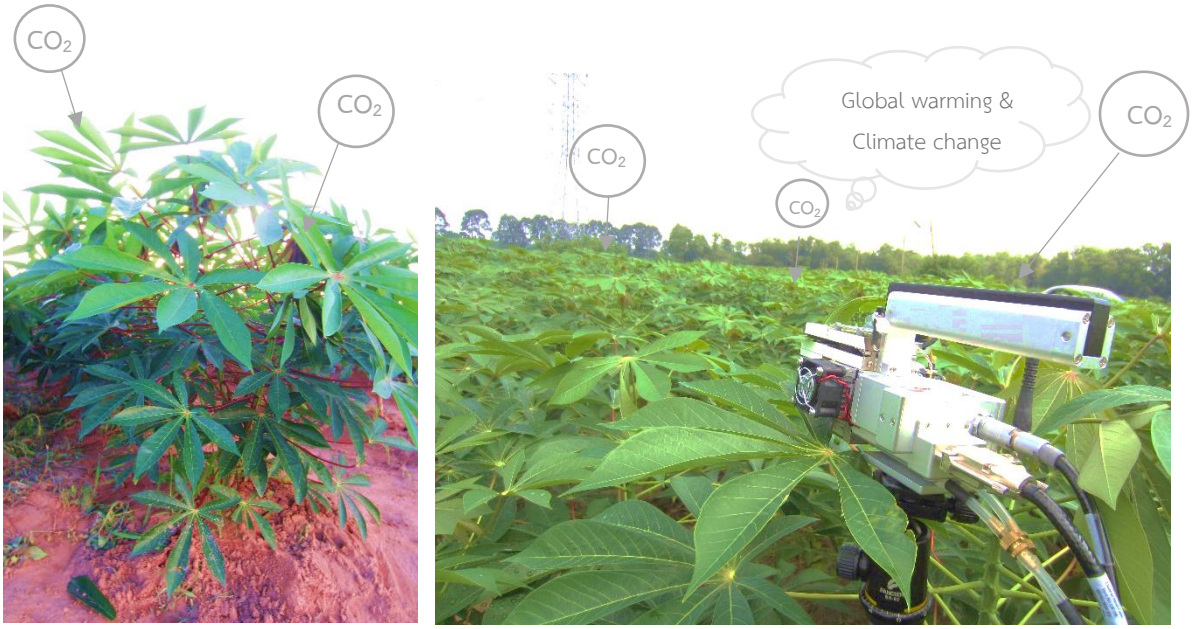
สรีรวิทยาของพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก



โครงการวิจัย
วิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจก
ในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

กรมวิชาการเกษตร

2565

คำนำ

เอกสารองค์ความรู้ สรีรวิทยาของพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของผลการดำเนินงานวิจัยกรมวิชาการเกษตร ภายใต้โครงการวิจัย วิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ในแผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาระบบการผลิตพืชสู่เกษตรที่เป็นมิตรกับสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นองค์ความรู้ที่ช่วยอธิบายผลของความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความเข้มแสงในสภาพอากาศต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของมันสำปะหลัง รวมทั้งเป็นฐานข้อมูลคุณลักษณะทางสรีรวิทยาของพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เพื่อรับมือเตรียมความพร้อมในการร่วมกันป้องกันกับปัญหาภาวะโลกร้อน (Global Warming) และการเปลี่ยนแปลงสภาพสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) ต่อไป

ผู้ดำเนินงานวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารองค์ความรู้ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยและพัฒนางานวิจัยมันสำปะหลังในด้านต่าง ๆ รวมทั้งเป็นประโยชน์ต่อนักวิชาการ นักศึกษา เกษตรกร ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้สนใจ เพื่อให้เกิดความเข้าใจผลของสภาพอากาศต่อกระบวนการสรีรวิทยาในการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลังและการสร้างผลผลิตต่อไป

คณะผู้จัดทำ

2565

สารบัญ

หน้า

กลุ่มก๊าซกระจกกับภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ 1

สรีรวิทยาของมันสำปะหลังในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก 2

กระบวนการการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลัง 3

ปัจจัยที่มีผลต่อสรีรวิทยาของกระบวนการสังเคราะห์แสง 3

1. ความเข้มแสง

2. ความเข้มข้น CO_2 ในชั้นบรรยากาศ 5

อัตราการสังเคราะห์แสงต่อการให้ผลผลิตหัวสดและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลัง 10

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลัง 11

บทสรุปศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังในการดูดซับ CO_2 13

บรรณานุกรม 14

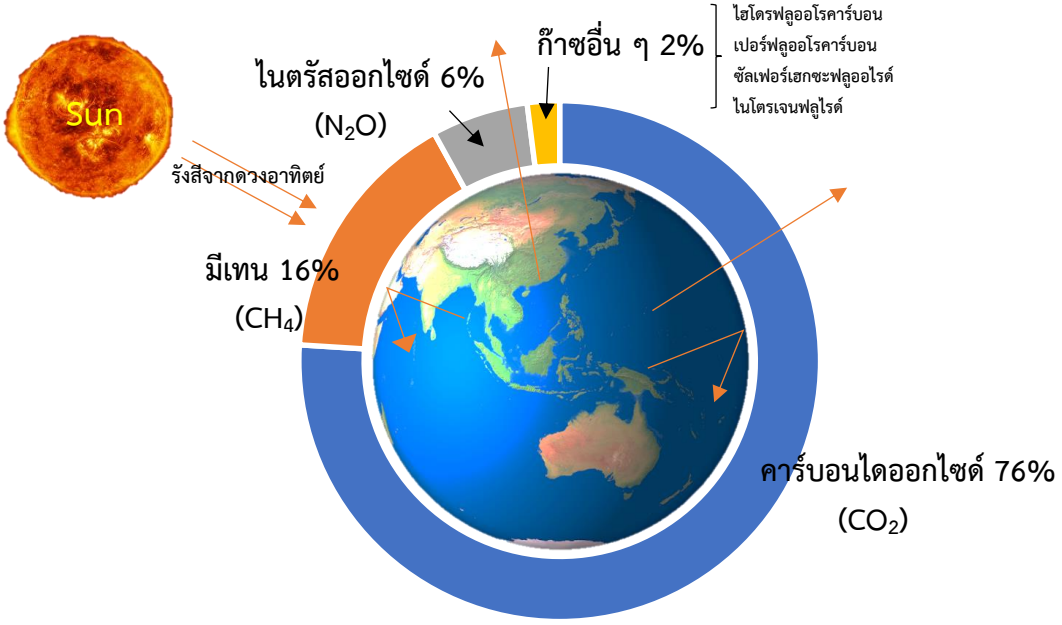
คณะผู้จัดทำ 15

กลุ่มก๊าซกระจกกับภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

กลุ่มก๊าซเรือนกระจกประกอบด้วยก๊าซหลายชนิด โดยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เป็นก๊าซชนิดหนึ่งในกลุ่มก๊าซเรือนกระจกและเป็นก๊าซที่มีปริมาณมากที่สุดประมาณ 76% โดยแบ่งเป็น CO_2 ที่ถูกปลดปล่อยมาจากกิจกรรมของมนุษย์ซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิล เช่น น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ และถ่านหิน คิดเป็น 65% และเป็น CO_2 ที่เกิดจากใช้ประโยชน์ที่ดินเกษตรและป่าไม้ คิดเป็น 11% รองลงมาคือก๊าซมีเทน 16% ก๊าซไนตรัสออกไซด์ 6% และที่เหลือประมาณ 2% คือ กลุ่มก๊าซไฮโดรฟลูออโรคาร์บอน เปอร์ฟลูออโรคาร์บอน ซัลเฟอร์เฮกซะฟลูออไรด์ และไนโตรเจนฟลูไรด์ (ภาพที่ 1) โดยการเพิ่มขึ้นของ CO_2 ในชั้นบรรยากาศเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนหรืออุณหภูมิอากาศของโลกสูงขึ้น (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) ส่งผลทำให้ปริมาณและรูปแบบการกระจายตัวของฝนเปลี่ยนแปลงไป มีความแปรปรวนและรุนแรงมากขึ้น รวมทั้งเกิดการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ อย่างต่อเนื่องเป็นลูกโซ่

ภาวะโลกร้อน (Global warming) คือ การที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลกและผืนมหาสมุทรเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากก๊าซเรือนกระจก ที่สะสมอยู่ในชั้นบรรยากาศซึ่งมีมากจนเกินสมดุล โดยปกติแล้วก๊าซเหล่านี้จะมีอยู่ในชั้นบรรยากาศของโลก ทำหน้าที่ห่อหุ้มโลกเอาไว้ คล้าย ๆ เรือนกระจก หรือ Green house ที่เป็นเกราะกำบังกรองความร้อนที่จะผ่านมายังพื้นโลก และในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เก็บกักความร้อนบางส่วนเอาไว้ ทำให้โลกมีอุณหภูมิพอเหมาะสำหรับดำรงชีวิต

แต่ในปัจจุบันปริมาณก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งมีสาเหตุหลักจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ ทำให้รังสีจากดวงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก ไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปนอกโลกได้ เพราะถูกก๊าซเรือนกระจกที่มีปริมาณมากเกินสมดุลบดบัง เรียกสภาวะแบบนี้ว่า ปรากฏการณ์เรือนกระจก เมื่อความร้อนไม่สามารถสะท้อนกลับออกไปนอกโลกได้ มีผลทำให้อุณหภูมิของโลกจะเพิ่มสูงขึ้น เกิดเป็นภาวะโลกร้อน



ภาพที่ 1 ปริมาณของก๊าซเรือนกระจกแต่ละชนิดในชั้นบรรยากาศ

การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (Climate change) คือ การเปลี่ยนแปลงลักษณะสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นลักษณะที่เกี่ยวข้องกับอากาศ เช่น อุณหภูมิ การตกของฝน ลม เป็นต้น

จากการประชุมรัฐภาคีกรอบอนุสัญญาสหประชาชาติว่าด้วยการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ สมัยที่ 26 (COP26) ที่เมืองกลาสโกว์ ประเทศสกอตแลนด์ ได้มีความพยายามคงเป้าหมายในการจำกัดอุณหภูมิโลกไม่ให้สูงขึ้นเกิน 1.5 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะป้องกันหายนะภัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ ในที่ประชุม COP26 ผู้แทนจากกว่า 100 ประเทศ เห็นชอบกับโครงการตัดลดการปล่อยมีเทนลง 30% ภายในปี 2030 และผู้นำจากกว่า 100 ประเทศทั่วโลก ซึ่งมีพื้นที่ป่ารวมกันคิดเป็น 85% ของป่าไม้ในโลก รับปากว่าจะยุติการตัดไม้ทำลายป่าภายในปี 2030 รวมถึงเป้าหมายการตัดลดการปล่อยคาร์บอนจนกระทั่งถึงเป้าหมายเป็นศูนย์ภายในปี 2050

ในธรรมชาติพบว่าพื้นที่ป่าไม้และต้นไม้สามารถช่วยลดปริมาณ CO_2 ในชั้นบรรยากาศได้ เพราะต้นไม้จะดูดซับ CO_2 ไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงแล้วเก็บไว้ในรูปของเนื้อไม้ และสามารถกักเก็บปริมาณคาร์บอนได้ในปริมาณมาก แต่ในปัจจุบันพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่องทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO_2 ในบรรยากาศ โดยพื้นที่ป่าไม้ซึ่งเป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และเก็บกักคาร์บอนที่สำคัญเพราะต้นไม้ใหญ่ 1 ต้น สามารถดูดซับ CO_2 ได้ประมาณ 9-15 กิโลกรัมต่อปี (กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2563) ในปี 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ 102,484,073 ไร่ คิดเป็น 31.95% ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร 149,252,451 ไร่ คิดเป็น 46.54% ของพื้นที่ทั้งหมด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) พื้นที่เหล่านี้เป็นแหล่งดูดซับและกักเก็บ CO_2 ที่สำคัญ และมีศักยภาพเพียงพอต่อการหมุนเวียนการกักเก็บคาร์บอนทั้งในต้นพืช ผลผลิต และภายในดิน

พื้นที่เกษตรของประเทศไทยมีพื้นที่โดยรวมจำนวนมาก มีส่วนสำคัญในการช่วยลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ช่วยดูดซับและกักเก็บคาร์บอนในต้นพืชและภายในดิน โดยดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในส่วนต่าง ๆ ของพืช ผลผลิต และในดิน ซึ่งเป็นแนวทางหนึ่งที่จะไม่ทำให้ CO_2 ในชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจที่มีพื้นที่เพาะปลูกมากและสร้างมวลชีวภาพในรูปสารประกอบคาร์บอนต่อไร่สูง ซึ่งมันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจสำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในปีการผลิต 2563/64 มีเนื้อที่เพาะปลูกทั้งประเทศ 9,439,009 ไร่ ผลผลิตรวม 28,999,122 ตัน ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 3.25 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังซึ่งเป็นรากสะสมอาหาร จะสะสมคาร์โบไฮเดรตประมาณ 20-35% และในส่วนของลำต้นและใบยังมีการสะสมแป้งหรือคาร์โบไฮเดรต เมื่อนำมาคำนวณเป็นผลผลิตคาร์โบไฮเดรตจะได้มากกว่า 1 ล้านตันต่อปี

สรีรวิทยาของมันสำปะหลังในการดูดซับก๊าซเรือนกระจก

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของพืชเกิดขึ้นโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช เป็นกระบวนการที่พืชนำพลังงานแสงมาเปลี่ยนเป็นพลังงานเคมี โดยมีคลอโรฟิลล์ทำหน้าที่ดูดพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์แล้วเปลี่ยนสารวัตถุดิบคือคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำซึ่งเป็นสารอนินทรีย์ที่ดูดซับมาจากสภาพแวดล้อม มาใช้ให้เกิดการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์ และเก็บสะสมไว้ในรูปสารอินทรีย์ที่พืชสร้างขึ้น

กระบวนการการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลัง

กระบวนการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลัง เป็นแบบ C3-C4 intermediate โดยพบกิจกรรมของเอนไซม์ Phosphoenolpyruvate carboxylase (PEPC) ภายในใบมันสำปะหลัง แต่ไม่พบกายวิภาคใบแบบ Kranz anatomy ของพืช C4 (El-Sharkawy, 2003) ทำให้ใบมันสำปะหลังมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูง เนื่องจากพืช C4 มีเอนไซม์ PEPC ที่ใช้ในการตรึง CO_2 ซึ่งเอนไซม์นี้มีประสิทธิภาพในการตรึง CO_2 สูงกว่าเอนไซม์ RuBPC ที่พบในพืช C3 จึงเป็นเหตุผลส่วนหนึ่งที่ทำให้พืช C4 มีประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงที่สูงกว่า นอกจากนั้นพืช C4 มี CO_2-compensation point (ความเข้มข้น CO_2 ที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์เท่ากับการหายใจ) ต่ำกว่าพืช C3 (เฉลิมพล, 2542)

ปัจจัยที่มีผลต่อสรีรวิทยาของกระบวนการสังเคราะห์แสง

1. ความเข้มแสง

ความเข้มแสงในรอบวันในสภาพท้องฟ้าปลอดโปร่งไม่มีเมฆปกคลุมนั้นส่วนใหญ่ความเข้มแสงจะสูงสุดอยู่ในช่วงเวลาประมาณ 12.00-15.00 น. โดยในสภาพอากาศของพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดระยอง สามารถวัดความเข้มแสงได้สูงสุดในบางวันอยู่ในช่วง 2,400-2,500 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ โดยระดับความเข้มแสงจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับฤดูกาล อุณหภูมิสภาพอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ เป็นต้น ในขณะที่ความเข้มแสงของรอบวันในช่วงฤดูฝนจะมีความแปรปรวนสูง ซึ่งมาจากสาเหตุ ได้แก่ การบดบังของเมฆบนท้องฟ้า และการตกของฝน ทำให้ความเข้มแสงที่ใบมันสำปะหลังได้รับไม่สอดคล้องกับช่วงเวลาของรอบวัน

การศึกษาความเข้มแสงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบมันสำปะหลังจำนวน 26 สายพันธุ์/พันธุ์ ในช่วงอายุการเจริญเติบโตที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก (ภาพที่ 2) พบว่า ระดับความเข้มแสงที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบมันสำปะหลังมีดังนี้ ระดับความเข้มแสงที่ทำให้ใบมันสำปะหลังเริ่มมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเด่นชัดจะเริ่มตั้งแต่ 200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ในช่วงเช้าจะอยู่ในช่วงเวลาตั้งแต่ 07.00 น. และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิจะเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อมีความเข้มแสงตั้งแต่ 800 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ในขณะที่จากการทดลองพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเมื่อได้รับความเข้มแสง 2,200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ยังสามารถมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้น แต่อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิที่เกิดขึ้นไม่แตกต่างอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มแสง 800 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ส่วนพันธุ์มันสำปะหลังเพื่อใช้บริโภค พบว่า การได้รับความเข้มแสงในระดับ 2,000 และ 2,200 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ไม่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิมีความแตกต่างกัน

Light compensation point

: จุดหรือระดับความเข้มแสงที่ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงเท่ากับอัตราการหายใจ จากการทดลองพบว่า ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของพันธุ์มันสำปะหลังมีค่า light compensation point ที่แตกต่างกัน โดย light compensation point ของมันสำปะหลังทั้ง 26 สายพันธุ์/พันธุ์ในช่วงอายุการเจริญเติบโตที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก อยู่ในช่วง 7.9-98.9 45.1-96.3 80.1-156.9 และ 1.4-33.4 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ หรือมีค่าเฉลี่ย 50.8 74.5 101.5 และ 17.9 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูก มันสำปะหลังต้องได้รับความเข้มแสงเพิ่มขึ้นเพื่อให้เกิด light compensation point ซึ่งใน

สภาพอากาศที่มีความเข้มแสงต่ำกว่า 101.5 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ทำให้ใบมันสำปะหลังไม่มีการสะสมอาหารเกิดขึ้น ในขณะที่ช่วงอายุ 8 เดือนหลังปลูกได้รับความเข้มแสงเพียง 17.9 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ก็ทำให้เกิด light compensation point ส่งผลให้ใบมันสำปะหลังมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นในช่วงที่สภาพอากาศมีความเข้มแสงต่ำ แต่ในช่วงอายุ 8 เดือนหลังปลูก ซึ่งในการทดลองอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นฤดูแล้ง มันสำปะหลังมีพฤติกรรมการทิ้งใบทำให้มันสำปะหลังมีจำนวนใบและใบที่สมบูรณ์ต่อต้นลดลง

Light saturation point

: จุดหรือระดับที่ความเข้มแสงที่ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด จากการทดลองพบว่า ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตของพันธุ์มันสำปะหลังมี light saturation point ที่แตกต่างกัน โดย light saturation point ของมันสำปะหลังทั้ง 26 สายพันธุ์/พันธุ์ในช่วงอายุการเจริญเติบโตที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูกอยู่ในช่วง 656.8-1,289.9 688.2-1,177.0 300.1-1,102.9 และ 522.6-1,220.7 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ หรือมีค่าเฉลี่ย 1,013.5 922.5 819.8 และ 865.0 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก มันสำปะหลังต้องได้รับความเข้มแสงสูงเพื่อให้เกิด light saturation point ในขณะที่ช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูกได้รับระดับความเข้มแสง 819.8 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ ก็ทำให้เกิด light saturation point ซึ่งความเข้มแสงของรอบวันในสภาพธรรมชาติอาจสูงกว่า 2,400 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ นอกจากนั้นในสภาพท้องฟ้าปลอดโปร่งในช่วงที่มีความเข้มแสงสูงกว่า 800 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ จะมีช่วงเวลาตั้งแต่ 08.00-16.00 น. หรือประมาณ 8 ชั่วโมงต่อวัน

ภาพที่ 2 การศึกษาศักยภาพการดูดซับ CO_2 และความเข้มแสงต่ออัตราการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลังโดยใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง รุ่น LI-6400XT ที่อายุ 2 (ก) 4 (ข) 6 (ค) และ 8 (ง) เดือนหลังปลูก

อัตราการสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max})

อัตราการสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max}) ของพันธุ์มันสำปะหลัง พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มี P_{max} สูงสุดในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก มีค่าเฉลี่ย 32.5 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ หลังจากนั้น P_{max} มีค่าลดลง ซึ่งพันธุ์มันสำปะหลังส่วนใหญ่มีค่า P_{max} ต่ำสุด ในช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูก มีค่าเฉลี่ย 21.8 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ แต่ในมันสำปะหลังบางพันธุ์มีค่าต่ำสุดในช่วงอายุ 8 เดือนหลังปลูก แม้ว่าค่าเฉลี่ย P_{max} ของพันธุ์มันสำปะหลังในการเจริญเติบโตที่อายุ 8 เดือนหลังปลูกมีค่าเฉลี่ย P_{max} สูงกว่าการเจริญเติบโตที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย light compensation point (I_c) light saturation point (I_s) และอัตราการสังเคราะห์แสงรวมสูงสุด (P_{max}) ของมันสำปะหลังในการดำเนินงานทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง ในปี 2563-2564

	ความเข้มแสงที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบมันสำปะหลัง						
อายุมันสำปะหลัง	I_c (เฉลี่ย)	I_c (ต่ำสุด)	I_c (สูงสุด)	I_s (เฉลี่ย)	I_s (ต่ำสุด)	I_s (สูงสุด)	P_{max}
2 เดือนหลังปลูก	50.8	7.9	98.9	1,013.5	656.8	1,289.9	32.5
4 เดือนหลังปลูก	74.5	45.1	88.7	922.5	688.4	1,177.0	30.5
6 เดือนหลังปลูก	101.5	80.1	156.9	819.8	300.1	1,102.9	21.8
8 เดือนหลังปลูก	17.9	1.4	33.4	865.0	522.6	1,220.7	25.4

หน่วย : I_c (µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$) I_s (µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$) P_{max} (µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$)

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยจากมันสำปะหลังที่ใช้ในการดำเนินการทดลองจำนวน 26 สายพันธุ์/พันธุ์

2. ความเข้มข้น CO_2 ในชั้นบรรยากาศ

ในสภาพธรรมชาติความเข้มข้นของ CO_2 ในอากาศในแต่ละช่วงเวลาของรอบวันจะมีความเข้มข้นของ CO_2 ในอากาศที่แตกต่างกัน ในแปลงปลูกมันสำปะหลังของศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ซึ่งอยู่ห่างจากพื้นที่นิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุดประมาณ 2 กิโลเมตร พบว่า ในช่วงเวลา 07.00 น. จะมีความเข้มข้น CO_2 ประมาณ 400-420 ppm แต่ในช่วงเช้าของฤดูฝนที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงจะมีความเข้มข้น CO_2 ในอากาศสูงขึ้นอยู่ในช่วง 450-460 ppm หลังจากนั้นความเข้มข้น CO_2 จะลดลงตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น โดยความเข้มข้น CO_2 จะลดลงต่ำในช่วงเวลา 11.00-15.00 น. ในสภาพปกติไม่มีฝนตกจะมีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 300-350 ppm จากการทดลองในสภาพธรรมชาติในวันที่มีสภาพท้องฟ้าปลอดโปร่ง พบว่าระดับความเข้มแสงของรอบวันจะเพิ่มขึ้นสูงสุดในช่วงเวลา 12.00-14.00 น. แต่ในทางตรงกันข้ามความเข้มข้นของ CO_2 ในอากาศของแปลงทดลองจะลดลงตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการลดลงของความเข้มข้น CO_2 จึงเป็นข้อจำกัดประการหนึ่งของประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงในช่วงที่มีความเข้มแสงสูง

ศักยภาพการดูดซับ CO_2 ในมันสำปะหลัง

ความเข้มข้นของ CO_2 ต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของใบมันสำปะหลัง มาจากหลายปัจจัยดังนี้

2.1 ความเข้มข้นของ CO_2 ที่ได้รับ

ในสภาพแปลงปลูกมันสำปะหลังจะมีระดับความเข้มข้นของ CO_2 ในอากาศในแต่ละช่วงเวลาของรอบวันที่แตกต่างกันซึ่งจะลดลงต่ำอย่างเด่นชัดในช่วงเวลา 11.00-15.00 น. จากการทดลองพบว่า เมื่อให้ความเข้มแสง 1,500 µmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ และปรับระดับความเข้มข้นของ CO_2 ลดลงจาก 400 เหลือ 300 200

และ 100 ppm ตามลำดับ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิลดลงตามระดับความเข้มข้น CO_2 ที่ลดลง ในขณะที่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 เพิ่มขึ้นจาก 400 เป็น 600 และ 800 ppm ตามลำดับ ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้นตามลำดับ โดยการเพิ่มขึ้นของ CO_2 จาก 400 เป็น 600 ppm ทำให้ค่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับการเพิ่มขึ้นของ CO_2 จาก 600 เป็น 800 ppm นอกจากนั้นในมันสำปะหลังบางพันธุ์ไม่ทำให้ค่าอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเพิ่มขึ้น

2.2 อายุการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

การศึกษาศักยภาพการดูดซับ CO_2 ของใบมันสำปะหลังที่อายุการเจริญเติบโตที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก จากการทดลองเพิ่มความเข้มข้นของ CO_2 ที่ระดับจาก 400 เป็น 600 และ 800 ppm พบว่าใบมันสำปะหลังตำแหน่งใบบนสุดที่คลี่แผ่นใบเต็มที่ในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตมีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่แตกต่างกัน ซึ่งใบมันสำปะหลังในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก เมื่อได้รับความเข้มข้นของ CO_2 ในระดับ 400 600 และ 800 ppm สามารถดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบ (intercellular CO_2 concentration: C_i) ได้สูงสุด มีค่าเฉลี่ย 244.43 376.88 และ 539.74 µmol mol^{-1} ตามลำดับ และทำให้ใบมีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิสูงสุดเฉลี่ย 22.04 30.26 และ 33.81 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ เมื่อมันสำปะหลังมีอายุการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทำให้การดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบมีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะการเจริญเติบโตที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก ใบมันสำปะหลังมีความสามารถดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบลดลงอย่างเด่นชัด โดยการให้ความเข้มข้น CO_2 ที่ระดับ 400 600 และ 800 ppm มีค่า C_i เฉลี่ย 168.20 259.03 และ 374.82 µmol mol^{-1} ตามลำดับ มีอัตราสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ย 20.63 29.27 และ 34.77 µmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ แต่การเจริญเติบโตที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงกว่าอายุ 6 เดือนหลังปลูก แม้ว่าในช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูกมีการดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบสูงกว่า (ตารางที่ 2) เนื่องจากในการทดลองช่วงอายุ 6-8 เดือนหลังปลูกอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงกุมภาพันธ์ พบว่า มันสำปะหลังบางพันธุ์ที่มีการออกดอกทำให้ใบบนที่คลี่เต็มที่มีการลดจำนวนแฉกของใบเหลือ 1-3 แฉก (ภาพที่ 3) ส่งผลให้มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบลดลงอย่างเด่นชัดและทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิลดลงอย่างเด่นชัด

ภาพที่ 3 การลดจำนวนแฉกของใบมันสำปะหลังในพันธุ์มันสำปะหลังที่มีการออกดอกและติดเมล็ด

แม้ว่าใบมันสำปะหลังในตำแหน่งด้านบนของลำต้นมีการสร้างใบใหม่ในแต่ละในช่วงเวลาอย่างต่อเนื่อง แต่ในการทดลองในช่วงอายุ 6 และ 8 เดือนหลังปลูกจะอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมและกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง ทำให้มันสำปะหลังอยู่ในสภาวะเครียดจากการขาดน้ำ โดยในช่วงอายุ 6 เดือนหลังปลูก มันสำปะหลังบางพันธุ์ออกดอกทำให้ใบตำแหน่งด้านบนลดจำนวนแฉกของใบลง ส่วนในพันธุ์ที่ไม่มีการออกดอก ใบที่สร้างใหม่มีขนาดพื้นที่ใบลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับอายุ 4 เดือนหลังปลูก ในขณะที่ช่วงอายุ 8 เดือนหลังปลูก ใบที่สร้างใหม่จะมีขนาดพื้นที่ใบลดลงอย่างเด่นชัดและใบใหม่ที่สร้างขึ้นมีลักษณะไม่สมบูรณ์ ทำให้ใบมีศักยภาพการดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบลดลง และทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิลดลง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความเข้มข้นของ CO_2 ภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบ (C_i) และอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) ที่ได้รับระดับความเข้มข้น CO_2 ที่แตกต่างกัน ของใบมันสำปะหลัง ในการดำเนินงานทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง ในปี 2563-2564

	ค่า C_i และ P_n ในระดับความเข้มข้น CO_2 ที่แตกต่างกัน (ppm)[1/]						
	400	300	200	100	400	600	800
2 เดือนหลังปลูก							
C_i	262.32	190.98	135.80	80.86	244.43	376.88	539.74
P_n	20.53	16.06	10.23	1.96	22.04	30.26	33.81
4 เดือนหลังปลูก							
C_i	217.37	158.05	109.97	65.76	208.51	338.62	502.43
P_n	19.51	15.04	9.76	3.39	20.36	26.77	28.67
6 เดือนหลังปลูก							
C_i	210.62	153.49	107.64	66.16	209.70	324.29	473.71
P_n	15.07	13.88	6.69	2.33	15.64	21.65	24.72
8 เดือนหลังปลูก							
C_i	210.63	127.87	92.97	69.83	168.20	259.03	374.82
P_n	19.91	14.81	9.20	4.55	20.63	29.27	34.77

หน่วย : P_n (μmol CO_2 $m^{-2}s^{-1}$) C_i (μmol mol^{-1})

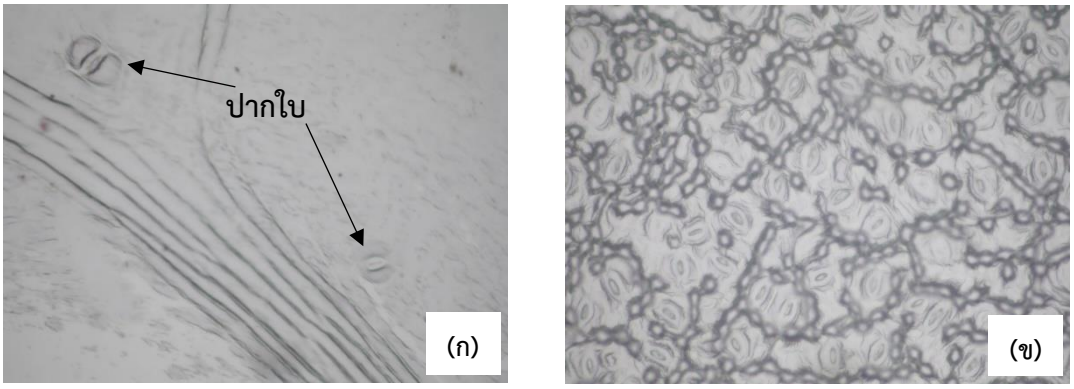
[1/] : ความเข้มแสงใน leaf chamber ที่ระดับ 1,500 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยจากมันสำปะหลังที่ใช้ในการดำเนินการทดลองจำนวน 26 สายพันธุ์/พันธุ์

2.3 อุณหภูมิของอากาศในช่วงเวลารอบวัน

อุณหภูมิของอากาศภายในช่วงเวลาของรอบวันจะมีอุณหภูมิสูงสุดในช่วงเวลา 13.00-15.00 น. จากการทดลองพบว่า เมื่ออุณหภูมิของอากาศสูงขึ้นทำให้ค่าการเปิดของปากใบ (stomatal conductance) มีค่าสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าปากใบของใบมันสำปะหลังเริ่มปิดปากใบมากขึ้น ส่งผลให้ใบมันสำปะหลังดูดซับ CO_2 เข้าไปสะสมภายในช่องว่างระหว่างเซลล์ของใบลดลง โดยใบมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์เมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้นในระดับเดียวกันทำให้ค่า stomatal conductance สูงขึ้นมีความแตกต่างกัน นอกจากนั้นมันสำปะหลังในพันธุ์เดียวกันแต่มีอายุการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันเมื่อได้รับอุณหภูมิของอากาศในระดับเดียวกันก็ทำให้มีค่า stomatal conductance แตกต่างกัน

การศึกษาเบื้องต้นในเรื่องปากใบของใบมันสำปะหลัง พบว่า การเจริญเติบโตในช่วงอายุ 2 เดือนหลังปลูก ใบมันสำปะหลังมีจำนวนปากใบทั้งด้านบนและล่างของแผ่นใบ ซึ่งจำนวนปากใบต่อพื้นที่ใบของแผ่นใบด้านบนมีจำนวนน้อยกว่าด้านล่างอย่างเด่นชัด (ภาพที่ 4) เมื่อมันสำปะหลังมีอายุการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นทำให้แผ่นใบด้านบนมีจำนวนปากใบต่อพื้นที่ใบลดลงตามอายุการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ใบมันสำปะหลังมีอัตราการคายน้ำที่แตกต่างกันในสภาพอากาศที่ได้รับอุณหภูมิใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาในช่วงที่มีอุณหภูมิสูงสุดของรอบวัน ในช่วงเวลา 12.00-15.00 น. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในช่วงอายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก มีอัตราการคายน้ำอยู่ในช่วง 7-9 5-7 3-6 และ 5-7 mol H_2O $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ

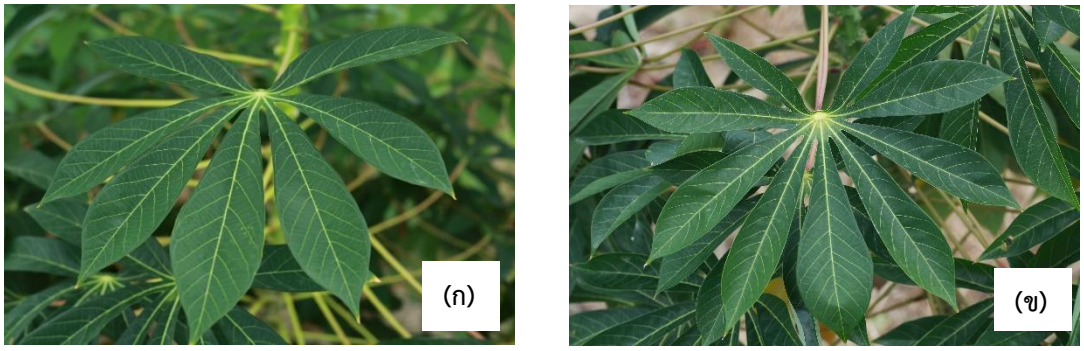


ภาพที่ 4 ตัวอย่างของปากใบของใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก (ก) จำนวนปากใบด้านบนของแผ่นใบ (ข) จำนวนปากใบด้านล่างของแผ่นใบ

2.4 พันธุ์มันสำปะหลัง

ศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังในการดูดซับ CO_2 ในช่วงการเจริญเติบโตที่อายุ 2 4 6 และ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่แตกต่างกัน แม้ว่าในพันธุ์เดียวกันแต่มีอายุการเจริญเติบโตแตกต่างกันทำให้มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ที่แตกต่างกัน โดยในสภาพการให้ความเข้มข้น CO_2 ที่ระดับ 400 ppm พันธุ์มันสำปะหลังที่มีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงในทุกช่วงอายุการเจริญเติบโต ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 พิรุณ 2 พิรุณ 4 สายพันธุ์ CMR57-83-69 และสายพันธุ์ CMR57-83-180 สำหรับพันธุ์มันสำปะหลังที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 เมื่อได้รับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นในระดับ 600 และ 800 ppm ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 60 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 พิรุณ 2 และพิรุณ 4 (ตารางที่ 3)

การวิเคราะห์ลักษณะรูปร่างแฉกใบและความเข้มของสีเขียวของแผ่นใบ ไม่พบความสัมพันธ์กับการดูดซับ CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลัง พบว่า ลักษณะความเข้มของสีเขียวของแผ่นใบไม่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลัง ซึ่งจากการดำเนินงานมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ซึ่งมีสีของแผ่นใบมีสีเขียวอ่อนกว่าพันธุ์ระยอง 11 อย่างเด่นชัด (ภาพที่ 5) แต่ศักยภาพการดูดซับ CO_2 ต่ออัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลังไม่มีความแตกต่างกัน ดังตารางที่ 3



ภาพที่ 5 ลักษณะความเข้มของสีเขียวของแผ่นใบมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 (ก) และระยอง 11 (ข) ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก

ตารางที่ 3 อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลังในแต่ละสายพันธุ์/พันธุ์ที่ได้รับระดับความเข้มข้น CO_2 ที่แตกต่างกัน ในการดำเนินงานทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง จังหวัดระยอง ในปี 2563-2564

	อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิของใบมันสำปะหลังที่ได้รับระดับความเข้มข้น CO_2 ที่แตกต่างกัน (ppm)											
	2 เดือนหลังปลูก			4 เดือนหลังปลูก			6 เดือนหลังปลูก			8 เดือนหลังปลูก		
สายพันธุ์/พันธุ์	400	600	800	400	600	800	400	600	800	400	600	800
ระยอง 1	27.41	38.07	44.13	20.56	27.92	30.12	6.87	9.05	10.48	13.46	19.79	24.48
ระยอง 3	19.36	28.10	34.33	18.83	24.68	26.33	3.75	4.43	4.55	19.41	28.92	35.84
ระยอง 5	22.81	30.86	33.22	22.13	28.69	31.26	15.46	21.68	24.52	19.45	28.29	34.32
ระยอง 7	17.88	25.96	29.91	23.22	28.66	29.05	21.18	29.05	32.45	16.68	24.00	30.00
ระยอง 9	20.62	26.16	34.21	23.88	30.92	32.48	20.35	28.08	32.02	23.59	34.68	41.70
ระยอง 11	24.56	33.29	33.45	22.95	29.42	31.02	16.69	25.17	29.86	25.60	37.51	45.28
ระยอง 86-13	24.21	31.50	31.70	15.18	20.97	23.71	14.20	20.09	22.69	22.73	31.57	37.63
ระยอง 15	24.79	31.75	31.44	20.17	27.52	30.56	18.13	27.07	31.52	25.58	33.74	36.44
ระยอง 60	20.78	27.83	28.95	17.89	25.10	28.55	12.73	17.92	20.67	25.61	35.24	41.27
ระยอง 72	19.13	26.76	29.12	19.68	25.83	27.94	17.44	24.97	29.23	25.76	36.48	43.42
ระยอง 90	22.97	27.59	25.63	21.52	28.19	29.65	16.07	23.77	29.10	22.39	31.78	38.25
ระยอง 2[1/]	20.24	27.36	29.22	19.24	25.66	26.91	12.72	16.45	19.65	22.05	30.11	34.60
ห้านาที[1/]	17.79	27.39	32.96	20.25	27.36	28.69	19.85	22.39	27.26	6.33	8.80	9.83
CMR53-106-24	25.60	34.88	38.53	16.68	23.66	26.87	18.47	25.08	27.53	19.02	27.63	33.75
CMR57-83-69	26.19	36.92	42.19	22.50	29.38	31.75	20.82	29.69	34.69	24.72	35.22	41.91
CMR57-83-180	21.04	31.08	35.18	24.14	30.83	32.02	20.66	27.76	29.24	23.12	31.54	36.36
OMR20-29-118	20.83	30.25	33.72	21.56	26.44	28.66	17.19	22.44	23.10	18.75	27.25	33.15
เกษตรศาสตร์ 50	25.35	34.98	41.32	17.10	22.79	24.15	17.89	25.12	28.71	13.91	20.62	26.25
เกษตรศาสตร์ 72	25.14	33.08	36.30	22.15	28.04	28.78	8.63	10.24	10.90	13.20	19.74	23.61
ห้วยบง 60	22.49	29.00	31.18	15.61	21.87	24.88	19.41	26.09	28.41	13.33	19.73	23.77
ห้วยบง 80	20.43	27.29	30.83	16.35	20.69	21.60	15.74	20.90	22.97	23.90	34.17	41.79
ห้วยบง 90	14.17	19.33	21.56	21.20	27.33	28.59	13.55	19.13	21.55	25.23	34.54	39.09
พิรุณ 1	20.73	29.34	32.78	19.94	26.15	27.88	13.30	19.77	23.50	26.22	36.19	42.63
พิรุณ 2[1/]	26.53	38.20	44.43	22.50	29.53	32.59	14.65	21.76	25.26	25.43	34.4	39.13
พิรุณ 4[1/]	22.98	33.85	40.67	21.75	28.85	31.17	14.99	22.76	27.60	26.46	37.46	43.12
ปุยฝ้าย[1/]	19.08	26.06	32.10	22.41	29.59	30.22	15.79	21.93	25.15	14.57	21.53	26.50

หน่วย : P_n ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}s^{-1}$)

[1/] พันธุ์สำหรับใช้ในการบริโภค

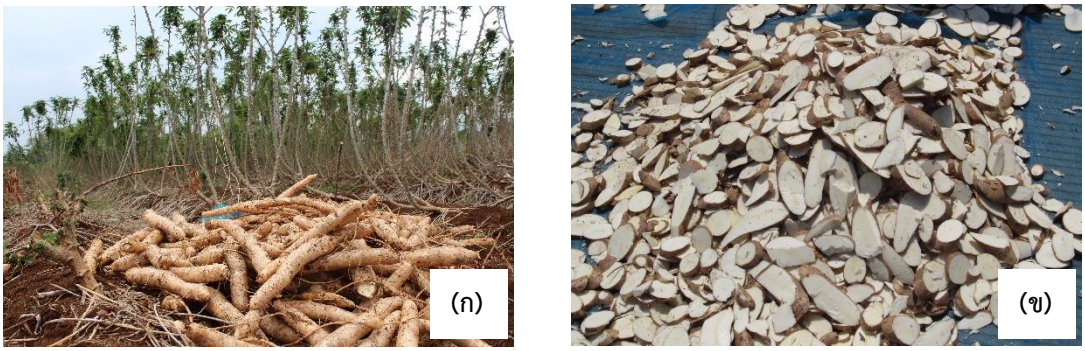
อัตราการสังเคราะห์แสงต่อการให้ผลผลิตหัวสดและคุณภาพผลผลิตมันสำปะหลัง

การพัฒนาของรากสะสมอาหาร (storage roots) การลำเลียงอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสง และการเก็บสะสมอาหารที่รากสะสมอาหาร ขึ้นอยู่กับพันธุ์และสภาพแวดล้อมในแต่ละช่วงการเจริญเติบโต ซึ่งการสะสมแป้งในรากสะสมจะเริ่มเห็นเด่นชัดเมื่ออายุ 6 สัปดาห์หลังปลูก สำหรับส่วนประกอบทางเคมีของผลผลิตมันแห้งจะมีค่าเฉลี่ยดังนี้ ความชื้น 10.36% คาร์โบไฮเดรต 70.63% โปรตีน 2.63% ไขมัน 0.51% เถ้า 2.20% และเยื่อใย 1.73% จากปริมาณคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของมันแห้ง จะเห็นได้ว่าเป็นสารอินทรีย์ที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง ทำให้มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO_2 สูงต่อพื้นที่

กระบวนการสังเคราะห์แสงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีความแตกต่างกัน และในแต่ละช่วงอายุการเจริญเติบโตมีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิและกระบวนการทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องที่แตกต่างกัน ซึ่งความสัมพันธ์ของกระบวนการสังเคราะห์แสงต่อการให้ผลผลิตหัวสดต่อไร่ ผลผลิตแป้ง และผลผลิตมันแห้ง ของพันธุ์มันสำปะหลัง พบว่า พันธุ์มันสำปะหลังที่ใช้ความเข้มแสงในระดับต่ำกว่า 200 μmol PPF $m^{-2}s^{-1}$ และระดับสูงได้ดี รวมทั้งมีศักยภาพในการดูดซับ CO_2 ได้ดี ส่งผลให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูง ได้แก่ พันธุ์ระยอง 7 ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 พิรุณ 2 และพิรุณ 4

โดยพันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตหัวสดสูงต่อไร่ ประกอบด้วย พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 และสายพันธุ์ CMR57-83-69 ให้ผลผลิตหัวสด 6,186 6,057 6,586 และ 6,136 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ในส่วนของผลผลิตแป้งซึ่งเป็นคาร์โบไฮเดรต พบว่า สายพันธุ์ CMR57-83-69 และระยอง 11 ให้ผลผลิตแป้งสูงสุด 1,583 และ 1,520 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 15 และสายพันธุ์ CMR57-83-180 ให้ผลผลิตแป้ง 1,466 1,368 และ 1,278 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 4)

สำหรับผลผลิตมันแห้งหรือชีวมวลของรากสะสมอาหารมันสำปะหลัง (ภาพที่ 6) ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ พบว่า พันธุ์ระยอง 11 ระยอง 9 ให้ผลผลิตมันแห้งสูงสุด 2,550 และ 2,518 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รองลงมาคือ สายพันธุ์ CMR57-83-69 พันธุ์ระยอง 72 และระยอง 5 ให้ผลผลิตมันแห้ง 2,442 2,371 และ 2,328 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพในการดูดซับ CO_2 และกักเก็บคาร์บอนไว้ในผลผลิตได้ดี ในรูปของผลผลิตแป้งหรือผลผลิตมันแห้งเฉลี่ย 969 และ 1,758 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ



ภาพที่ 6 การกักเก็บคาร์บอนในผลผลิตหัวสดมันสำปะหลัง (ก) และผลผลิตมันแห้งหรือมันเส้น (ข)

ตารางที่ 4 ผลผลิตหัวสด ปริมาณแป้งในหัวสด ผลผลิตแป้ง ปริมาณมันแห้งในหัวสด และผลผลิตมันแห้งของสายพันธุ์/พันธุ์มันสำปะหลังในการดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ในปี 2563-2564

สายพันธุ์/พันธุ์มันสำปะหลัง	ผลผลิตหัวสด[1/] (กก./ไร่)	ปริมาณแป้ง 9 เดือน (%)	ปริมาณแป้ง 12 เดือน (%)	ผลผลิตแป้ง[1/] (กก./ไร่)	ปริมาณมันแห้ง[1/] (%)	ผลผลิตมันแห้ง[1/] (กก./ไร่)
ระยอง 1	2,736 g	14.2 i	11.8 k	323 l	32.5 lm	889 k
ระยอง 3	2,172 g	23.2 efg	22.2 bcd	482 k	36.6 e-j	795 k
ระยอง 5	5,879 a-d	24.3 d-g	21.3 cde	1,252 e	39.6 a-f	2,328 ab
ระยอง 7	4,693 def	26.1 cd	23.4 abc	1,098 fg	41.9 a	1,966 de
ระยอง 9	6,186 ab	25.3 ab	23.7 abc	1,466 bc	40.7 abc	2,518 a
ระยอง 11	6,057 abc	30.9 a	25.1 a	1,520 ab	42.1 a	2,550 a
ระยอง 86-13	4,115 ef	26.5 cd	24.1 ab	992 g	41.2 ab	1,695 fgh
ระยอง 15	5,822 a-d	27.2 bc	23.5 abc	1,368 cd	38.5 b-h	2,241 bc
ระยอง 60	4,693 def	24.3 d-g	17.1 ghi	803 hi	34.1 j-m	1,600 ghi
ระยอง 72	6,586 a	25.1 c-f	19.3 efg	1,271 de	36.0 hjj	2,371 ab
ระยอง 90	4,750 def	26.3 cd	25.9 a	1,230 e	38.3 b-i	1,819 rfg
ระยอง 2 [2/]	2,100 g	17.1 h	13.1 jk	275 l	32.8 klm	689 k
ห้านาที [2/]	3,857 f	21.8 g	15.3 ij	590 j	35.2 i-l	1,358 j
CMR53-106-24	5,078 b-f	26.2 cd	23.5 abc	1,193 ef	35.8 h-k	1,818 efg
CMR57-83-69	6,136 abc	30.3 a	25.8 a	1,583 a	39.8 a-e	2,442 ab
CMR57-83-180	5,323 b-e	27.0 bc	24.0 abc	1,278 de	36.4 g-j	1,938 de
OMR29-20-118	4,715 def	25.6 cde	18.7 e-h	882 h	39.9 a-d	1,881 def
เกษตรศาสตร์ 50	4,422 ef	23.1 efg	17.4 f-i	769 hi	36.5 f-j	1,614 ghi
เกษตรศาสตร์ 72	4,093 ef	23.3 efg	18.7 e-h	765 i	37.2 d-j	1,523 hij
ห้วยบง 60	3,907 f	24.0 d-g	18.7 e-h	731 i	35.9 hij	1,403 ij
ห้วยบง 80	4,893 c-f	27.5 bc	25.2 a	1,233 e	41.3 ab	2,021 de
ห้วยบง 90	5,300 b-e	26.2 cd	20.7 de	1,097 fg	39.5 a-g	2,094 cd
พิรุณ 1	4,193 ef	24.2 d-g	19.8 def	830 hi	37.8 c-i	1,585 g-j
พิรุณ 2 [2/]	5,086 b-f	23.2 efg	16.2 hi	824 hi	32.1 m	1,633 ghi
พิรุณ 4 [2/]	4,629 def	23.0 fg	16.7 ghi	773 hi	31.4 m	1,454 ij
ปุยฝ้าย [2/]	4,715 def	19.1 h	12.1 k	571 jk	31.6 m	1,490 hij
CV (%)	11.2	4.3	5.6	5.1	3.6	6.0

ค่าเฉลี่ยในสดมภ์เดียวกันที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

[1/] : เก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ในเดือนมิถุนายน 2564 [2/] : พันธุ์สำหรับใช้ในการบริโภค

การประเมินการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลัง

การดำเนินงานศึกษามวลชีวภาพของมันสำปะหลังภายใต้โครงการวิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง ของ สายน้ำ และคณะ ในปี 2563-2564 พบว่า มวลชีวภาพในแต่ละส่วนของมันสำปะหลังที่อายุ 7-10 เดือนหลังปลูก มันสำปะหลังมีการสะสมน้ำหนักแห้งสูงสุดในส่วนของรากสะสมอาหารเฉลี่ย 67.3% รองลงมาคือ ลำต้นเฉลี่ย 21.5% เหง้าเฉลี่ย 9.9% ใบเฉลี่ย 1.0% และส่วนของ

ก้านใบ 0.3% ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในแต่ละส่วนของมันสำปะหลัง พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในส่วนรากสะสมอาหารอยู่ในช่วง 46.85-52.12% รองลงมาคือ เหง้า 39.54-49.91% ลำต้น 40.83-48.53% ใบ 38-46.45% และก้านใบ 31.03-43.89%

การประเมินการกักเก็บคาร์บอน (Carbon storage) ในมันสำปะหลัง จากการวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในพืช โดยวิธี Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) มีสมการดังนี้

$$\text{การกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอนต่อไร่)} = \frac{\text{มวลชีวภาพ (ตัน/ไร่)} \times \text{ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (\%)}}{100}$$

$$\text{การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ตัน } CO_2 \text{ ต่อไร่)} = \text{การกักเก็บคาร์บอน} \times (44/12)$$

การวิเคราะห์ข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลัง เฉพาะในส่วนของผลผลิตหัวสด (รากสะสมอาหาร) ตามข้อมูลตารางที่ 4 พันธุ์มันสำปะหลังที่ให้ผลผลิตหัวสดสูงต่อไร่และมีปริมาณมันแห้ง (%) ในหัวสดสูง มีผลทำให้มันสำปะหลังสามารถกักเก็บคาร์บอน (ตันคาร์บอนต่อไร่) และการดูดซับ CO_2 (ตัน CO_2 ต่อไร่) ได้สูง เมื่อคำนวณความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนจากผลผลิตมันแห้งต่อไร่ (มวลชีวภาพของหัวสด) พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 สามารถกักเก็บคาร์บอนในส่วนของผลผลิตหัวสดสูงสุด 1.262 ตันคาร์บอนต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 สายพันธุ์ CMR57-83-69 และระยอง 72 กักเก็บคาร์บอนในส่วนของผลผลิตหัวสด 1.246 1.208 และ 1.173 ตันคาร์บอนต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 2 ซึ่งเป็นพันธุ์สำหรับใช้ในการบริโภค กักเก็บคาร์บอนได้ต่ำสุด 0.341 ตันคาร์บอนต่อไร่ (ตารางที่ 5)

สำหรับการดูดซับ CO_2 (ตัน CO_2 ต่อไร่) ในส่วนของผลผลิตหัวสดของพันธุ์มันสำปะหลังมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการกักเก็บคาร์บอน พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 สามารถดูดซับ CO_2 ได้สูงสุด 4.643 ตัน CO_2 ต่อไร่ รองลงมาคือ พันธุ์ระยอง 9 สายพันธุ์ CMR57-83-69 และระยอง 72 ดูดซับ CO_2 ในส่วนของผลผลิตหัวสด 4.568 4.430 และ 4.302 ตัน CO_2 ต่อไร่ ในขณะที่พันธุ์ระยอง 2 ดูดซับ CO_2 ได้ต่ำสุด 1.250 ตัน CO_2 ต่อไร่ (ตารางที่ 5)

การดูดซับ CO_2 ของมันสำปะหลัง ในปีการผลิต 2563/64 ซึ่งมีพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ 9,439,009 ไร่ ผลผลิตรวม 28,999,122 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ผลการดำเนินงานวิจัยของมันสำปะหลังจำนวน 26 สายพันธุ์/พันธุ์ พบว่า ผลผลิตหัวสดสามารถกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 0.870 ตันคาร์บอนต่อไร่ และดูดซับ CO_2 เฉลี่ย 3.190 ตัน CO_2 ต่อไร่ ทำให้มันสำปะหลังสามารถดูดซับ CO_2 ในพื้นที่ปลูกทั้งประเทศต่อปีรวมประมาณ 30.11 ล้านตัน CO_2 ต่อปี หากนำส่วนต่าง ๆ ของมันสำปะหลังที่เหลือ ได้แก่ ลำต้น เหง้า ใบ และก้านใบ มาคำนวณรวมกับรากสะสมอาหาร จะทำให้มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงในการดูดซับ CO_2 ซึ่งเป็นก๊าซชนิดหนึ่งของก๊าซเรือนกระจก และทำให้การผลิตมันสำปะหลังเป็นมิตรกับสภาพภูมิอากาศต่อไป

ตารางที่ 5 ผลผลิตหัวสด ผลผลิตมันแห้ง ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับ CO_2 ของผลผลิตหัวสดต่อพื้นที่สายพันธุ์/พันธุ์มันสำปะหลังในการดำเนินการทดลองที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ในปี 2563-2564

สายพันธุ์/พันธุ์มันสำปะหลัง	ผลผลิตหัวสด[1/] (ตัน/ไร่)	ผลผลิตมันแห้ง (ตัน/ไร่)	การกักเก็บคาร์บอนของหัวสด (ตันคาร์บอน/ไร่)	การดูดซับ CO_2 ของหัวสด (ตัน CO_2/ไร่)
ระยอง 1	2.736	0.889	0.440	1.613
ระยอง 3	2.172	0.795	0.393	1.442
ระยอง 5	5.879	2.328	1.152	4.224
ระยอง 7	4.693	1.966	0.973	3.567
ระยอง 9	6.186	2.518	1.246	4.568
ระยอง 11	6.057	2.550	1.262	4.626
ระยอง 86-13	4.115	1.695	0.839	3.075
ระยอง 15	5.822	2.241	1.109	4.066
ระยอง 60	4.693	1.600	0.792	2.903
ระยอง 72	6.586	2.371	1.173	4.302
ระยอง 90	4.750	1.819	0.900	3.300
ระยอง 2 [2/]	2.100	0.689	0.341	1.250
ห้านาที [2/]	3.857	1.358	0.672	2.464
CMR53-106-24	5.078	1.818	0.900	3.298
CMR57-83-69	6.136	2.442	1.208	4.430
CMR57-83-180	5.323	1.938	0.959	3.516
OMR29-20-118	4.715	1.881	0.931	3.413
เกษตรศาสตร์ 50	4.422	1.614	0.799	2.928
เกษตรศาสตร์ 72	4.093	1.523	0.754	2.763
ห้วยบง 60	3.907	1.403	0.694	2.545
ห้วยบง 80	4.893	2.021	1.000	3.667
ห้วยบง 90	5.300	2.094	1.036	3.799
พิรุณ 1	4.193	1.585	0.784	2.876
พิรุณ 2 [2/]	5.086	1.633	0.808	2.963
พิรุณ 4 [2/]	4.629	1.454	0.719	2.638
ปุยฝ้าย [2/]	4.715	1.490	0.737	2.703
เฉลี่ย	4.698	1.758	0.870	3.190

[1/] : เก็บเกี่ยวผลผลิตหัวสดที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ในเดือนมิถุนายน 2564 [2/] : พันธุ์สำหรับใช้ในการบริโภค

บทสรุปศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังในการดูดซับ CO_2

ศักยภาพของพันธุ์มันสำปะหลังในการดูดซับ CO_2 และการกักเก็บคาร์บอนในการผลิตมันสำปะหลัง พบว่า มันสำปะหลังแต่ละพันธุ์มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับ (1) อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิในแต่ละอายุการเจริญเติบโต (2) ความสามารถการรับความเข้มแสงของมันสำปะหลังแต่ละพันธุ์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยเฉพาะค่า light compensation point ที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละอายุการ

เจริญเติบโต (3) การดูดซับความเข้มข้น CO_2 ของพันธุ์มันสำปะหลังต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง จากการทดลองเมื่อความเข้มข้น CO_2 เพิ่มขึ้นสูงกว่า 400 ppm ทำให้มีอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (P_n) เพิ่มขึ้น และการได้รับความเข้มข้น CO_2 ระดับเดียวกัน แต่มีอายุการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันทำให้ P_n มีค่าแตกต่างกัน ซึ่งการวิจัยความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นเพียงปัจจัยเดียวไม่ทำให้ P_n เพิ่มขึ้น แต่ต้องสัมพันธ์กับความเข้มข้น CO_2 และอุณหภูมิของสภาพอากาศ เมื่อพิจารณาพันธุ์ที่มีศักยภาพการดูดซับ CO_2 ใช้ความเข้มแสงในระดับต่ำและสูงได้ดี และให้ผลผลิตต่อไร่สูง คัดเลือกพันธุ์ได้ดังนี้ พันธุ์ระยอง 9 ระยอง 11 ระยอง 72 สายพันธุ์ CMR57-83-69 ห้วยบง 80 และพิรุณ 2 ซึ่งพันธุ์เหล่านี้จะช่วยดูดซับ CO_2 บรรเทาปัญหาภาวะโลกร้อน

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการลำดับที่ 7/2547. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. พิมพ์ครั้งที่ 1. หจก. ไอเดีย สแควร์. กรุงเทพฯ. 124 หน้า.

กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. 2563. คู่มือกิจกรรมสิ่งแวดล้อมศึกษา การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 212 หน้า.

เฉลิมพล แซมเพชร. 2542. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. พิมพ์ครั้งที่ 1. นพบุรีการพิมพ์: เชียงใหม่. 276 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี ๒๕๖๓. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 214 หน้า.

El-Sharkawy, M.A. 2003. Cassava biology and physiology. *Plant Molecular Biology* 53: 621-641.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total Carbon, Organic Carbon, and Organic matter. Pp. 539-579. In Method of soil analysis, part 2. Chemical and Microbiology Properties. Agronomy Monograph 9 (2nd) ASA-SSSA, Medison, Wisconsin, USA.

คณะผู้จัดทำ

1. นายอานนท์ มลิพันธ์ สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก
2. นางสาววลัยพร ศะศิประภา สังกัด ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร
3. นางสาวกุสุมา รอดแผ้วพาล สังกัด ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง
4. นายธนพันธ์ พงษ์ไทย สังกัด ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชสุราษฎร์ธานี
5. นายปฐมพงษ์ วงศ์สุวรรณ์ สังกัด ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม
นายอานนท์ มลิพันธ์ อีเมล anonmalipan@gmail.com
โทรศัพท์ 089 5481993

เอกสารนี้สรุปมาจากผลการดำเนินงานวิจัยของกรมวิชาการเกษตร

การประเมินศักยภาพการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในพันธุ์มันสำปะหลัง

โครงการวิจัย วิจัยศักยภาพของการดูดซับก๊าซเรือนกระจกในพื้นที่การผลิตมันสำปะหลัง

แผนงานวิจัย วิจัยและพัฒนาระบบการผลิตพืชสู่เกษตรที่เป็นมิตรกับสภาพภูมิอากาศ

งบประมาณ

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.)