea arabica* cultivars growing in the same edapho-climatic conditions. Journal homepage: www.els evier .c om /lo cat e/jfc a. Journal of Food Composition and Analysis 30 (2013) 52–57.

De Gues, J.G. 1973. Fertilizer guide for the Tropical and Subtropical Farming Centre. d' Etude de L' Azote, Zurich. Switzerland. 440-473.

Hou-Chun Liu, Chen-Feng You, Chiou-Yun Chen, Yu-Ching Liu, Ming-Tsung Chung. 2014. Geographic determination of coffee beans using multi-element analysis and isotope ratios of boron and strontium. Journal of Food Chemistry. Volume 142. P. 439-445.

Jean Nicolas Wintgens. 2004. Crop Maintenance: Fertilizer, 247-269 p. *In* Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Switzerland.

Smith, FW. 1986. Interpretation of plant analysis: Concepts and principles. In: Reuter DJ, Robinson JB. (eds.), Plant analysis: An interpretation manual. Inkata, Melbourne. 19: 1-12.

Roberto Muñiz-Valenciaa, José M. Juradob, Silvia G. Ceballos-Magañac, Ángela Alcázarb, Julio Hernández-Díaza. 2014. Characterization of Mexican coffee according to mineral contents by means of multilayer perceptrons artificial neural networks. Journal of Food Composition and Analysis. Volume 34, Issue 1, May 2014, Pages 7–11.

Thierry Joët, Andréina Laffargue, Frédéric Descroix, Sylvie Doulbeau, Benoît Bertrand, Alexandre de kochko, Stéphane Dussert. 2010. Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. Journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchem. Food Chemistry 118 (2010) 693–701.

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการการผลิตกาแฟคุณภาพ

กรมวิชาการเกษตร. 2558. ยุทธศาสตร์การพัฒนางานวิจัยกาแฟ พ.ศ. 2559-2563. (วันที่ 16 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ต http://www.doa.go.th/hort/index.php?searchword=%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9F&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search/strategycoffee

กรมวิชาการเกษตร[1]. 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : ลักษณะทางพฤกษศาตร์และพันธุ์กาแฟ (วันที่17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ตhttp://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/botanyandcultivar.pdf

กรมวิชาการเกษตร[2]. 2559. การผลิตกาแฟครบวงจร : การเก็บเกี่ยวและการปฏิบัติหลังการเก็บเกี่ยว (วันที่17 พ.ค.59) เข้าถึงได้จากอินเตอร์เน็ตhttp://www.doa.go.th/hort/images/stories/academy/coffee/prepostharvest.pdf

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. 2563. คู่มือการผลิตกาแฟพรีเมี่ยม. กรมวิชาการเกษตร. 11 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ. 2559. Coffee taster and roaster level1. เอกสารประกอบการฝึกอบรม วันที่ 25-29 เม.ย. 2559. กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. 57 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสรัญญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำบีสรีสอร์ท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, สุกัญญา นิติยนต์, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติและฉัตรนภา ข่มอาวุธ, 2560. การหมักกาแฟโดยเชื้อจุลินทรีย์. รายงานการประชุมวิชาการการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ปี 2560, 18 หน้า.

จิรสวัสดิ์ ภูวิภิรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.

นนทวัชร ชิตวิลัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า

ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยะนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสีเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคติเนสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.

ปิยนุช นาคะ, ผานิต งานกรณาธิการ, ทิพยา ไกรทอง, สำเริง ช่างประเสริฐ, กมลภัทร ศิริพงษ์, นิตยา คงสวัสดิ์, วิไลวรรณ ทวิชศรี, สุธีรา ถาวรรัตน์, เกริกชัย ธนรักษ์ และธวัชชัย นิ่มกิ่งรัตน์. 2561. รายงานเรื่องเต็มการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตกาแฟอะราบิกาในแหล่งปลูกต่างๆ ด้วยกาแฟพันธุ์ดี. กรมวิชาการเกษตร. 58 หน้า.

ปราณี อ่านเปรื่อง. 2551. หลักการวิเคราะห์อาหารด้วยประสาทสัมผัส. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 341 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร

พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่อาจรู้. วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms

ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอะราบิกาบนที่สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สมเจตน์ ซิ้มเจริญ. 2546. ผลการวิเคราะห์ดินจากแปลงปลูกกาแฟโรบัสต้าในประเทศไทย. วารสารกาแฟเนสท์เล่, ฉบับที่ 2, หน้า 2-7.

สถาบันวิจัยพืชสวน[1]. 2548. การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับกาแฟโรบัสต้า. กรมวิชาการเกษตร. 22 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน[2]. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟโรบัสต้า. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า.

สถาบันวิจัยพืชสวน[3]. 2562. คู่มือการจัดการการผลิตกาแฟอะราบิกา. กรมวิชาการเกษตร. 30 หน้า

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5700-2561. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2561. มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 5701-2561. กรุงเทพฯ. 17 หน้า.

สุรีรัตน์ ทวนทวี และ เสาวนีย์ มีมุทา. 2543. การศึกษาพัฒนาการของผลและความแก่จัดทางสรีรวิทยาของเมล็ดกาแฟโรบัสต้า. รวมงานวิจัย “กาแฟโรบัสต้า”ศูนย์วิจัยพืชสวนชุมพร เล่ม 1. หน้า 183-202.

Boot, W. 2005. Cupping for flavor vs. defects, roast magazine, Jan./Feb. 2005, 1-4.

Burton, I. 2020. Quantitative NMR Methodology for the authentication of roasted coffee and prediction of blends, *J. Agri. Food Chem.* 68, 49, 14643-14651.

Castro, R.D., and P. Marraccini. 2006. Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. Braz. J. Plant Physiol. 18(1):175-199.

Cavin, C. 2002. Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity. Food Chem. Toxicol. 40, 1151-1163.

Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.

Craig, A.P, C. Fields, N. Liang, D. Kitts and A. Erickson. 2016. Performance review of a fast HPLC-UV method for the quantification of chlorogenic acids in green coffee bean extracts. Talanta 154. 481-485. (23 May 2016) search from https://www.researchgate.net/publication/299990734_Performance_review_of_a_fast_HPLC-UV_method_for_the_quantification_of_chlorogenic_acids_in_green_coffee_bean_extracts

Eloy-dias, R.C. Campanha, F.G. Vieira, L.G.E. Ferreira, L.P. Pot, D. Marraccini, P. and M. Toledo benassi. 2010. Evaluation of kahweol and Cafestol in coffee tissues and roasted coffee by a new high-performance liquid chromatography methodology. *J. Agric. Food Chem.* 58, 88-93.

Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. LWT, 38, 709–715.

Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. Enzyme and Microbial Technology, 37, 225–232.

Gordon, R.E. and J.M. Mihm. 1962. Identification of Nocardia caviae (Erickson) nov. comb. Annals of the New York Academy of Sciences 98, 628-636.

Hameed, A., S.A. Hussain and H.A.R. Suleria. 2018. "Coffee bean-related" agroecological factors affecting the coffee. (11 Feb 2020) Search from https://www.researchgate.net/publication/328135364_Coffee_Bean-Related_Agro-ecological_Factors_Affecting_the_Coffee_In_Merrilon_J_M_Ramawat_KG_eds

Keiko, I., S. Daiki, S. Harumichi, S. Hiroaki, F. Yoshinori, M. Daisuke, W. Hiroyaki, N. Chifumi and N. Koichi. 2014. World's First Eulcidation of the Strong Correlation between Tryptophan in *Coffeaarabica* green beans and the Maturity Level of Coffee Cherries, a Determinant of Coffee Falvor Quality. Presentation at the 25th International Conference on Coffee Science. (7 July 2016) search from http://www.suntry.com/softdrink/news/pr/d/SBF0198.html?fromid=sic

Kwang-Geun, L. and T. Shibamoto. 2002. Analysis of volatile components isolated from Hawaiian green coffee beans (*Coffea Arabica* L.). Flavour Fragr. J. 17: 349-351. (17 July 2016) search from http://www2.hcmuaf.edu.vn/data/lhquang/file/Coffee/Analysis%20of%20volatile%20components.pdf

Martins, A.C., and M.B. Gloria. 2010. Changes on the levels of serotonin precursors-trytophaan and 5-hydroxytryptophan during roasting of Arabica and Robusta coffee. Food Chemistry 118 (3):529-533.

Nasanit R. and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of *Coffea Arabica* var. *chiangmai 80*. Kasetsart University Journal.

Pandey, A. Soccol, CR. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal, 6, 153–162.

SCAA. 2012. SCAA standard for cupping: cupping vessel v.06_20_2012. (7 Dec 2016) Search from http://www.scaa.org

SCAA. 2014. Three varieties in El Salvador Production and Potential. (7 July2016) Search from https://static1.squarespace.com/static/53a8685ee4b0b60c01cf8b20/t/53b2d744e4b00f80139736bd/1404229444681/2014+SCAA+-+Three+Varieties+Presentation.pdf

Schievano, E. Finotello, C. De Angelis, E. Mammi, S. and L. Navarini. 2014. Rapid authentication of coffee blends and quantification of 16-O-Methylcafestol in roasted coffee beans by nuclear magnetic resonance. *J. Agri. Food Chem.*

Setoyama, D., K. Iwasa, H. Seta, H. Shimizu, Y. Fujimura, D. Miura, et al. 2015. High-throughput metabolic profiling of diverse green *Coffea arabica* beans identified tryptophan as a universal discrimination factor for immature beans. (11 Feb 2020) Search from https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0070098.

Silva, CF. Vilela, DM. Cordeiro, CLDS. Duarte, W.F. Dias, D.R. and R.F. Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. World J Microbiol Biotechnol, 29, 235–247.

Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. Coffee Processing Technology. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.

Skowron, M.J., A.Z. Grzeskowiak and T. Grzeskowiak. 2015. Analytical methods appliec for the characterization and the determination of bioactive compounds in coffee. Eur. Food Res. Technol 240:19-31.

Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Volume 1: Chemistry. Elvevier Applied Sience Publisher Ltd.

Sousa, D.A.G., J.L. Paes, J.P.B. Cunha and M.V.M. Oliveria. 2020. Classification of robusta coffee fruits at different maturation stages using colorimetric characteristics. (11 Feb 2020) Search from https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162020000400518&lng=en&nrm=iso

Toledo, P., L. Pezza, H.R. Pezza and A.T. Toci. 2016. Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. (11 Feb 2020) Search from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1541-4337.12205.

Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. Beverage Technology Chemistry and Microbiology. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.

Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Vol. 2: Technology. Elsevier Applied Science PublisherLtd.

Wenjiang, D., T. Lehe, Z. Jianping, H. Rongsuo and L. Minquan. 2015. Characterization of fatty acid and amino acid and volatile compound composition and bioactive components of seven coffee (*Coffea robusta*) Cultivars grown in Hainan province

Wintgens, J.N. 2004. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production. Druckhaus Darmstadt GmbH, Darmstadt. 976p.

โครงการวิจัยและพัฒนากระบวนการหมักกาแฟอะราบิกาคุณภาพ

โกเมศ สัตยาวุธ, ปิยนุช นาคะ และมาโนช หาญเทวี. 2554. ปริมาณสารไพรีนและผลต่อความขมของกาแฟคั่วบดในประเทศไทย; ประชุมวิชาการกาแฟแห่งชาติครั้งที่ ๑ โรงแรมฮอล์ลิเดย์อินน์ จังหวัดเชียงใหม่, 12 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสรัญญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำบีสรีสอร์ท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, สุกัญญา นิติยนต์, ฉัตรนภา ข่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2561. การวิจัยและพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาโดยจุลินทรีย์, รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2561, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 18 หน้า

จิรสวัสดิ์ ภูวิภิรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.

นนทวัชร ชิตวิลัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า

ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยะนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสีเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคติเนสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.

พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่อาจรู้. วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms

ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอะราบิกาบนที่สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สาวิตรี ลิ่มทอง. 2549. ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา นิติยนต์, โกเมศ สัตยาวุธ, ฉัตรนภา ข่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2562. การศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน), รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

Aprotosoaie, A.C., Luca S.V. and A., Miron. 2015. Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products-An Overview. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 15,73-91.

Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2001. Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42, 252-256.

Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2002. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 191-198.

Bartlett, M.C. and P. Gerhardt. 1989. Continuous Antibiotic Fermentation – Design of a 20 litre, Single-stage Pilot plant and trials with two contrasting process, journal of Biochemical and microbiological technology and engineering, Vol I, No.4: 359-377.

กรมวิชาการเกษตร

Batista, N., Ramos, C., Dias, D., Pinheiro, A. and R. Schwan. 2015. Dynamic behavior of *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri* and *Hanseniaspora uvarum* during spontaneous and inoculated cocoa fermentations and their effect on sensory characteristics of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*. 63(1), 221-227

Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.

Crafack, M., Mikkelsen, M., Saerens, S., Knudsen, M., Blennow, A., *et. al* (2013). Influencing cocoa flavour using *Pichia kluyveri* and *Kluyveromyces marxianus* in a defined mixed starter culture for cocoa fermentation. *International journal of food microbiology*. 167(1), 103-16.

Fitri, Tawali, A.B. and A. Laga. 2019. Luwak coffee in vitro fermentation: literature review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 230. 012096. 10.1088/1755-1315/230/1/012096.

Flament, I. 2002. Coffee Flavor Chemistry. UK: John Wiley & Sons, Ltd. 396 pp.

Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. LWT, 38, 709–715.

Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. Enzyme and Microbial Technology, 37, 225–232.

Gonzalez-Rios, O. Suarez-Quiroz M. Renaud, B. and S. Schorr-Galindo. 2007. Impact of "ecological" post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. J. Food Comp. and Ana. 20(3):289-296.

Gordon, R.E., & Mihm, J.M. (1962). Identification of Nocardia caviae (Erickson) nov. comb. Annals of the New York Academy of Sciences 98, 628-636.

Hadipernata, M. and S. Nugraha. 2018. Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 102. 012092. 10.1088/1755-1315/102/1/012092.

Jagani, H. Hebber, K. Gang, S.S. Vasath Raj P. Chandrashekhar, R. and J. Venkata. 2010. An overview of fermenter and the design considerations to enhance its productivity. Pharmacologyonline 1:261-301.

Jumhawan, U., Putri, P.P., Yusianto, Marwani, E., Bamba, T. and E Fukusaki. 2013. Selection of Discriminant Markers for Authentication of Asian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak): A Metabolomics Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61* (33), 7994-8001.

López-Galilea, I. Fournier, N. Cid, C. and E. Guichard. 2006. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. J Agric Food Chem. 1;54(22):8560-6.

Massimo, M.F. 2004. Composition and properties of Indonesian plam civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee, *Food Research Intenational*, 37, 901-912

Mondello, L. Costa, R. Tranchida P.Q. Dugo, P. Presti M.L. Festa, S. Fazio, A. and G. Dugo. 2005. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrophotometry with the support of a dual-filter mass spectra library. J. Seperation science. 28(9-10):1101-9.

Moon, J.K. and T. Shibamoto. 2009. Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. J. Agric. Food. Chem. 57(13):5823-31.

Muzaifa, M., Hasni, D., Patria, A. Febriani and A. Abubakar. 2018. Sensory and microbial characteristics of Civet coffee. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 8. 165-171.

Nasanit R., and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of Coffea Arabica var. chiangmai 80. Kasetsart Journal-Natural Science. 49. 32-41.

Nebesny, E. Budryn, G. Kula, J. and T. Majda. 2007. The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. European Food research and technology. 255(1):9-19.

Paek, K.Y. Chakrabarty D. and E.J. Hahn. 2005. Application of bioreactor systems for large scale production of horticultural and medicinal plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 81, 287-300.

Pandey, A. Soccol, CR. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal, 6, 153–162.

Padmapriya, R. 2013. Coffee waste management- An overview. *International Journal of Current Science, vol.9,* pp. 83-91.

Silva, C.F., Vilela, D.M., Cordeiro, C.L.D.S., Duarte, W.F., Dias, D.R., and R.F., Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. World J Microbiol Biotechnol, 29, 235–247.

Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. Coffee Processing Technology. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.

Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Volume 1: Chemistry. Elvevier Applied Sience Publisher Ltd.

Suhandono, S., Setiadi, H., Kristianti, T., Kusuma, A.B., Wedaringtyas, A.W., Djajadi, D.T., and I. Aryantha. 2016. Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaprodithus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Microbiology Indonesia, 10*, 4.

Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. Beverage Technology Chemistry and Microbiology. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.

Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Vol. 2: Technology. Elsevier Applied Science PublisherLtd.

Von Enden, J.C. 2002. Review of coffee waste water characteristics and approaches to treatment. Coffee Research Report: Kainantu, Papua New Guinea.

Wrigley, Gordon. 1988. Coffee. New York: John Wiley and Sons.

โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตกาแฟคุณภาพ

โกเมศ สัตยาวุธ, ปิยนุช นาคะ และมาโนช หาญเทวี. 2554. ปริมาณสารไพรีนและผลต่อความขมของกาแฟคั่วบดในประเทศไทย; ประชุมวิชาการกาแฟแห่งชาติครั้งที่ ๑ โรงแรมฮอล์ลิเดย์อินน์ จังหวัดเชียงใหม่, 12 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, วิมลวรรณ วัฒนวิจิตร, ปิยนุช นาคะ, มาโนช หาญเทวี และสรัญญา อุปรักขิตานนท์, 2556. การผลิตกาแฟที่มีสารกลุ่ม Polycyclic Aromatic Hydrocarbon ต่ำ. รายงานการประชุมวิชาการสำนักวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร โรงแรมชะอำบีสรีสอร์ท จังหวัดเพชรบุรี, 15 หน้า.

โกเมศ สัตยาวุธ, สุกัญญา นิติยนต์, ฉัตรนภา ข่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2561. การวิจัยและพัฒนาการหมักกาแฟอะราบิกาโดยจุลินทรีย์, รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2561, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร. 18 หน้า

จิรสวัสดิ์ ภูวิภิรมย์. 2546. ปัจจัยการผลิตที่มีผลต่อสารให้กลิ่นรสของกาแฟผสมแบบไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 7 หน้า.

นนทวัชร ชิตวิลัย. 2547. การเปลี่ยนแปลงของสารประกอบระเหย และกรดอินทรีย์ระหว่างกระบวนการหมักของกาแฟอะราบิกาที่ปลูกในประเทศไทย. บัณฑิตวิทยาลัย, สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, มหาวิทยาลัยศิลปากร. 8 หน้า

ปิยะมาศ ศรีรัตน์, ปิยะนุช นาคะ และอรพิน ภูมิภมร. 2551. ผลของการสีเปลือกนอกของผลกาแฟและการสลายเยื่อหุ้มเมล็ดกาแฟด้วยเอนไซม์เพคติเนสต่อระยะเวลาการอบแห้งและคุณภาพของเมล็ดกาแฟพันธุ์โรบัสต้า. วารสาร วิทยาศาสตร์เกษตร. 39(3), 401-404.

พิทักษ์ อาภาศิริผล. 2529). *คำแนะนำการปลูกกาแฟ*. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

พัชนี สุวรรณวิศาลกิจ. 2545. กาแฟคั่ว. วารสารอาหาร: เรื่องของกาแฟที่คุณไม่อาจรู้. วันที่ค้นข้อมูล 10 กุมภาพันธ์ 2556, เข้าถึงจาก http://www.nescafe.co.th/coffee_abc_th_th.axcms

ไพฑูรย์ หมายมั่นสมสุข. 2535. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทยและ World Environment Center, พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์วิจัยและพัฒนากาแฟบนที่สูง. 2542. การปลูกกาแฟและผลิตกาแฟอะราบิกาบนที่สูง. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สาวิตรี ลิ่มทอง. 2549. ยีสต์: ความหลากหลายและเทคโนโลยีชีวภาพ. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุกัญญา นิติยนต์, โกเมศ สัตยาวุธ, ฉัตรนภา ข่มอาวุธ, สุภัทรา เลิศวัฒนาเกียรติ. 2562. การศึกษาการหมักกาแฟด้วยจุลินทรีย์ในระบบแอนแอโรบิก (ไม่ใช้ออกซิเจน), รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2562, กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร

Aprotosoaie, A.C., Luca S.V. and A., Miron. 2015. Flavor Chemistry of Cocoa and Cocoa Products-An Overview. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 15,73-91.

Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2001. Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42, 252-256.

Avallone, S., Brillouet, J.M., Guyot, B., Olguin, E. and J.P Guiraud. 2002. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology*, 37, 191-198.

Bartlett, M.C. and P. Gerhardt. 1989. Continuous Antibiotic Fermentation – Design of a 20 litre, Single-stage Pilot plant and trials with two contrasting process, journal of Biochemical and microbiological technology and engineering, Vol I, No.4: 359-377.

Batista, N., Ramos, C., Dias, D., Pinheiro, A. and R. Schwan. 2015. Dynamic behavior of *Saccharomyces cerevisiae*, *Pichia kluyveri* and *Hanseniaspora uvarum* during spontaneous and inoculated cocoa fermentations and their effect on sensory characteristics of chocolate. *LWT - Food Science and Technology*. 63(1), 221-227

Caprioli, G., Cortese M., Cristalli G., Maggi F., Odello L., Ricciutelli M., Sagratini G., Sirocchi V., Tomassoni G. & S. Vittori. 2012. Optimization of espresso machine parameters through the analysis of coffee odorants by HS-SPME-GC/MS. J. Food Chemistry 135(3):1127-1133.

Cavin, C., Mace, K., Offord, E.A. & B. Schilter. 2001. Protective effects of coffee diterpenes against aflatoxin B1-induced genotoxicity : mechanisms in rat and human cells. Food Chem Toxicol. 39(6):549-56.

Clarke, R.J. 1986. The Flavour of Coffee. Department of Food Science. University of Reading, UK. 1-47 p.

Crafack, M., Mikkelsen, M., Saerens, S., Knudsen, M., Blennow, A., *et. al* (2013). Influencing cocoa flavour using *Pichia kluyveri* and *Kluyveromyces marxianus* in a defined mixed starter culture for cocoa fermentation. *International journal of food microbiology*. 167(1), 103-16.

Eloy Dias R.C, A. Ferreira de Faria-Machado, A. Zerlotti Mercadante, N. Bragagnolo and M. de Toledo Benassi. (2014). Roasting Process affects the profile of diterpenes in coffee. Eur. Food Res. Technol. DOI 10.1007/s00217-014-2293.

Fitri, Tawali, A.B. and A. Laga. 2019. Luwak coffee in vitro fermentation: literature review. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 230. 012096. 10.1088/1755-1315/230/1/012096.

Flament, I. 2002. Coffee Flavor Chemistry. UK: John Wiley & Sons, Ltd. 396 pp.

Franca, A.S. Mendonca, JCF. and S.D. Oliveira. 2005. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. LWT, 38, 709–715.

Gokulakrishnan, S. Chandraraj, K. and S.N. Gummadi. 2005. Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. Enzyme and Microbial Technology, 37, 225–232.

Gonzalez-Rios, O. Suarez-Quiroz M. Renaud, B. and S. Schorr-Galindo. 2007. Impact of "ecological" post-harvest processing on the volatile fraction of coffee beans: I. Green coffee. J. Food Comp. and Ana. 20(3):289-296.

Gordon, R.E., & Mihm, J.M. (1962). Identification of Nocardia caviae (Erickson) nov. comb. Annals of the New York Academy of Sciences 98, 628-636.

Hadipernata, M. and S. Nugraha. 2018. Process technology of luwak coffee through bioreactor utilization. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 102. 012092. 10.1088/1755-1315/102/1/012092.

Jagani, H. Hebber, K. Gang, S.S. Vasath Raj P. Chandrashekhar, R. and J. Venkata. 2010. An overview of fermenter and the design considerations to enhance its productivity. Pharmacologyonline 1:261-301.

Jumhawan, U., Putri, P.P., Yusianto, Marwani, E., Bamba, T. and E Fukusaki. 2013. Selection of Discriminant Markers for Authentication of Asian Palm Civet Coffee (Kopi Luwak): A Metabolomics Approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61* (33), 7994-8001.

López-Galilea, I. Fournier, N. Cid, C. and E. Guichard. 2006. Changes in headspace volatile concentrations of coffee brews caused by the roasting process and the brewing procedure. J Agric Food Chem. 1;54(22):8560-6.

Massimo, M.F. 2004. Composition and properties of Indonesian plam civet coffee (Kopi Luwak) and Ethiopian civet coffee, *Food Research Intenational*, 37, 901-912

Mondello, L. Costa, R. Tranchida P.Q. Dugo, P. Presti M.L. Festa, S. Fazio, A. and G. Dugo. 2005. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction gas chromatography-mass spectrophotometry with the support of a dual-filter mass spectra library. J. Seperation science. 28(9-10):1101-9.

Moon, J.K. and T. Shibamoto. 2009. Role of roasting conditions in the profile of volatile flavor chemicals formed from coffee beans. J. Agric. Food. Chem. 57(13):5823-31.

Muzaifa, M., Hasni, D., Patria, A. Febriani and A. Abubakar. 2018. Sensory and microbial characteristics of Civet coffee. International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology. 8. 165-171.

Nasanit R., and K. Satayawut. 2014. Microbial communities during wet fermentation process of Coffea Arabica var. chiangmai 80. Kasetsart Journal-Natural Science. 49. 32-41.

Nebesny, E. Budryn, G. Kula, J. and T. Majda. 2007. The effect of roasting method on headspace composition of robusta coffee bean aroma. European Food research and technology. 255(1):9-19.

Paek, K.Y. Chakrabarty D. and E.J. Hahn. 2005. Application of bioreactor systems for large scale production of horticultural and medicinal plants. Plant Cell, Tissue and Organ Culture 81, 287-300.

Pandey, A. Soccol, CR. Nigam, P. Brand, D. Mohan, R. and S. Roussos. 2000. Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal, 6, 153–162.

Padmapriya, R. 2013. Coffee waste management- An overview. *International Journal of Current Science, vol.9,* pp. 83-91.

Silva, C.F., Vilela, D.M., Cordeiro, C.L.D.S., Duarte, W.F., Dias, D.R., and R.F., Schwan. 2013. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. World J Microbiol Biotechnol, 29, 235–247.

Sivetz, M. and H.E. Foote. 1963. Coffee Processing Technology. Vol 1: Fruit-Green, Roast and soluble Coffee. London. 598 p.

Smith, A.W. 1985. Introduction in coffee, chapter 1. *In* R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Volume 1: Chemistry. Elvevier Applied Sience Publisher Ltd.

Suhandono, S., Setiadi, H., Kristianti, T., Kusuma, A.B., Wedaringtyas, A.W., Djajadi, D.T., and I. Aryantha. 2016. Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaprodithus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Microbiology Indonesia, 10*, 4.

Varnam, H.A. and P.J. Sutherland. 1994. Beverage Technology Chemistry and Microbiology. New York: Chapman&Hall. 191-254 p.

Viencent, J.C. 1989. Green coffee processing. In R.J. Clarke and R. Macrae, eds. Coffee Vol. 2: Technology. Elsevier Applied Science Publisher Ltd.

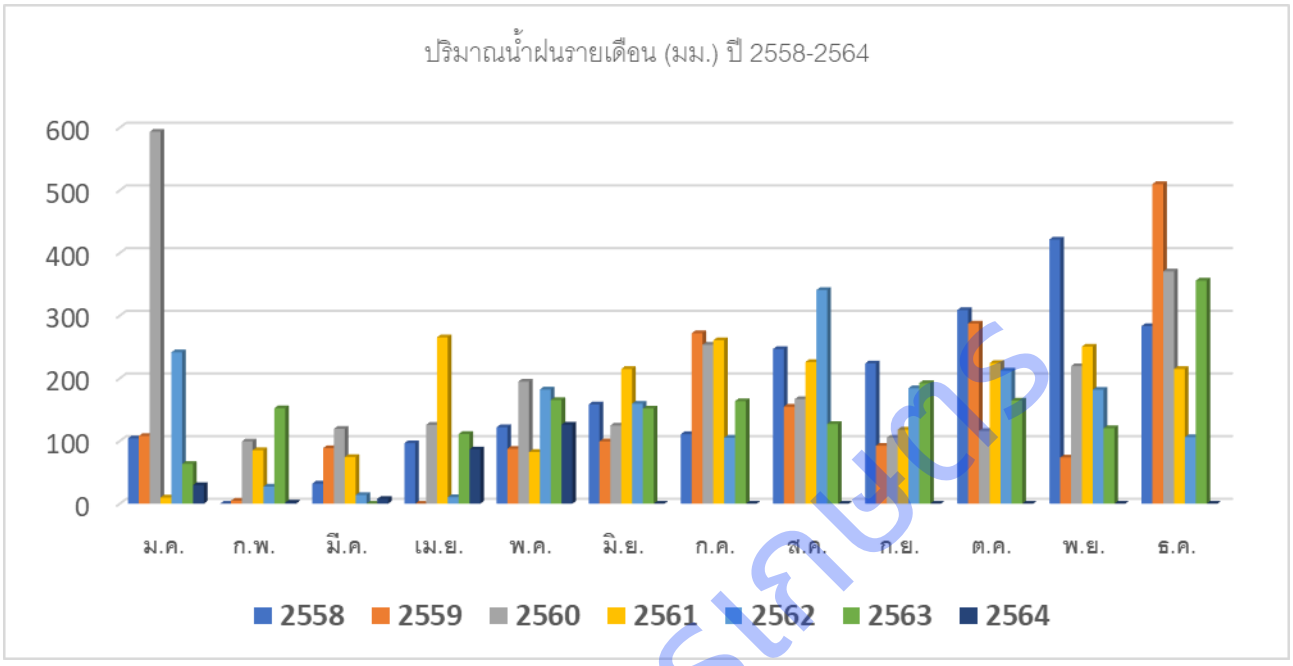
Von Enden, J.C. 2002. Review of coffee wastewater characteristics and approaches to treatment. Coffee Research Report: Kainantu, Papua New Guinea.

Wrigley, Gordon. 1988. Coffee. New York: John Wiley and Sons.

กรมวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก

โครงการวิจัยปรับปรุงพันธุ์กาแฟอะราบิกา



ภาพที่ ก แสดงปริมาณน้ำฝนรายเดือน (มม.) ปี 2558-2564 จังหวัดชุมพร

กรมวิชาการเกษตร

โครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตพันธุ์กาแฟอะราบิกาโดย Somatic Embrygenesis และการทดสอบการให้ปุ๋ยเคมีในพื้นที่แบบเกษตรกรมีส่วนร่วม

ก) เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง

ข) เครื่องวัดความเข้มแสง

ค) เครื่องวัดความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์

ง) เครื่องบันทึกข้อมูลสภาพอากาศ

จ) เครื่องวัดดัชนีพื้นที่ใบ

ภาพภาคผนวกที่ ข อุปกรณ์บันทึกข้อมูลทางสรีรวิทยา และสภาพแวดล้อม

กรมวิชาการเกษตร

ภาพภาคผนวกที่ ค การวัดการสังเคราะห์แสง การคายน้ำของใบกาแฟในรอบวัน(ก) การวัดการตอบสนองต่อแสงของใบกาแฟด้วยแสง LED (ข) เครื่องวัดและการวัดดัชนีพื้นที่ใบ (ค, ง) การวัดการตอบสนองทางสรีรวิทยาด้วยเครื่องวัดการสังเคราะห์แสง(จ) การถ่ายภาพใบกาแฟและการใช้โปรแกรมในการประเมินพื้นที่ใบกาแฟ (ฉ,ช)

โครงการวิจัยพัฒนาเครื่องจักรกลหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปกาแฟระดับเกษตรกร
การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)

- ค่าเสื่อมราคาเครื่องขัดล้างเมือก

มูลค่าเครื่องขัดล้างเมือกกาแฟ (P)	45,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง		
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องขัดล้างเมือก	= (P-L)/N	
	= (45,000 – 0)/10	บาท/ปี
	= 4,500	บาท/ปี

- ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)

ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินทุน	= [(P+L)/2] × i	
	= [(45,000+0)/2] × 0.1	บาท/ปี
	= 2,250	บาท/ปี
ดังนั้น ต้นทุนคงที่รวม	= 4,500+2,250	บาท/ปี
	= 6,750	บาท/ปี

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)

- ค่าจ้างแรงงาน

แรงงาน 2 คน 300 บาท/คน เวลา 90 วัน

ต้นทุนค่าแรงงาน	= 2×300×90	บาท/ปี
	= 54,000	บาท/ปี

- ค่าน้ำ ไม่มีค่าใช้จ่าย
- ค่าไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 4.5 W-h/Kg
มีอัตราการทำงานเฉลี่ย 701 Kg/h

พลังงานไฟฟ้า	= 4.5 × 701	วัตต์
	= 3,154.5	วัตต์
ทำงานวันละ 5 ชั่วโมง	= 3,154.5× 5	วัตต์×ชั่วโมง/วัน
	= 15.773	กิโลวัตต์×ชั่วโมง/วัน

คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท

ต้นทุนค่าไฟฟ้า	= 15.773×90×3.5	บาท/ปี
	= 4,968.5	บาท/ปี

กรมวิชาการเกษตร

- ค่าซ่อมบำรุง

คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= 0.05 × 45,000	บาท/ปี
	= 2,250	บาท/ปี
- ต้นทุนผันแปรรวม	= 61,218.5	บาท/ปี
- ต้นทุนรวมทั้งหมด	= 6,750 + 61,218.5	บาท/ปี
	= 67,968.5	บาท/ปี
ระยะเวลา 1 ฤดูกาล มีปริมาณกาแฟ	= 650 × 5 × 90	กิโลกรัม/ปี
	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
- ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 67,968.5/292,500	กิโลกรัม/ปี
	= 0.23	บาท/กิโลกรัม

<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>

ราคาค่าจ้างในการขัดล้างเมือกกาแฟ	= 0.5	บาท/กิโลกรัม
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 0.23	บาท/กิโลกรัม
มูลค่าเพิ่ม	= 0.27	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณกาแฟ	= 292,500	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	0.5×N = 0.23×292,500	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 134,550	กิโลกรัม/ปี
คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการขัดล้างเมือกกาแฟ*	= 134,550	กิโลกรัม/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่อง	= (292,500–134,550) × 0.27	บาท/ปี
	= 42,646.5	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 45,000/42,646.5	ปี
	= 1.05	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง)×100	%
	= (42,646.5/45,000) ×100	%
	= 94.77	%/ปี

หมายเหตุ: คุ้มทุนเมื่อเครื่องทำการขัดล้างเมล็ดกาแฟเมือก 134,550 กิโลกรัม/ปี คิดเป็นกาแฟผลสด 236,053 กิโลกรัม/ปี

กรมวิชาการเกษตร