รายงานชุดโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี
เครื่องจักรกลเกษตรความแม่นยำสูงสำหรับอ้อย
Research and Development of Precision Agricultural Machinery for Sugar Cane

นายวิชัย โอภานุกุล

Mr.Wichai Opanukul

ปี พ.ศ. 2558

รายงานชุดโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี
เครื่องจักรกลเกษตรความแม่นยำสูงสำหรับอ้อย
Research and Development of Precision Agricultural Machinery for Sugar Cane

นายวิชัย โอภานุกุล

Mr.Wichai Opanukul

ปี พ.ศ. 2558

สารบัญ **หน้า**

กิติกรรมประกาศ 3
ผู้วิจัย 3
บทนำ 4

โครงการที่ 1: การออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดิน
สำหรับอ้อย 6
โครงการที่ 2: วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก 73

บทสรุปและข้อเสนอแนะ 109

กิติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผู้บริหารของกรมวิชาการเกษตร ข้าราชการ ลูกจ้างประจำ และ พนักงานราชการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ได้ร่วมดำเนินงานจนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ร่วมทั้งเกษตรกรชาวไร่อ้อยในจังหวัดพิษณุโลก ขอนแก่น สุพรรณบุรี และกาญจนบุรี ที่ให้แปลงสำหรับทดสอบเครื่องต้นแบบ

คณะผู้วิจัย มีนาคม 2559

คณะผู้วิจัย

นายวิชัย	โอภานุกุล	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายพินิจ	จิรคคกุล	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นางสาวขนิษฐ์	หว่านณรงค์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอัคคพล	เสนาณรงค์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายตฤณสิษฐ์	ไกรสินบุรศักดิ์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอานนท์	สายคำฟู	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายเวียง	อากรชี	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นางอุชฎา	สุขจันทร์	สังกัดศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรขอนแก่น
นายวีระ	สุขประเสริฐ	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายดนัย	ศาลทูนพิทักษ์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายบาลทิตย์	ทองแดง	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายมงคล	ตุ่นเฮ้า	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอนุชา	เชาวโชติ	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายสิทธิชัย	ดาศรี	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอุทัย	ธานี	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

บทนำ

อ้อยเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจหลักของไทย ผลการสำรวจของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) พบว่าในฤดูการผลิตปี 57/58 มีผลผลิตอ้อยทั่วรวม 105.96 ล้านตัน ขั้นตอนการผลิตอ้อยเริ่มจาก การเตรียมดิน การปลูก การดูแลรักษาให้ปุ๋ยให้น้ำ จนถึงการเก็บเกี่ยว อ้อยเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ 3 ประการ กล่าวคือ ข้อที่ 1 ใช้แปรรูปเป็นน้ำตาลสำหรับบริโภคในประเทศปีละ1.6-1.7 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ามากกว่าปีละ 17,000 ล้านบาท ข้อที่ 2 ส่งออกน้ำตาลจำหน่ายในตลาดโลกปีละกว่า 3 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศมากกว่า 30,000 ล้านบาทต่อปี ทำให้ประเทศไทย เป็นผู้ส่งออกน้ำตาลใหญ่เป็นอันดับต้นๆ ของโลก ข้อที่ 3 ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจะมีรายได้ ประมาณ 30,000 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 4 ของรายได้ภาคเกษตรทั้งหมด ปัญหาในการผลิตอ้อยนั้นมีหลายส่วนซึ่งชุดโครงการนี้จะมุ่งเน้นการแก้ปัญหา 2 ส่วน กล่าวคือโครงการที่ 1 เป็นการหาวิธีให้ปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพตรงกับความต้องการของอ้อย และโครงการที่ 2 เป็นหารหาวิธีลดการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว

โครงการที่ 1 ปัญหาเรื่องการให้ปุ๋ยนั้นทำให้ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในช่วงปี 2552-2557 มีปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีปีละประมาณ 3.83-5.42 ล้านตัน มูลค่า 42,666-66,103 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) เกษตรกรส่วนใหญ่จะพิจารณาใช้ปุ๋ยตามปัจจัยด้านราคาปุ๋ยเคมี ราคาผลผลิต พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณผลผลิต (พรรณพิมล, 2558) ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ดั้งเดิมในดิน จึงทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยในอัตราและสูตรเหมือนกันทั่วทั้งแปลง ซึ่งอาจไม่ตรงต่อความต้องการของพืช ยิ่งไปกว่านั้นการใส่ปุ๋ยมากเกินไปนอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายแล้ว ยังทำให้เกิดโรคและแมลงระบาดมากขึ้น และการใช้ไนโตรเจนมากเกินไปทำให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม เพราะปุ๋ยไนโตรเจนจะถูกชะล้างไปกับน้ำได้ง่ายจึงปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดินและไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง ในขณะเดียวกันก็ส่งผลกระทบต่อพืช โดยพืชจะมีอาการอวบน้ำ อ่อนแอ เฝือใบ ล้มง่าย เกิดโรคระบาดของโรคและแมลงติดตามมา (ทัศนีย์, 2555)

การจัดการปัจจัยการผลิตพืชมีความสำคัญ ในการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนทางการเกษตร มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวนมากและยากที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าใจ ทำให้ปัจจุบันเกษตรกรยังไม่สามารถผลิตผลทางการเกษตรยังไม่คุ้มค่าสูงสุดต่อการลงทุน สาเหตุหนึ่ง คือ การใช้ปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมมากหรือน้อยเกินไปไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และปัญหาปุ๋ยราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น ดังนั้นคณะรัฐมนตรีมีนโยบายและมาตรการแก้ปัญหาเกษตรกรเร่งด่วน ในปี 2554/55 ให้เร่งส่งเสริมการใช้ปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดินเพื่อลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรและให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและความเข้าใจการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตร การใช้ปุ๋ยสั่งตัดหรือปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดินนั้น เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างยั่งยืนและไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยข้อดีของปุ๋ยสั่งตัดจะนำข้อมูลสมบัติธาตุอาหารของดิน ชนิดพืช การจัดการสภาพแวดล้อม มาวิเคราะห์ตามหลักวิชาการเพื่อให้ได้ปุ๋ยที่มีความเหมาะสมต่อพืชและสภาพแวดล้อมรวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยขอบเขตการวิจัยจะเน้นการประยุกต์ใช้

ระบบชุดตรวจวิเคราะห์ดินอย่างง่ายมาเป็นตัวชี้วัดสมบัติความอุดมสมบูรณ์ของดิน และพัฒนาเครื่องวัดสีเพื่อประเมินผลการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มความแม่นยำ และนำข้อมูลข้างต้นไปประมวลผลกับฐานข้อมูลพืชอย่างง่าย เพื่อผสมปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมกับพืชให้กับเกษตรกร ซึ่งการผลิตปุ๋ยสั่งตัดสามารถผลิตได้จากการผสมแบบคลุกเคล้า โดยใช้แม่ปุ๋ยที่คำนึงถึงความเข้ากันได้ทางเคมีที่นำแม่ปุ๋ยมาผสมกัน และไม่ทำปฏิกิริยากัน จนเป็นเหตุให้คุณภาพของปุ๋ยผสมต่ำลง เช่นปัจจัยจากความชื้นวิกฤตจนเป็นสาเหตุของการจับตัวเป็นก้อน โดยใช้แม่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด คือ DAP (18-46-0), KCl (0-0-60) และ $(NH_4)_2SO_4$ (21-0-0) เป็นส่วนผสมและนำไปคลุกเคล้าตามสูตรการคำนวณ เพื่อให้ได้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับพื้นที่

นอกจากนี้ยังได้พัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยผสมตามค่าวิเคราะห์ดินติดพ่วงรถแทรกเตอร์ สามารถปรับปริมาณการให้ปุ๋ยได้ในแปลง เพื่อแก้ปัญหาการใช้ปุ๋ยอย่างไม่ถูกต้อง และเป็นการเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืนสำหรับอ้อย โดยใส่ปุ๋ยได้ครอบคลุมตามอัตราการใส่ที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร เครื่องใส่ปุ๋ยดังกล่าวจะมีส่วนสนับสนุนให้เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมากขึ้น ทำให้เกิดการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดการสูญเสียทรัพยากรได้ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายปรับโครงสร้างเศรษฐกิจภาคเกษตร เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยตามคุณสมบัติของดินแต่ละชนิด เพื่อลดต้นทุนการผลิต

โครงการที่ 2 เป็นการหาวิธีแก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว ซึ่งปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้นมีอ้อยไฟไหม้ จำนวน 69.05 ล้านตัน หรือคิดเป็น 65.38 เปอร์เซนต์ จากผลผลิตอ้อยทั้งประเทศรวม 105.96 ล้านตัน เนื่องจากอ้อยไฟไหม้ทำให้กระบวนการผลิตน้ำตาล มีต้นทุนสูงขึ้นโรงงานน้ำตาลจึงตัดราคาสำหรับอ้อยไฟไหม้ตันละ 20 บาท เป็นเหตุให้เกษตรสูญเสียรายได้นับมากกว่า 1,000 ล้านบาท/ปี อ้อยที่ถูกไฟไหม้เหล่านี้ จะเสียน้ำหนัก กระทบสภาพแวดล้อม สภาพดินสูญเสียความสมบูรณ์ ต้องเสียค่าใช้จ่ายการปลูกและดูแลอ้อยรุ่นต่อไปเพิ่มขึ้น มีวัชพืชขึ้นเนื่องจากไม่มีเศษซากปกคลุมดิน เกิดการระบาดของแมลงศัตรูอ้อยได้ง่าย และทำให้เกษตรกรผู้ปลูกรายได้ลดลง ไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานน้ำตาลเนื่องจากจะทำให้ขบวนการทำน้ำตาลทำได้ยากขึ้น เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียทำให้เกิดปัญหาในขบวนการผลิต และมีค่าใช้จ่ายเพื่อแก้ปัญหาทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น รัฐบาลและโรงงานน้ำตาลจึงรณรงค์ให้มีการตัดอ้อยสด และประชาสัมพันธ์ถึงข้อดีในการตัดอ้อยสด อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังมีแนวโน้มในการตัดอ้อยเผาใบสูงกว่าการตัดอ้อยสด จากผลสำรวจของวิชัย และคณะ (2554) 258 ตัวอย่างพบว่าการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน 88.54 % แบ่งเป็นการตัดอ้อยสด 39.54 % อ้อยเผาใบ 52.09 % และทั้งอ้อยสดกับอ้อยเผาใบ 8.36 % โดยการเก็บเกี่ยวอ้อยสดมีอัตราการทำงาน 1.41-3.35 ตัน/วัน/คน อ้อยเผาไฟมีอัตราการทำงาน 3.63-6.00 ตัน/วัน/คน ซึ่งสูงกว่าอ้อยตัดสดเป็นเท่าตัว สาเหตุเกิดจากความยากลำบากในการตัด ทำให้แรงงานที่ตัดอ้อยสดมีจำนวนน้อยลง และค่าจ้างแรงงานสูง จึงดำเนินการพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยติดรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

โครงการที่ 1
การออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย

คณะผู้วิจัย

นายพินิจ	จิรคคกุล	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นางสาวขนิษฐ์	หว่านณรงค์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายวิชัย	โอภานุกุล	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอัคคพล	เสนาณรงค์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายตฤณสิษฐ์	ไกรสินบุรศักดิ์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายเวียง	อากรชี	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นางอุชฎา	สุขจันทร์	สังกัดศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรขอนแก่น
นายบาลทิตย์	ทองแดง	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอนุชา	เชาวโชติ	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายสิทธิชัย	ดาศรี	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอุทัย	ธานี	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

คำสำคัญ: เครื่องผสมปุ๋ย, ชุดวิเคราะห์ดินอย่างง่าย

กิจกรรมที่ 1

การออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย

พินิจ จิรัคคกุล, วิชัย โอภานกุล, ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, อุชฎา สุขจันทร์

คำสำคัญ: เครื่องผสมปุ๋ย, ชุดวิเคราะห์ดินอย่างง่าย

บทคัดย่อ

การวิจัยและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดิน เป็นการบูรณาการเทคโนโลยีหลายศาสตร์เพื่อพัฒนาเครื่องจักรและระบบการวิเคราะห์ทางการเกษตร โดยโครงการวิจัยเลือกพืชที่มีศักยภาพในการใช้ปุ๋ยคือ อ้อย ซึ่งจากการศึกษาระบบทางกลของการผสมปุ๋ยเชิงผสม และระบบการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินจากชุดวิเคราะห์อย่างง่าย พบว่า 1) การผสมควรมีการเลือกชนิดแม่ปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จะช่วยให้การผสมเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอและลดอิทธิพลจากการแยกตัวของขนาดปุ๋ย โดยปริมาณการผสมไม่ส่งผลต่อสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารในแต่ละช่วงของการบรรจุ ซึ่งในการผสมปุ๋ยเพื่อการบรรจุสำหรับกลุ่มเกษตรเกษตรควรมีพิกัดความคลาดเคลื่อน +4% เพื่อให้ปุ๋ยที่ผ่านการผสมและทำการสุ่มตรวจอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม พรบ. ปุ๋ย ส่วนที่ 2 การพัฒนาเซนเซอร์และระบบควบคุมเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติ พบว่า การใช้เซนเซอร์สีกับชุดตรวจธาตุอาหารในดินอย่างง่าย ไม่สามารถใช้ได้โดยตรง เนื่องจากการสะท้อนแสงของภาชนะ เนื่องจากการสะท้อนแสงของภาชนะทำผลการวิเคราะห์ไม่คงที่และถูกต้อง เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์จะใช้การถ่ายภาพเพื่อแปลงการสะท้อนของภาพเป็นสี แต่เมื่อในสภาพภาพปกติสีจะมีความแตกต่างและเกิดความแปรปรวนเช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินควรใช้ภาพเป็นการวิเคราะห์ และทำการปรับเปรียบเทียบสีมาตรฐาน (Calibration curve) เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรง และใช้การรวมแสงเพื่อการแยกชนิดสีจะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์มีความชันสูงขึ้นและส่งผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารได้อย่างละเอียดมากขึ้น โดยการวิเคราะห์สีแยกเป็น R G B พบว่า การวิเคราะห์ปริมาณไนเตรตและฟอสฟอรัส ความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 3 (polynomial equation order 3) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 0.9998 และ 0.9943 และใช้สีแดงและสีน้ำเงินในการวิเคราะห์ภาพของปริมาณไนเตรตและฟอสฟอรัส ตามลำดับตามลำดับ ส่วนโพแทสเซียมการใช้สีแดงเพียงสีเดียวและสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 2 (polynomial equation order 2) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 1 ซึ่งสมการทั้ง 3 ได้นำมาเป็นข้อมูลในระบบ PLC ในการประมวลธาตุอาหารในดินเพื่อการผสมปุ๋ย

Abstract

The research and development of automatic fertilizer mixer machine base on soil analysis were integrated of knowledge for development of machine and agriculture analysis system. The sugar cane was selected plant which was efficiency for fertilizer usage. The results showed the selected major fertilizer which was the similar size, supported the mixing and size separation reduction. The quantity was not affect to substance in each packaging period. The fertilizer mixing for agriculture should be +4% errors for randomization checking in standard level. The sensor development and control system of automatic fertilizer mixer, color sensor and substance soil test kit could not direction use because of reflection of container which affected examination. Thus, the photography changed the reflection to color. Calibration curve was used to separate color for substance analysis thoroughly. The RBG color system of nitrate and phosphorus expressed the relation in polynomial equation order 3 between frequency and concentration with 0.9998 and 0.9943 confidences, respectively. The red and blue colors were suitable for nitrate and phosphorus contents, respectively. The red color and polynomial equation order 2 were used to analyze the potassium content with 1 confidence. The obtained 3 equations were the information for PLC system which codified substance for mixing fertilizer.

บทนำ

การศึกษาและวิจัยการจัดการปัจจัยการผลิตพืชนั้นมีความสำคัญมาก ในการเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนทางการเกษตร ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องนั้นมีจำนวนมากและยากที่จะส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าใจ ทำให้ปัจจุบันเกษตรกรยังไม่สามารถผลิตผลทางการเกษตรได้ตามเป้าหมาย หรือกล่าวได้ว่ายังไม่คุ้มค่าสูงสุดต่อการลงทุน สาเหตุที่เกิดของปัญหา คือ การใช้ปุ๋ยที่ไม่เหมาะสมมากหรือน้อยเกินไป การใช้ปุ๋ยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และปัญหาปุ๋ยราคาแพง ทำให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรสูงขึ้น ดังนั้นคณะรัฐมนตรีมีนโยบายและมาตรการแก้ปัญหาเกษตรกรเร่งด่วนในปี 2554/55 ให้เร่งส่งเสริมการใช้ปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดินเพื่อลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรและให้มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และปรับเปลี่ยนพฤติกรรมและความเข้าใจการใช้ปุ๋ยเคมีของเกษตรเพื่อลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศและโดยไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต

การใช้ปุ๋ยตามศักยภาพของการวิเคราะห์ดินในแต่ละพื้นที่จำเป็นต้องได้รับการช่วยเหลือจากภาครัฐอย่างมาก และต้องใช้เครื่องมือจำนวนมาก เช่น ชุดวิเคราะห์สมบัติธาตุอาหารของดิน เครื่องผสมปุ๋ยคุณภาพสูง เครื่องหยอดปุ๋ย และนักวิชาการที่มีความเข้าใจในการผลิตพืชแต่ละชนิด เพื่อให้การผลิตและการแนะนำไปใช้เป็นไปอย่างถูกวิธี และจะส่งผลต่อการผลิตทางการเกษตรเป็นไปตามเป้าหมาย จากข้อมูลข้างต้นพบว่าการใช้ปุ๋ยสั่งตัดหรือปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดินนั้น เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถเพิ่มผลผลิตได้อย่างยั่งยืนและไม่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม โดยข้อดีของปุ๋ยสั่งตัดจะนำข้อมูลสมบัติธาตุอาหารของดิน ชนิดพืช การจัดการสภาพแวดล้อม มาวิเคราะห์ตามหลักวิชาการเพื่อให้ได้ปุ๋ยที่มีความเหมาะสมต่อพืชและสภาพแวดล้อมรวมทั้งผลตอบแทนทางเศรษฐศาสตร์ โดยปัจจุบันมีการนำโปรแกรมช่วยตัดสินใจในการเพาะปลูกพืชมาใช้ เช่น โปรแกรม DSSAT (Decision Support System for Agrotechnolgy Transfer), NuMaSS (Nutrient Management Support System) และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System, GIS) ซึ่งมีความซับซ้อนยังไม่เหมาะสมกับเกษตรกรรายเล็กที่มีจำนวนมากของประเทศ จำเป็นต้องมีการพัฒนาเทคโนโลยีเหล่านี้ให้มีความง่ายต่อความเข้าใจของเกษตรกร เพื่อเป็นเครื่องมือส่งถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่เกษตรกร

โดยขอบเขตการวิจัยจะมีการประยุกต์ใช้ระบบชุดตรวจวิเคราะห์ดินอย่างง่ายมาเป็นตัวชี้วัดสมบัติความอุดมสมบูรณ์ของดิน และพัฒนาเครื่องวัดสีเพื่อประเมินผลการวิเคราะห์เพื่อเพิ่มความแม่นยำ และนำข้อมูลข้างต้นไปประมวลผลกับฐานข้อมูลพืชอย่างง่าย เพื่อผสมปุ๋ยในอัตราที่เหมาะสมกับพืชให้กับเกษตรกร ซึ่งการผลิตปุ๋ยสั่งตัดสามารถผลิตได้จากการผสมแบบคลุกเคล้า โดยใช้แม่ปุ๋ย ซึ่งจำเป็นต้องคำนึงถึงความเข้ากันได้หรือความเข้าคู่ทางเคมีที่นำแม่ปุ๋ยมาผสมกัน และไม่ทำปฏิกิริยากัน จนเป็นเหตุให้คุณภาพของปุ๋ยผสมต่ำลง เช่นปัจจัยจากความชื้น

วิกฤต(critical relative humidity) จนเป็นสาเหตุของการจับตัวเป็นก้อน(caking) โดยแม่ปุ๋ยที่นิยมนำมาผลิตแบบคลุกเคล้าทั้ง 3 ชนิด คือ DAP (18-46-0), KCl (0-0-60) และ $(NH_4)_2SO_4$ (21-0-0) เป็นส่วนผสมและนำไปคลุกเคล้าตามสูตรการคำนวณ เพื่อให้ได้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับพื้นที่ และยังมีการทดสอบเครื่องหยอดปุ๋ยผสมจากการคลุกเคล้าด้วยเครื่องหยอดปุ๋ยที่สามารถปรับปริมาณการให้ปุ๋ยได้ในแปลง ซึ่งโครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยนี้จะอยู่ภายใต้ชุดโครงการวิจัยการจักการพื้นที่เกษตรแบบแม่นยำ ทั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาการใช้ปุ๋ยอย่างไม่ถูกต้อง และเป็นการเพิ่มผลผลิตอย่างยั่งยืน

ทบทวนวรรณกรรม

(ทัศนีย์และคณะ, 2542) ได้ประดิษฐ์ชุดตรวจสอบ NPK ในดิน ซึ่งชุดตรวจดินอย่างง่ายนี้มีความรวดเร็วในการประมวลผลเพียง 30 นาทีหรือเร็วกว่านี้ในกรณีผู้มีความชำนาญงาน ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงเกษตรกร ที่ไม่ต้องการผลที่มีความแม่นยำสูงมากเทียบเท่าระดับห้องปฏิบัติการ ทำให้ชุดตรวจสอบ NPK ในดินนี้มีความเหมาะสมในการนำมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องตรวจวิเคราะห์เบื้องต้น เพื่อผสมปุ๋ยให้มีความเหมาะสมต่อการผลิตพืชชนิดต่างๆ ซึ่งวิธีใช้ชุดตรวจสอบ NPK ในดินจะทำการจะใช้สารเคมีผสมกับสารละลายดินที่สกัดขึ้น และทำให้เกิดความเข้มสีที่แตกต่างกัน ซึ่งแสดงถึงปริมาณสูงต่ำของปริมาณธาตุอาหาร แต่เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานสามารถใช้ระบบ Image Processing ซึ่งมีอยู่แพร่หลายในปัจจุบันเป็นตัวอ่านค่าก็จะส่งผลให้ผลการวิเคราะห์มีความแม่นยำมากขึ้น และรวดเร็ว

Shibusawa.(1998) ได้ทำการศึกษาการเกษตรแบบแม่นยำซึ่งเป็นระบบการจัดการเชิงระบบที่มุ่งลดการใช้ปัจจัยการผลิตและเพิ่มประสิทธิภาพการเกษตรแบบยั่งยืน ซึ่งสามารถประยุกต์ใช้ทั้งระบบ GPS และ GIS ซึ่งปัจจุบันระบบทางวิศวกรรมได้พัฒนาเทคโนโลยีไปมาก และสามารถนำประยุกต์ใช้ในประเทศไทย

มติคณะรัฐมนตรี.2554 ได้เห็นชอบให้กำหนดราคาปุ๋ยเคมี 6 สูตร (สูตร 46-0-0 16-8-8 16-16-8 18-12-6 และ 15-15-15) ให้มีราคาเป็นไปตามกระทรวงพาณิชย์ และเร่งส่งเสริมการใช้ปุ๋ยสั่งตัดเพื่อลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร

ปัจจุบันกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ได้พัฒนาระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อบ่งชี้สมบัติและศักยภาพในการผลิตพืชในแต่ละพื้นที่ในระบบ GIS ยังไม่ได้รับความนิยมในกลุ่มเกษตรกรมีเพียงกลุ่มผู้วิจัยและคณาจารย์แวดวงวิชาการนำไปใช้ทำให้ระบบนี้จึงไม่ไม่เกิดประสิทธิผลสูงสุดและลงสู่กลุ่มเป้าหมาย ซึ่งระบบสามารถเชื่อมโยงกับกรมส่งเสริมการเกษตร

ทัศนีย์และคณะ(2542) ทำการศึกษาและทดสอบชุดตรวจปริมาณ NPK ในดิน เพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินก่อนการปลูกพืช ซึ่งสะดวก รวดเร็วและมีความแม่นยำเมื่อเปรียบเทียบในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สารเคมีลงไปในสารละลายดินที่สกัดจากดินและนำมาเปรียบเทียบกับแผ่นสีมาตรฐาน

ทัศนีย์และคณะ(2550) ได้พัฒนารูปแบบการตรวจวัดด้วย Color Comparator ซึ่งได้ทำการวัดแอมโมเนียม ไนเตรต ฟอสฟอรัส และโปรแทสเซียม พบว่าการใช้เครื่อง Color Comparator ได้ผลถูกต้องมากกว่าใช้แผ่นสีมาตรฐาน และมีราคาต้นทุนถูกกว่าการใช้เครื่อง Spectrophotometer มาก

ศุภกิตต์ และคณะ(2553) ได้พัฒนาต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยหมักแบบถังหมุน พบว่า ต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยหมักแบบถังหมุนที่พัฒนาขึ้นสามารถผสมได้มีลักษณะผสมคลุกเคล้าเข้ากันได้ดีมาก มีลักษณะร่วนซุยมาก สามารถนำออกมาจากถังได้ง่าย โดยหมุนทางเดียว และหมุนถังทวนและตามเข็มสลับกัน 5 รอบ ใช้ระยะเวลาผสม 20 นาที

คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (2548) ได้พัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยเคมีโดยใช้ระบบ PLC ในการควบคุมระบบการผสมแม่ปุ๋ยพบว่า สามารถผสมได้มากกว่า 30 สูตร และสมรรถนะในการผสมได้สูงสุด 33 กิโลกรัมต่อนาที โดยใช้แม่ปุ๋ย 3 ชนิด ซึ่งบรรจุแยกชนิดกันอยู่ในถังบรรจุ แม่ปุ๋ยจะไหลผ่านระบบควบคุมอัตราการไหล ลงถังผสมปุ๋ยโดยอาศัยใบพัดกวาดปุ๋ยซึ่งถูกขับโดยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับผ่าน ชุดทดเกียร์ระบบควบคุมอัตราการไหลจะทำการควบคุมการไหลของปุ๋ยให้ได้ปริมาณตามต้องการ ซึ่งจะปรับอัตราการไหลโดยใช้ PLC ควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ให้ไปเลื่อนปลอกโลหะเพื่อลดหรือเพิ่มขนาดของช่องทางไหลของปุ๋ยแม่ปุ๋ย เมื่อไหลลงสู่ถังผสมปุ๋ยจะถูกทำให้ผสมกันโดยใบพัดซึ่งจะคอยตีแม่ปุ๋ยที่ตกลงมาจากนั้นก็จะไหลลงสู่ภาชนะบรรจุต่อไป

ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนคือ

1. ออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดิน ใช้ระบบควบคุมการผสมแบบอัตโนมัติ
   - ศึกษาสมบัติทางกายและทางเคมีของชนิดปุ๋ยที่มีจำหน่ายในประเทศ โดยมุ่งเน้นที่แม่ปุ๋ย 3 ชนิด คือ DAP (18-46-0), KCl (0-0-60) และ $(NH_4)_2SO_4$ (21-0-0) เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบเครื่องผสมและชุดอุปกรณ์ควบคุม

- ทดสอบปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้าด้วยคนและเครื่องผสมทำการสุ่มเก็บ 3 สูตร 15-7-18, 16-8-8 และ 9.4-24-24 ตามหลักการคำนวณ *ไม่ใส่สารเติมน้ำหนัก* และทดสอบการนำไปใช้ในแปลงในกิจกรรมที่ 2

การวางแผนการทดลองRandomized Complete Block Design (RCBD) ประกอบด้วยจำนวน บล็อก(Block) 3 บล็อก และ ตำหรับ(Treatments) 3 ตำหรับ ทำการ 3 ซ้ำๆ ละ 200 กิโลกรัม เปรียบเทียบ Duncan Multiple Range Test (DMRT)

ปัจจัยหลัก บล็อก ประกอบด้วย การผสมด้วยเครื่องผสม ในอัตรา 0.5, 0.75 และ 1 เท่าของปริมาตรผสม

ปัจจัยรอง ตำหรับ ประกอบด้วย สูตรปุ๋ยที่ผสม 3 สูตร 15-7-18, 16-8-8 และ 9.4-24-24 โดย Block Control เป็นปุ๋ยผสมที่จำหน่ายในท้องตลาด

การเก็บตัวอย่างและการบันทึกข้อมูล

ก่อนผสม

ขนาดเม็ดของแม่ปุ๋ยตัวอย่าง 3 ทั้ง 3 ชนิด คือ คือ DAP (18-46-0), KCl (0-0-60) และ $(NH_4)_2SO_4$ (21-0-0)

ความหนาแน่นของแม่ปุ๋ย

เปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอของเม็ดแม่ปุ๋ย

หลังผสม

เก็บสุ่มเก็บปุ๋ยที่ผสม 3 สูตร 15-7-18, 16-8-8 และ 9.4-24-24 จำนวน 1 กิโลกรัม ทำการเก็บ 3 ซ้ำ ในการผสม 1 ครั้ง และทำการผสม 3 ครั้งต่อสูตร และบันทึกความแม่นยำในการผสมตามสูตรปุ๋ย

- พัฒนาต้นแบบเครื่องใส่ปุ๋ยสำหรับปุ๋ยผสม
- พัฒนาระบบการประมวลผลโดยใช้ฐานข้อมูลต่างๆ ข้อมูลปฐมภูมิ
- พัฒนาระบบเชื่อมโยงระบบทางกลและระบบการตัดสินใจการผลิต
- ศึกษาสมบัติของดินด้วย ชุดตรวจสอบดินแบบรวดเร็ว (N-P-K test kit) เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลการตรวจวิเคราะห์กับห้องปฏิบัติการมาตรฐาน

2. พัฒนาระบบ software สำหรับการคำนวณในเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติ

3. ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบ

ส่วนประกอบ

3.1 กระพ้อสำหรับลำเลียงแม่ปุ๋ยสู่ถังเก็บแม่ปุ๋ย

3.2 เครื่องผสมปุ๋ยแบบถังนอนพร้อมโหลดเซลล์สำหรับชั่งน้ำหนัก

3.3 software สำหรับการคำนวณในเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติ

3.4 ชุดตรวจสอบดินแบบรวดเร็ว (N-P-K test kit)

3.5 ชุดรับดินจากเกษตรกร

3.6 บรรจุกระสอบ

3.7 เครื่องพิมพ์สำหรับใบข้อเสนอแนะในการใช้ปุ๋ย

4. ทดสอบต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยตามการวิเคราะห์ดินโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ

การทดสอบหาประสิทธิภาพในการผสมแม่ปุ๋ย โดยพิจารณาตัวแปรต่างๆ คือ ความสม่ำเสมอในการให้ปุ๋ย ความแม่นยำในการให้ปุ๋ย สมรรถนะการผลิต การสิ้นเปลืองพลังงาน สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน(CV) โดยวางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) โดยกำหนดให้แม่ปุ๋ย 3 เครื่องหมายการค้า ตัวอย่างดิน 3 พื้นที่ในการวิเคราะห์สูตรปุ๋ยเป็น(Treatments) 3 ทรีท์เม้นท์ ทำ 3 ซ้ำ(Replications) ในห้องทดสอบวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาค่าความแตกต่างทางสถิติ ในแต่ละวิธีการทดลอง โดยวิเคราะห์ค่าวาเรียนส์ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าความแตกต่างโดยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)

5. ปรับปรุงพร้อมทดสอบเครื่องผสมปุ๋ยสั่งตัดโดยใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติให้มีความเหมาะสม และทำการปรับปรุงเครื่องให้มีความสามารถในการส่งเสริมการผลิตเชิงพาณิชย์

5.1 นำปุ๋ยที่ผ่านการผสมโดยเครื่องผสมไปทดสอบในแปลงทดลองและปรับปรุงเครื่องใส่ปุ๋ยให้มีความเหมาะสมกับปุ๋ยที่ทำการผสม

5.2 นำปุ๋ยที่ผ่านการผสมโดยเครื่องผสมไปทดสอบในแปลงเกษตรกรและปรับปรุงเครื่องใส่ปุ๋ยให้มีความเหมาะสมกับปุ๋ยที่ทำการผสม

ทั้ง 2 การทดสอบพื้นทดสอบอย่างน้อย 2 ไร่ จำนวน 3 ที่ และทำการวิเคราะห์สถิติ

6. ถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องผสมปุ๋ยสำหรับปุ๋ยสั่งตัดโดยใช้ระบบควบคุมการผสมแบบอัตโนมัติ ให้แก่เกษตรกร โรงงานอุตสาหกรรมเกษตร และ หน่วยงานที่สนใจ

ผลการทดลองและวิจารณ์

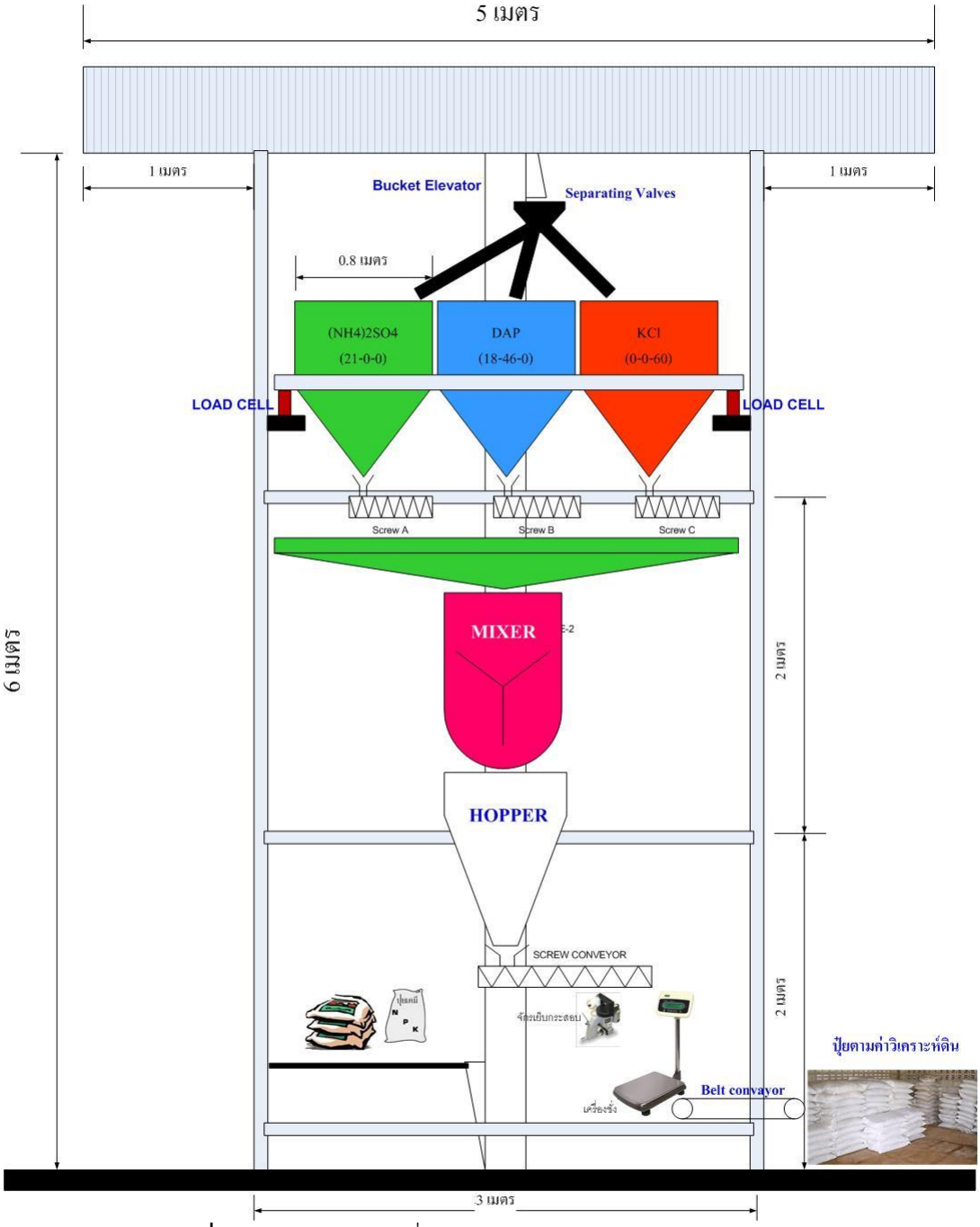
การทดลองแบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วน 1) การวิเคราะห์คุณภาพดินและปุ๋ย 2) ส่วนการพัฒนาเครื่องจักรต้นแบบผสมปุ๋ย ได้สร้างเครื่องต้นแบบจำนวน 2 เครื่อง โดยใช้หลักการผสมแนวตั้งและการผสมแนวนอน ดังรูปที่ 1 และ รูปที่ 2 ขนาดบรรจุ 200 กิโลกรัม เพื่อศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและนำไปพัฒนาต้นแบบ ซึ่งผลการทดสอบพบว่า ควรใช้เครื่องผสมแนวนอนซึ่งจะทำให้สามารถผสม

ได้จำนวนมากและไม่ส่งผลต่อการแตกของแม่ปุ๋ย จากการทดสอบใช้เครื่องผสมแนวตั้งพบว่า เม็ดปุ๋ยที่มีขนาดเล็กจะลงไปอยู่ข้างล่างเป็นส่วนใหญ่และเม็ดก็จะแตก เพราะฉะนั้นการสร้างต้นแบบจะใช้เป็นแบบเครื่องผสมแบบนอนโดยใช้ใบโรย ดังรูปที่ 3 เพื่อไม่ให้ผลการหมุนของเครื่องส่งผลต่อเม็ดปุ๋ย ซึ่งต้นแบบทดสอบเดินระบบ ดังรูปที่ 4 และ 5 ทำการทดสอบเดินระบบผสมโดยใช้ปรับความรอบการหมุนด้วย Inverter โดยใช้หลักการปรับคลื่นความถี่ เพื่อหารอบที่เหมาะสมพบว่า รอบการหมุนที่เหมาะสมจะอยู่ที่ 15 Hz หรือเทียบเท่ากับ 46.2 รอบต่อนาที อัตราการบรรจุปุ๋ย 50-80 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ โดยถังผสมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.2 เมตร ยาว 1.5 เมตร ปริมาตรบรรจุ 1.69 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสามารถบรรจุปุ๋ยได้ 0.85-1.35 ลูกบาศก์เมตร หรือผสมปุ๋ยได้ประมาณ 20 กระสอบ (กระสอบละ 50 กิโลกรัม) โดยถังบรรจุแม่ปุ๋ยได้ออกแบบให้บรรจุได้ 1. 2 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 3 ใบ เพื่อใส่แม่ปุ๋ย DAP (18-46-0), KCl (0-0-60) และ $(NH_4)2SO_4$ (21-0-0)

รูปที่ 1 เครื่องผสมแนวตั้ง

รูปที่ 2 เครื่องผสมแนวนอน

รูปที่ 3 เครื่องผสมแนวนอนที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4 การออกแบบเครื่องผสมปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต้นแบบ

รูปที่ 5 เครื่องผสมปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินต้นแบบ

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้ทำการศึกษาสัดส่วนของขนาดแม่ปุ๋ยพบว่า การเลือกยี่ห้อแม่ปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกันจะทำให้ประสิทธิภาพการผสมดีกว่า จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าแม่ปุ๋ยที่มีขนาดแตกต่างจากกลุ่มจะเป็นแม่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 และ 0-0-60 ของบางยี่ห้อ ซึ่งเมื่อนำไปผสมจะส่งผลต่อการผสม โดยจากผลการสำรวจพบว่าแหล่งไนโตรเจนปุ๋ยผสมทั่วไปจะใช้ 46-0-0 (ยูเรีย) เพื่อลดอิทธิพลของขนาดเม็ดปุ๋ย และจากการศึกษา พบว่า แม่ปุ๋ยที่เกษตรกรนิยมใช้และจำหน่ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกันและเหมาะสมกับการผสมปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน รูปที่ 7 โดยมีเพียงบางยี่ห้อที่มีปุ๋ยที่มีลักษณะคล้ายเม็ดน้ำตาล สูตร เช่น 0-0-60 ของยี่ห้อ B และ 21-0-0 ของยี่ห้อ C ซึ่งเมื่อนำมาผสมจะผสมเข้ากันได้ไม่ทั่วถึง โดยจากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของแม่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด พบว่า ปุ๋ยเคมีชนิด A มีลักษณะทางกายภาพใกล้เคียงกันคือ มีขนาดที่ 2.0- 4.76 มิลลิเมตร (ผ่านตะแกรง No 4, No 8 และ No 10) โดยปุ๋ยชนิด A เป็นปุ๋ยที่นิยมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้การผสมปุ๋ยของเกษตรกรไม่มีอุปสรรคต่อการจัดหามาเพื่อการใช้และการผลิต แต่การนำแม่ปุ๋ยมาใช้ในการผสมจำเป็นต้องตรวจดูก่อนว่าแม่ปุ๋ยมีการจับตัวกันเป็นก้อนหรือไม่ ซึ่งถ้ามีการจับตัวเป็นก้อนดังรูปที่ 7 ให้ทำการบดหรือทำให้แตกก่อนผสม เนื่องจากถ้าไม่ทำการบดให้แตกก่อนจะส่งผลต่ออัตราส่วนผสมของปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ จากการทดสอบนำแม่ปุ๋ยทั้ง 3 ชนิดมาผสมในเครื่องผสมแบบแนวตั้ง พบว่า ขนาดของเม็ดปุ๋ยที่มีขนาดเล็กหรือขนาดที่แตกต่างกันจะผสมกันไม่สม่ำเสมอ ดังรูปที่ 8 ซึ่งจากการทดสอบพบว่าการผสมในด้วยเครื่องผสมแนวตั้งจำเป็นต้องใช้เวลาในการผสมมากกว่า 4 นาที จะทำให้การผสมสามารถผสมเข้ากันอย่างสม่ำเสมอ ดังรูปที่ 9 เป็นการเปรียบเทียบการผสมปุ๋ยด้วยเครื่องผสมปุ๋ยแนวตั้ง สูตร 15-7-18 กับปุ๋ยผสมที่

จำหน่ายอยู่ในท้องตลาด 15-7-18 และ 16-8-8 โดยเครื่องผสมปุ๋ยแนวตั้งได้ปรับปรุงมาจากเครื่องผสมปูน และทำการใส่ใบกวนที่เป็นแผ่นยางดังรูปที่ 10 เพื่อทำให้การผสมที่ไม่เกิดการสะสมที่บริเวณพื้นและทำให้เม็ดปุ๋ยไม่แตก ช่วยในการผสม

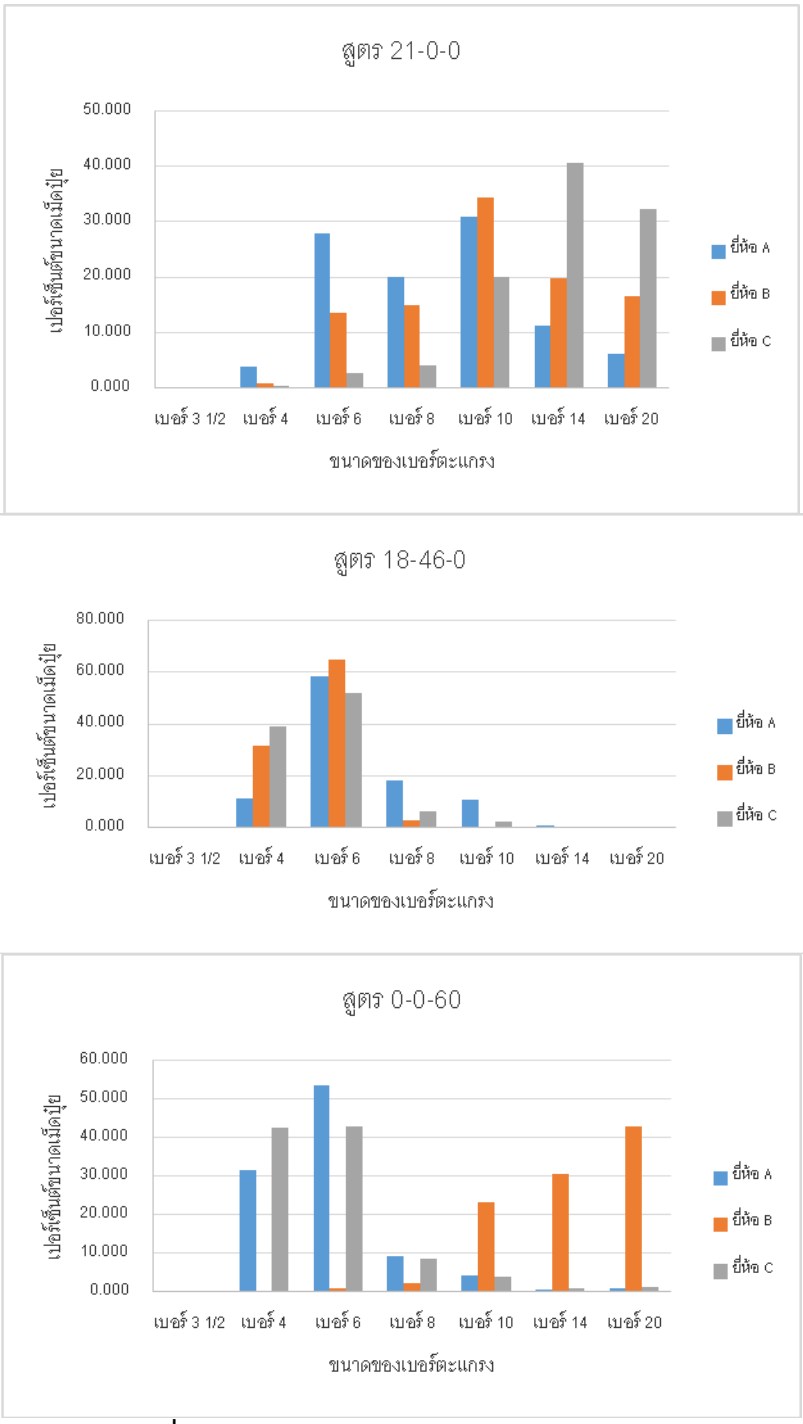
รูปที่ 6 ลักษณะแม่ปุ๋ยและปุ๋ยเชิงประกอบที่มีจำหน่ายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

รูปที่ 7 ลักษณะของปุ๋ยที่มีการจับตัวกันเป็นก้อน

รูปที่ 8 ลักษณะการแยกตัวของปุ๋ยที่มีขนาดแตกต่างกัน

รูปที่ 9 ลักษณะการแยกตัวของปุ๋ยที่มีขนาดแตกต่างกัน

รูปที่ 10 การปรับปรุงเครื่องผสมปูนให้เป็นเครื่องผสมปุ๋ยโดยการใส่แผ่นยางที่ใบกวน



รูปที่ 11 ลักษณะการเปรียบเทียบขนาดของแม่ปุ๋ย

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของเม็ดแม่ปุ๋ย จึงได้ทำการทดสอบแม่ปุ๋ยที่น่าจะมีปัญหาต่อการผสมโดยกำหนดให้เม็ดปุ๋ยที่ต้องการจะมีขนาด 2.0-4.76 มิลลิเมตร หรือ ผ่านตะแกรง เบอร์ 4, 6, 8 และ 10 พบว่า ปุ๋ยยี่ห้อ A มีขนาดแม่ปุ๋ยแต่ละชนิดใกล้เคียงกัน จะมีความสม่ำเสมอ 94.47% ในการผสม สูตร 16-8-8 เพื่อทดสอบการผสมที่เน้น N หลัก และ แม่ปุ๋ยอีก 2 ยี่ห้อมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 51.56 และ 63.26 % ซึ่งเมื่อนำไปบรรจุถุงมีโอกาสที่จะแยกตัวของเม็ดปุ๋ย เนื่องจากแม่ปุ๋ย 2 ยี่ห้อหลังมีขนาดแตกต่างกันถ้านำไปผสมโดยเน้น N และ K_2O ดังสูตร 15-7-18 พบว่า ขนาดความ

สม่ำเสมอจะมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ ชนิด B และ C มีค่า 59.06 และ 59.68 % ตามลำดับ แต่การผสมปุ๋ยบางสูตรสามารถใช้แม่เพียง 2 ชนิดผสมเพื่อให้ได้ปุ๋ยผสมตามที่เกษตรกรต้องการคือ การใช้แม่ปุ๋ย DAP (18-46-0), KCl (0-0-60) ซึ่งมีธาตุอาหารหลักครบทั้ง 3 ชนิด โดยได้ทำการทดสอบผสมปุ๋ยในสูตร 9.4-24-24 โดยเน้น P_2O_5 และ K_2O พบว่า จะใช้ DAP (18-46-0) 56.7% และ KCl (0-0-60) 43.3 % ซึ่งปกติแล้วขนาดของเม็ดปุ๋ย DAP (18-46-0) ความสม่ำเสมอดังรูปที่ 9.7 ทำให้ถ้า KCl (0-0-60) เป็นลักษณะเม็ดกรวดจะทำให้มีความสม่ำเสมอสูง ดังการผสมของแม่ปุ๋ยยี่ห้อ C มีค่า 99.26% ยี่ห้อ B มีค่า 71.42 % โดยปริมาณ N ต่ำสุดที่ผสมได้คือ 9.4 %

ยงยุทธ โอสถสภา (มมป.) ศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของปุยเคมีชนิดเม็ดกับคุณภาพของปุ๋ยผสมแบบไมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยให้ความสำคัญของขนาดเม็ดปุ๋ยต่อการผสมแบบคลุกเคล้า (bulk blending) ปัจจัยที่สำคัญต่อคุณภาพปุ๋ยเคมีแบบไม่เป็นเนื้อเดียว คือ ความหนาแน่นและรูปทรง มีความสำคัญอย่างยิ่ง ทำให้โครงการวิจัยนี้มุ้งเน้นปัจจัยทางกายภาพกับเครื่องจักร

1) ขนาดของเม็ดปุ๋ย
2) การกระจายของเม็ดปุ๋ย
3) ความแข็งของเม็ดปุ๋ย
4) ความทนทานต่อการสึกกร่อนเมื่อขัดถู
5) ความทนทานต่อการกระแทก
6) ความหนาแน่นรวม
7) ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต
8) การแยกตัวของเม็ดปุ๋ย

ซึ่งผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นจากปุ๋ยที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมีความสลอดคล้องกับงานวิจัยของ ยงยุทธ โอสถสภา ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นของแม่ปุ๋ยดังตารางที่ 1 ซึ่งจากการวิเคราะห์แม่ปุ๋ยและนำผลของปริมาณธาตุในปุ๋ยเพื่อไปเขียนสมการการผสมดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความหนาแน่นแม่ปุ๋ย

		ยี่ห้อ	ปกติ kg/m^3	กระแทก kg/m^3	หมายเหตุ
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต	18-46-0	A	893.51	950.12	
		B	920.03	992.45	
		C	920.03	992.45	
โพแทสเซียมคลอไรด์	0-0-60	A	1022.54	1104.14	เม็ด

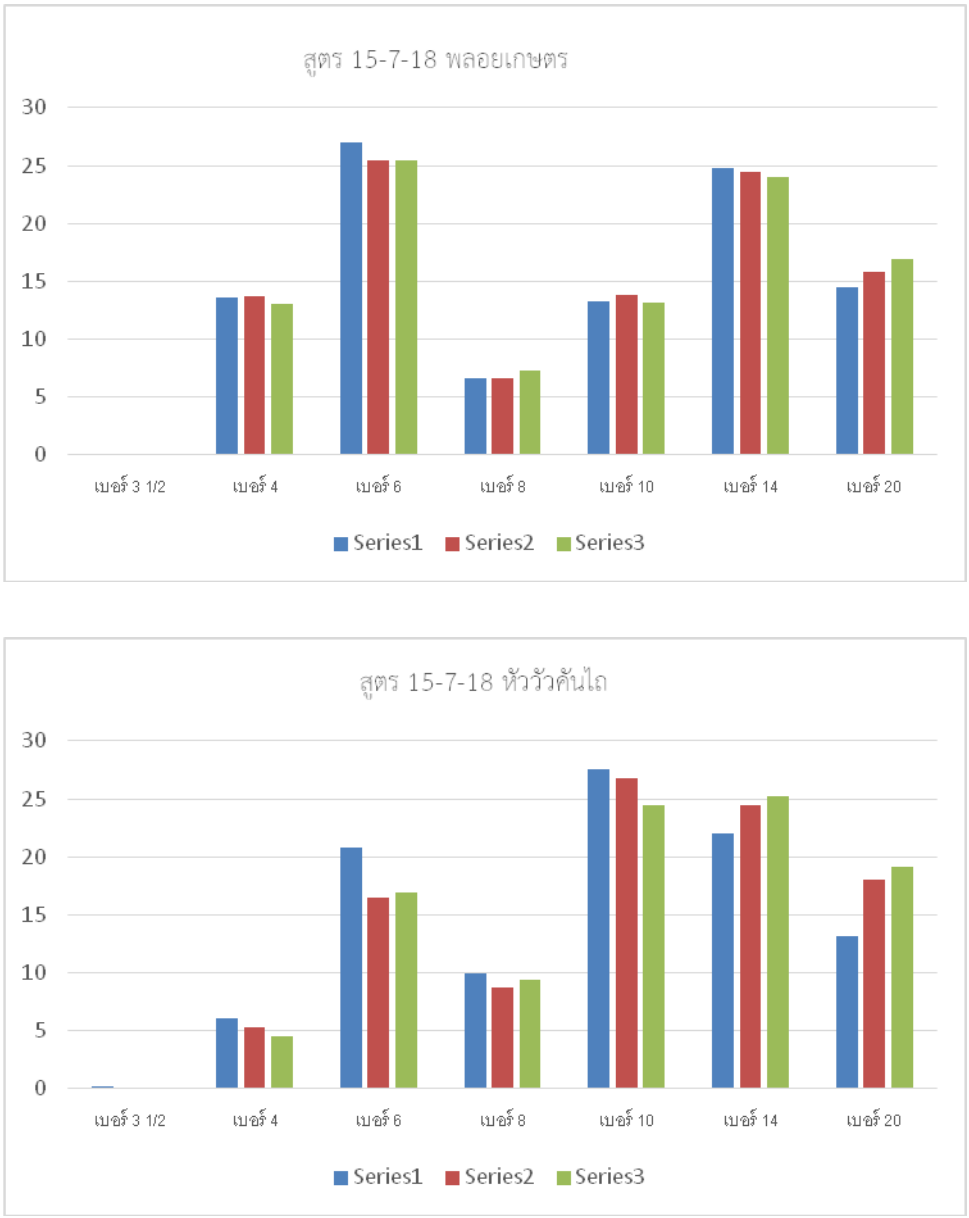
		B	1099.55	1204.61	น้ำตาล
		C	1031.21	1109.24	เม็ด
แอมโมเนียมซัลเฟต	21-0-0	A	1011.83	1061.81	
		B	1065.38	1136.78	
		C	1065.38	1136.78	

ตารางที่ 2 สมการในการผสมปุ๋ยตามสูตรที่ต้องการ (excel)

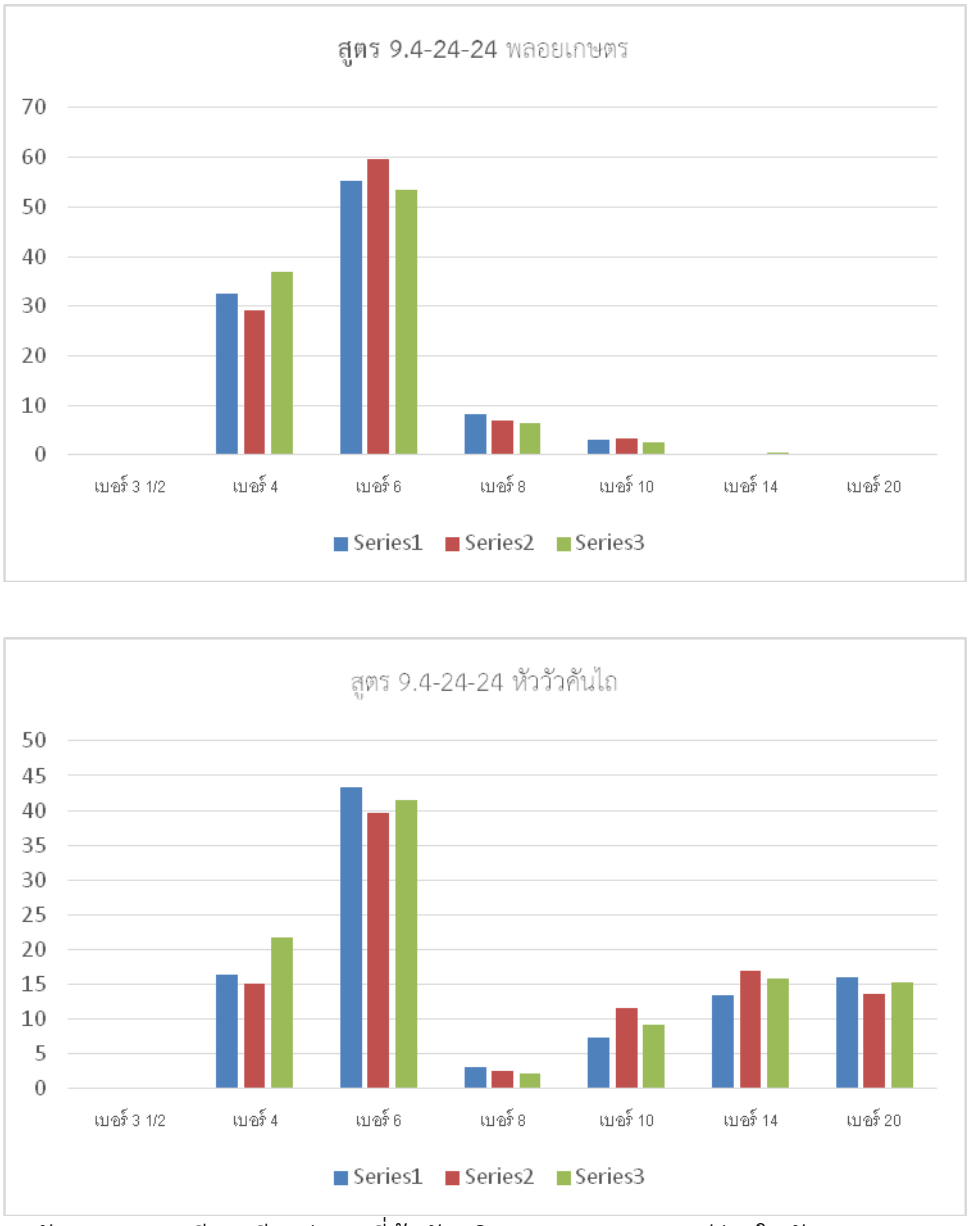
สูตรปุ๋ย			**ปริมาณปุ๋ยที่ต้องการ (กิโลกรัม)**	**ปุ๋ยเคมีที่ต้องการใช้ผสม (กิโลกรัม)**		
N	P_2O_5	K_2O		**21-0-0**	**18-46-0**	**0-0-60**
15	7	18	50	29.19	7.61	15.00
16	8	8	50	30.64	8.70	6.67
9.4	24	24	50	0.02	26.09	20.00

ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย จำเป็นต้องใช้วิธีทางเคมีเพื่อทำการวิเคราะห์ โดยการรับประกันปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีในส่วนของไนโตรเจน จะบอกถึงปริมาณไนโตรเจนในปุ๋ยทั้งหมด (Total N) ไม่จำเป็นต้องบอกถึง available N ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปโพแทส (K_2O) จะพิจารณาจากความสามารถในการละลายน้ำ ซึ่งเรียกว่า water soluble potash (K_2O) และในส่วนของฟอสฟอรัสในปุ๋ยจะพิจารณาเฉพาะฟอสฟอริกแอซิค(P_2O_5) ที่ละลายในน้ำยา neutral ammonium citrate เข้มข้น 15% แล้วบอกออกมาเป็น available phosphoric acid (P_2O_5)

รูปที่ 12 ลักษณะการเปรียบเทียบปุ๋ย 3 ยี่ห้อกับปริมาณการผสมของแม่ปุ๋ย ในอัตรา 0.5, 0.75 และ 1 ของถังบรรจุในสูตร 16-8-8 เน้นปริมาณ N



รูปที่ 13 ลักษณะการเปรียบเทียบปุ๋ย 2 ยี่ห้อกับปริมาณการผสมของแม่ปุ๋ย ในอัตรา 0.5, 0.75 และ 1 ของถังบรรจุในสูตร 15-7-18 เน้นปริมาณ N และ K_2O



รูปที่ 14 ลักษณะการเปรียบเทียบปุ๋ย 2 ยี่ห้อกับปริมาณการผสมของแม่ปุ๋ย ในอัตรา 0.5, 0.75 และ 1 ของถังบรรจุในสูตร 9.4-24-24 เน้นปริมาณ P_2O_5 และ K_2O

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยทางเคมี ได้ศึกษาและสุ่มปุ๋ยชนิดผสมที่จำหน่ายในท้องตลาดในจังหวัดขอนแก่นพบว่า ค่าของปริมาณธาตุอาหารจะสูงกว่าสูตรทุกตัว โดยจะสูงกว่าสูตรที่กำหนดในช่วง 0.526-3.388 % ดังตารางที่ 9.3 เพื่อให้เป็นตามาตรฐานและ พรบ.ปุ๋ยเคมี ซึ่งจากการศึกษาจะนำข้อมูลนี้ไปใช้ในการปรับแก้สมการเพื่อการผสมปุ๋ยให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยกำหนดให้สูงกว่าปกติ 4 % และจากการศึกษาในอัตราส่วนที่แตกต่างกันคือ สูตร 15-7-18, 16-8-8, 9.4-24-24 และปริมาณที่แตกต่างกัน 50, 75, 100 เปอร์เซ็นต์ของปริมาตรผสม ในแต่ละสูตรพบว่า การใช้ K_2O ที่เป็นชนิดเม็ดเล็กแบบน้ำตาลทรายจะส่งผลต่อการผสมและจากการพิจารณาธาตุอาหาร N เป็นช่วง 8-16 % โดยน้ำหนัก ปุ๋ยเชิงผสมมีเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารได้ 0.6 % โดยน้ำหนัก ที่

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ลงวันที่ 30 กรกฎาคม 2528 ซึ่งจากการทดสอบผสมพบว่าปริมาณธาตุอาหาร N ต่ำกว่าอยู่ในช่วง 1.448 %โดยน้ำหนัก ส่วนปริมาณธาตุอาหาร P_2O_5 จะพิจารณา 3 ช่วง คือ ช่วง น้อยกว่า 8 %, 8.0-16 %, และ 16.1-24.0% พบว่า ปริมาณธาตุอาหารฟอสเฟสอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน มีเพียงการผสม ในอัตรา 100% ของสูตร 9.4-24-24 ที่เกินมาตรฐานแต่เป็นเพียง 0.082% อาจเนื่องมาจากปริมาณและปริมาตรการผสม ส่วนปริมาณธาตุอาหาร K_2O จะพิจารณา 2 ช่วง คือ ช่วง 8.0-16 %,และ 16.1-24.0% พบว่า ปริมาณธาตุอาหาร K_2O ต่ำกว่าอยู่ในช่วง 3.641 %โดยน้ำหนัก ในชนิดแม่ปุ๋ยที่มีลักษณะเม็ดคลายน้ำตาลทราย ส่วนชนิดเม็ดที่เป็นกรวด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคือ ต่ำกว่า 0.374 % โดยน้ำหนักเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรบานคือ 1% โดยน้ำหนัก เพราะฉะนั้นการเลือกแม่ปุ๋ยในการผสมควรเลือกแม่ปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ไม่ควรเลือกแม่ปุ๋ยที่ขนาดของเม็ดเป็นเม็ดเล็กซึ่งจะส่งผลต่อการผสม ซึ่งการผสมเพื่อจำหน่ายหรือกลุ่มสหกรณ์จำเป็นต้องมีการเผื่อค่าความคลาดเคลื่อนประมาณ 4% เพื่อให้ในการบรรจุกระสอบแล้วไม่เป็นปุ๋ยต่ำกว่ามาตรฐาน

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยผสมที่จำหน่ายในท้องตลาดในจังหวัดขอนแก่น

		Total	available phosphoric acid (P2O5)	water soluble potash
ตัวอย่าง	สูตร	N (%)	P (%)	K(%)
1	15-7-18	15.526	8.978	21.388
2	16-8-8	17.233	9.307	9.259
3	8-24-24	8.561	25.180	26.406

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยผสมจากแม่ปุ๋ยในสูตร 15-7-18 ในอัตรา 50, 75, และ 100 % ของปริมาณผสม

	ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร			เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการผสม		
ตัวอย่าง	N (%)	P (%)	K(%)	N (%)	P (%)	K(%)
พลอยเกษตร	14.288	7.267	21.432	-0.712	14.432	3.432
	14.223	9.375	23.308	-0.777	16.308	5.308
	14.169	8.310	22.643	-0.831	15.643	4.643
หัววัวคันไถ	14.303	7.868	15.673	-0.697	8.673	-2.327
	14.213	7.420	15.988	-0.787	8.988	-2.012
	13.552	6.206	18.219	-1.448	11.219	0.219

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยผสมจากแม่ปุ๋ยในสูตร 16-8-8 ในอัตรา 50, 75, และ 100 % ของปริมาณผสม

	ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร			เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการผสม		
ตัวอย่าง	N (%)	P (%)	K(%)	N (%)	P (%)	K(%)
พลอยเกษตร	17.395	9.394	9.496	1.395	1.394	1.496
	17.195	9.484	9.607	1.195	1.484	1.607
	16.919	10.651	9.225	0.919	2.651	1.225
หัววัวคันไถ	17.294	9.965	8.833	1.294	1.965	0.833
	16.910	9.480	9.543	0.910	1.480	1.543
	16.519	7.969	9.528	0.519	-0.031	1.528

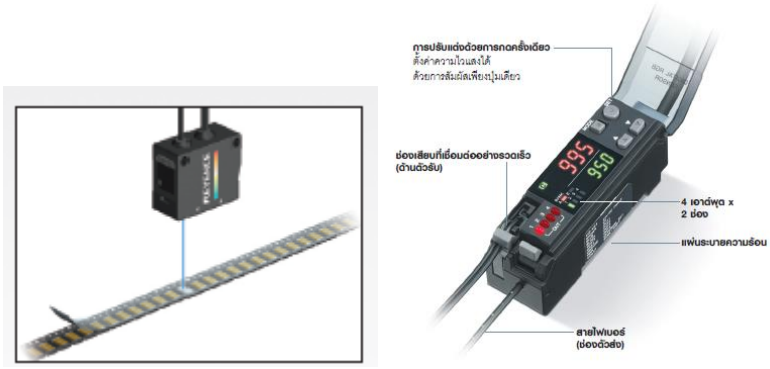
ตารางที่ 6 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยผสมจากแม่ปุ๋ยในสูตร 9.4-24-24 ในอัตรา 50, 75, และ 100 % ของปริมาณผสม

	ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร			เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจากการผสม		
ตัวอย่าง	N (%)	P (%)	K(%)	N (%)	P (%)	K(%)
พลอยเกษตร	10.563	26.421	28.810	1.163	2.421	4.810
	10.170	27.678	28.418	0.770	3.678	4.418
	9.909	23.118	23.626	0.509	-0.882	-0.374
หัววัวคันไถ	12.315	33.200	23.173	2.915	9.200	-0.827
	11.814	33.083	20.359	2.414	9.083	-3.641
	10.518	28.992	27.033	1.118	4.992	3.033

ผลการออกแบบวงจรและเครื่องมือวัดสำหรับการวิเคราะห์

ผลการออกแบบระบบควบคุมและส่วนประกอบเครื่องผสมปุ๋ยด้วยได้ทำการทดสอบการวิเคราะห์ดินและการใช้เซ็นเซอร์วิเคราะห์ วิธีการ และอุปกรณ์ในการตรวจจับค่าสีจากผลการตรวจชุดวัดปุ๋ยในดิน มีดังนี้

1. เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองมี 3 ชนิดคือ
    1) ดิจิตอลไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์ตรวจจับสี KEYENCE รุ่น CZ-V21A ดังรูปที่ 9.13

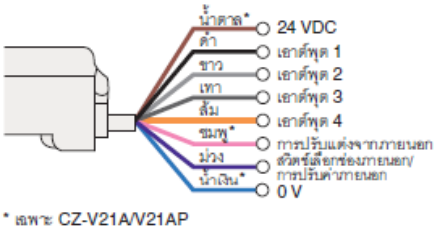


รูปที่ 13 เซนเซอร์ตรวจจับสี KEYENCE รุ่น CZ-V21A

<u>คุณสมบัติ</u>

- เซนเซอร์อ่านค่าสี RGB ชนิดไฟเบอร์ออปติกเซนเซอร์
- แหลงกำเนิดแสง RGB ไฟ LED สีแดง (665 nm)/ไฟ LED สีเขียว (520 nm)/ไฟ LED สีน้ำเงิน (465 nm)
- สัญญาณ NPN open collector x 4 ช่องสัญญาณ, สูงสุด 40 VDC, สูงถึง 100 mA สำหรับหนึ่งเอาท์พุท, สูงถึง 200 mA ใน 4 เอาท์พุท, แรงดันไฟฟ้าตกค้าง: สูงสุด 1.0 V*1
- ความเร็วในการทำงาน 200 µs (HIGH SPEED-ความเร็วสูง)/1 ms (FINE-ละเอียด)/4 ms (TURBO-เทอร์โบ)/8 ms (SUPER-ซูเปอร์)

เซนเซอร์ มีคุณสมบัติไม่ตรงตามการใช้งานคือ เซนเซอร์มีหลักการทำงานส่งสัญญาณออก 4 ช่อง โดยเลือกตามระดับสีตามที่ตั้งค่าไว้ ไม่ใช่ส่งสัญญาณออกมาเป็นระดับสี RGB อีกทั้งเซนเซอร์ไม่สามารจรวจจับสีบนพื้นผิวที่มีลักษณะเป็นมันเงาได้ จึงไม่สามารถอ่านสีของตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วได้



รูปที่ 14 สายสัญญาณเซนเซอร์ตรวจจับสี KEYENCE รุ่น CZ-V21A

2) เซนเซอร์วัดค่าสี RGB Colour Sensor - TCS230/TCS3200

รูปที่ 15 เซนเซอร์วัดค่าสี RGB Colour Sensor - TCS230/TCS3200

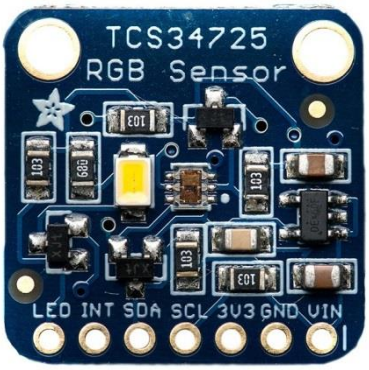
เซนเซอร์วัดความเข้มของแสงสเปกตรัมสีแดง(R) เขียว(G) และฟ้า(B) ในแสงที่มองเห็น (visible light) ใช้ IC เบอร์ TCS3200 อ่านค่าแสงที่สะท้อนกลับมาจากผิวของวัตถุ สัญญาณขาออกมาเป็นค่าความถี่ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์แปลงค่าความถี่เป็นระดับความเข้มแสง RGB อีกที

<u>คุณสมบัติ</u>

- Using imported chip TCS3200
- The TCS3200 is TCS230 upgraded version better
- Power supply 3-5v
- Resistance to light interference
- White LED can be controlled on, off.
- Can detect non-luminous object color

เซนเซอร์มีคุณสมบัติอ่านค่าจากแสงที่สะท้อนจากพื้นผิว จึงไม่สามารถตรวจจับค่าสีของตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้วได้ อีกทั้งตัวเซนเซอร์ไม่มีวงจรแปลงจัดการสัญญาณความถี่ที่จะช่วยให้การอ่านค่ามีความแม่นยำอีกด้วย

3) เซนเซอร์วัดค่าสี RGB Colour Sensor - TCS34725



รูปที่ 16 เซนเซอร์วัดค่าสี RGB Colour Sensor - TCS34725

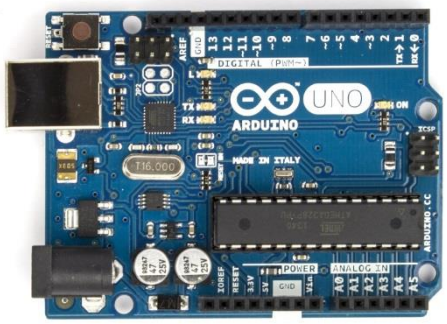
เซนเซอร์วัดค่าสี อุณหภูมิ และความเข้มแสงโดยใช้ IC เบอร์ TCS34725 สามารถตรวจจับสีจากแสงโดยตรง หรือ แสงที่ตกกระทบกับวัตถุ (ควรใช้แสงสีขาวเป็น Light Source สำหรับตรวจจับแสงที่วัตถุ) มีวงจรจัดการแปลงสัญญาณความถี่ออกมาเป็นสัญญาณสื่อสารแบบ I^2C เพื่อความแม่นยำ และความสะดวกในการใช้งาน

<u>คุณสมบัติ</u>

- Using imported chip TCS34725
- Red, Green, Blue (RGB), and Clear Light Sensing with IR Blocking Filter
- 16-Bit digital output with I 2C at 400 kHz
- SYNC Input Synchronizes Integration Cycle to Modulated Light Sources
- Operating temperature range -40°C to 85°C

เซนเซอร์มีคุณสมบัติในการตรวจจับสีพื้นผิวโดยตรงจึงเหมาะแก่การตรวจจับค่าสีของตัวอย่างที่บรรจุอยู่ในหลอดแก้ว

2. บอร์ดวงจรไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Uno R3



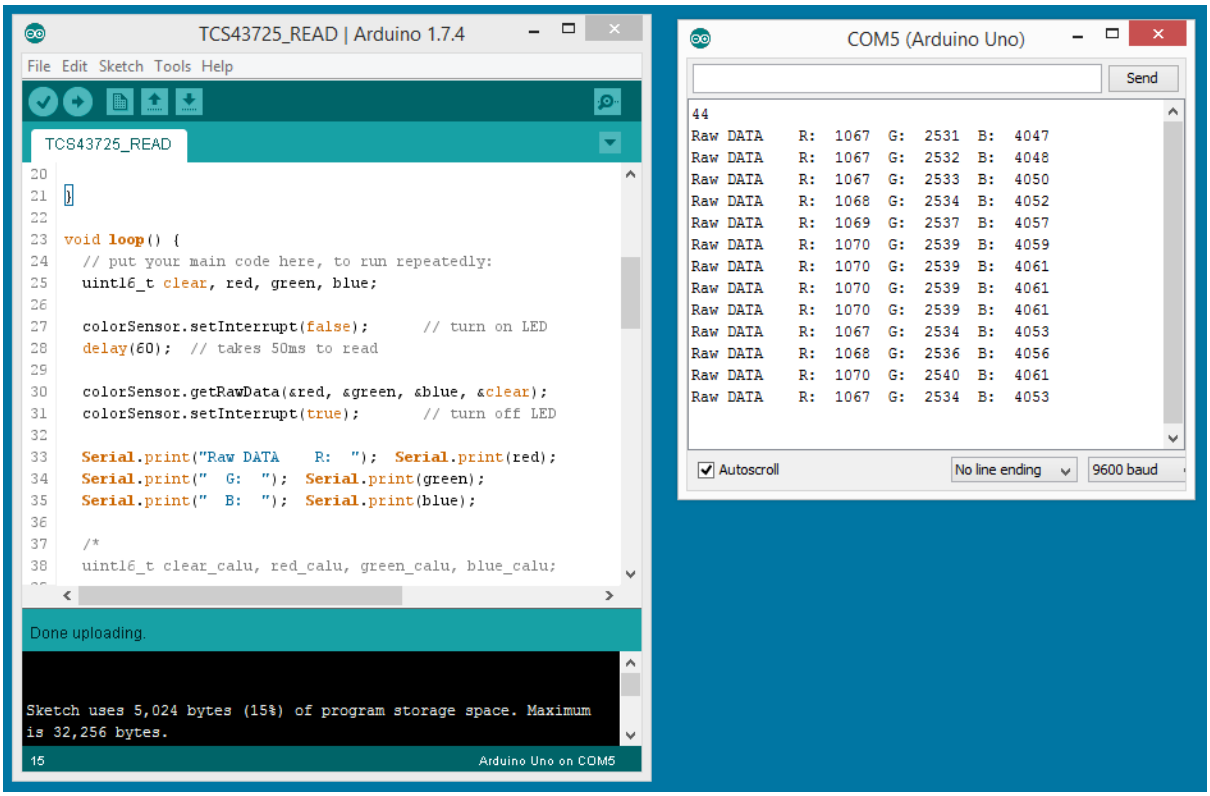
รูปที่ 17 บอร์ดวงจรไมโครคอนโทรเลอร์ Arduino Uno R3

Arduino Uno R3 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ Open-source ออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย พร้อมชุดเขียนโปรแกรมบนซอฟท์แวร์ Arduino IDE และโปรแกรมผ่านพอร์ต USB โดยนำมาใช้รับสัญญาณจากเซนเซอร์เพื่อแปลงเป็นค่าระดับสี แล้วแปลงค่าสีเป็นปริมาณปุ๋ยที่ใช้ในการผสม

<u>คุณสมบัติ</u>

ไมโครคอนโทรนเลอร์	ATmega328
แหล่งจ่ายไฟ	5V
ไฟเข้า(แนะนำ)	7-12V
ขาดิจิตอล I/O	14 ขา (6 รองรับเอาต์พุตแบบ PWM
ขาอนาล็อกอินพุต	6 ขา
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

3. โปรแกรม Arduino IDE 1.7.4

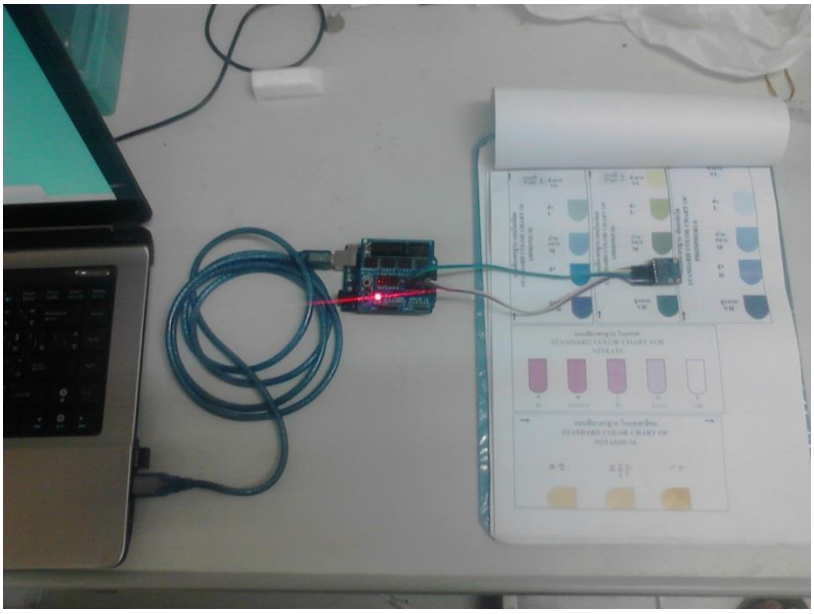


รูปที่ 18 โปรแกรม Arduino IDE 1.7.4

โปรแกรม Arduino เป็นโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino เพื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ในการทดลองใช้โปรแกรมความการทำงานของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 เพื่อรับสัญญาณเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 และแปลงค่าออกออกมาเป็นระดับสี RGB

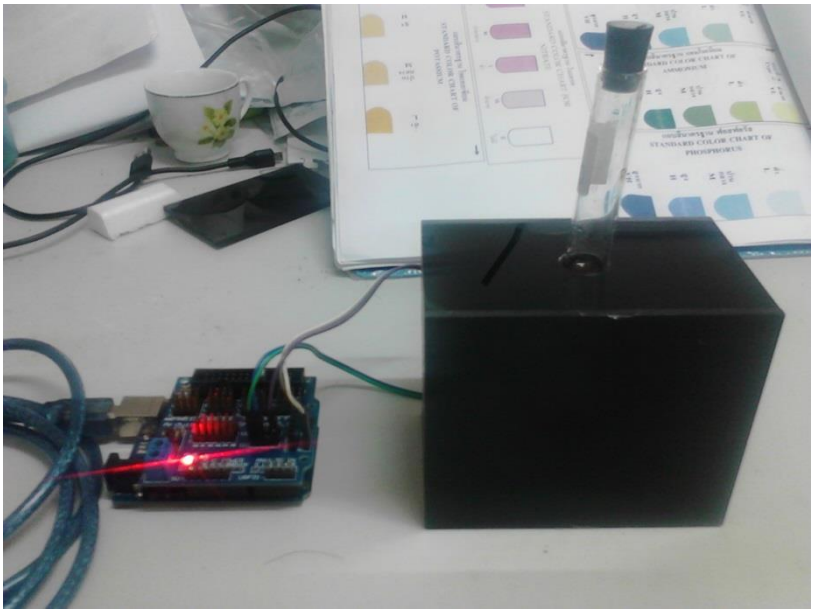
4. การทดลอง

เริ่มจากต่อเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และต่อสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์ ในขั้นแรกใช้เซนเซอร์อ่านค่าสีจากแถบสีมาตรฐานจากชุดตรวจปุ่ย เป็นข้อมูลเป็นค่าความถี่หน่วยเป็น Hz



รูปที่ 19 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3

หลังจากนั้นใช้เซนเซอร์อ่านค่าสีจากผลตรวจปุ๋ย นำค่าที่ได้มาเทียบกับแถบสีมาตรฐานจากชุดตรวจปุ๋ย แสดงผลออกมาเป็นประมาณปุ๋ยที่มีอยู่ในดิน เพื่อนำไปคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องผสมต่อไป

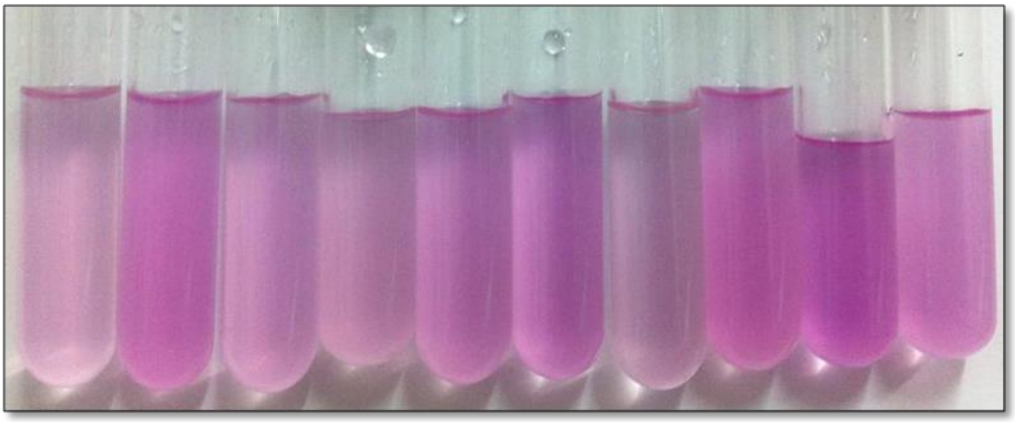


รูปที่ 20 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับขวดวิเคราะห์ดิน

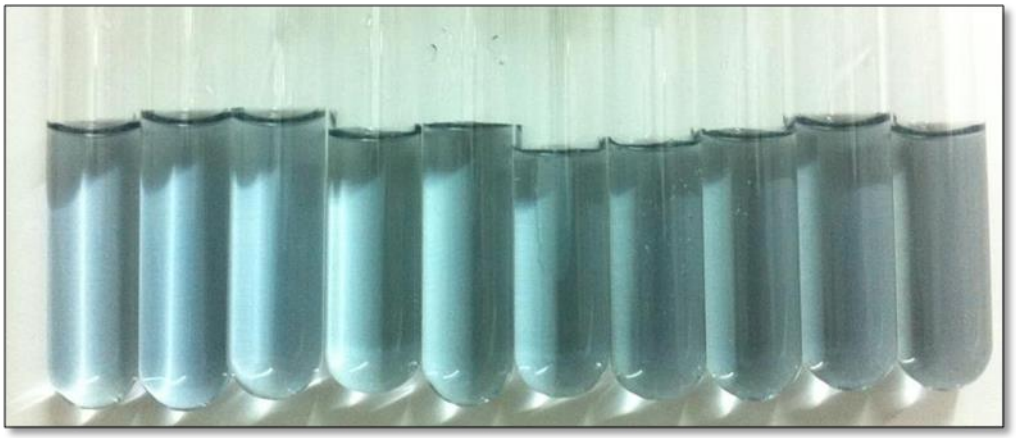
รูปที่ 21 ชนิดดินที่ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและทราบค่าในการวิเคราะห์เพื่อนำมาใช้ในการวิเคราะห์ร่วมกับชุด KIT

ผลการตรวจสอบธาตุอาหารในดินแต่ละตัวอย่าง

1. ตัวอย่างดินชุดที่ 1



รูปที่ 22 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร N ในดินชุดที่ 1 (ดิน1)

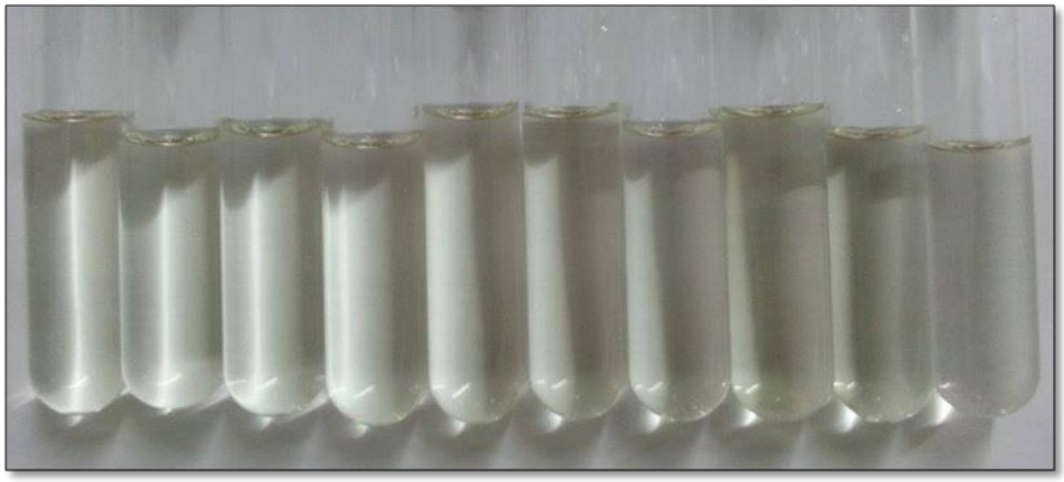


รูปที่ 23 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร P ในดินชุดที่ 1 (ดิน1)

รูปที่ 24 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร K ในดินชุดที่ 1 (ดิน1)

ตัวอย่างดินชุดที่ 2

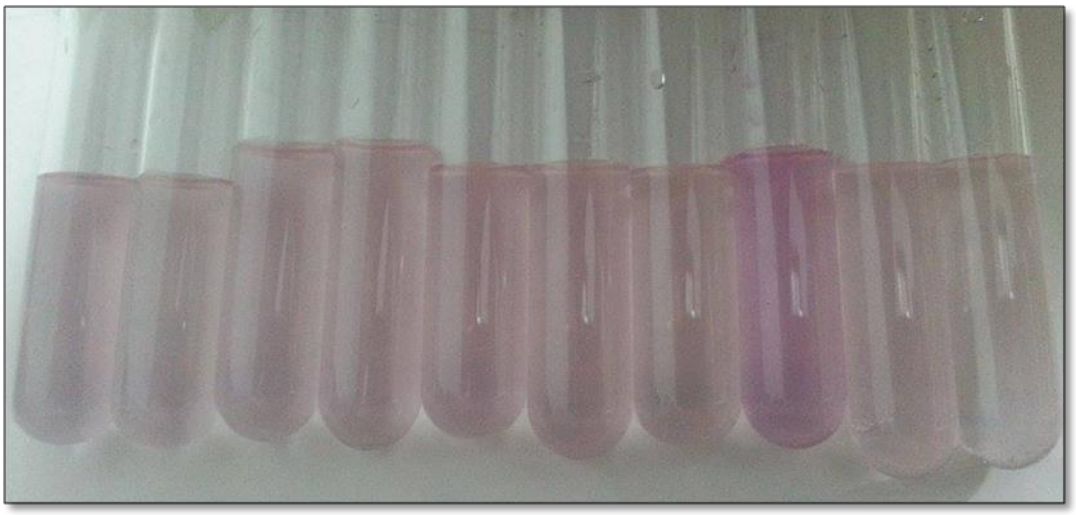
รูปที่ 25 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร N ในดินชุดที่ 2 (ดิน2)



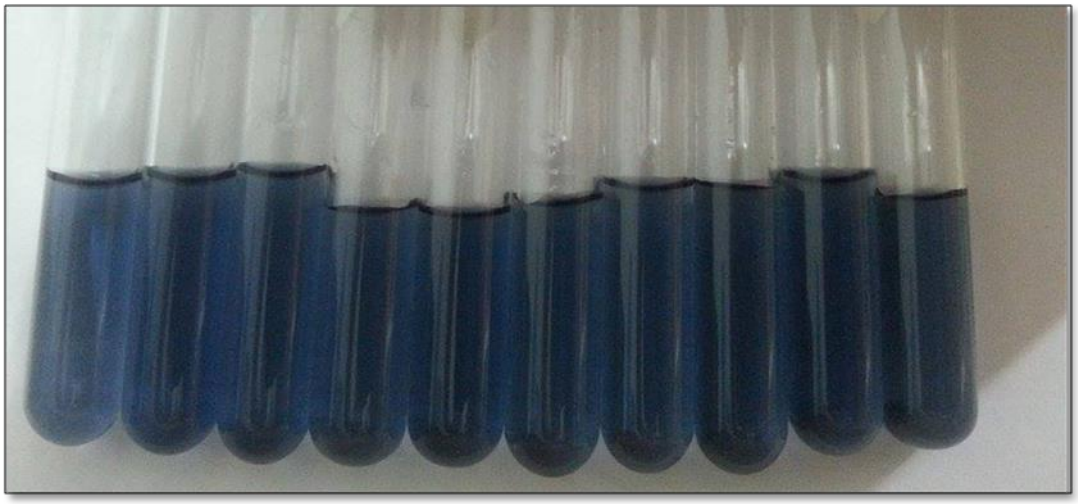
รูปที่ 26 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร P ในดินชุดที่ 2 (ดิน2)

รูปที่ 27 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร K ในดินชุดที่ 2 (ดิน2)

ตัวอย่างดินชุดที่3



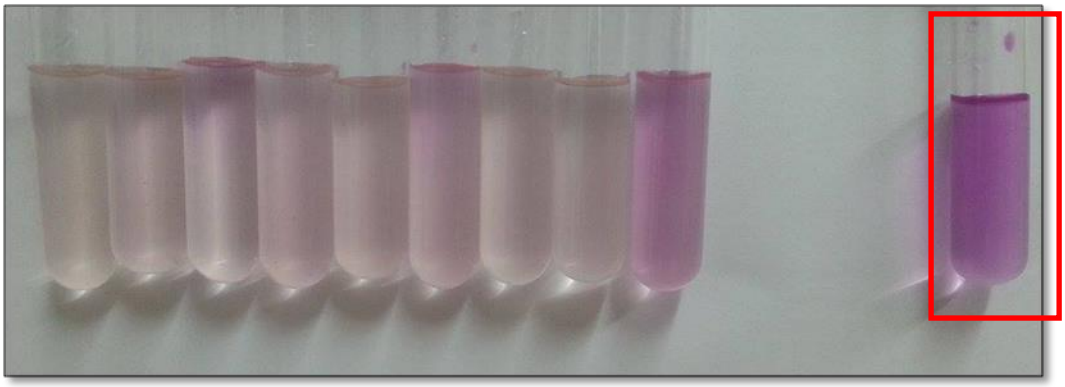
รูปที่ 28 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร N ในดินชุดที่ 3 (Ct S4)



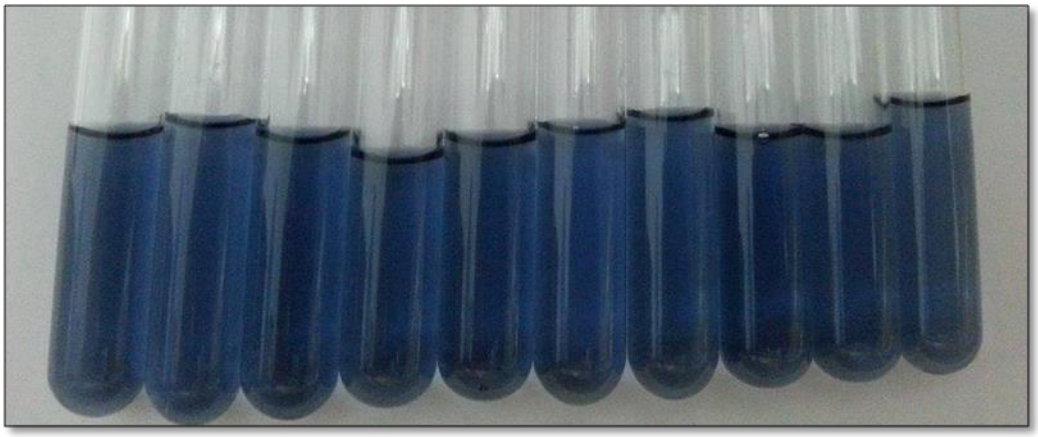
รูปที่ 29 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร P ในดินชุดที่ 3 (Ct S4)

รูปที่ 30 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร K ในดินชุดที่ 3 (Ct S4)

ตัวอย่างดินชุดที่4



รูปที่ 31 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร N ในดินชุดที่ 4 (Ng S5)



รูปที่ 32 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร P ในดินชุดที่ 4 (Ng

S5)

รูปที่ 33 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร K ในดินชุดที่ 4 (Ng S5)

จากรูปที่ 31 ผลการตรวจสอบธาตุอาหาร N ในดินชุดที่ 4 (Ng S5) มีผลที่ผิดเพี้ยนไปคือหลอดทดลองที่ 10 ที่มีสัญลักษณ์กรอบสีแดงครอบอยู่ จากการตรวจสอบพบว่าหลอดทดลองซ้ำที่10 มีสีเข้มกว่าหลอดทดลองซ้ำอื่น อาจเนื่องมาจากการทดสอบที่ผิดพลาด จึงทำการตั้งตัวอย่าง 10 ออก ซึ่งจากการวิเคราะห์สีต่างๆ สามารถสรุปผลการตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน ตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ตารางสรุปผลการตรวจวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินแต่ละตัวอย่าง เปรียบเทียบกับแถบสีมาตรฐานของชุดตรวจ

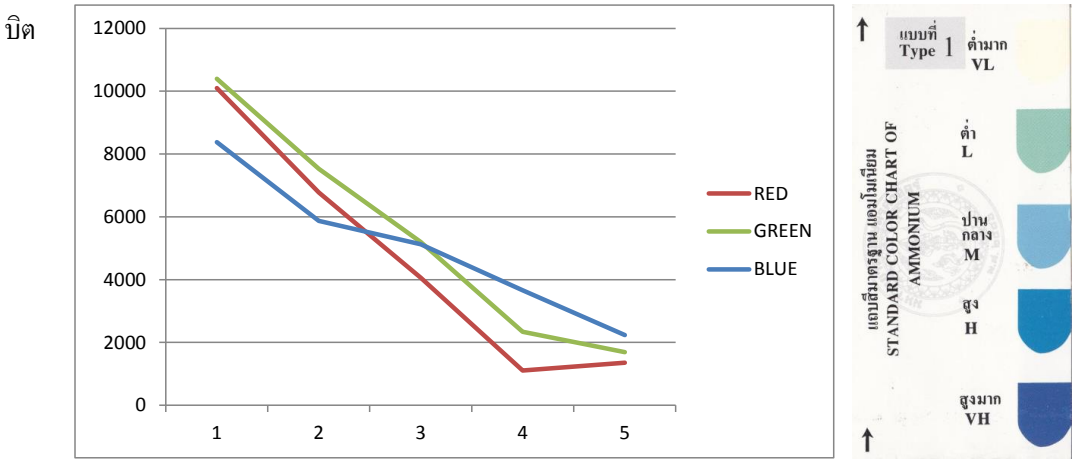
ตัวอย่างดิน	ธาตุอาหารในตัวอย่างดินที่วิเคราะห์		
	N	P	K
ดินชุดที่ 1 (ดิน1)	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ
ดินชุดที่ 2 (ดิน2)	ต่ำ	ต่ำมาก	ปานกลาง
ดินชุดที่ 3 (Ct S4)	ต่ำมาก	สูงมาก	ปานกลาง
ดินชุดที่ 4 (Ng S5)	ต่ำมาก	สูง	ต่ำ

จากการวิเคราะห์และตรวจธาตุอาหารในดินของชุดตรวจวิเคราะห์พบว่า เมื่อปริมาณ N สูงขึ้นจะมีความแปรปรวนสูง ดังรูปที่ 22 และ 25 ส่วนค่า P และ K มีความสม่ำเสมอในการวิเคราะห์ซึ่งจะไม่ส่งผลต่อการใช้เซนเซอร์ จากการทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับขวดวิเคราะห์ดิน พบว่าอิทธิพลของขวดที่ใช้ในการวิเคราะห์จะส่งผลต่อการวิเคราะห์ค่าสี ทำให้คณะผู้วิจัยจึงเปลี่ยนเป็นการใช้สีจากการถ่ายภาพเพื่อการวิเคราะห์

ผลการทดลองและวิเคราะห์เซนเซอร์สีกับการวิเคราะห์ดิน

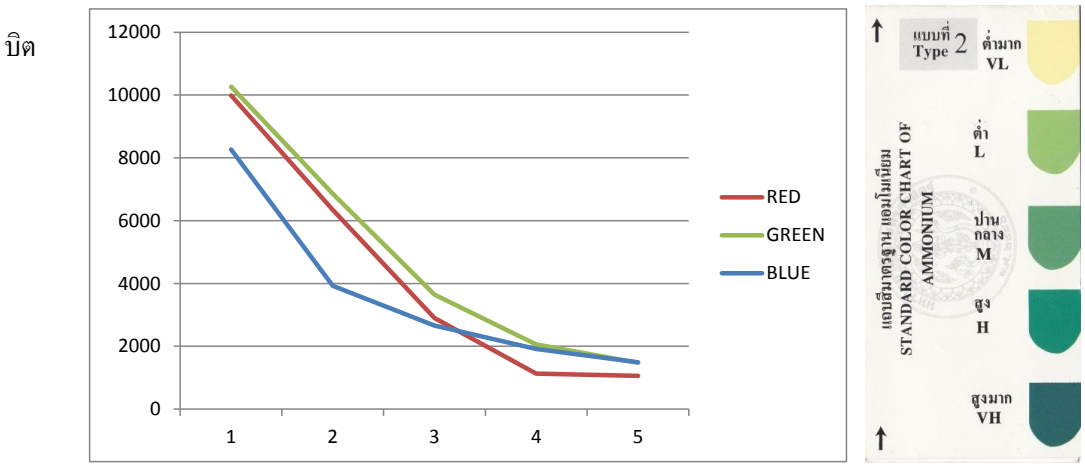
ระดับสีที่เซนเซอร์อ่านได้จากแถบสีมาตรฐานจากชุดตรวจปุ๋ย มีหน่วยเป็นความถี่ บิต ดังแสดงในกราฟดังต่อไปนี้

แถบสีมาตรฐานแอมโมเนียม แบบที่ 1



รูปที่ 34 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับแถบสีมาตรฐานแอมโมเนียม แบบที่ 1

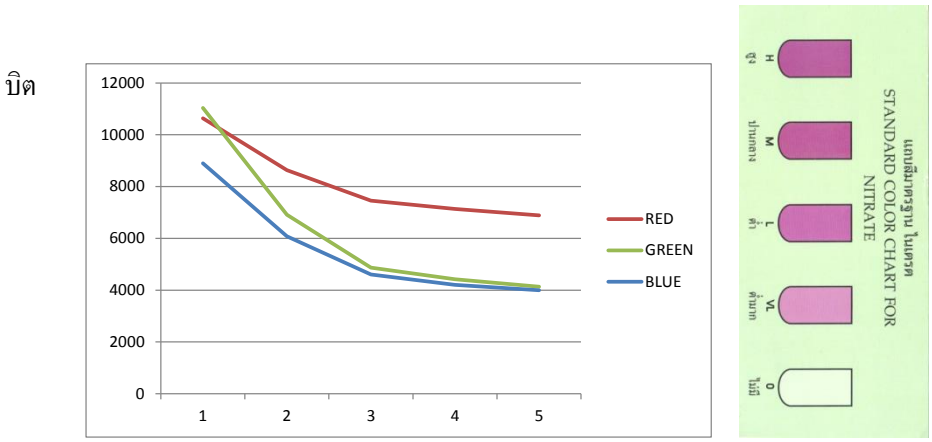
แถบสีมาตรฐานแอมโมเนียม แบบที่ 2



แกนนอน 1 ต่ำมาก 2 ต่ำ 3 ปานกลาง 4 สูง และ 5 สูงมาก

รูปที่ 35 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับแถบสีมาตรฐานแอมโมเนียม แบบที่ 2

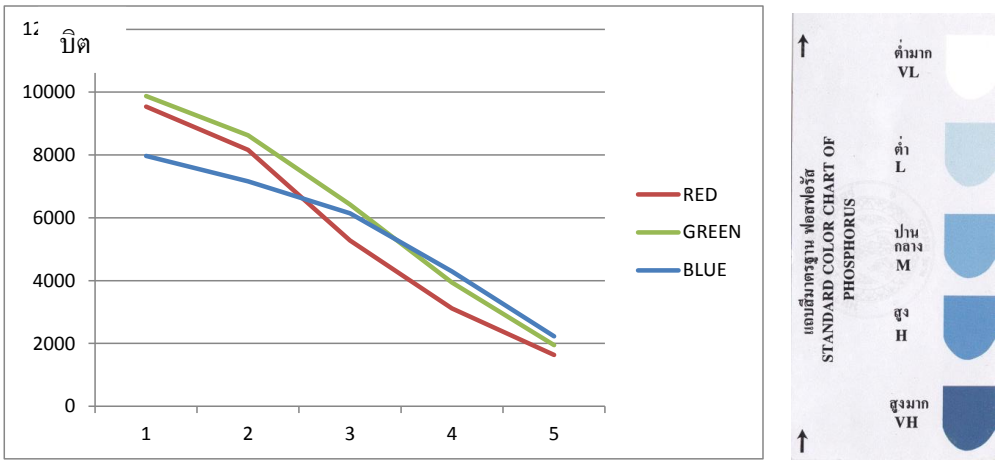
แถบสีมาตรฐานไนเตรต



แกนนอน 1 ไม่มี 2 ต่ำมาก 3 ต่ำ 4 ปานกลาง และ 5 ระดับสูง

รูปที่ 36 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับแถบสีมาตรฐานแถบสีมาตรฐานไนเตรต

แถบสีมาตรฐานฟอสฟอรัส

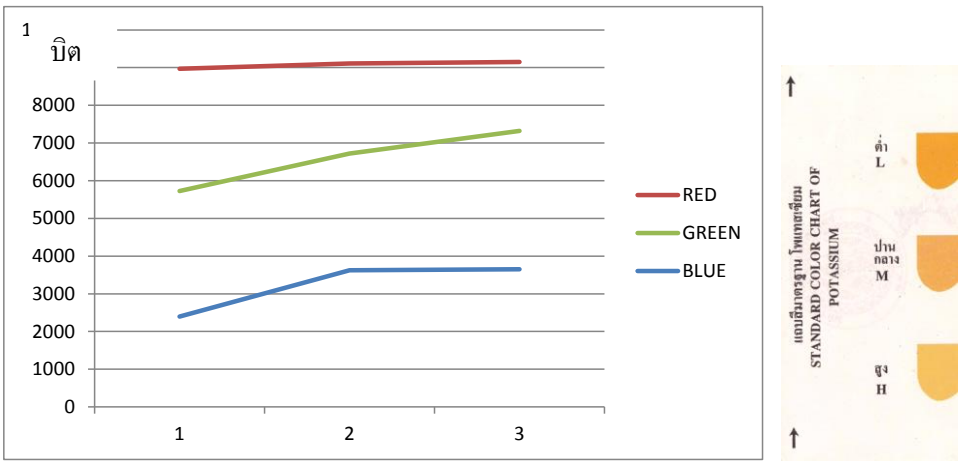


ปริมาณ ฟอสฟอรัส

แกนนอน 1 ต่ำมาก 2 ต่ำ 3 ปานกลาง 4 สูง และ 5 สูงมาก

รูปที่ 37 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับแถบสีมาตรฐานฟอสฟอรัส

แถบสีมาตรฐานโพแทสเซียม



ปริมาณโพแทสเซียม

แกนนอน 1 ต่ำ 2 ปานกลาง และ 3 สูง

รูปที่ 38 การทดลองเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 กับแถบสีมาตรฐานโพแทสเซียม

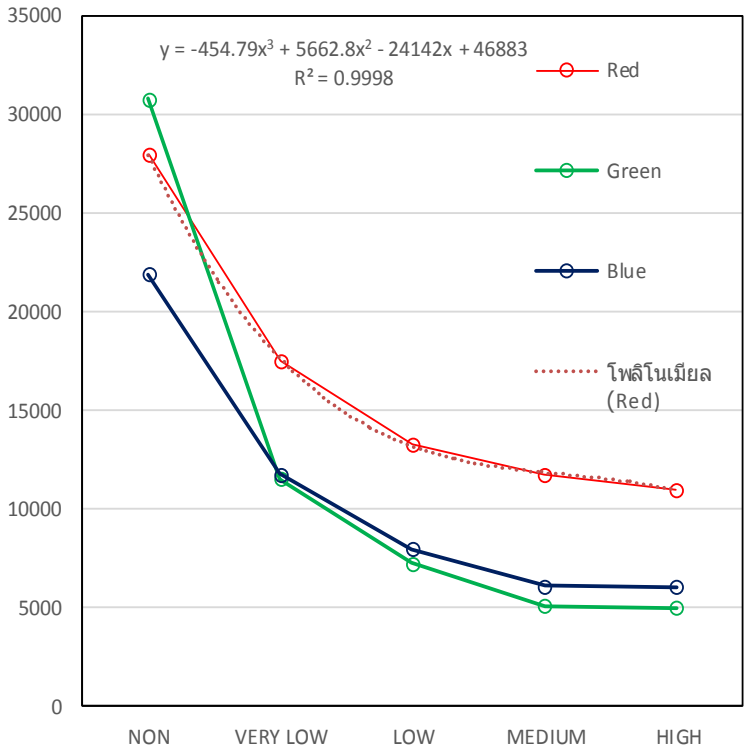
การทดสอบใช้เลนส์รวมแสง

เซนเซอร์อ่านค่าสีนั้นใช้หลักการสะท้อนแสงจากผิวของวัตถุ ดังนั้นเพื่อให้เซนเซอร์สามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำขึ้นจะต้องใช้เลนส์เพื่อรวมแสงที่สะท้อนกลับมาจากผิวของวัตถุ โดยใช้เลนส์ IR ขนาด 12 มิลลิเมตร มุม 25 องศา ที่มีคุณสมบัติรวมแสงได้ดีใช้รวมแสงตกกระทบที่เซนเซอร์ โดยการทดลองเริ่มจากต่อเซนเซอร์วัดค่าสี TCS34725 กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และต่อสาย USB เข้ากับคอมพิวเตอร์ ในขั้นแรกใช้เซนเซอร์อ่านค่าสีจากแถบสีมาตรฐานจากชุดตรวจปุ๋ย ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับข้อมูลทางระบบ I2C แปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model คือ ประกอบด้วยแม่สี 3 สี คือ แดง (Red), เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) เป็นค่าตัวเลข 16 bits (0 – 65535) เป็นข้อมูลเป็นค่าความถี่หน่วยเป็น Hz หลังจากนั้นใช้เซนเซอร์จะอ่านค่าสีจากผลตรวจปุ๋ย นำค่าที่ได้มาเทียบกับแถบสีมาตรฐานจากชุดตรวจปุ๋ย แสดงผลออกมาเป็นประมาณปุ๋ยที่มีอยู่ในดิน เพื่อนำไปคำนวณปริมาณปุ๋ยที่ต้องผสมต่อไป ซึ่งจากการศึกษาขั้นต้นการหน่วยความจำขนาด 8 บิต (256) ไม่สามารถจำแนกสีได้อย่างชัดเจน เพราะฉะนั้นการนำหน่วยความจำ 16 บิต นำมาใช้พบว่าเป็นแนวทางการเพิ่มความละเอียดในการวิเคราะห์ แต่เนื่องจากผลของการกระจายของสีจำเป็นต้องมีการรวมแสง โดยผลการศึกษาแสดงรูปที่ 41, 43 และ 45

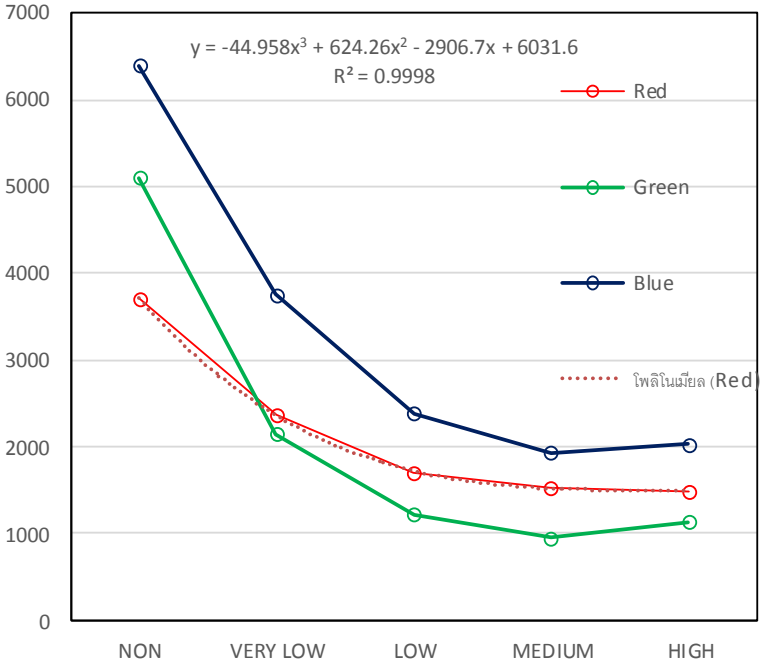
รูปที่ 9.39 เลนส์ IR ขนาด 12 มิลลิเมตร มุม 25 องศา

จากการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของแถบสีไนเตรต เส้นสีแดงจะเป็นเส้นที่ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไนเตรต เนื่องจากเมื่อทำการรวมแสงแล้วจะไม่ส่งผลต่อช่วงที่มีปริมาณไนเตรสูง

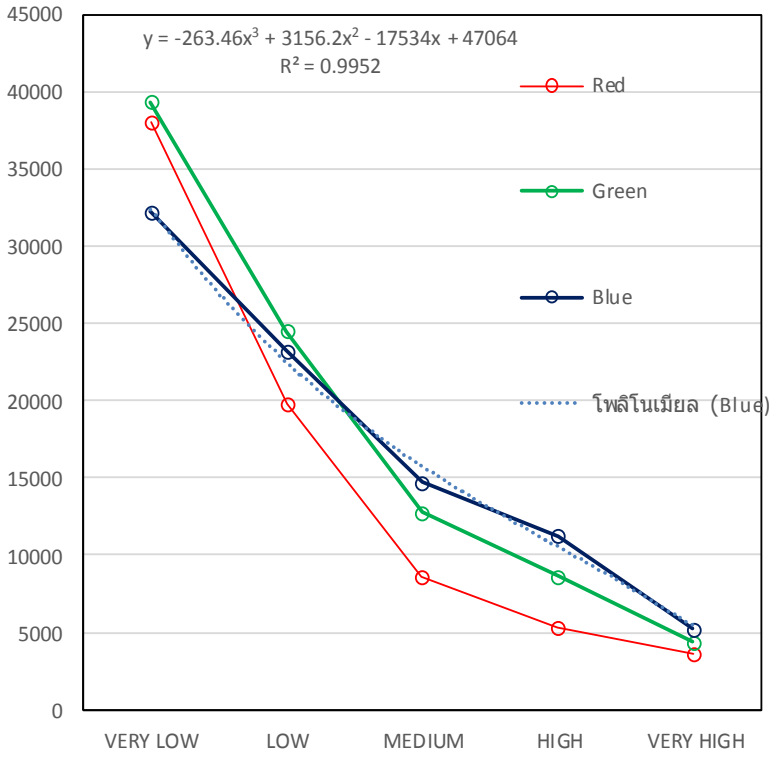
แถบสีมาตรฐานไนเตรต



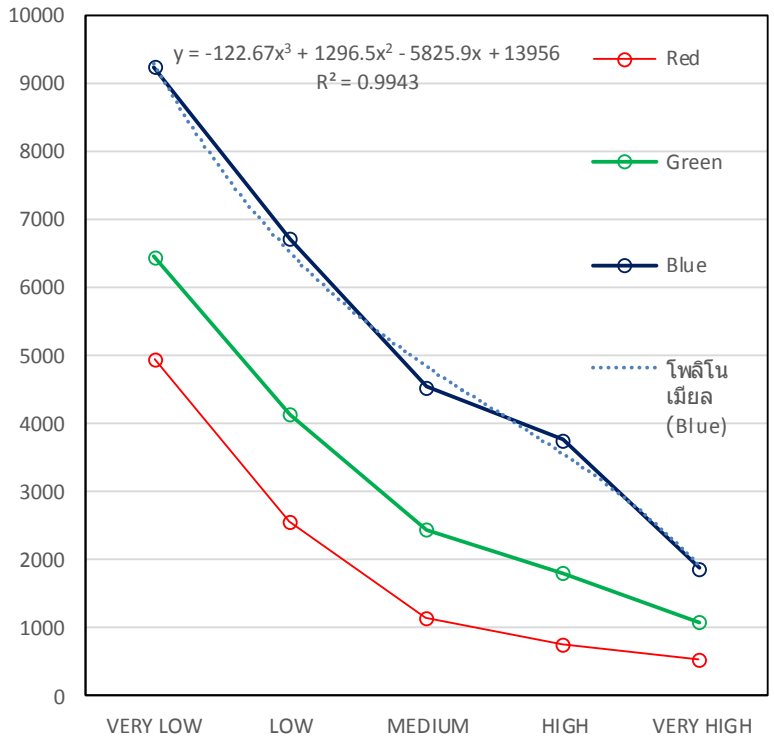
รูปที่ 40 การวิเคราะห์สีแปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model แถบสีมาตรฐานไนเตรต



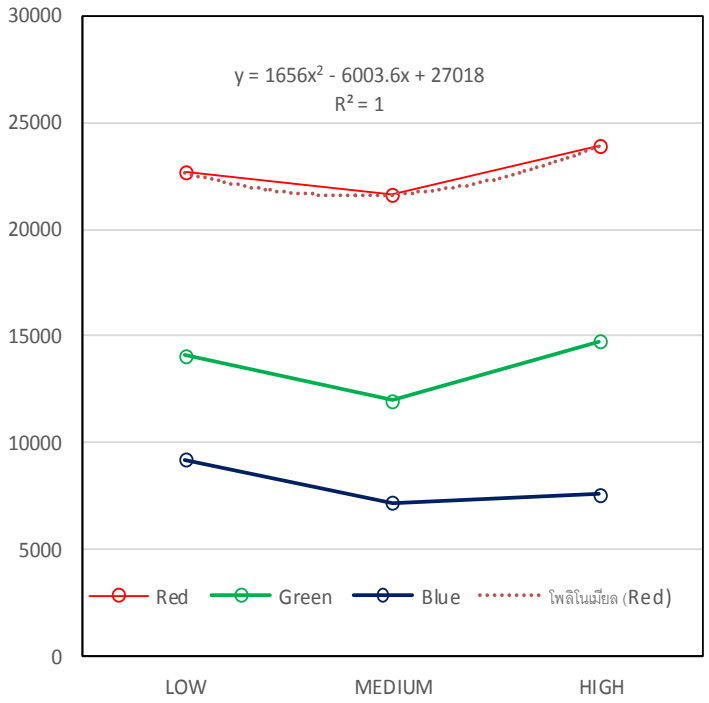
รูปที่ 41 การใช้เลนส์ร่วมกับวิเคราะห์สีแปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model โดยแถบสีมาตรฐานไนเตรต



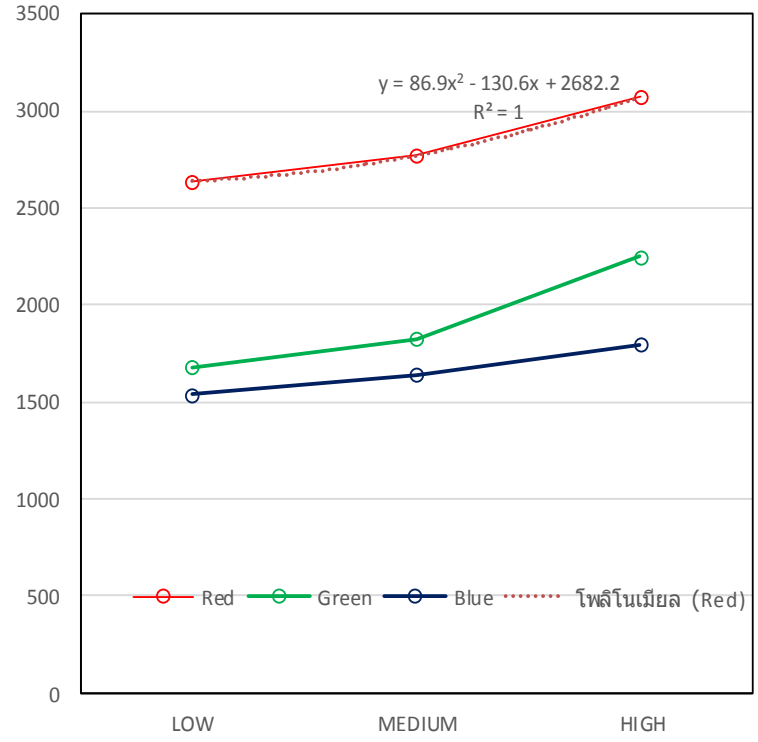
รูปที่ 42 การวิเคราะห์สีแปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model แถบสีมาตรฐานฟอสฟอรัส



รูปที่ 43 การใช้เลนส์ร่วมกับวิเคราะห์สีแปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model โดยแถบสีมาตรฐานฟอสฟอรัส



รูปที่ 44 การวิเคราะห์สีแปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model แถบสีมาตรฐานโพแทสเซียม



รูปที่ 45 การใช้เลนส์ร่วมกับวิเคราะห์สีแปลงค่าเป็นสีในระบบแม่สี RGB Color Model โดยแถบสีมาตรฐานฟอสฟอรัส

จากการทดลองพบว่าเมื่อเทียบการอ่านค่าแถบสีมาตรฐานจากชุดตรวจดินแบบปกติเทียบกับแบบใส่เลนส์นั้นค่าที่อ่านได้นั้น เส้นกราฟที่ได้มีความชันเพิ่มขึ้นทำให้สามารถแยกปริมาณธาตุอาหารในดินได้ดียิ่งขึ้นตามไปด้วย โดยเลือกค่าสีมา 1 ชนิด เพื่อใช้ในการแยกปริมาณธาตุอาหารในดินดังนี้

ไนเตรค ใช้สีแดง (RED) ใช้สมการ $y=-44.958x^3 + 624.26x^2 - 2906.7x +6031.6$

$R^2 = 0.9998$

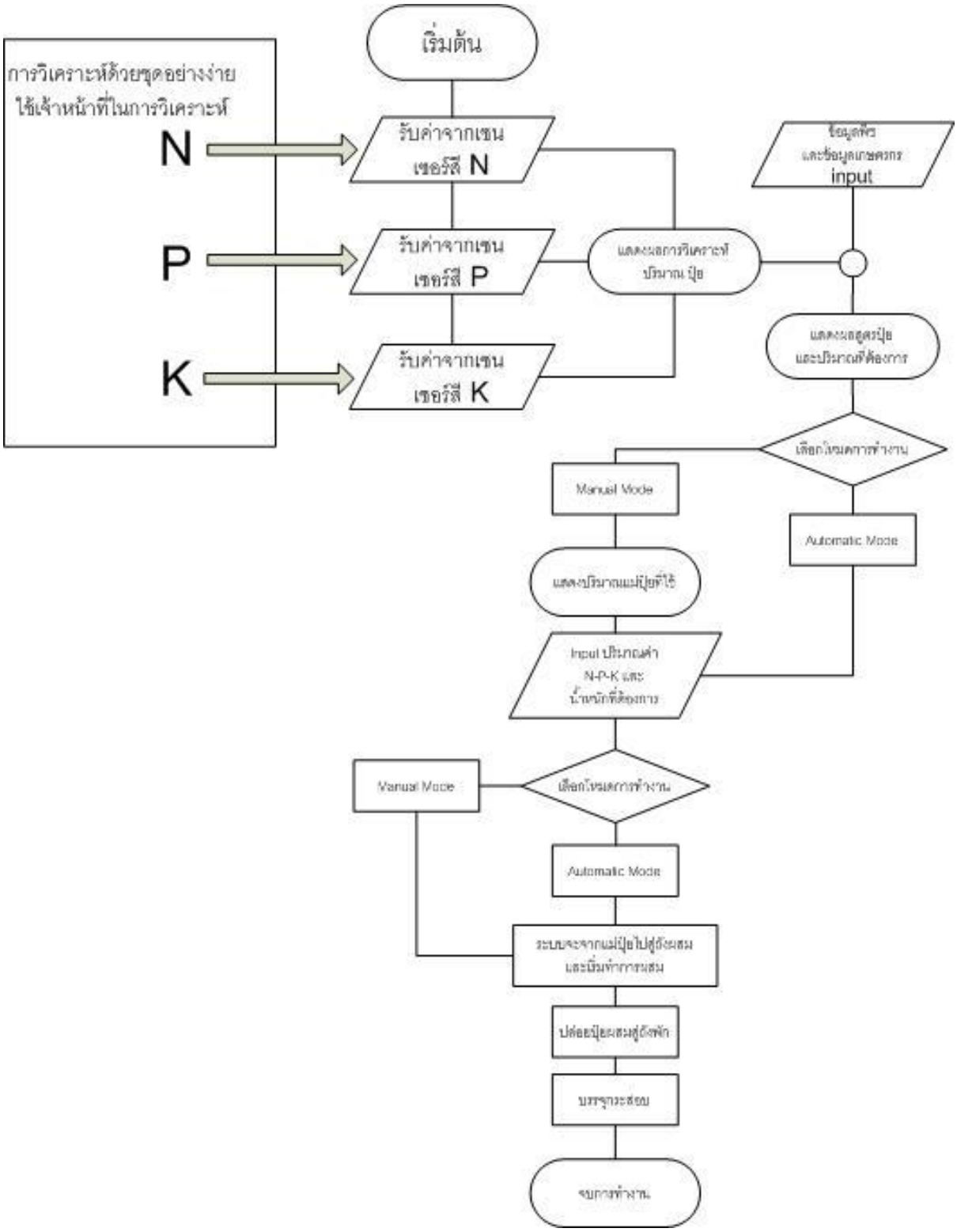
ฟอสฟอรัส ใช้สีน้ำเงิน (BLUE) ใช้สมการ $y = -122.67x^3 + 1296.6x^2 - 5825.9x + 13956$

$R^2 = 0.9943$

โพแทสเซียม ใช้สีแดง (RED) ใช้สมการ $y = 86.9x^2 - 130.6x + 2682.2$

$R^2 = 1$

การพัฒนาระบบควบคุม PLC Development Flow



รูปที่ 46 ระบบควบคุม PLC Development Flow

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย สามารถสรุปผลได้เป็น 2 ส่วน คือ ระบบทางกลของการผสม และระบบการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินจากชุดวิเคราะห์อย่างง่าย พบว่า 1) การผสมควรมีการเลือกชนิดแม่ปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกันในการทำปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งจะช่วยให้การผสมเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอและลดอิทธิพลจากการแยกตัว ของขนาดปุ๋ย โดยปริมาณการผสมไม่ส่งผลต่อสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารในแต่ละช่วงของการบรรจุซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการใช้เครื่องหยอดปุ๋ยจากปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งในการผสมปุ๋ยเพื่อการบรรจุสำหรับกลุ่มเกษตรเกษตรควรมีพิกัดความคลาดเคลื่อน +4% เพื่อให้ปุ๋ยที่ผ่านการผสมและทำการสุ่มตรวจอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม พรบ. ปุ๋ย 2) การพัฒนาเซนเซอร์และระบบควบคุมเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติ พบว่า การใช้เซนเซอร์สีกับชุดตรวจธาตุอาหารในดินอย่างง่ายไม่สามารถใช้ได้โดยตรง เนื่องจากการสะท้อนแสงของภาชนะทำผลการวิเคราะห์ไม่คงที่และถูกต้อง เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์จะใช้การถ่ายภาพเพื่อแปลงการสะท้อนของภาพเป็นสี แต่เมื่อในสภาพภาพปกติสีจะมีความแตกต่างและเกิดความแปรปรวนเช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินควรใช้ภาพเป็นการวิเคราะห์ และทำการปรับเปรียบเทียบสีมาตรฐาน (Calibration curve) เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงและใช้การรวมแสงเพื่อการแยกชนิดสีจะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์มีความชันสูงขึ้นและส่งผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารได้อย่างละเอียดมากขึ้น โดยการวิเคราะห์สีแยกเป็น R G B พบว่าธาตุอาหารสำหรับพืชไร่ เช่นอ้อย การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจะวิเคราะห์ปริมาณ ไนเตรต ซึ่งพบว่าการใช้สีแดงเพียงสีเดียวสามารถแยกความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินได้ดีที่สุด โดยสมการความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 3 (polynomial equation order 3) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 0.9998 และมีสมการ $y=-44.958x^3 + 624.26x^2 - 2906.7x +6031.6$ ส่วนการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส การใช้สีน้ำเงินเพียงสีเดียวสามารถแยกความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินได้ดีที่สุด เนื่องจากความชันของสมการมีค่ามากที่สุด โดยสมการความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 3 (polynomial equation order 3) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 0.9943 และมีสมการ $y = -122.67x^3 + 1296.6x^2 - 5825.9x + 13956$ ส่วนโพแทสเซียมการใช้สีแดงเพียงสีเดียวสามารถแยกความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสีน้ำเงิน โดยสมการความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 2 (polynomial equation order 2) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 1 และมีสมการ $y = 86.9x^2 - 130.6x + 2682.2$ ซึ่งสมการทั้ง 3 ได้นำมาเป็นข้อมูลในระบบ PLC ในการประมวลธาตุอาหารในดินเพื่อการผสมปุ๋ย

กิจกรรมที่ 2

ทดสอบและพัฒนาเครื่องหยอดปุ๋ยสำหรับปุ๋ยผสม

ขนิษฐ์ หว่านณรงค์, อัคคพล เสนาณรงค์, พินิจ จิรัคคกุล
เวียง อากรชี, อุทัย ธานี

คำสำคัญ: เครื่องหยอดปุ๋ย, ปุ๋ยเชิงผสม

บทคัดย่อ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ได้พัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยสำหรับปุ๋ยผสมในอ้อยแบบ 2 แถว ติดพ่วงรถแทรกเตอร์ขนาด 60 แรงม้า ขึ้นไป เพื่อใช้กับปุ๋ยที่ผสมเองตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยสามารถเลือกเปลี่ยนอัตราหยอดได้ครอบคลุม ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร มีส่วนประกอบหลักคือ ถังใส่ปุ๋ย 2 ถัง สำหรับใส่ปุ๋ยที่ผสมไว้แล้วตามค่าวิเคราะห์ดิน ชุดกำหนดอัตราปุ๋ยแบบเฟืองจักรยาน สามารถปรับอัตราหยอดได้ตั้งแต่ 7-87 กิโลกรัม/ไร่ ใบมีดตัดใบอ้อยแบบกงจักร ท่อนำปุ๋ย ขาไถเปิดร่องดิน และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย จากการทดสอบในแปลงอ้อย พบว่า เครื่องต้นแบบมีความสามารถการทำงานเฉลี่ย 5.30 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 1.23 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 65.88% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.70 ลิตร/ไร่

Abstract

A two-row sugarcane fertilizer applicator attached with a 4-wheel tractor (60 hp up) for bulk-blended fertilizer was developed by Agricultural Engineering Research Institute (AERI). It was suitable for farmers who want to follow the site-specific fertilizer recommendations from DOA. Since, it provides a wide range in the application rate. The prototype consisted of 2 hopper, metering mechanisms which provide application rate 7-87 kg/rai, straw cutting disk (toothed edge), delivery tube, reaper and ground wheel. Testing were conducted in sugarcane field. Testing results found that average field capacity was 5.30 rai/h, at average travelling speed of tractor 1.23 m/s, average field efficiency was 65.88% and average fuel consumption was 1.70 lit/rai

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการการใช้ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในช่วงปี 2552-2557 มีปริมาณการนำเข้าปุ๋ยเคมีปีละประมาณ 3.83-5.42 ล้านตัน มูลค่า 42,666-66,103 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) เกษตรกรส่วนใหญ่จะพิจารณาใช้ปุ๋ยตามปัจจัยด้านราคาปุ๋ยเคมี ราคาผลผลิต พื้นที่เพาะปลูก ปริมาณผลผลิต (พรรณพิมล, 2558) ซึ่งไม่ได้คำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ดั้งเดิมในดิน จึงทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยในอัตราและสูตรเหมือนกันทั่วทั้งแปลง ซึ่งอาจไม่ตรงต่อความต้องการของพืช ยิ่งไปกว่านั้นการใส่ปุ๋ยมากเกินไปนอกจากจะทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายแล้ว ยังทำให้เกิดโรคและแมลงระบาดมากขึ้น และการใช้ไนโตรเจนมากเกินไปทำให้เกิดมลภาวะทางสิ่งแวดล้อม เพราะปุ๋ยไนโตรเจนจะถูกชะล้างไปกับน้ำได้ง่ายจึงปนเปื้อนลงสู่น้ำใต้ดินและไหลลงสู่แม่น้ำลำคลอง ในขณะเดียวกันก็ส่งผลกระทบต่อพืช โดยพืชจะมีอาการอวบน้ำ อ่อนแอ เฝือใบ ล้มง่าย เกิดโรคระบาดของโรคและแมลงติดตามมา (ทัศนีย์, 2555)

ในช่วงปี 2540–2551 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้พัฒนาเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยที่มีความแม่นยำสำหรับข้าว ข้าวโพด และอ้อย ต่อมาได้เรียกว่า เทคโนโลยี “ปุ๋ยสั่งตัด” โดยนำข้อมูลพันธุ์พืช แสง อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน ชุดดิน และ เอ็น-พี-เค ในดินในขณะนั้น มากำหนดคำแนะนำการใช้ปุ๋ย โดยใช้แม่ปุ๋ยDAP (18-46-0), KCl (0-0-60) และ $(NH_4)_2SO_4$ (46-0-0) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาผสมกัน (ทัศนีย์, 2555)

กรมวิชาการเกษตร (2553) ได้ออกคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าว พืชไร่ ไม้ผล พืชผัก ปาล์มน้ำมัน ยางพารา โดยมีคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและการใส่ปุ๋ยตามลักษณะเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ซึ่งคำแนะนำอัตราการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินดังกล่าวมีช่วงกว้าง ตัวอย่างเช่น คำแนะนำการใส่ปุ๋ยสำหรับอ้อยมีตั้งแต่ 10-87 กิโลกรัม/ไร่ ทำให้เกษตรกรไม่สามารถปฏิบัติตามคำแนะนำปุ๋ยที่ได้พัฒนาขึ้นมาได้ เนื่องจากเครื่องใส่ปุ๋ยอยู่ในปัจจุบันจะใส่ปุ๋ยได้ปริมาณเดียว หรือเปลี่ยนอัตราหยอดได้เล็กน้อยโดยการซื้อเฟืองโซ่มาเปลี่ยน

คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยผสมตามค่าวิเคราะห์ดินติดพ่วงรถแทรกเตอร์สำหรับอ้อย เพื่อใส่ปุ๋ยได้ครอบคลุมตามอัตราการใส่ที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร เครื่องใส่ปุ๋ยดังกล่าวจะมีส่วนสนับสนุนให้เกษตรกรหันมาใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินมากขึ้น ทำให้เกิดการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดการสูญเสียทรัพยากรได้ ซึ่งสอดคล้องกับนโยบายปรับโครงสร้างเศรษฐกิจภาคเกษตร เพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช โดยใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ โดยเฉพาะการใช้ปุ๋ยตามคุณสมบัติของดินแต่ละชนิด ทั้งนี้เพื่อลดต้นทุนการผลิตและพัฒนาคุณภาพผลผลิต

ระเบียบวิธีการวิจัย

1) ตรวจสอบเอกสารที่เกี่ยวข้อง และสำรวจข้อมูลการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย เพื่อวิเคราะห์ปัญหา และแนวทางการออกแบบเครื่องต้นแบบแนวทางการออกแบบเครื่องต้นแบบ

2) ออกแบบและสร้างเครื่องใส่ปุ๋ยผสมตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยแบบ 2 แถว โดยมีถังปุ๋ย 2 ถัง สำหรับใส่ปุ๋ยที่ผสมไว้แล้ว ชุดกำหนดอัตราปุ๋ยแบบเฟืองจักรยาน สามารถปรับอัตราหยอดได้กว้าง ใบมีดตัดใบอ้อย ท่อนำปุ๋ย ขาไถเปิดร่องดิน และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย

3) ทดสอบเบื้องต้นในห้องปฏิบัติการ และปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ เพื่อให้ได้สูตรปุ๋ยและอัตราการใส่ปุ๋ยที่ถูกต้องตามทฤษฎี

4) ทดสอบการทำงานจริงของเครื่องต้นแบบในแปลงของเกษตรกรที่ปลูกอ้อย เพื่อหาค่าความสามารถการทำงานจริงในสนาม ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และความถูกต้องของอัตราการใส่ปุ๋ยในแปลงจริง

5) วิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และสรุปผลการวิจัย เพื่อให้ได้ข้อมูลการทำงาน ข้อจำกัดในการทำงานของเครื่องต้นแบบ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลในการเผยแพร่เครื่องต้นแบบให้กับกลุ่มเกษตรกรที่มีความเหมาะสมในการใช้เครื่องใส่ปุ๋ยอัตโนมัติ

สถานที่ทำการทดลอง/วิจัย

- สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
- แปลงปลูกพืชของเกษตรกร

ระยะเวลาทำการวิจัย

ตุลาคม 2557 – กันยายน 2558 รวม 2 ปี

ผลการทดลองและวิจารณ์

การใส่ปุ๋ยเคมีในอ้อย

กรมวิชาการเกษตร (2555) ได้แนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีในพืชเศรษฐกิจสำหรับอ้อยตามค่าวิเคราะห์ดิน ไว้ในตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 1 การใช้ปุ๋ยเคมีกับอ้อยปลูก

แบบที่	ค่าวิเคราะห์ดิน			คำแนะนำการใช้ปุ๋ย (กก./ไร่)				
	อินทรียวัตถุ (OM)%	ฟอสฟอรัส (P) มก./กก.	โพแทสเซียม (K) มก./กก.	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2
				46-0-0	18-46-0	0-0-60	รวม	46-0-0
1	<1	<15 หรือ >15	<90	17	13	20	50	17
2	<1	<15 หรือ >15	>90	17	13	10	40	17
3	>1	<15 หรือ >15	<90	10	13	20	44	10
4	>1	<15 หรือ >15	>90	10	13	10	34	10

ตารางที่ 2 การใช้ปุ๋ยเคมีกับอ้อยตอ

แบบที่	ค่าวิเคราะห์ดิน			คำแนะนำการใช้ปุ๋ย (กก./ไร่)				
	อินทรียวัตถุ (OM)%	ฟอสฟอรัส (P) มก./กก.	โพแทสเซียม (K) มก./กก.	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2
				46-0-0	18-46-0	0-0-60	รวม	46-0-0
1	<1	<15	<60	21	26	40	87	21
2	<1	<15	>60	21	26	30	77	21
3	<1	>15	<60	22	20	40	82	22
4	<1	>15	>60	22	20	30	72	22
5	>1	<15	<60	14	26	40	81	14
6	>1	<15	>60	14	26	30	71	14
7	>1	>15	<60	16	20	40	75	16
8	>1	>15	>60	16	20	30	65	16

ในปี 2542 ทัศนีย์และคณะ จากมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ประดิษฐ์ชุดตรวจสอบ เอ็น-พี-เค ในดิน ซึ่งชุดตรวจดินอย่างง่ายนี้มีความรวดเร็วในการประมวลผลเพียง 30 นาที ซึ่งมีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์สมบัติของดินในแปลงเกษตรกร ที่ไม่ต้องการผลที่มีความแม่นยำสูงมากเทียบเท่าระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะแสดงถึงปริมาณสูงต่ำของปริมาณธาตุอาหาร จากนั้นจึงเลือกใช้สูตรปุ๋ยและอัตราตามตารางที่แนะนำ โดยใช้ปุ๋ยหลักที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยโปแตสเซียม ที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมาผสมกัน คำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยปลูก ดังแสดงในตารางที่ 3 และคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับสำหรับอ้อยตอ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 คำแนะนำการใช้ปุ๋ย เอ็น-พี-เค สำหรับอ้อยปลูก

แบบ	ค่าวิเคราะห์ดิน			คำแนะนำการใช้ปุ๋ย (กก./ไร่)				
	เอ็น (N)	พี (P)	เค (K)	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2
				46-0-0	18-46-0	0-0-60	รวม	46-0-0
1	ต่ำ	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	8	13	20	41	14
2	ต่ำ	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	8	13	10	31	14
3	ต่ำ	สูง	ต่ำ-ปานกลาง	11	7	20	38	14
4	ต่ำ	สูง	สูง	11	7	10	28	14
5	ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	2	13	20	35	7
6	ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	2	13	10	25	7
7	ปานกลาง	สูง	ต่ำ-ปานกลาง	4	7	20	31	7
8	ปานกลาง	สูง	สูง	4	7	10	21	7

ตารางที่ 4 คำแนะนำการใช้ปุ๋ย เอ็น-พี-เค สำหรับอ้อยตอ

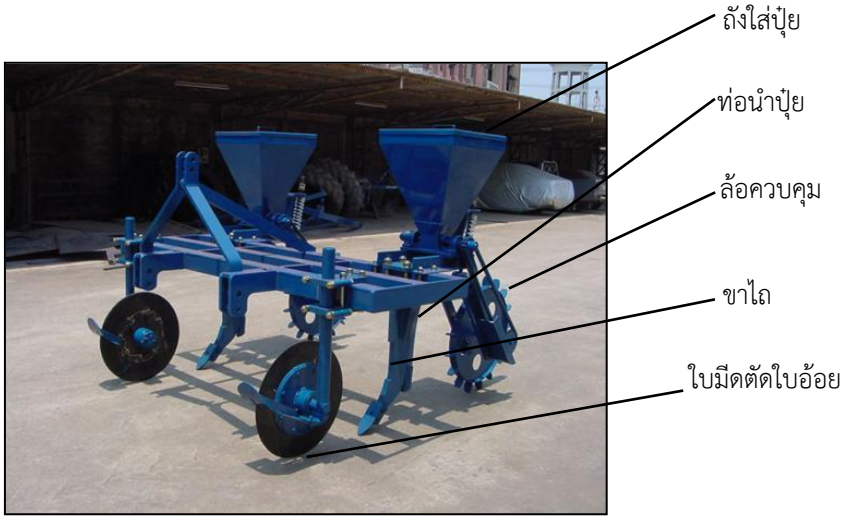
แบบ	ค่าวิเคราะห์ดิน			คำแนะนำการใช้ปุ๋ย (กก./ไร่)				
	เอ็น (N)	พี (P)	เค (K)	ครั้งที่ 1				ครั้งที่ 2
				46-0-0	18-46-0	0-0-60	รวม	46-0-0
1	ต่ำ	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	12	20	30	62	20
2	ต่ำ	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	12	20	20	52	20
3	ต่ำ	สูง	ต่ำ-ปานกลาง	15	13	30	58	20
4	ต่ำ	สูง	สูง	15	13	20	48	20
5	ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	6	20	30	56	13
6	ปานกลาง	ต่ำ-ปานกลาง	สูง	6	20	20	46	13
7	ปานกลาง	สูง	ต่ำ-ปานกลาง	8	13	30	51	13
8	ปานกลาง	สูง	สูง	8	13	20	41	13

จากคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยทั้งของกรมวิชาการเกษตร และของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พบว่าอัตราการใช้ปุ๋ยครั้งที่ 1 ใช้ปุ๋ยหลักที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ (18-46-0) ปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) และปุ๋ยโปแตสเซียม (0-0-60) อยู่ในช่วง 21-87 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนการใช้ปุ๋ยครั้งที่ 2 เป็นปุ๋ยไนโตรเจน (46-0-0) อยู่ในช่วง 7-22 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นจะต้องออกแบบชุดเฟืองโซ่ให้ปรับอัตราหยอดตั้งแต่
7-87 กิโลกรัม/ไร่ และสามารถเลือกเปลี่ยนเฟืองโซ่ได้ง่าย

เครื่องใส่ปุ๋ยอ้อยที่ใช้ในประเทศ

เครื่องฝังปุ๋ยที่เกษตรกรใช้สำหรับบำรุงอ้อยตอภายในประเทศ จะมีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ปลูกในแต่ละภาคซึ่งมีผลจากห่างระหว่างร่องของอ้อย 80-150 ซม. ชนิดของเครื่องมีทั้งแบบ 2 หรือ 4 ขาไถ อัตราการฝังปุ๋ย 30-75 กิโลกรัมต่อไร่ เกษตรกรจะฝังปุ๋ยลึก 10-30 ซม. อัตราการทำงาน 6-10 ไร่/วัน ใช้ต้นกำลังรถแทรกเตอร์ขนาด 80 แรงม้าขึ้นไป โดยเกษตรกรจะรีบฝังปุ๋ยทันทีหลังเก็บเกี่ยวอ้อย ส่วนปริมาณปุ๋ยที่ใช้เกษตรกรจะพิจารณาจากสภาพของดินและน้ำที่อ้อยจะได้รับ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่มีการวิเคราะห์ดินก่อนใส่ปุ๋ยเนื่องจากเห็นว่ามีความยุ่งยาก

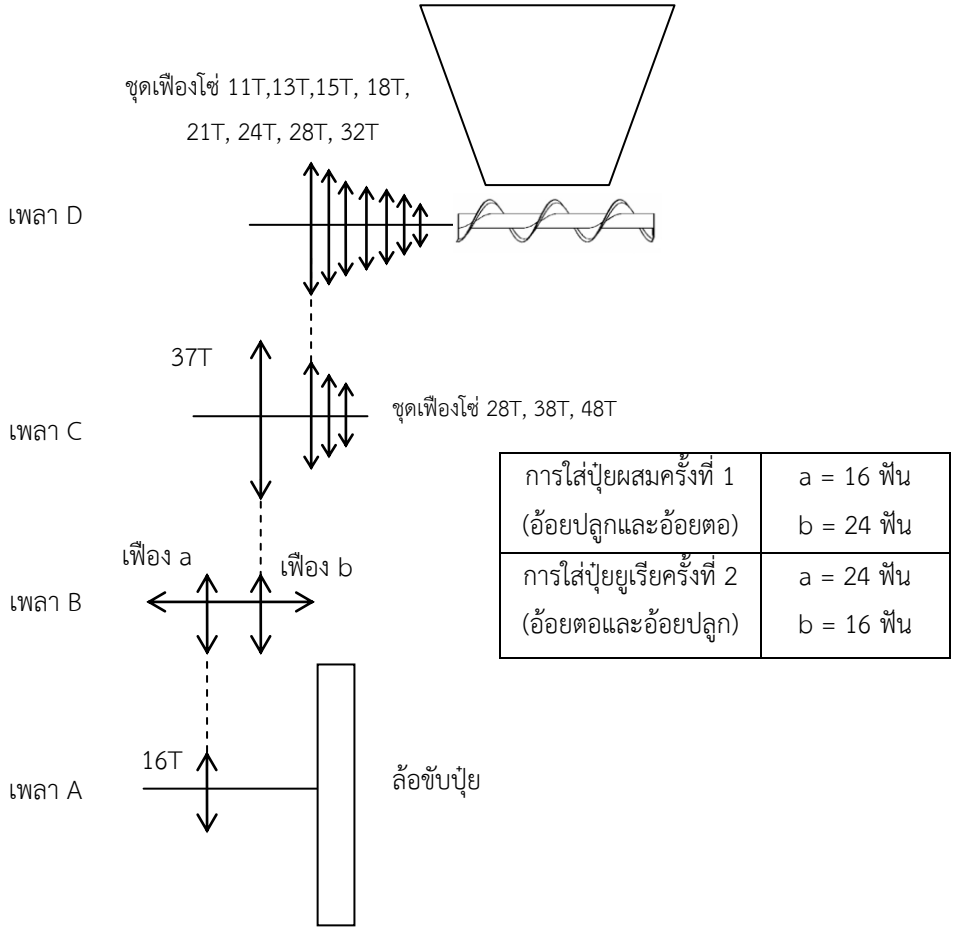
เครื่องจักรกลเกษตรสำหรับใส่ปุ๋ยในระดับที่รากอ้อย คือเครื่องฝังปุ๋ย มีส่วนประกอบหลักคือ ถังใส่ปุ๋ย ท่อนำปุ๋ย ขาไถเปิดร่องดิน ใบมีดตัดใบอ้อย และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย ดังแสดงในรูปที่ 1 การใช้งานของเกษตรกรจะใช้รถแทรกเตอร์ลากพ่วงเครื่องฝังปุ๋ยคร่อมระหว่างแถวอ้อย ใช้กดขาไถเข้าไปในดินความลึก 10-30 ซม. ขณะเคลื่อนที่ล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ยจะสัมผัสดินทำให้กลไกการปล่อยปุ๋ยทำงาน ทำให้ปุ๋ยไหลมาตามท่อนำปุ๋ยเข้าสู่ร่องดินที่ขาไถเปิดไว้ (วิชัย และคณะ, 2556)



รูปที่ 1 เครื่องฝังปุ๋ยที่จำหน่ายในท้องตลาด
ที่มา: วิชัย และคณะ (2556)

การพัฒนาต้นแบบ

ในปี 2557 ได้ทำการพัฒนาเครื่องต้นแบบจากเครื่องฝั่งปุ๋ยที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ที่เกษตรกรนิยมใช้ ของบริษัท ก.แสงยนต์ ลูกแก จำกัด ซึ่งเป็นเครื่องใส่ปุ๋ยระดับที่รากอ้อยความลึก 10-30 ซม. ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือถังใส่ปุ๋ย ใบมีดตัดใบอ้อย ขาไถเปิดร่องดิน ท่อนำปุ๋ย และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย ทำการพัฒนาเพื่อให้ปรับอัตราการใส่ปุ๋ยอ้อยได้ตามค่าวิเคราะห์ดิน ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร โดยการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เป็นการใส่ปุ๋ยผสมอัตราตั้งแต่ 33.5-87.0 กิโลกรัม/ไร่ และการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 เป็นการใส่ปุ๋ยยูเรีย อัตราตั้งแต่ 10.5-22.5 กิโลกรัม/ไร่ โดยใช้ชุดเฟืองโซ่ของจักรยานยี่ห้อ SHIMANO ซึ่งมีเฟืองโซ่สับจานหน้าขนาด 28, 38 และ 48 ฟัน และชุดเฟืองโซ่ดุมล้อหลังจักรยานขนาด 11, 13, 15, 18, 21, 24, 28 และ 32 ฟัน ซึ่งสามารถเลือกเกียร์ได้ 24 แบบ มาติดตั้งกับชุดเกลียวลำเลียงปุ๋ย เพื่อเปลี่ยนรอบหมุนของเกลียวลำเลียงเพื่อให้ได้อัตราการใส่ปุ๋ยอ้อยตามค่าวิเคราะห์ดิน ผังชุดเฟืองโซ่ถ่ายทอดกำลัง ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 ชุดเฟืองโซ่ถ่ายทอดกำลัง

การทดสอบในห้องปฏิบัติการ

ได้ทำการทดสอบเพื่อสอบเทียบอัตราการใส่ปุ๋ยที่เกียร์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ โดยหมุนล้อขับจำนวน 10 รอบ และชั่งน้ำหนักปุ๋ยที่ได้ ค่าอัตราการใส่ปุ๋ยผสม NPK (ความหนาแน่นปุ๋ยเท่ากับ 0.947 ตัน/ลูกบาศก์เมตร) และปุ๋ยยูเรีย (ความหนาแน่นปุ๋ย เท่ากับ 0.7282 ตัน/ลูกบาศก์เมตร) สำหรับใส่อ้อยปลูกและอ้อยตอครั้งที่ 1 และ 2 สามารถคำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 5 และ ตารางที่ 6 อย่างไรก็ตามอัตราการใส่ปุ๋ยที่คำนวณได้ขึ้นกับความหนาแน่นของปุ๋ยสูตรต่างๆ ก่อนการทดสอบจริงจำเป็นต้องสอบเทียบอัตราของปุ๋ยที่ใช้ก่อน และการสอบเทียบต้องทำในแปลงทดสอบอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากในดินที่มีความชื้นสูงล้อขับปุ๋ยอาจเกิดการลื่นไถลได้ถึง 10%

ตารางที่ 5 อัตราปุ๋ยผสม NPK (กิโลกรัม/ไร่) สำหรับใส่อ้อยปลูกและอ้อยตอครั้งที่ 1

เฟืองขับ	เฟืองตาม	อัตราทด	น้ำหนักปุ๋ยผสม NPK (กรัม/10รอบ)	อัตราปุ๋ยผสม NPK ที่ระยะห่างระหว่างแถวปลูกต่างๆ (กิโลกรัม/ไร่)				
				1.2 ม.	1.3 ม.	1.4 ม.	1.5 ม.	1.6 ม.
28	11	2.545	1145.80	81.70	75.41	70.03	65.36	61.27
	13	2.154	942.23	67.18	62.01	57.58	53.75	50.39
	15	1.867	822.80	58.67	54.15	50.29	46.93	44.00
	18	1.556	689.85	49.19	45.40	42.16	39.35	36.89
	21	1.333	609.00	43.42	40.08	37.22	34.74	32.57
	24	1.167	537.30	38.31	35.36	32.84	30.65	28.73
	28	1.000	461.47	32.90	30.37	28.20	26.32	24.68
	32	0.875	357.660	25.50	23.54	21.86	20.40	19.13
38	11	3.455	1462.18	104.26	96.24	89.36	83.40	78.19
	13	2.923	1243.30	88.65	81.83	75.98	70.92	66.49
	15	2.533	1064.80	75.92	70.08	65.08	60.74	56.94
	18	2.111	914.23	65.19	60.17	55.87	52.15	48.89
	21	1.810	758.86	54.11	49.95	46.38	43.29	40.58
	24	1.583	704.200	50.21	46.35	43.04	40.17	37.66
	28	1.357	587.610	41.90	38.67	35.91	33.52	31.42
	32	1.188	526.67	37.55	34.66	32.19	30.04	28.16
48	11	4.364	1878.20	133.92	123.62	114.79	107.13	100.44

	13	3.692	1572.76	112.14	103.51	96.12	89.71	84.10
	15	3.200	1370.40	97.71	90.19	83.75	78.17	73.28
	18	2.667	1136.48	81.03	74.80	69.46	64.83	60.77
	21	2.286	984.76	70.21	64.81	60.18	56.17	52.66
	24	2.000	862.97	61.53	56.80	52.74	49.22	46.15
	28	1.714	733.700	52.31	48.29	44.84	41.85	39.24
	32	1.500	625.800	44.62	41.19	38.25	35.70	33.47

หมายเหตุ: ที่ความหนาแน่นปุ๋ย (Bulk density) เท่ากับ 0.947 ตัน/ลูกบาศก์เมตร

ตารางที่ 6 อัตราปุ๋ยยูเรีย (กิโลกรัม/ไร่) สำหรับใส่อ้อยปลูกและอ้อยตอครั้งที่ 2

เฟืองขับ	เฟืองตาม	อัตราทด	น้ำหนักปุ๋ยยูเรีย (กรัม/10รอบ)	อัตราปุ๋ยยูเรียที่ระยะห่างระหว่างแถวปลูกต่างๆ (กิโลกรัม/ไร่)				
				1.2 ม.	1.3 ม.	1.4 ม.	1.5 ม.	1.6 ม.
28	11	2.545	451.20	32.17	29.70	27.58	25.74	24.13
	13	2.154	405.65	28.92	26.70	24.79	23.14	21.69
	15	1.867	380.79	27.15	25.06	23.27	21.72	20.36
	18	1.556	273.52	19.50	18.00	16.72	15.60	14.63
	21	1.333	252.90	18.03	16.65	15.46	14.43	13.52
	24	1.167	250.60	17.87	16.49	15.32	14.29	13.40
	28	1.000	193.53	13.80	12.74	11.83	11.04	10.35
	32	0.875	158.33	11.29	10.42	9.68	9.03	8.47
38	11	3.455	651.24	46.43	42.86	39.80	37.15	34.83
	13	2.923	560.47	39.96	36.89	34.25	31.97	29.97
	15	2.533	463.20	33.03	30.49	28.31	26.42	24.77
	18	2.111	393.23	28.04	25.88	24.03	22.43	21.03
	21	1.810	342.80	24.44	22.56	20.95	19.55	18.33
	24	1.583	322.95	23.03	21.26	19.74	18.42	17.27
	28	1.357	264.88	18.89	17.43	16.19	15.11	14.16
	32	1.188	208.64	14.88	13.73	12.75	11.90	11.16

48	11	4.364	772.27	55.06	50.83	47.20	44.05	41.30
	13	3.692	654.33	46.65	43.07	39.99	37.32	34.99
	15	3.200	585.32	41.73	38.52	35.77	33.39	31.30
	18	2.667	514.42	36.68	33.86	31.44	29.34	27.51
	21	2.286	446.82	31.86	29.41	27.31	25.49	23.89
	24	2.000	388.31	27.69	25.56	23.73	22.15	20.77
	28	1.714	328.87	23.45	21.65	20.10	18.76	17.59
	32	1.500	271.34	19.35	17.86	16.58	15.48	14.51

หมายเหตุ: ที่ความหนาแน่นปุ๋ย (Bulk density) เท่ากับ 0.7282 ตัน/ลูกบาศก์เมตร

การทดสอบต้นแบบเบื้องต้น

นำเครื่องต้นแบบซึ่งเป็นแบบแถวเดียวไปทดสอบในแปลงอ้อยของโรงงานน้ำตาลพิษณุโลก เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ในการทำงาน โดยติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ New Holland รุ่น 6600 ขนาด 77 แรงม้า ใช้เกียร์ Low 2 ความเร็วรถแทรกเตอร์ประมาณ 0.5 เมตร/วินาที จากการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถทำงานได้โดยไม่ชำรุด ฝังปุ๋ยได้ลึกประมาณ 15 ซม. แต่เมื่อเครื่องต้นแบบทำงานในสภาพแปลงที่ใบอ้อยจำนวนมาก จานสับใบอ้อยไม่สามารถตัดใบอ้อยได้ขาด จึงทำให้เกิดการสะสมใบดังรูปที่ 3

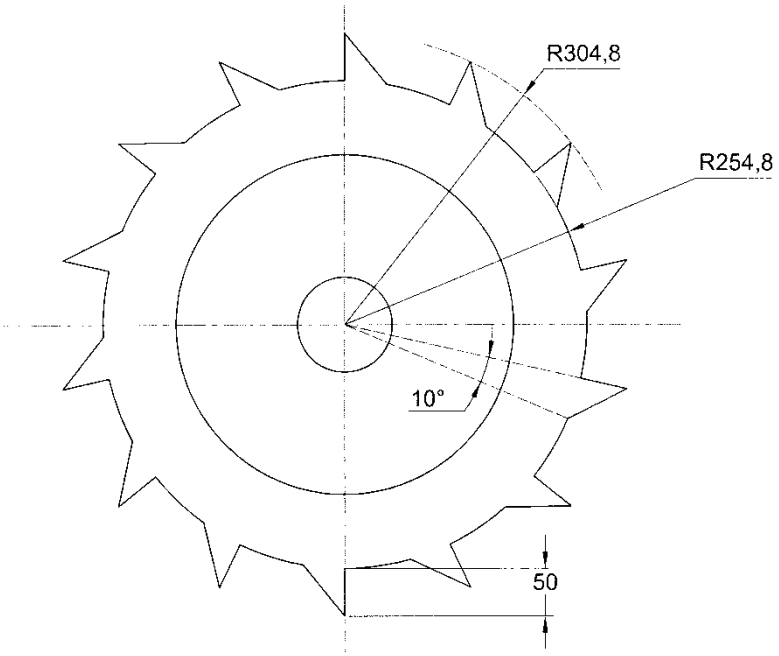
จากการศึกษารูปแบบของจานตัดเศษซากอ้อยในต่างประเทศ พบว่าใบตัดแบบที่มีลักษณะเป็นซี่จะช่วยลดแรงตัดใบอ้อยทั้งแรงในแนวราบ แนวดิ่ง และแรงบิดได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับแบบใบตัดเรียบ (Bianchini et al, 2014) จึงได้ดำเนินการสร้างใบตัดเป็นแบบซี่ รูปที่ 4

รูปที่ 3 การทดสอบการทำงานเบื้องต้น ใบอ้อยสะสมเนื่องจากสับใบไม่ขาด

รูปที่ 4 ใบตัดที่สร้างขึ้นใหม่

ได้เครื่องต้นแบบที่ออกแบบใบตัดใหม่ไปทดสอบในแปลง พบว่าใบตัดแบบซี่มีแนวโน้มตัดใบได้ดี แต่เนื่องจากเส้นผ่านศูนย์กลางของใบมีดขนาด 22 นิ้ว มีขนาดเล็กเกินไปเมื่อนำมาตัดเป็นกงจักรแล้วมีส่วนใบที่จะเฉือนน้อยทำให้ตัดใบไม่ขาดในบางช่วงที่ใบอ้อยหนา (รูปที่ 5) จึงได้ออกแบบใหม่ให้ใช้ใบจานแบนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 24 นิ้ว จำนวน 2 ใบ มาตัดดังรูปที่ 6 และสร้างต้นแบบใหม่เป็นแบบแถวคู่เพื่อให้ทำงานได้ครั้งละ 2 แถว

รูปที่ 5 ทดสอบใบตัดแบบกงจักรที่สร้างขึ้นใหม่ในแปลง



รูปที่ 6 ใบตัดแบบกงจักรที่ออกแบบใหม่

ได้ทำการทดสอบการทำงานเบื้องต้นในแปลงอ้อยอายุประมาณ 3 เดือน อ. บางกระทุ่ม จ. พิษณุโลก (รูปที่ 2.7) ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย 1.5 เมตร โดยติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ New Holland รุ่น Anglo-Thai ATS 120 ขนาด 120 แรงม้า ใช้เกียร์ Low 4 จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่า ใบตัดที่ออกแบบใหม่มีแนวโน้มทำงานได้ดี ซึ่งกรีดลงบนดินได้ลึกโดยไม่ต้องถ่วงน้ำหนัก แต่เนื่องจากขณะทดสอบใบอ้อยในแปลงค่อนข้างน้อยจึงยังไม่เห็นผลชัดเจน (รูปที่ 7) ได้ทดสอบใส่ปุ๋ยสูตร 24-12-24 ในอัตรา 54 กิโลกรัม/ไร่ สภาพแปลงขณะทำการทดสอบ

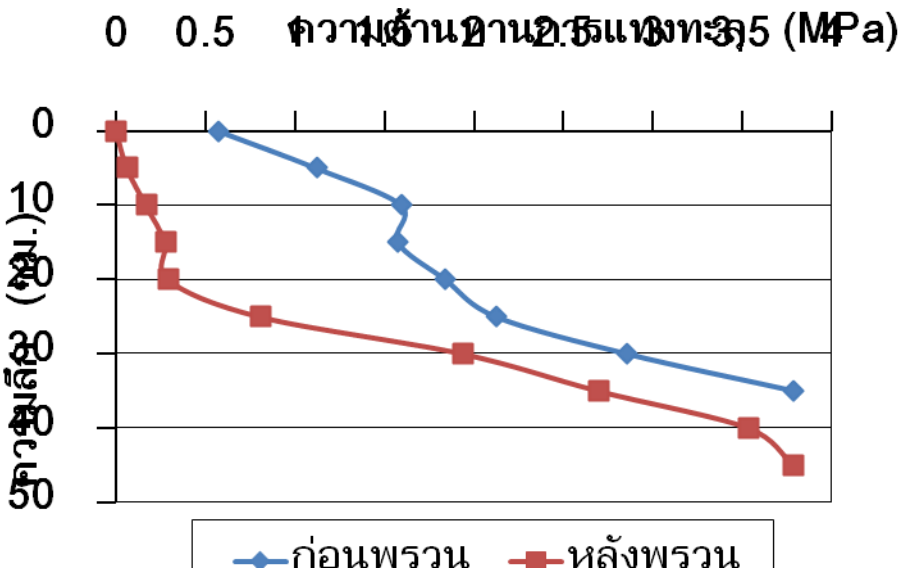
ความชื้นของดิน 13.32 % มาตรฐานแห้ง

ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.21 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความต้านทานการแทงทะลุ ที่ความลึก 20 ซม. ประมาณ 2 Mpa

จากการทดสอบพบว่า ความสามารถการทำงาน 5.55 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.09 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงาน 75.25% หลังการทดสอบวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุ ที่ความลึก 20 ซม. ได้น้อยกว่า 0.5 Mpa (รูปที่ 8)

รูปที่ 7 ทดสอบต้นแบบสองแถวในแปลง



รูปที่ 8 ค่าความต้านทานการแทงทะลุที่ระดับความลึกต่างๆ

การทดสอบการทำงานจริง

แปลงอ้อยตอแบบเผาใบ

ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยตอแบบเผาใบ สภาพดินในแปลงค่อนข้างแข็งและแห้ง ที่ อ. บางกระทุ่ม จ. พิษณุโลก (รูปที่ 9) ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย 1.4 เมตร โดยติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ New Holland รุ่น Anglo-Thai ATS 120 ขนาด 120 แรงม้า

ความชื้นของดิน 5.22 % มาตรฐานแห้ง

ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.598 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความต้านทานการแทงทะลุ ที่ความลึก 5 ซม. ประมาณ 3.8 Mpa

ความหนาแน่นใบอ้อย 211.5 กรัม/ตร.ม.

จากการทดสอบพบว่า ความสามารถการทำงาน 5.37 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.40 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงาน 61.14% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.89 ลิตร/ไร่

รูปที่ 9 ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยเผาใบ จ. พิษณุโลก

แปลงอ้อยตอแบบไม่เผาใบ

ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยตอแบบไม่เผาใบ ซึ่งใช้แรงงานคนเก็บเกี่ยวอ้อย และสภาพดินในแปลงค่อนข้างแข็งและแห้ง ที่ อ. บางกระทุ่ม จ. พิษณุโลก ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย 1.5 เมตร โดยติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ New Holland รุ่น Anglo-Thai ATS 120 ขนาด 120 แรงม้า จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่าเครื่องต้นแบบไม่สามารถทำงานได้ในสภาพที่ใบอ้อยสะสมในแปลงจำนวนมากได้ ต้องหยุดทำงานเพื่อเอาใบอ้อยออก (รูปที่ 10) เนื่องจากใบอ้อยไปสะสมอยู่บริเวณขาริปเปอร์ตัวริม จึงได้ทดสอบโดยเอาขาริปเปอร์ออก ให้เหลือแบบใส่ปุ๋ยแถวเดี่ยว (รูปที่ 11) พบว่าสามารถทำงานได้ดีขึ้น ใบอ้อยสามารถหมุนออกไปด้านข้างได้เอง

ความชื้นของดิน 3.77 % มาตรฐานแห้ง

ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.700 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความต้านทานการแทงทะลุ ที่ความลึก 5 ซม. ประมาณ 3.8 Mpa

ความหนาแน่นใบอ้อย 872.3 กรัม/ตร.ม.

จากการทดสอบพบว่า ความสามารถการทำงานแบบแถวเดี่ยว 2.21 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.36 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงาน 48.02% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 2.49 ลิตร/ไร่ ประสิทธิภาพการทำงานค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีการหยุดรถแทรกเตอร์เพื่อเอาใบอ้อยออกบางช่วง

รูปที่ 10 สภาพที่ใบอ้อยสะสมในแปลงจำนวนมากได้ต้องหยุดทำงานเพื่อเอาใบอ้อยออก

รูปที่ 11 ทดสอบต้นแบบโดยใช้แถวเดียว

แปลงอ้อยตอ

ได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยตอ สภาพดินในแปลงผ่านการกำจัดวัชพืชด้วยจอบหมุนแล้ว ที่ อ. บ้านไร่ จ. อุทัยธานี (รูปที่ 12) ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย 1.5 เมตร โดยติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ New Holland รุ่น 7810 ขนาด 100 แรงม้า

ความชื้นของดิน 8.68 % มาตรฐานแห้ง

ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.539 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความต้านทานการแทงทะลุ ที่ความลึก 20 ซม. ประมาณ 2.54 Mpa

จากการทดสอบพบว่า ความสามารถการทำงาน 5.09 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.06 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงาน 71.32% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.48 ลิตร/ไร่

รูปที่ 12 ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยตอ จ. อุทัยธานี

แปลงอ้อยปลูก

ได้ทำการทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยปลูก สภาพดินในแปลงผ่านการกำจัดวัชพืชด้วยจอบหมุนแล้ว ที่ อ. บ้านไร่ จ. อุทัยธานี (รูปที่ 13) ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย 1.5 เมตร โดยติดพ่วงกับรถแทรกเตอร์ New Holland รุ่น 6640 ขนาด 76 แรงม้า

ความชื้นของดิน 10.13 % มาตรฐานแห้ง

ความหนาแน่นดินสภาพแห้ง 1.2947 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

ค่าความต้านทานการแทงทะลุ ที่ความลึก 20 ซม. ประมาณ 3.34 Mpa

จากการทดสอบพบว่า ความสามารถการทำงาน 5.44 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 1.24 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงาน 65.19% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 1.72 ลิตร/ไร่

รูปที่ 13 ทดสอบเครื่องต้นแบบในแปลงอ้อยปลูก จ. อุทัยธานี

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

กำหนดให้ราคารถแทรกเตอร์ขนาด 75 แรงม้า เท่ากับ 930,000 บาท เครื่องหยอดปุ๋ยสำหรับปุ๋ยผสม ราคา 90,000 บาท รวมราคาทั้งหมด 1,020,000 บาท โดยใช้งานรถแทรกเตอร์ 10 ปี และอุปกรณ์ 7 ปี

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของแทรกเตอร์ต้นกำลัง

ราคารถแทรกเตอร์, P	= 930,000	บาท
ราคาซาก, S	= 20 %ของ P	บาท
อายุการใช้งาน, N	= 10	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i	= 5.5	เปอร์เซ็นต์/ปี
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	= 19.29 (ม.ค. 2559)	บาท/ลิตร
อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	= 1.70	ลิตร/ไร่
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	= 10% ของค่าน้ำมัน	
ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์และคนงาน 1 คน	= 300	บาท/วัน/คน
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	= 0.50% ของP/100 ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง

ค่าในการคำนวณต้นทุนค่าใช้จ่ายของเครื่องหยอดปุ๋ย

ราคา, P_1	90,000	บาท
ราคาซาก, S_1	10%ของ P_1	บาท
อายุการใช้งาน, N_1	7	ปี
อัตราดอกเบี้ย, i_1	5.5	เปอร์เซ็นต์ต่อปี

ค่าบำรุงรักษา	0.5% ของ P_1/100ชั่วโมง	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	5.30	ไร่/ชั่วโมง
พื้นที่ทำงานต่อปี	A	ไร่

การคำนวณต้นทุนต่อปีของรถแทรกเตอร์		
ราคารถแทรกเตอร์	930,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	74,400	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	30,690	บาท/ปี
รวมต้นทุนคงที่	105,090	บาท/ปี
ต้นทุนคงที่ในการเป็นต้นกำลังของเครื่องหยอดปุ๋ย (หนึ่งในสี่ของค่าใช้จ่ายคงที่รวม)	26,272.50	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	173.46	บาท/ชั่วโมง
ค่าน้ำมันหล่อลื่น	17.35	บาท/ชั่วโมง
ค่าแรงขับรถแทรกเตอร์และคนงานรวม 4 คน	37.50	บาท/ชั่วโมง
ค่าบำรุงรักษารถแทรกเตอร์	46.50	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	274.81	บาท/ชั่วโมง

การคำนวณต้นทุนต่อปีของเครื่องหยอดปุ๋ย

ราคา, P	90,000	บาท
<u>ค่าต้นทุนคงที่:</u>		
ค่าเสื่อมราคา	11,571.43	บาท/ปี
ค่าดอกเบี้ยในการลงทุน	2,722.50	บาท/ปี
ค่าต้นทุนคงที่ของรถแทรกเตอร์	26,272.50	บาท/ปี
รวมค่าต้นทุนคงที่	40,566.43	บาท/ปี
<u>ค่าต้นทุนผันแปร:</u>		
ค่าบำรุงรักษาเครื่องหยอดปุ๋ย	4.50	บาท/ชั่วโมง
ค่าต้นทุนผันแปรของรถแทรกเตอร์	274.81	บาท/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	279.31	บาท/ชั่วโมง
ความสามารถการทำงาน	5.30	ไร่/ชั่วโมง
รวมค่าต้นทุนผันแปร	52.70	บาท/ไร่

ความสัมพันธ์ของต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องหยอดปุ๋ยต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ (A)
สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

ต้นทุนต่อปีในการใช้เครื่องหยอดปุ๋ย, บาท/ไร่ = ต้นทุนคงที่ + ต้นทุนผันแปร

= (26,272.50/A)+52.70 (1)

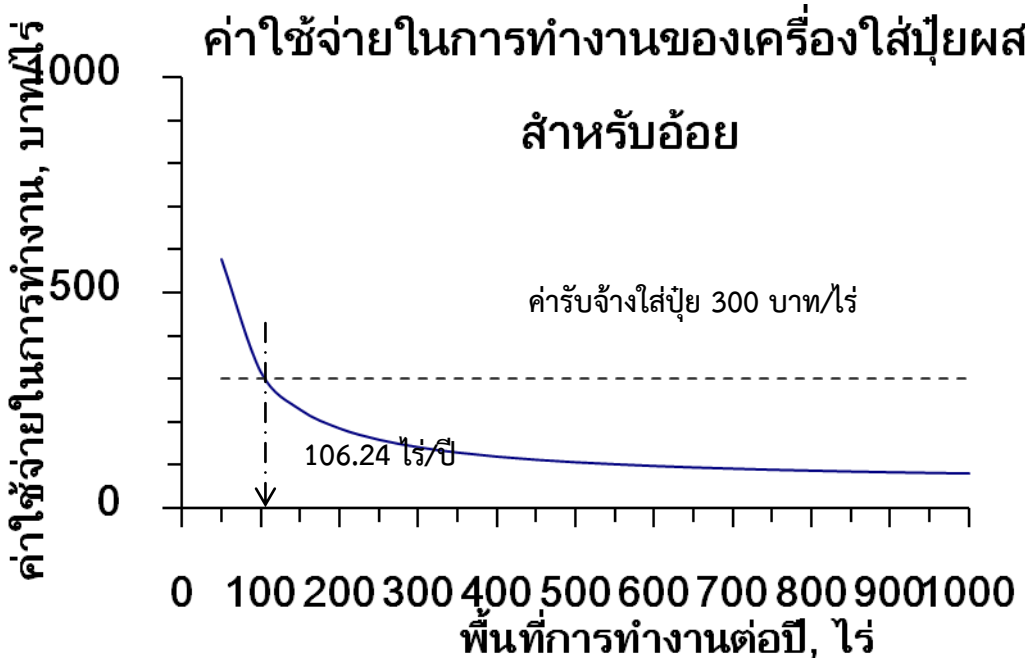
จุดที่คุ้มทุนของการใช้งานเครื่องหยอดปุ๋ย สามารถคำนวณได้เมื่อต้นทุนในการใช้งานเครื่องหยอดปุ๋ย
ในสมการที่ (1) เท่ากับราคารับจ้างฝังปุ๋ยในปัจจุบันเท่ากับ 300 บาท/ไร่ (วิชัย และคณะ, 2555)

ต้นทุนในการใช้งานเครื่องหยอดปุ๋ย = ค่ารับจ้างฝังปุ๋ย

(26,272.50/A)+52.70 = 300

A = 106.24 ไร่/ปี

จากการคำนวณสามารถเขียนกราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยผสม และราคารับจ้างฝังปุ๋ย 300 บาท/ไร่ ได้ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 กราฟแสดงความความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการใช้งานเครื่องใส่ปุ๋ยผสม และราคารับจ้างฝังปุ๋ย

จากกราฟจะเห็นว่าถ้าเกษตรกร ควรจะพิจารณาเลือกซื้อเครื่องใส่ปุ๋ยผสม มาใช้งานหรือรับจ้าง ควรมีพื้นที่การใช้งานหรือรับจ้างไม่ต่ำกว่า 106.24 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มทุน

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ได้พัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยผสมสำหรับอ้อยแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลักคือ ถังใส่ปุ๋ย 2 ถัง สำหรับใส่ปุ๋ยที่ผสมไว้แล้วตามค่าวิเคราะห์ดิน ชุดกำหนดอัตราปุ๋ยแบบเฟืองจักรยาน สามารถปรับอัตราหยอดได้ตั้งแต่ 10-87 กิโลกรัม/ไร่ ใบมีดตัดใบอ้อยแบบกงจักร ท่อนำปุ๋ย ขาไถเปิดร่องดิน และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย การใช้งานจะใช้รถแทรกเตอร์ขนาดมากกว่า 60 แรงม้า ติดพ่วงเครื่องใส่ปุ๋ย จากนั้นเกษตรกรจะต้องเลือกเฟืองขับและเฟืองตามให้ได้อัตราหยอดตามที่ต้องการ ในการทำงานรถแทรกเตอร์จะวิ่งคร่อมต้นอ้อย ใบตัดด้านหน้าจะทำหน้าที่ตัดเศษใบอ้อยที่อยู่ในแปลง ถัดจากนั้นขาไถจะขุดเข้าไปในดินความลึก 10-30 ซม. ขณะที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ยจะสัมผัสดิน ทำให้กลไกการปล่อยปุ๋ยทำงาน ปุ๋ยจะไหลมาตามท่อนำปุ๋ยมาที่ขาไถและปล่อยลงสู่ดินที่เปิดไว้

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบพบว่า มีความสามารถการทำงานเฉลี่ย 5.30 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 1.23 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 65.88% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.70 ลิตร/ไร่ จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน พบว่า เกษตรกรควรจะพิจารณาเลือกซื้อเครื่องใส่ปุ๋ยผสม มาใช้งานหรือรับจ้าง ควรมีพื้นที่การใช้งานหรือรับจ้างไม่ต่ำกว่า 106.24 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มทุน

เครื่องใส่ปุ๋ยผสมสามารถใช้กับการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ โดยสามารถเลือกเปลี่ยนอัตราหยอดได้ ครอบคลุมอัตราการใช้ปุ๋ยอ้อยที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร แม้จะไม่สามารถใส่ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำเนื่องจากระบบการขับลูกหยอดปุ๋ยเป็นแบบเฟือง แต่ก็สามารถเลือกอัตราการใส่ปุ๋ยได้ใกล้เคียงคำแนะนำ ซึ่งจะมีอัตราความผิดพลาดไม่เกิน 10% อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโดยใช้เครื่องต้นแบบนี้จะต้องมีใบอ้อยในแปลงไม่มากจนเกินไป จึงจะใช้เครื่องใส่ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องใส่ปุ๋ยผสมดังกล่าวจะมีส่วนช่วยสนับสนุนการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามนโยบายของรัฐบาล

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินและเครื่องใส่ปุ๋ยผสมตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย การวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินจากชุดวิเคราะห์อย่างง่าย พบว่า ควรมีการเลือกชนิดแม่ปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกันในการทำปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งจะช่วยให้การผสมเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอและลดอิทธิพลจากการแยกตัวของขนาดปุ๋ย โดยปริมาณการผสมไม่ส่งผลต่อสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารในแต่ละช่วงของการบรรจุซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการใช้เครื่องหยอดปุ๋ยจากปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งในการผสมปุ๋ยเพื่อการบรรจุสำหรับกลุ่มเกษตรเกษตรควรมีพิกัดความคลาดเคลื่อน +4% เพื่อให้ปุ๋ยที่ผ่านการผสมและทำการสุ่มตรวจอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม พรบ. ปุ๋ย ส่วนการใช้เซนเซอร์และระบบควบคุมในการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน พบว่า การใช้เซนเซอร์สีกับชุดตรวจธาตุอาหารในดินอย่างง่ายไม่สามารถใช้ได้โดยตรง เนื่องจากการสะท้อนแสงของภาชนะทำผลการวิเคราะห์ไม่คงที่และถูกต้อง เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์จะใช้การถ่ายภาพเพื่อแปลงการสะท้อนของภาพเป็นสี แต่เมื่อในสภาพภาพปกติสีจะมีความแตกต่างและเกิดความแปรปรวนเช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินควรใช้ภาพเป็นการวิเคราะห์ และทำการปรับเปรียบเทียบสีมาตรฐาน (Calibration curve) เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรง และใช้การรวมแสงเพื่อการแยกชนิดสีจะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์มีความชันสูงขึ้นและส่งผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารได้อย่างละเอียดมากขึ้น โดยการวิเคราะห์สีแยกเป็น R G B พบว่า ธาตุอาหารสำหรับพืชไร่เช่นอ้อย การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนจะวิเคราะห์ปริมาณ ไนเตรต ซึ่งพบว่าการใช้สีแดงเพียงสีเดียวสามารถแยกความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินได้ดีที่สุด โดยสมการความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 3 (polynomial equation order 3) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 0.9998 และมีสมการ $y=-44.958x^3 + 624.26x^2 - 2906.7x +6031.6$ ส่วนการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส การใช้สีน้ำเงินเพียงสีเดียวสามารถแยกความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินได้ดีที่สุด เนื่องจากความชันของสมการมีค่ามากที่สุด โดยสมการความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 3 (polynomial equation order 3) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 0.9943 และมีสมการ $y = -122.67x^3 + 1296.6x^2 - 5825.9x + 13956$ ส่วนโพแทสเซียมการใช้สีแดงเพียงสีเดียวสามารถแยกความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินได้ดีที่สุด ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับสีน้ำเงิน โดยสมการความสัมพันธ์ของความถี่กับความเข้มข้นมีสมการเป็นโพลิโนเมียลลำดับ 2 (polynomial equation order 2) และค่าความเชื่อมันมีค่าเท่ากับ 1 และมีสมการ $y = 86.9x^2 - 130.6x + 2682.2$ ซึ่งสมการทั้ง 3 ได้นำมาเป็นข้อมูลในระบบ PLC ในการประมวลธาตุอาหารในดินเพื่อการผสมปุ๋ยซึ่งสามารถนำไปต่อยอดในกิจกรรมต่อไป

ส่วนการพัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยผสมสำหรับอ้อยแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลักคือ ถังใส่ปุ๋ย 2 ถัง สำหรับใส่ปุ๋ยที่ผสมไว้แล้วตามค่าวิเคราะห์ดิน ชุดกำหนดอัตราปุ๋ยแบบเฟืองจักรยาน สามารถปรับอัตราหยอดได้ตั้งแต่ 10-87 กิโลกรัม/ไร่ ใบมีดตัดใบอ้อยแบบกงจักร ท่อนำปุ๋ย ขาไถเปิดร่องดิน และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย การใช้งานจะใช้รถแทรกเตอร์ขนาดมากกว่า 60 แรงม้า ติดพ่วงเครื่องใส่ปุ๋ย

จากนั้นเกษตรกรจะต้องเลือกเฟืองขับและเฟืองตามให้ได้อัตราหยอดตามที่ต้องการ ในการทำงานรถแทรกเตอร์จะวิ่งคร่อมต้นอ้อย ใบตัดด้านหน้าจะทำหน้าที่ตัดเศษใบอ้อยที่อยู่ในแปลง ถัดจากนั้นขาไถจะขุดเข้าไปในดินความลึก 10-30 ซม. ขณะที่รถแทรกเตอร์เคลื่อนที่ล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ยจะสัมผัสดิน ทำให้กลไกการปล่อยปุ๋ยทำงาน ปุ๋ยจะไหลมาตามท่อนำปุ๋ยมาที่ขาไถและปล่อยลงสู่ดินที่เปิดไว้

จากการทดสอบเครื่องต้นแบบพบว่า มีความสามารถการทำงานเฉลี่ย 5.30 ไร่/ชั่วโมง ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 1.23 เมตร/วินาที ประสิทธิภาพการทำงานเฉลี่ย 65.88% ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.70 ลิตร/ไร่ จากการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์เพื่อหาจุดคุ้มทุนในการทำงาน พบว่า เกษตรกรควรจะพิจารณาเลือกซื้อเครื่องใส่ปุ๋ยผสม มาใช้งานหรือรับจ้างควรมีพื้นที่การใช้งานหรือรับจ้างไม่ต่ำกว่า 106.24 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี จึงจะคุ้มทุน

เครื่องใส่ปุ๋ยผสมสามารถใช้กับการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ โดยสามารถเลือกเปลี่ยนอัตราหยอดได้ ครอบคลุมอัตราการใช้ปุ๋ยอ้อยที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร แม้จะไม่สามารถใส่ปุ๋ยได้อย่างแม่นยำเนื่องจากระบบการขับลูกหยอดปุ๋ยเป็นแบบเฟือง แต่ก็สามารถเลือกอัตราการใส่ปุ๋ยได้ใกล้เคียงคำแนะนำ ซึ่งจะมีอัตราความผิดพลาดไม่เกิน 10% อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโดยใช้เครื่องต้นแบบนี้จะต้องมีใบอ้อยในแปลงไม่มากจนเกินไป จึงจะใช้เครื่องใส่ปุ๋ยได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องใส่ปุ๋ยผสมดังกล่าวจะมีส่วนช่วยสนับสนุนการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินตามนโยบายของรัฐบาล

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 122 หน้า.

คลินิกเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่(2548). เครื่องผสมปุ๋ย PLC. 22 เมษายน 2555 http://www.clinictech.most.go.th/techlist/0214/agriculture/00000-393.html

มติคณะรัฐมนตรี.(2554). โครงการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยสั่งตัดเพื่อลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกรและโครงการเงินกู้ให้เกษตรกรจัดหาปุ๋ยของ ธกส.: 22 เมษายน 2555 http://www.dit.go.th/service/Pr/InfoService/group1/5.1/pdf/2554/78_100554.pdf

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร(2551). ปุ๋ยเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

ประธานกรรมการนโยบายและมาตรการช่วยเหลือเกษตรกร.(2554)รายงานความก้าวหน้าโครงการส่งเสริมการใช้ปุ๋ยเพื่อลดต้นทุนการผลิตของเกษตรกร: 22 มิย. 2554. http://new.measwatch.org/news/1799

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์ สมชายกรีฑาภิรมย์ และบุญแสน เตียวนุกูลธรรม. (2542). การวิเคราะห์ N P K ในดินอย่างง่าย วารสารดินและปุ๋ย 21: 46-51

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และคณะ(2550). การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน (ข้าวและอ้อย) สำนักงานกองทุนสนับสนุนงานวิจัย

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ รุ่งโรจน์ พิทักษ์ด่านธรรม.(2554) คลินิกปุ๋ยสั่งตัด : เกษตรกรสามารถลดต้นทุนการผลิตข้าวและข้าวโพดได้ด้วยตนเอง.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: http://www.ssnm.agr.ku.ac.th

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2555. การจัดการธาตุอาหารเฉพาะที่สำหรับข้าวโพด. สืบค้นจาก: http://www.ssnm.agr.ku.ac.th/main/Manage/Corn.htm [เม.ย. 2557].

พรรณพิมล ฉัตราคม. 2558. ความต้องการใช้ปุ๋ยในการเกษตรของประเทศไทย. ส่วนวิจัยครัวเรือนเกษตรการจัดการฟาร์มและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=684&filename=index [พ.ค. 2558].

ศุภกิตต์ สายสุนทร,ปัณณธร ภัทรสถาพรกุล, วีณา ชาลียุทธ,เยาวลักษณ์ พัสดุ และ นรินทร์ จันทวงศ์. (2553) การพัฒนาต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยหมักแบบถังหมุน.วารสารวิทศาสตร์การเกษตร 41: 25-28

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าปุ๋ยเคมีสูตรที่สำคัญ ปี 2552-2557 สืบค้นจาก: http://www.oae.go.th/download/FactorOfProduct/Fertilizer_value49-54.html [พ.ค. 2558].

วิชัย โอภานุกุล พินิจ จิรัคคกุล และ วีระ สุขประเสริฐ. 2556. รายงานวิจัยกิจกรรมสำรวจการใช้เครื่องฝังปุ๋ยอ้อยในประเทศ. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

Bianchini, A.; Daniel D. Valadão Junior; Rodrigo P. Rosa; Frederick Colhado and Rodrigo F. Daros. 2014. Soil chiseling and fertilizer location in sugarcane ratoon cultivation. Eng. Agríc. Jaboticabal, vol.34 no.1 p.57-65.

Katsuhiko Ogata(1990). Modern Control Engineering. Prentice Hall International Edition

Shibusawa,S., Anom,W.S.,H.,Sasao,A.,2000. On- line real time soil spectrophotometer. Proceedings of fifth International Conference on Precision Agriculture, July 16-19,2000. Bloommington, MN, USA

โครงการที่ 2

วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

คณะผู้วิจัย

นายวิชัย	โอภานุกุล	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายพินิจ	จิรคคกุล	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายตฤณสิษฐ์	ไกรสินบุรศักดิ์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายอานนท์	สายคำฟู	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายวีระ	สุขประเสริฐ	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายดนัย	ศาลทูนพิทักษ์	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายบาลทิตย์	ทองแดง	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายมงคล	ตุ่นเฮ้า	สังกัดสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

คำสำคัญ : อ้อย, ใบอ้อย, เครื่องจักรกลอ้อย

กิจกรรมที่ 1

ออกแบบและพัฒนากลไกการปลิด และเก็บใบอ้อย

ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, วิชัย โอภานุกุล, อานนท์ สายคำฟู, วีระ สุขประเสริฐ
มงคล ตุ่นเฮ้า และ พินิจ จิรัคคกุล
คำสำคัญ: อ้อย, ใบอ้อย, เครื่องจักรกลอ้อย

บทคัดย่อ

การพัฒนากลไกเพื่อใช้ปลิดและเก็บใบอ้อย ประกอบด้วยมอเตอร์กระแสตรงขนาด 900 วัตต์ เป็นตัวขับเคลื่อนการหมุนของลูกปลิดใบอ้อย แโละมีไมโครคอนโทรเลอร์ควบคุมการเปลี่ยนรอบตามความสูงของต้นอ้อย ผลการทดสอบหา duty cycle ที่เหมาะสมกับต้นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ความสูงเฉลี่ย 205 เซนติเมตร พบว่าความสูง 0-50 เซนติเมตร ใช้ duty cycle 80.56% รอบการหมุน 680 รอบต่อนาที, 50-90 เซนติเมตร ใช้ duty cycle 75.56% รอบการหมุน 680 รอบต่อนาที, 90-180 เซนติเมตร ใช้ duty cycle 77.78% รอบการหมุนของ 700 รอบต่อนาที และมากกว่า 180 เซนติเมตรขึ้นไปใช้ duty cycle 0% ส่วนผลการทดสอบชุดกลไกเมื่อนำไปติดตั้งกับรถแทรกเตอร์โดยใช้ความเร็วเคลื่อนที่ 2.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเชิงเส้นของลูกปลิดใบ 0.5 เมตรต่อวินาที ทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา มีอัตราการทำงาน 0.86 ไร่ต่อชั่วโมง พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 37.33 แอมป์ต่อชั่วโมงพบว่าทำให้ตาของต้นอ้อยมีการสูญเสียเล็กน้อยเพียง 1.38% โดยข้อมูลที่ได้นำไปใช้ในกิจกรรมที่ 2 ต่อไป

Abstracts

The slider – crank mechanism for the sugarcane leaf pruning roller consists of DC motor [900 w] to drive pruning roller and microcontroller to control rotation. This mechanism is tested with the Khon Kaen 3 sugarcane variety [6 months old and 205 cm stem height] to optimize duty cycle. The results indicated 80.56 % duty cycle and 680 rpm rotation at 0 – 50 cm height, 75.56% duty cycle and 680 rpm rotation at 50 – 90 cm height and 77.78% duty cycle and 700 rpm rotation at 90 – 180 cm height. Furthermore, the slider-crack mechanism is installed with tractor to estimate efficiency work. At 2.09 km/h tractor speed and 0.5 m/s a linear velocity in the counter-clockwise direction of pruning roller showed that the capacity, energy consumption and seed bud damage were 0.86 rai/h, 37.33 amp and 1.38%, respectively. The slider-crack mechanism is used to develop leaf pruning roller machine in next project.

บทนำ

ปัญหาการเผาอ้อยปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้น ในฤดูการเก็บเกี่ยว 2553/54 มีปริมาณอ้อยเผาใบถูกส่งเข้าโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศมากกว่า 4 ล้านตัน หรือประมาณ 61% (สำนักงานคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย, 2554) ซึ่งอ้อยที่ถูกเผาใบเหล่านี้จะเสียน้ำหนัก ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ สภาพดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ มีวัชพืชขึ้นเนื่องจากไม่มีเศษซากปกคลุมดิน เกิดการระบาดของแมลงศัตรูอ้อยได้ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายการในการปลูกดูแลอ้อยรุ่นต่อไปเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานน้ำตาลเนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต และต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเพื่อแก้ปัญหาส่งผลให้การหีบอ้อยทำได้ช้าลง ทางโรงงานน้ำตาลจึงตัดราคาสำหรับอ้อยเผาใบลงตันละ 20 บาท (วิชัย และคณะ, 2554)

รัฐบาลและโรงงานน้ำตาลจึงรณรงค์ให้มีการตัดอ้อยสด และประชาสัมพันธ์ถึงข้อดีในการตัดอ้อยสด อย่างไรก็ตามเกษตรกรยังมีแนวโน้มในการตัดอ้อยเผาใบสูงกว่าการตัดอ้อยสด จากผลสำรวจของวิชัย และคณะ (2554) 258 ตัวอย่างพบว่าการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน 88.54 % แบ่งเป็นการตัดอ้อยสด 39.54 % อ้อยเผาใบ 52.09 % และทั้งอ้อยสดกับอ้อยเผาใบ 8.36 % โดยการเก็บเกี่ยวอ้อยสดมีอัตราการทำงาน 1.41-3.35 ตัน/วัน/คน อ้อยเผาไฟมีอัตราการทำงาน 3.63-6.00 ตัน/วัน/คน ซึ่งสูงกว่าอ้อยตัดสดเป็นเท่าตัว สาเหตุเกิดจากความยากลำบากในการตัด ทำให้แรงงานที่ตัดอ้อยสดมีจำนวนน้อยลง และค่าจ้างแรงงานสูง

การทบทวนวรรณกรรม

ดังนั้นเมื่ออ้อยได้อายุเก็บเกี่ยวแล้ว กรมวิชาการเกษตร (2555) จึงแนะนำว่า ไม่ควรเผาใบแต่ใช้วิธีการตัดสางใบก่อนที่จะตัดอ้อย 2 เดือน ซึ่งจะทำให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก อากาศระบายได้ดี ลำต้นอ้อยได้รับแสงแดด ทำให้ขยายขนาดปล้อง อ้อยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น 15-20% อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดไข่และตัวอ่อนของเพลี้ยต่างๆที่เป็นศัตรูอ้อย นอกจากนี้ใบอ้อยที่ตัดสางแล้วจะคลุมดิน ทำให้เก็บความชื้นในดิน และป้องกันวัชพืชเจริญเติบโต

ในปี 2549 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร ได้พัฒนาเครื่องสางใบอ้อยขึ้นโดยติดตั้งกับรถไถเดินตามดังรูปที่ 1 ใช้ลูกตีใบ 2 ลูก ติดตั้งสองฝั่งบนและล่าง โดยแกนของลูกตีใบยึดติดกับเพลา เพลาหมุนด้วยรอบคงที่ประมาณ 700 rpm ซึ่งใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ของรถไถเดินตามถ่ายทอดกำลังผ่านสายพาน โครงของลูกตีใบยึดเส้นลวดเพื่อใช้สำหรับตีใบอ้อย โดยลูกตีใบจะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

รูปที่ 1 เครื่องสางใบอ้อยติดตั้งกับรถไถเดินตาม

เครื่องสางใบอ้อยติดตั้งรถไถเดินตาม สามารถทำงานได้ 16 เมตรต่อนาที และในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้เวลาในการสางใบ 70 นาที ต่อมาในปี 2550 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร ได้พัฒนาเครื่องสางใบอ้อยติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กดังรูปที่2 โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้มีดสางใบ และมีดตัดอ้อย พบว่าพื้นที่ 1 ไร่ เครื่องสางใบอ้อยใช้เวลา 1 ชั่วโมง 19 นาที ในขณะที่มีดสางใบที่ใช้แรงงานคนใช้เวลา 6 ชั่วโมง 12 นาที และมีดตัดอ้อยใช้เวลา 9 ชั่วโมง 19 นาที หลังสางใบอ้อยตรวจความเสียหายของอ้อยจากการสางใบ พบว่าอ้อยที่ใช้เครื่องสางใบติดตั้งรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กมีลำอ้อยหักล้ม 18.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนอ้อยที่ใช้มีดสางใบมีการหักล้ม 12.7 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำลำอ้อยที่มีการสางใบไปทดสอบความงอก พบว่า การสางใบอ้อยไม่ทำให้ตาอ้อยเสียหาย แต่อ้อยที่มีการสางใบก่อนการเก็บเกี่ยวกลับมีความงอกดีกว่าอ้อยที่ไม่มีการสางใบ คือ อ้อยที่มีการสางใบอ้อยด้วยเครื่องสางใบ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 72 เปอร์เซ็นต์ อ้อยที่มีการสางใบด้วยมีดสางใบ มีเปอร์เซ็นต์ความงอก 68 เปอร์เซ็นต์ และอ้อยที่ไม่มีการสางใบมีเปอร์เซ็นต์ความงอก 42 เปอร์เซ็นต์

รูปที่ 2 เครื่องสางใบอ้อยติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องสางใบอ้อยทั้งในภาคเอกชนสำหรับเกษตรกรที่ใช้แรงงานคนในการตัดอ้อยแบบไม่เผาใบ โดยเพิ่มลูกตีใบเป็น 4 ลูก เพื่อให้การตีใบอ้อยสะอาดขึ้น และเปลี่ยนจากเส้นลวดที่ใช้ตีใบอ้อยเป็นเอ็นตัดหญ้าแทน เพื่อลดความเสียหายจากการแตกหักของลำอ้อย ดังรูปที่ 3 อัตราการทำงาน 1.4 ไร่ต่อชั่วโมง รอบการหมุนของลูกตีใบประมาณ 800-900 รอบต่อนาที ทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 กิโลเมตร/ชั่วโมง (low 2) (อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2550)

รูปที่ 3 เครื่องสางใบอ้อยที่พัฒนาโดยเอกชน

.

เครื่องสางใบอ้อยที่ใช้อยู่ทั่วไปนี้ปกติจะใช้สางใบอ้อยสำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน เพราะการตัดอ้อยเข้าโรงงานจะไม่สนใจเรื่องการแตกหักของลำ หรือการเสียหายของตาอ้อย แต่ต้องการความสะอาดเพื่อให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้สางใบอ้อยสำหรับอ้อยทำพันธุ์ได้ เพราะตาอ้อยสูญเสียประมาณ 60-70% (อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2550)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

พัฒนากลไกการปลิดและเก็บใบอ้อยที่เหมาะสม

ของเขตการวิจัย

ออกแบบและสร้างกลไก สำหรับจัดการใบอ้อยแห้งก่อนเก็บเกี่ยว

สมมติฐาน

คิดจากพื้นฐาน การออกแบบให้สร้างได้ง่าย ใช้ชิ้นส่วนภายในประเทศ และบำรุงรักษาได้ง่าย รวมทั้งนำไปติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กได้ เพื่อใช้งานในไร่อ้อย

ระเบียบวิธีการวิจัย

1.ประเด็นวิจัย งานวิจัยในกิจกรรมที่ 1 นี้มุ่งเน้นที่จะรวบรวม ข้อมูลพื้นฐานของต้นอ้อยที่จะเก็บเกี่ยว อาทิ ความสูง ปริมาณใบอ้อยแห้งต่อพื้นที่ แรงที่ใช้ดึงใบอ้อยให้หลุดออกจากลำต้น ระยะแถวของต้น

2.สถานที่ทำการวิจัย แยกเป็น 2 ส่วนคือ สถานที่ออกแบบสร้างและทดสอบจะใช้ห้องปฏิบัติการและโรงปฏิบัติการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรุงเทพฯ และแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรสำหรับใช้ทดสอบภาคสนาม ในจังหวัดสุพรรณบุรี และกาญจนบุรี

3.ระยะเวลาการดำเนินงาน เริ่มต้น เดือนตุลาคม 2556 สิ้นสุด กันยายน 2557

4.วิธีดำเนินการ

4.1 หาข้อมูลพื้นฐานของต้นอ้อยพันธุ์ที่เกษตรกรนิยมปลูก และเก็บข้อมูลต่าง ๆ เพื่อนำมาออกแบบกลไกการปลิดและเก็บ

4.2 ออกแบบ สร้าง และทดสอบกลไก แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ มาหาประสิทธิภาพและสมรรถนะ โดยกำหนดเกณฑ์จากตัวแปรต่างๆ ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้เหมาะสมต่อการใช้งาน

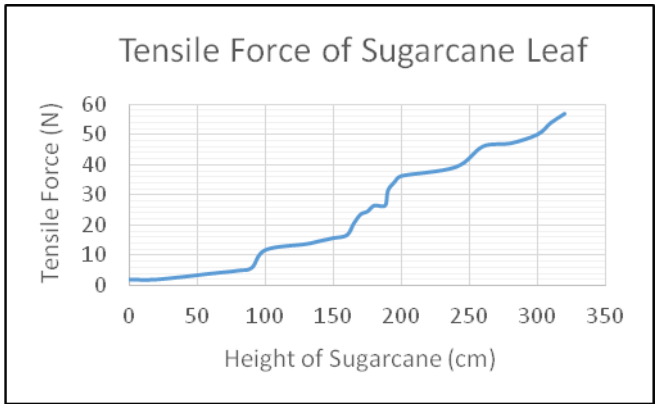
4.3 สรุปผลการวิจัย จัดทำรายงาน และเผยแพร่แก่ผู้สนใจ

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

การเก็บข้อมูลพื้นฐาน

จากการเก็บข้อมูลปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และแรงดึงใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ปลูกใหม่ อายุ 10 เดือน ที่อำเภอตากฟ้า จ.นครสวรรค์ พบว่า มีความสูงเฉลี่ย 2.86 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลางลำเฉลี่ย 3.1 เซนติเมตร เส้นรอบวงลำเฉลี่ย 9.8 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 มตร ปริมาณใบอ้อยจากการสางใบเฉลี่ย 1,335.5 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณใบอ้อย สรุปได้ 3 ปัจจัย คือ

1. ปัจจัยจากสภาพแวดล้อมในการปลูก หมายถึง ชุดดิน การให้น้ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดินและสภาพภูมิอากาศ
2. ปัจจัยจากเกษตรกรผู้ปลูกซึ่งก็คือวิธีการปลูก การวางท่อนพันธุ์อ้อย ระยะห่างระหว่างแถวปลูก ในกรณีใช้เครื่องปลูกจะรวมถึงความเร็วของแทรกเตอร์ที่ใช้ต่อพ่วงกับเครื่องปลูก เนื่องจากจะมีผลต่อความถี่ในการวางท่อนพันธุ์อ้อย
3. ปัจจัยจากพันธุ์อ้อย ได้แก่การแตกกอของอ้อย อ้อยปลูกใหม่ หรืออ้อยตอ

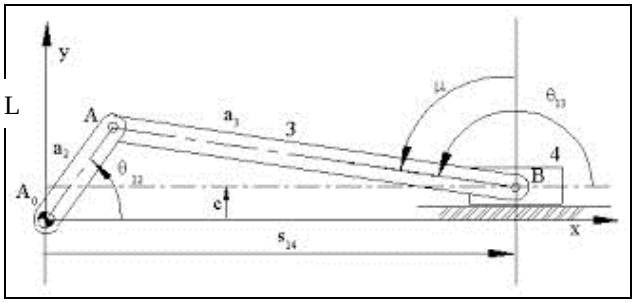


รูปที่ 4 กราฟที่ได้จากการวัดแรงดึงอ้อย

จากการวัดแรงดึงใบโดยใช้เครื่องชั่งสปริงดึงทั้งใบและกาบใบออกจะได้ผลดังรูปที่ 4 ทำให้ทราบว่าแรงดึงใบจะเพิ่มขึ้นตามความสูง และบางช่วงของความสูงจะมีการเปลี่ยนแรงดึงอย่างฉับพลัน เนื่องจากใบอ้อยบริเวณนั้นยังอ่อนกว่าใบอ้อยบริเวณช่วงที่ต่ำลงมาซึ่งแห้งกว่า สังเกตจากความชันของกราฟที่เปลี่ยนแปลงไป เช่นในช่วงความสูงตั้งแต่ 90 – 100 เซนติเมตร, 160 – 200 เซนติเมตร เป็นต้น

การออกแบบกลไก

การออกแบบจะออกแบบให้ลูกตีสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งได้โดยให้มีระยะในการตีที่สูง และใช้ลูกตีเพียงลูกเดียว กลไกที่จะนำมาใช้คือ กลไกเลื่อนข้อเหวี่ยง (Slider - Crank Mechanism) ซึ่งเป็นกลไกที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น ดังรูปที่ 5



ดังรูปที่ 5 โครงสร้างกลไก แบบ Slider - Crank

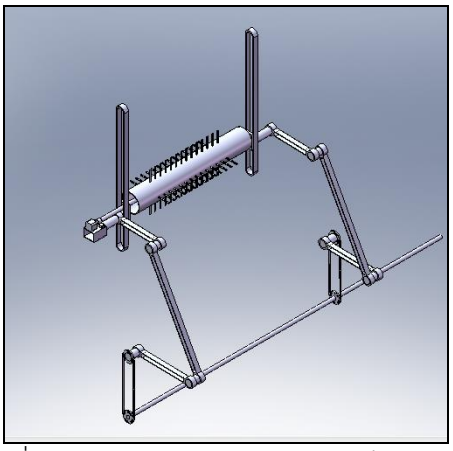
สมการที่ 1 ใช้คำนวณระยะการเคลื่อนที่ของกลไกแบบ Slider – Crank

$$X = R(1 - \cos\theta) + \frac{R^2}{2L}\sin^2\theta \qquad (1)$$

จากความกว้างของรถแทรกเตอร์มีค่า 108 cm และจุด c.g. (center of gravity) ของแทรกเตอร์ประกอบด้วย ระยะห่างจากกึ่งกลางล้อหลัง(ตามกว้าง) = 7.551 cm , ระยะห่างจากกึ่งกลางล้อหลัง

(ตามยาว) = 10.224 cm และระยะสูงจากพื้น = 9.125 cm โดยกำหนดระยะ R = 54 cm , L = 96 cm โดยมีจุดหมุนจากพื้นดินสูงขึ้นไป 216 cm จะได้ระยะเคลื่อนที่ X = 140 cm โดยกำหนด θ มีค่าสูงสุด 180° และติดตั้งเอ็นตีใบยาว 50 cmดังนั้นจะสามารถตีใบอ้อยสูงจากพื้นดินขึ้นไป 240 cm

จากนั้นเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 โมเดล กลไกการปลิดและเก็บใบอ้อย

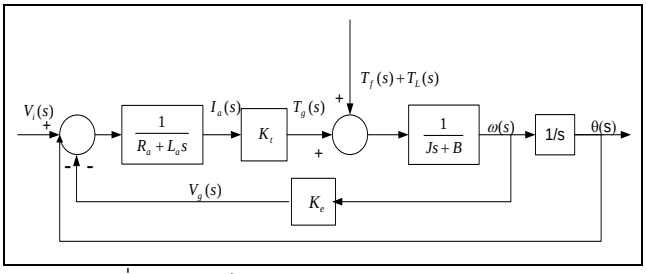
เลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 2.5 x 5 cm หนา 3.2 mm ในการทำแขน โดยแขนท่อน 1 ยาว 54 cm แขนท่อน 2 ยาว 96 cm และเพิ่มแขนท่อนที่ 3 ยาว 38.6 cm เพื่อกระจายแรงลัพธ์ และลดแรงเฉือนที่สลัก ทำให้ใช้สลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm ได้ โดยสลักระหว่างแขนท่อน 1 และ 2 เป็น Revolute joint ส่วนสลักระหว่างแขน 2 และ 3 เป็นสลักตายตัวเชื่อมติด แขน 3 ทำมุม 135° กับแขน 2 เมื่อประกอบเป็นโครงจะได้ต้นแบบดังรูปที่ 7 โครงใช้เหล็กกล่องขนาด 5 x 5 cm ส่วนระบบถ่ายทอดกำลังจะถ่ายทอดกำลังผ่านเพลาอำนวยกำลัง (PTO) ต่อผ่านชุดห้องเกียร์ทด 1:60 ไปขับเพลาลอย ซึ่งเพลาลอยจะติดตั้งเฟืองโซ่เบอร์ 50 จำนวน 20 ฟันเป็นเฟืองขับ และถ่ายทอดไปขับเพลาที่ติดตั้งสูงขึ้นไป 216 cm โดยติดตั้งเฟืองโซ่เบอร์ 50 จำนวน 80 ฟันเป็นเฟืองตาม เพลาจะเป็นจุดหมุนไปขับแขนท่อนที่ 1 ซึ่งทั้งหมดใช้โซ่เบอร์ 50 เป็นตัวถ่ายทอดกำลัง

รูปที่ *7* การประกอบกลไกกับรถแทรกเตอร์

การเลือกจุดหมุนที่ระยะความสูง 216 cm เพื่อให้เข้ากับน้ำหนักของโครง และจุด c.g. ซึ่งจุดนี้จะทำให้จุด c.g. ทั้งระบบเลื่อนมาเป็น ระยะห่างจากกึ่งกลางล้อหลัง(ตามกว้าง) = 8.231 cm , ระยะห่างจากกึ่งกลางล้อหลัง(ตามยาว) = 12.113 cm และระยะสูงจากพื้น = 10.541 cm โดยที่แนวน้ำหนักของวัตถุยังคงอยู่ในฐาน ทำให้แทรกเตอร์ไม่ล้ม และไม่ต้องถ่วงน้ำหนัก

การออกแบบระบบควบคุม

ในส่วนการหมุนของลูกตีใบ จากการทดสอบเบื้องต้นทำให้ทราบว่าถ้ารอบการหมุนของลูกตีใบเร็วขึ้นจะตีใบออกได้มากขึ้นแต่ก็จะสร้างความเสียหายให้กับลำต้น และตาอ้อยได้มากขึ้นเช่นกัน จึงต้องมีการควบคุมการหมุนของลูกตีใบให้เหมาะสม ต้นกำลังที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24V 900 W ซึ่งง่ายต่อการควบคุม และตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมได้ไว ดังแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ *9* บล๊อคไดอะแกรมมอเตอร์กระแสตรง

DC motor มี transfer function ดังสมการที่ 2

$$\omega(s) = G_v(s)V_i(s) = \frac{K_m}{\tau s+1} V_i(s) \qquad (2)$$

โดย

$\omega(s)$ คือ ความเร็วเชิงมุม output (rad s^{-1})

$V_i(s)$ คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า input (V)

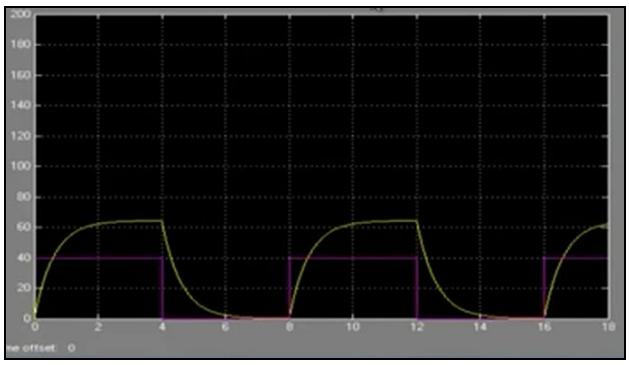
K_m คือ ค่าคงที่มอเตอร์

τs คือ ค่า time constant

เมื่อหาค่าตัวแปรโดยใช้วิธี system identification จะได้ transfer function ของ dc motor ที่ใช้ในการทดสอบดังสมการที่ 3

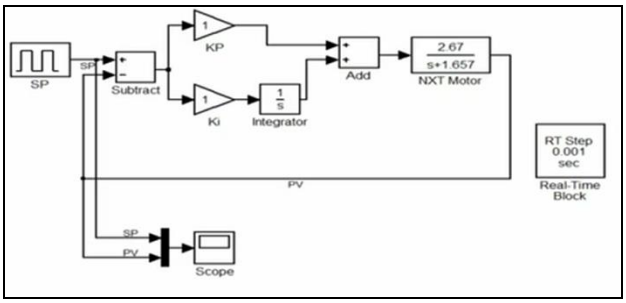
$$\omega(s) = \frac{2.67}{s+1.657} V_i(s) \qquad (3)$$

ในการเปลี่ยนรอบการหมุนมอเตอร์จะใช้สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) มาควบคุมดีซีมอเตอร์ โดยสั่งการทำงานแบบ Duty cycle ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Full cycleจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสัญญาณ on – off (สุวัฒน์, 2550) ทำการจำลองโดยสร้างสัญญาณ PWM ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ DC motor เปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม Matlab มีผลตอบสนองดังภาพที่ 10

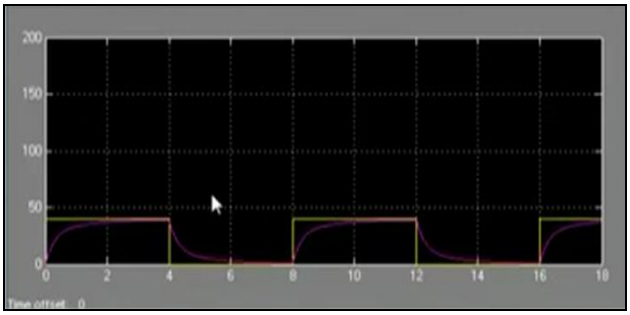


รูปที่ 10 *สัญญานการตอบสนองเมื่อเทียบกับสัญญานอ้างอิง*

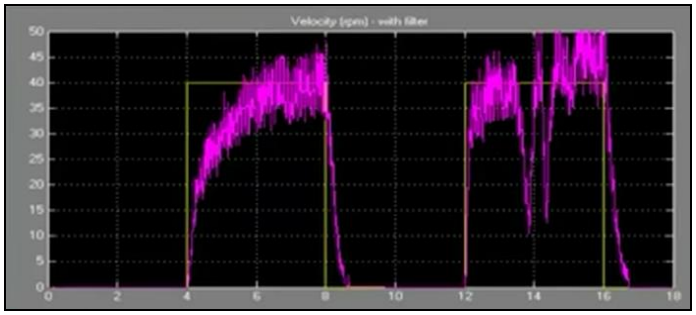
เพิ่มวิธีการควบคุมแบบ PI (Proportional Integral) เพื่อทำให้สัญญาณ out put ลู่เข้าสู่สัญญาณอ้างอิงมากที่สุด จะได้ผลตอบสนองสัญญาณควบคุมดังภาพที่ 12 โดยมี Block diagram สำหรับ PI controller กับแบบจำลอง DC motor ดังภาพที่ 11



รูปที่ 11 Block Diagram for PI controller with DC motor model

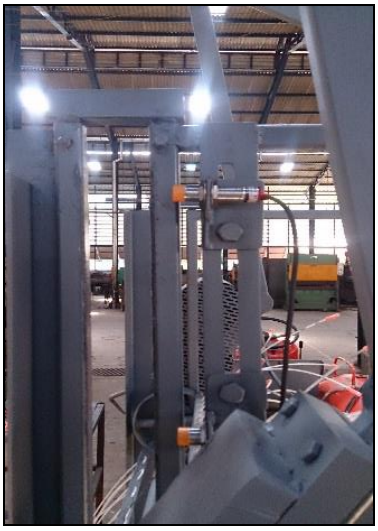


รูปที่ 12 Steady – State response for the testing DC motor model with PI controller.



รูปที่ 13 สัญญาณความเร็วรอบ out put กับสัญญาณอ้างอิง PWM in put

จากการจำลองการควบคุมมีขนาดใกล้เคียงกัน ในการควบคุมถือว่าใช้งานได้ สัญญาณ PWM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ความถี่ 1 KHz และมี Pulse Period เป็น 1 ms ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ความเร็วรอบ out put ราบเรียบ เมื่อทดสอบกับมอเตอร์จริงจะได้ดังรูปที่ 13 โดยมี settling time (T_s) 0.533 ms, peak time (T_p) 0.475 ms, rise time 0.225 ms, %overshoot 2.838% และค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัว 0.9 ส่วนการเปลี่ยนรอบการหมุนจะใช้ proximity sensor เป็นตัวบอกตำแหน่งโดยส่งเป็นสัญญาณ feedback กลับไปที่ Controller เพื่อให้ Controller ส่งสัญญาณควบคุม PWM ออกมา



รูปที่ 14 การติดตั้ง *Proximity sensor* กำหนดระยะเลื่อนขึ้นลงของลูกปลิด

วางแผนการทดลองแบบ full factorial โดยทดสอบที่ 3 ปัจจัยคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 2 ระดับคือ low1 (1.39 km hr^{-1}) และ low2 (2.09 km hr^{-1}) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 3 ระดับคือ 0.3 m s^{-1}, 0.4 m s^{-1} และ 0.5 m s^{-1} และทิศทางการหมุนของลูกตีใบ 2 ระดับคือ หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา แทรกเตอร์ที่ใช้ทดสอบเป็นแทรกเตอร์ขนาดเล็ก 22 แรงม้าจากนั้นบันทึกอัตราการทำงาน ความเสียหายของตาอ้อย ความเสียหายของลำ ทำการวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และจัดทำรายงาน โดยค่าที่เลือกใช้ในการทดสอบความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 3 ระดับคือ 0.3 m s^{-1}, 0.4 m s^{-1} และ 0.5 m s^{-1} สามารถใช้กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 2 ระดับคือ low1 (1.39 km hr^{-1}) และ low2 (2.09 km hr^{-1}) ที่รอบการหมุนของลูกตีใบเท่ากัน (มากกว่าหรือเท่ากับ 680 rpm) ซึ่งทุก treatment อ้อยมีความสะอาดเพียงพอให้แรงงานเข้าตัดได้สะดวก ส่วนความสะอาดจากการสางใบความหมาย คือโคนอ้อยต้องสะอาด ใบแห้งควรหลุดออกจากลำทั้งหมดยกเว้นใบเขียวที่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ในกรณีที่ต้องการสางใบเมื่ออ้อยยังไม่ถึงช่วงเวลาเก็บเกี่ยว แต่ถ้าสางใบก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 เดือน จะสางใบออกทั้งหมดเพราะโรงงานน้ำตาลไม่ต้องการอ้อยยอดยาว

ผลการทดสอบกลไกในภาคสนาม

ในการทดสอบจะแบ่งพื้นที่ 5 x 3 ตารางเมตรในแต่ละ treatment และทำการทดสอบ โดยทดสอบกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ดังแสดงในรูปที่ 15 ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยตอ 2 ก่อนการทดสอบจะวัดความสูงของต้นอ้อยและติดตั้ง proximity sensors เพื่อเป็นตัวบอกตำแหน่งในการเปลี่ยนรอบลูกตีใบ จากการวัดความสูงอ้อยทั้งหมด 6 ซ้ำ อ้อยมีความสูงเฉลี่ย 2.05 m ตำแหน่งแรกที่ติดตั้งวัดจากพื้นดินสูงขึ้นมา 50 cm ตำแหน่งที่ 2 90 cm และตำแหน่งที่ 3 180 cm ตามลำดับโดยอ้างอิงจากกราฟแรงดึงใบในรูปที่ 3 จากนั้นทดลองปรับรอบการหมุนของลูกตีใบให้เหมาะสมในแต่ละช่วงความสูงพบว่า ช่วงความสูง 0-90 cm ใช้ 680 rpm, 90-

180 cm ใช้ 700 rpm และความสูงตั้งแต่ 180 cm ขึ้นไปให้หยุดหมุนเพราะเป็นใบเขียว ซึ่งรอบการหมุนที่ทดลองปรับนี้จะสร้างความเสียหายกับตาอ้อย และลำต้นอ้อยน้อยที่สุดประมาณ 1.3 – 1.6% อ้อยมีความสะอาดเพียงพอสำหรับแรงงานเข้าตัด แสงแดดส่องผ่าน และอากาศระบายได้ดี

รูปที่ 15 การวัดความสูงของต้นอ้อย

การทดลองมีทั้งหมด 12 treatment แต่ละ treatment ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 1 ถึง 3 ดังนี้

ตารางที่ 1 Results of testing for the primary Sugarcane Leaf Removal Machine with Khon Kaen 3 Sugarcane variety.

Forward speed (km hr^{-1})	Linear Velocity (m s^{-1})	Direction of Removal sugarcane leaf Roller	Stalk's damage (%)	Seed bud's damage (%)
1.39(low1)	0.3	clockwise	3.17	2.43
1.39(low1)	0.3	Counter clockwise	3.02	2.07
1.39(low1)	0.4	clockwise	2.14	2.13
1.39(low1)	0.4	Counter clockwise	2.07	1.95
1.39(low1)	0.5	clockwise	1.93	1.86

1.39(low1)	0.5	Counter clockwise	1.57	1.78
2.09(low2)	0.3	clockwise	2.63	2.13
2.09(low2)	0.3	Counter clockwise	2.24	1.98
2.09(low2)	0.4	clockwise	2.03	1.82
2.09(low2)	0.4	Counter clockwise	1.85	1.77
2.09(low2)	0.5	clockwise	1.93	1.67
2.09(low2)	0.5	Counter clockwise	1.45	1.38

เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km hr^{-1} (low2) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 0.5 m s^{-1} ทิศทางการหมุนของลูกตีใบทวนเข็มนาฬิกา ลำต้นอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.45% และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.38% แต่ที่ความเร็วแทรกเตอร์ 1.39 km hr^{-1} (low1) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 0.3 m s^{-1} และทิศทางการหมุนของลูกตีใบตามเข็มนาฬิกา อ้อยจะสะอาดมากที่สุด ซึ่งในการตีอ้อยทำพันธุ์นั้นถ้ามีกาบใบหุ้มตาอ้อยอยู่ ใบอ้อยแห้งหลุดออก และโคนอ้อยสะอาดถือว่าสามารถใช้ทำพันธุ์ได้

การทดสอบกลไกการปลิดและเก็บใบอ้อย เมื่อนำไปติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก และนำไปทดสอบในแปลงเกษตรกร ดังรูปที่ 16 และเมื่อคุณภาพของผลการปลิดใบ พบว่าตาต้นอ้อยไม่เสียหาย สามารถนำไปทำเป็นต้นพันธุ์ได้ ดังแสดงในรูปที่ 18

รูปที่ 16 การติดตั้งกับรถแทรกเตอร์

รูปที่ 17 การทดสอบในแปลงปลูกอ้อย

รูปที่ 18 ผลการปลิดใบ ตาอ้อยไม่เสียหายแสดงในภาพด้านซ้าย

ตารางที่ 2 Results of testing performance, forward speed and Fuel's Consumption.

Forward speed ($km\ hr^{-1}$)	Performance ($rai\ hr^{-1}$)	Fuel's Consumption ($L\ rai^{-1}$)
1.39(low1)	0.58	5.02
2.09(low2)	0.86	3.91

จากตารางที่ 2 พบว่าความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km hr^{-1} (low2) มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 0.86 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุด 3.91 ลิตรต่อไร่ เมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 1 จะสนับสนุนข้อมูลการใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km hr^{-1} (low2) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 0.5 m s^{-1} และทิศทางการหมุนของลูกตีใบทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งทำให้ลำต้นอ้อย และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 Results of testing duty cycle, Removal sugarcane leaf Roller speed and Electric's Power.

Height's range of sugarcane (cm)	Duty cycle (%)	Removal sugarcane leaf Roller speed (rpm)	Electric's Power ($A\ hr^{-1}$)
0 - 50	80.56	680	38.6
50 - 90	75.56	680	35.6
90 – 180	77.78	700	38.8
Above 180	0	0	0

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงรอบการหมุนของลูกตีใบ กับ duty cycle ซึ่งจะส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ โดยตำแหน่งที่ 50 cm จะเป็นจุดแรกที่ตัวควบคุมสั่งสัญญาณ PWM เป็น duty เพื่อเปลี่ยนรอบเป็น 680 rpm บริเวณนี้เป็นบริเวณโคนต้น และมีปริมาณใบอ้อยมาก (โหลดมาก) ทำให้ตัวควบคุมต้องสั่ง duty ออกไป 80.56% เพื่อให้ได้รอบที่ต้องการแม้จะมีแรงดึงใบน้อยที่สุด ทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าช่วงอื่นๆคือ 38.6 $A\ hr^{-1}$ ส่วนช่วงความสูงตั้งแต่ 50-180 cm ปริมาณใบจะน้อยกว่าโคนต้น แต่มีแรงดึงใบสูงกว่า duty cycle ที่สั่งจากตัวควบคุมออกมาจะเพิ่มขึ้นตามความสูงเพื่อให้ได้รอบลูกตีตามที่กำหนด ส่วนความสูงตั้งแต่ 180 cm ขึ้นไปเป็นใบเขียว ซึ่งอ้อยมีอายุ 6 เดือนยังไม่ใช่ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว จึงไม่ต้องการตีใบออก ดังนั้นตัวควบคุมจะไม่ส่งสัญญาณควบคุมออกมา พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้เฉลี่ย 37.67 $A\ hr^{-1}$ ซึ่งอยู่ใน rate current ของมอเตอร์ที่ 40A และไม่มีปัญหาสำหรับไดชาร์จของรถแทรกเตอร์ที่ชาร์จไฟได้ 70 แอมป์ การสางใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงานนั้นจะไม่สนใจเรื่องความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย ต้องการเพียงความสะอาดสำหรับแรงงานคนเข้าตัด ดังนั้นในการทดสอบเครื่องต้นแบบสำหรับกรณีตัดอ้อยเข้าโรงงานนั้นจะเลือกใช้การหมุนของลูกตีใบ 700 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา ความเร็วรถแทรกเตอร์ low2 (2.09 km hr^{-1}) และความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 0.5 m s^{-1} เพื่อความรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย โดยทดสอบกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยตอ 2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แบ่งพื้นที่การทดอง 5x3 ตารางเมตร อ้อยมีความสูงเฉลี่ย 2.05 m พบว่าเมื่อใช้รอบลูกตี 700 rpm จะใช้ duty cycle เฉลี่ย 79.53% พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 38.12 $A\ hr^{-1}$ ประสิทธิภาพการทำงาน 0.92 ไร่ต่อชั่วโมงตา ตาอ้อยสูญเสีย 7.35% อัตราการแตกหักของลำอ้อย 4.03% อัตราการใช้เชื้อเพลิง 4.04 ลิตรต่อไร่ โคนต้น และลำต้นอ้อยสะอาดเพียงพอสำหรับแรงงานคนเข้าตัด

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

ผลการทดสอบกลไกที่ออกแบบ และพัฒนาสำหรับใช้ปลิดและเก็บใบอ้อย เมื่อนำไปทดสอบกับบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยตอ 2 อ้อยมีความสูงเฉลี่ย 2.05 m มีอัตราการทำงานดังนี้

1. กรณีสางใบอ้อยเพื่อทำพันธุ์ เมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km hr^{-1} (low2) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 0.5 m s^{-1} ทิศทางการหมุนของลูกตีใบทวนเข็มนาฬิกา ลำต้นอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.45% และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.38% มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 0.86 ไร่ต่อชั่วโมง โดยที่ช่วงความสูง 0-50 cm ใช้ duty cycle 80.56% รอบการหมุนของลูกตีใบ 680 rpm, 50-90 cm ใช้ duty cycle 75.56% รอบการหมุนของลูกตีใบ 680 rpm, 90-180 cm ใช้ duty cycle 77.78% รอบการหมุนของลูกตีใบ 700 rpm และมากกว่า 180 cmขึ้นไปใช้ duty cycle 0% ทำให้ไม่มีการหมุนของลูกตีใบ เนื่องจากเป็นใบเขียวรอการเจริญเติบโตต่อไป พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้เฉลี่ย 37.67 A hr^{-1} และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุด 3.91 ลิตรต่อไร่ อ้อยมีความสะอาดเพียงพอให้แรงงานเข้าตัดทำพันธุ์ หรือถ้ายังไม่ตัด แสงแดด และอากาศจะระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น

2. กรณีสางใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงาน เนื่องจากไม่สนใจความเสียหายของตา และลำอ้อย ดังนั้นใช้การหมุนของลูกตีใบ 700 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา ความเร็วรถแทรกเตอร์ low2 (2.09 km hr^{-1}) และความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวดิ่งของลูกตีใบ 0.5 m s^{-1} ใช้ duty cycle เฉลี่ย 79.53% พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 38.12 A hr^{-1} ประสิทธิภาพการทำงาน 0.92 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 4.04 ลิตรต่อไร่ อ้อยอายุ 6 เดือนยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวเข้าโรงงานได้ แต่ความสะอาดจากการสางก็เพียงพอสำหรับแสงแดดส่องผ่าน อากาศระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังง่ายต่อเกษตรกรในการเข้าจัดการ และดูแลแปลง

กิจกรรมที่ 2

วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ

Research and Development of Sugarcane-leaf Harvester

วิชัย โอภานุกุล, ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, อานนท์ สายคำฟู, วีระ สุขประเสริฐ, บาลทิตย์ ทองแดง

คำสำคัญ: อ้อย, ใบอ้อย, เครื่องจักรกลอ้อย

บทคัดย่อ

การเผาใบอ้อยนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ของไทย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) พบว่าแต่มีอ้อยไฟไหม้ถูกส่งเข้าโรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้นทุกปี ในฤดูการผลิตปี 57/58 มีจำนวน 69.05 ล้านตัน หรือคิดเป็น 65.38 % จากผลผลิตอ้อยทั้งประเทศ 105.96 ล้านตัน ด้วยเหตุดังกล่าว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม จึงดำเนินการวิจัย ต้นแบบเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อใช้แก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว การใช้งานนำมาพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก วิ่งเข้าไปในร่องอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว เหมาะกับอ้อยที่มีระยะแถว 120 เซนติเมตรขึ้นไป มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ (1) โครงเครื่อง (2) ระบบส่งกำลังด้วยสายพาน (3) ลูกปลิดใบอ้อย (4) เกลียวส่งใบอ้อย (5) ห้องม้วนใบ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1 ไร่/ชั่วโมง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1 ลิตร/ไร่ เครื่องมีมิติโดยรวม (กว้างxยาวxสูง) 80x150x150 เซนติเมตร น้ำหนัก 130 กิโลกรัม ราคาประมาณ 35,000 บาท

Abstracts

The sugarcane fire is the important problem in Thailand. Office of the Cane and Sugar Board (OCSB) reported that the sugarcane fire was increased every year. Annual report 2014/15, Sugarcane fire was approximately 69.05 million tons or 65.38 % of the total crop. The problem of sugarcane fire leads to invent the sugarcane-leaf harvester by Agricultural engineering research institute. Its components are transmission pulley, cutter, conveyor screw and roller chamber. The sugarcane-leaf harvester was hitched with small tractor and required the distance of each sugarcane row more than 120 cm to harvest sugarcane leaf. The results of test indicated that harvest capacity and fuel consumption of machine were 1 rai/h and 1 l/rai, respectively. Furthermore, the dimensions, weight and cost of machine were 80(W)x150(L)x150(H) cm, 130kg and 35,000 baht, respectively.

บทนำ

อ้อยเป็นหนึ่งในพืชเศรษฐกิจหลักของไทย สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (สอน.) รายงานผลการสำรวจประจำปี 2553/54 โดยใช้ดาวเทียมประกอบการเก็บรายละเอียดภาคพื้นดิน มีพื้นที่ปลูก 47 จังหวัด จำนวน 8.46 ล้านไร่ แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกส่งโรงงานน้ำตาลในประเทศ 47 แห่ง รวม 8.12 ล้านไร่ และพื้นที่ปลูกทำพันธุ์จำนวน 336,286 ไร่ อ้อยเป็นวัตถุดิบของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลที่มีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศ 3 ประการ คือ ข้อที่ 1 มีการบริโภคน้ำตาลในประเทศปีละประมาณ 1.6-1.7 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 17,000-19,000 ล้านบาท ข้อที่ 2 ส่งออกน้ำตาลจำหน่ายในตลาดโลกปีละกว่า 3 ล้านตัน นำรายได้เข้าประเทศ 20,000-30,000 ล้านบาทต่อปี ทำให้ประเทศไทย เป็นผู้ส่งออกน้ำตาลใหญ่เป็นอันดับ 3 ของโลก รองจาก บราซิล สหภาพ ยุโรป แต่บางปีจะเป็นอันดับ 4 รองจากออสเตรเลียมีสัดส่วนตลาดร้อยละ 9.5 ของโลก มีตลาดสำคัญ คือ อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ ข้อที่ 3 เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยจะมีรายได้จากการจำหน่าย ประมาณ 30,000 ล้านบาท คิดเป็นร้อยละ 4 ของรายได้ภาคเกษตรทั้งหมด กิจกรรมการผลิตอ้อยเริ่มตั้งแต่ การเตรียมดิน การปลูก ดูแลรักษาให้น้ำให้ปุ๋ย และการเก็บเกี่ยว หรือการตัดอ้อย สถานการณ์การเก็บเกี่ยวในปัจจุบัน สอน. รายงานว่าการเผาอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นทุกปี ในฤดูการเก็บเกี่ยว 2553/54 มีปริมาณอ้อยถูกไฟไหม้ส่งเข้าโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศมากกว่า 4 ล้านตัน หรือประมาณ 61 % ซึ่งอ้อยที่ถูกไฟไหม้เหล่านี้ จะเสียน้ำหนัก กระทบสภาพแวดล้อม สภาพดินสูญเสียความสมบูรณ์ ต้องเสียค่าใช้จ่ายการปลูกและดูแลอ้อยรุ่นต่อไปเพิ่มขึ้น มีวัชพืชขึ้นเนื่องจากไม่มีเศษซากปกคลุมดิน เกิดการระบาดของแมลงศัตรูอ้อยได้ง่าย และทำให้เกษตรกรผู้ปลูกรายได้ลดลง ไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานน้ำตาลเนื่องจากจะทำให้ขบวนการทำน้ำตาลทำได้ยากขึ้น เกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียทำให้เกิดปัญหาในขบวนการผลิตและต้องเสียค่าใช้จ่ายเพื่อแก้ปัญหาเพิ่มขึ้น ส่งผลให้การหีบอ้อยทำได้ช้าลง รวมทั้งทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

การทบทวนวรรณกรรม

สุรพล และคณะ (2536) รายงานว่าการเผาใบอ้อยทำให้มีผลกระทบตามมา คือ ต้องใช้สารเคมีกำจัดวัชพืชมากขึ้น เนื่องจากไม่มีใบอ้อยคลุมดินและเกิดการตกค้างของสารเคมีกำจัดวัชพืชสูงขึ้น และทำให้ สูญเสียน้ำหนักมากกว่าอ้อยตัดสด และทำให้ปริมาณการใช้น้ำเพิ่มขึ้นการเผาใบอ้อยทำให้อ้อยตอตายมากกว่าอ้อยตัดสด และอ้อยตอที่รอดจะมีลำแคระแกร็นใบเหลือง ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการให้น้ำอ้อยตอเพิ่มขึ้น เนื่องจากไม่มีใบอ้อยคลุมดินช่วยรักษาความชื้น การเผาใบอ้อยทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และกลุ่มหมอกควัน ก่อให้เกิดอากาศเป็นพิษ ทำให้เป็นอันตรายต่อระบบทางเดินหายใจของคนและสัตว์ ดังตัวอย่างในประเทศออสเตรเลียที่มีการเผาใบอ้อยมาเป็นระยะเวลา 80 ปี ประชากรภายในประเทศเป็นมะเร็งโรคผิวหนังมากกว่าชาติอื่น ๆ ซึ่งภายหลังได้ตรวจสอบพบชั้นบรรยากาศเกิดเป็นช่องขนาดใหญ่ ทำให้แสงคอสมิกส่องลงมาได้ง่าย (สอน.) 2553

การเผาอ้อยทำเกิดปัญหาไฟฟ้าขัดข้อง จากรายงานของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (2551) พบเหตุขัดข้องในระบบส่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเนื่องจากการเผาอ้อยนั้นก่อให้เกิดควันไฟ ซึ่งมีไอน้ำระเหยขึ้นไปพร้อมกันกระแสไฟฟ้าจะเกิดการเหนี่ยวนำส่งให้เกิดการขัดข้องในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดไฟฟ้าตกไฟฟ้าดับ ก่อให้เกิดความเสียหายกับภาคเศรษฐกิจ จากสถิติพบว่าในภาคเหนือ เกิดเหตุขัดข้องในระบบส่งจ่ายไฟฟ้าเนื่องจากการเผาอ้อยมากที่สุดในพื้นที่ จังหวัดนครสวรรค์ พิษณุโลก กำแพงเพชร และอุตรดิตถ์ ช่วงปี 2549-2550 มีเหตุขัดข้อง 37 ครั้ง และเฉพาะในจังหวัดนครสวรรค์ เกิดเหตุถึง 21 ครั้ง

จากสภาวะโลกร้อน ทำให้ประเทศที่พัฒนาแล้ว ได้กำหนดนโยบายและมาตรการในลักษณะต่างๆ เพื่อป้องกันมิให้มีการทำลายสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ ส่งผลให้เกิดมาตรการกีดกันการค้าน้ำตาลในตลาดโลก และหลายประเทศได้รณรงค์ลดการเผาอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว เช่น ในภาคกลางตอนใต้ของบราซิลจะเลิกการเผาอ้อยภายในปี 2574 ในขณะที่รัฐนิวเซาท์เวลส์ของออสเตรเลีย จะเลิกการเผาอ้อยในฤดูการผลิตปี 2551/2552 นอกจากนี้ สหภาพยุโรปเรียกร้องให้มีการนำเข้าน้ำตาลที่ผลิตจากอ้อยสดภายในปี 2553 ซึ่งมาตรการห้ามการเผาอ้อยมีแนวโน้มที่จะกลายเป็นมาตรการกีดกันทางการค้าน้ำตาลในอนาคต (สอน.) 2553

จากปัญหาต่างๆ ที่กล่าวมาจะเห็นว่าการเผาอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 1 ก่อนเก็บเกี่ยวส่งผลกระทบต่อสังคมอย่างกว้างขวาง เนื่องจากการเก็บผลผลิตจำหน่ายขึ้นอยู่กับฤดูกาลหีบอ้อยที่โรงงานน้ำตาลกำหนด จะมีการหีบอ้อยในช่วงสั้นๆ ประมาณ 2-3 เดือนเท่านั้น ทำให้การเก็บเกี่ยวอ้อยในพื้นที่หลายล้านไร่ ในช่วงเวลาไม่กี่เดือนจึงต้องใช้แรงงานมหาศาล ทำให้ประสบปัญหาขาดแคลนแรงงาน และมีต้นทุนการเก็บเกี่ยวสูงขึ้นทุกปี จึงมีความพยายามในการแก้ปัญหาทั้งในส่วนของภาครัฐและภาคเอกชนโดยนำเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยมือสองจากต่างประเทศเข้ามาใช้ทดแทน รวมถึงมีการวิจัยพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยภายในประเทศมาประมาณ 10 ปีแล้ว (กรมวิชาการเกษตร, 2544)

ดังนั้น วิชัย และคณะ (2555) จึงได้ศึกษาสภาพการเก็บเกี่ยวอ้อยของไทย ในฤดูการเก็บเกี่ยว 2553/54 จำนวน 258 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นภาคกลาง 101 ตัวอย่าง ภาคเหนือ 80 ตัวอย่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 77 ตัวอย่าง พบว่าสภาพทั่วไปของการปลูกอ้อย เกษตรกรมีพื้นที่ปลูกขนาด 1-30 ไร่จำนวน 40.32 % ขนาด 31-70ไร่ 28.46 % ขนาด 71-100 ไร่ 18.97 % และมากกว่า 100 ไร่ 12.25 % เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ แรงงานคนเก็บเกี่ยว 88.54 % ใช้เครื่องเก็บเกี่ยว 5.14 % การเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคน เป็นการตัดอ้อยเผาไฟมากกว่าคิดเป็น 52.09 % แสดงในรูปที่ 2 และตัดอ้อยสด 39.54 % ดังแสดงในรูปที่ 3 ตัดอ้อยสดผสมกับอ้อยเผาไฟ 8.36 % การเก็บเกี่ยวอ้อยสดมีอัตราการทำงาน 1.41-3.35 ตัน/วัน/คน อ้อยเผาไฟมีอัตราการทำงาน 3.63-6.00 ตัน/วัน/คน ซึ่งสูงกว่าอ้อยสดเป็นเท่าตัว การใช้แรงงานคนในการเก็บเกี่ยวอ้อยสดมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากความยากลำบาก และค่าจ้างแรงงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

รูปที่ 1 การเผาอ้อย

รูปที่ 2 การเก็บเกี่ยวอ้อยเผาไฟ

รูปที่ 3 การเก็บเกี่ยวอ้อยสด

เมื่อมองในมุมของการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 4 พบว่าเกษตรกรหรือโรงงานน้ำตาลนิยมใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดเป็นท่อน ลักษณะการทำงานจะตัดโคนและยอดก่อนจึงตัดลำอ้อยเป็นท่อน และพ่นลงสู่รถบรรทุกและขนส่งไปโรงงานน้ำตาล เป็นของบริษัทต่างประเทศ 2 ยี่ห้อ คือ AUSTOFT และCAMECO และภายในประเทศของบริษัทไทยรุ่งเรือง แบ่งเป็น 3 ขนาด ตามกำลังเครื่องยนต์ได้แก่ ขนาดเล็กยี่ห้อไทยรุ่งเรือง เครื่องยนต์ 175 แรงม้า ระยะระหว่างแถวอ้อยที่เหมาะสม 1-1.20 เมตร ขนาดกลางยี่ห้อ AUSTOFT เครื่องยนต์ 240 แรงม้า ระยะระหว่างแถวอ้อยที่เหมาะสม 1-1.20 เมตร ขนาดใหญ่ยี่ห้อ AUSTOFT และ CAMECO เครื่องยนต์ 325-350 แรงม้า ระยะระหว่างแถวอ้อยที่เหมาะสมต้องมีขนาดไม่น้อยกว่า 1.50 เมตร ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานจริงในแปลงของเกษตรกรทั้งหมด 19 เครื่อง พบว่าเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย 9 เครื่อง จาก 19 เครื่อง มีประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ต่ำกว่า 50 % ซึ่งหมายความว่าการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในไทยเกิดความสูญเสียมาก เนื่องจากพื้นที่ปลูกอ้อยไม่เหมาะสม มีขนาดสั้น รูปร่างเว้าแหว่ง ทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มสูงขึ้นมาก ประสิทธิภาพของเครื่อง 30 % หมายถึง เวลาเก็บเกี่ยวจริง 30 % เวลาสูญเสียที่ไม่ได้งาน เช่น เวลากลับเลี้ยว 70 % เวลาที่สูญเสียที่

ไม่ได้งานนี้ เครื่องยนต์ยังทำงานอยู่ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงโดยที่ไม่ได้ผลผลิต เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยโดยทั่วไปจะใช้น้ำมันวันละ 200-300 ลิตร/คัน

สันธาน และคณะ (2555) ได้ศึกษาและพัฒนาแนวทางการจัดรูปที่ดินให้เหมาะสมต่อการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อย พบว่าพื้นที่เพาะปลูกอ้อยส่วนใหญ่เป็นแปลงขนาดเล็ก ไม่เหมาะต่อการนำเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยซึ่งมีขนาดใหญ่ ราคาแพงเข้าไปใช้งานและการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในพื้นที่เหล่านี้ มีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่เพียง 30-50% เท่านั้น จากการศึกษาพบว่าถ้าจะให้ประสิทธิภาพเชิงพื้นที่มากกว่า 80 % จะต้องทำการจัดรูปแปลงให้มีขนาดไม่น้อยกว่า 500 ไร่ และมีแถวอ้อยยาวตั้งแต่ 500 เมตรขึ้นไป ซึ่งในปัจจุบันมีเกษตรกรน้อยกว่า 5% ที่ดำเนินการได้ และ ปัญหาของการใช้เครื่องซึ่งเจ้าของเครื่องทราบดี หากสภาพแปลงอ้อยที่ไม่เอื้อให้เครื่องทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ต้นทุนการใช้จึงสูงเกินกว่าที่ควร จากข้อมูลของบริษัทรับจ้างตัดอ้อยในจังหวัดสุโขทัย ซึ่งมี 20 เครื่อง พบว่า การสูญเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงตามข้อกำหนดของเครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยเมื่อเครื่องทำงานเต็มประสิทธิภาพ โดยเฉลี่ยประมาณ 1 ลิตรต่อตันอ้อย แต่จากสภาพแปลงอ้อยที่เป็นอยู่ทำให้ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงสูงถึง 2-2.5 ลิตรต่อตันอ้อย

รูปที่ 4 เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยแบบตัดสดเป็นท่อน

ชนินทร์ (2555) ได้ศึกษาอัตราการป้อนและความเร็วของการอัดที่มีต่อสมรรถนะของชุดอัดเม็ดใบอ้อยแบบลูกกลิ้งบดอัดบนแผ่นจาน โดยนำใบอ้อยมาลดขนาดด้วยเครื่องแฮมเมอร์มิล รูตะแกรงขนาด 6 มิลลิเมตร และนำไปผสมกับ แป้งมันสำปะหลัง น้ำ ในอัตราส่วน 1.5: 0.75 : 2.5 โดยน้ำหนัก ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ อัตราการป้อน 3 ระดับ (125 150 และ 175 กิโลกรัมต่อชั่วโมง) ความเร็วการอัด 4 ระดับ (140 165 190 และ 215 รอบต่อนาที) ผลการทดสอบพบว่า อัตราการป้อนที่เหมาะสมคือ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และความเร็วของการอัด 165 รอบต่อนาที ชุดอัดมีความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 139.05 กิโลกรัมต่อชั่วโมง พลังงานจำเพาะ 5.68 วัตต์-ชั่วโมงต่อกิโลกรัม ความหนาแน่นจริงเชื้อเพลิงอัดเม็ด 711.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และความแข็งแรง

เม็ดเชื้อเพลิง 799.00 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร เชื้อเพลิงอัดเม็ดที่ได้มี ความยาวเม็ด และ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 24.7 และ 6.1 มิลลิเมตร ค่าความร้อนเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2,896.25 แคลอรีต่อกรัม

ข้อมูลจากกรมพลังงานทดแทน (2550) จากการสำรวจชีวมวลใบอ้อยในประเทศไทย พบว่าปริมาณชีวมวลใบอ้อยที่ถูกทิ้งไว้ในไร่อ้อย ประมาณปีละ 16.8 ล้านตัน ปัจจุบันโรงงานน้ำตาลมีความต้องการใบอ้อยเป็นจำนวนมากเพื่อใช้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงรวมในกระบวนการผลิตน้ำตาลและผลิตกระแสไฟฟ้า ใบอ้อยที่ใช้ต้องผ่านการลดขนาดประมาณ 2- 5 เซนติเมตร หรือ ในรูปผลิตภัณฑ์อัดเม็ด เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงผลิตพลังงานไอน้ำ สำหรับใบอ้อยหากนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงจะเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว การนำใบอ้อยมาลดขนาดและเพิ่มความหนาแน่นโดยการอัดเม็ดเป็นการแปรสภาพวัสดุให้มีความเหมาะสมในการใช้งาน อีกทั้ง เพิ่มระยะเวลาในการเผาไหม้ได้นานขึ้น

อรรถสิทธิ์ และคณะ 2549 รายงานการประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติ ครั้งที่ 6ระหว่างวันที่ 17-19 สิงหาคม 2549 ณ โรงแรมเบเวอร์ลี่ ฮิลล์ ปาร์ค จังหวัดนครสวรรค์ ได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับช่วยให้การเก็บเกี่ยวอ้อยสดได้รวมเร็วขึ้นโดยพัฒนา มีดสางใบ สำหรับการสางใบอ้อยก่อนการตัดอ้อย ทำให้เกิดความสะดวกในการตัดอ้อย สามารถทำงานได้ 14-16 ลำต่อนาที หรือ 3-4 เมตรต่อนาที มีดสางใบอ้อยใช้เพื่อประโยชน์ในการสางใบอ้อยก่อนที่แรงงานจะเข้าไปตัดอ้อย ทำให้สามารถตัดอ้อยได้รวดเร็วขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5

รูปที่ 5 แสดงการทำงานของมีดสางใบอ้อย

และพัฒนาเครื่องสางใบอ้อยติดรถไถเดินตาม เพื่อช่วยลดปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว แสดงในรูปที่ 6 ความสามารถในการทำงาน 1.1 ชั่วโมงต่อไร่ โดยมีหลักการทำงานมีระบบปลิดใบอ้อยให้ร่วงหล่นมาคลุมดินขณะนี้ได้มีการขยายผลงานวิจัยสู่เกษตรกรชาวไร่อ้อยแล้ว และโรงงานน้ำตาลหลายแห่ง

รูปที่ 6 เครื่องสางใบอ้อย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อย เพื่อแก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว และลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคน

ของเขตการวิจัย

ออกแบบและสร้างเครื่องจักรกล สำหรับจัดการใบอ้อยแห้งก่อนเก็บเกี่ยว

สมมติฐาน

คิดจากพื้นฐานในกรณีการผลิตอ้อยทางเศรษฐศาสตร์ หากมีเครื่องจักรกลที่ใช้จัดการอ้อยแห้งก่อนเก็บเกี่ยว จะทำให้ไม่ต้องเผาอ้อย ซึ่งจะช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ประมาณ 200 บาท/ไร่ และในส่วนที่ไม่เป็นตัวเงินนั้นจะคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่ดี และยั่งยืนสำหรับปลูกอ้อยในระยะยาว

ระเบียบวิธีการวิจัย

1.ประเด็นวิจัย งานวิจัยในกิจกรรมที่ 2 นี้มุ่งเน้นที่จะรวบรวม ข้อมูลพื้นฐานของต้นอ้อยที่จะเก็บเกี่ยว อาทิ ความสูง ปริมาณใบอ้อยแห้งต่อพื้นที่ แรงที่ใช้ดึงใบอ้อยให้หลุดออกจากลำต้น ระยะแถวของต้นอ้อย และระบบกลไกที่ได้กิจกรรมที่ 1 อาทิ ขนาดความโตของลูกปลิดใบอ้อยที่เหมาะสม จำนวนเส้นของสายพานที่ใช้ขับเคลื่อนลูกปลิด หน้าตัดของเส้นเอ็นที่ใช้ เพื่อนำมาสร้างเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อย

2.สถานที่ทำการวิจัย แยกเป็น 2 ส่วนคือ สถานที่ออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องต้นแบบจะใช้ห้องปฏิบัติการและโรงปฏิบัติการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรุงเทพฯ และแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรสำหรับใช้ทดสอบเครื่องภาคสนาม ในจังหวัดสุพรรณบุรี และกาญจนบุรี

3.ระยะเวลาการดำเนินงาน เริ่มต้น เดือนตุลาคม 2557 สิ้นสุด กันยายน 2558

4.วิธีดำเนินการ

4.1 นำระบบกลไกที่ได้จากกิจกรรมที่ 1 มาติดตั้งบนรถแทรกเตอร์ขนาด 22 แรงม้า และดำเนินการทดสอบในโรงปฏิบัติการ และแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรโดยใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็ว 1, 2 และ 3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง

4.2 นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ มาหาประสิทธิภาพ และสมรรถนะของเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อย โดยกำหนดเกณฑ์จากตัวแปรต่างๆ ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้เครื่องจักรมีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการใช้งาน ได้แก่ (1) ความสามารถในการทำงาน (2) ความเร็วการเคลื่อนที่ในแปลงอ้อย ((3) ปริมาณใบอ้อยที่ปลิดได้ (4) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (5) ความเสียหายของต้นอ้อยหลังใช้เครื่องปลิด (ต้นอ้อยล้ม)

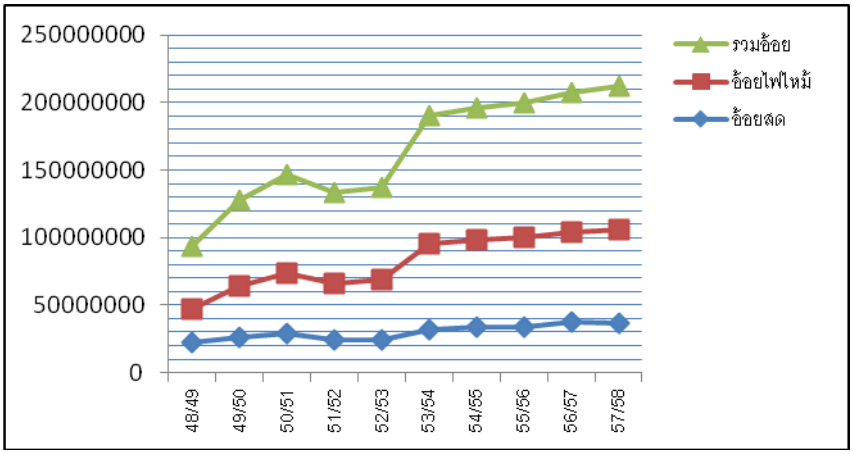
4.3 วิเคราะห์และประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม อาทิ ระยะเวลาคืนทุน อัตราผลตอบแทนการลงทุน วิเคราะห์จุดคุ้มทุน และอัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน

4.4 สรุปผลการวิจัย จัดทำรายงาน และเผยแพร่แก่ผู้สนใจ

ผลการวิจัย และอภิปรายผล

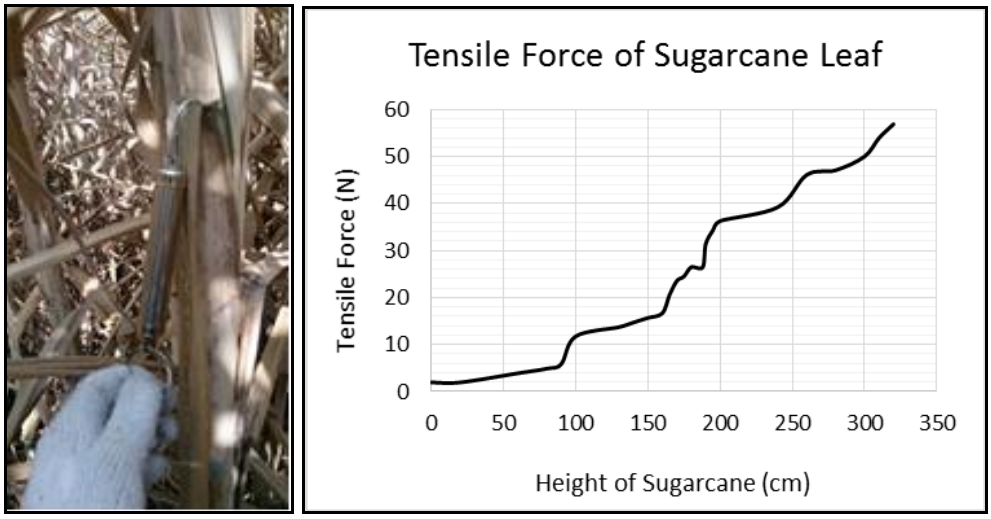
1.การสำรวจเอกสารและสภาพแปลงอ้อย

สาเหตุที่ต้องวิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยนั้น เพื่อจะนำไปแก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว และลดต้นทุนการเก็บเกี่ยวอ้อยด้วยแรงงานคน จากข้อมูลของ สอน. พบว่ามีอ้อยไฟไหม้ถูกส่งเข้าโรงงานน้ำตาลเพิ่มขึ้นทุกปี ในช่วง 10 ปี ที่ผ่านมาตั้งแต่ฤดูการผลิตปี 47/48 มีจำนวน 22.707 ล้านตัน หรือคิดเป็น 47.48 เปอร์เซนต์ ของผลผลิตทั้งประเทศ และในฤดูการผลิตปี 57/58 มี จำนวน 69.05 ล้านตัน หรือคิดเป็น 65.38 เปอร์เซนต์ จากผลผลิตอ้อยทั้งประเทศรวม 105.96 ล้านตัน ดังแสดงในรูปที่ 7 ทั้งมีเนื่องจากมีปัญหาขาดแคลนแรงงานในการเก็บเกี่ยว ซึ่งเมื่อเทียบเวลาการตัดอ้อยสด 1 ต้น จะตัดอ้อยไฟไหม้ได้ 3 ต้น ทำให้แรงงานนิยมตัดอ้อยไฟไหม้เนื่องจากมีรายได้ต่อวันสูงกว่า และการทดลองนี้ได้นำผลจากการทดลองที่ 1 ซึ่งประกอบด้วย (1) ผลการสำรวจแปลงอ้อย และ (2)ระบบกลไกลูกปลิดใบอ้อย ดังแสดงในรูปที่ 8 มารวมกับผลการทดลองที่ 2 ทำให้ได้ต้นแบบเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อย



รูปที่ 7 แสดงปริมาณอ้อยไฟไหม้ที่ถูกส่งเข้าโรงงานน้ำตาล

รูปที่ 8 การสำรวจข้อมูลก่อนออกแบบเครื่อง
อ้อยในแปลงเกษตรกรพันธุ์ขอนแก่น 3
อายุปลูก 8 เดือน มีปริมาณใบอ้อยแห้ง 950 – 1450 กิโลกรัม/ไร่

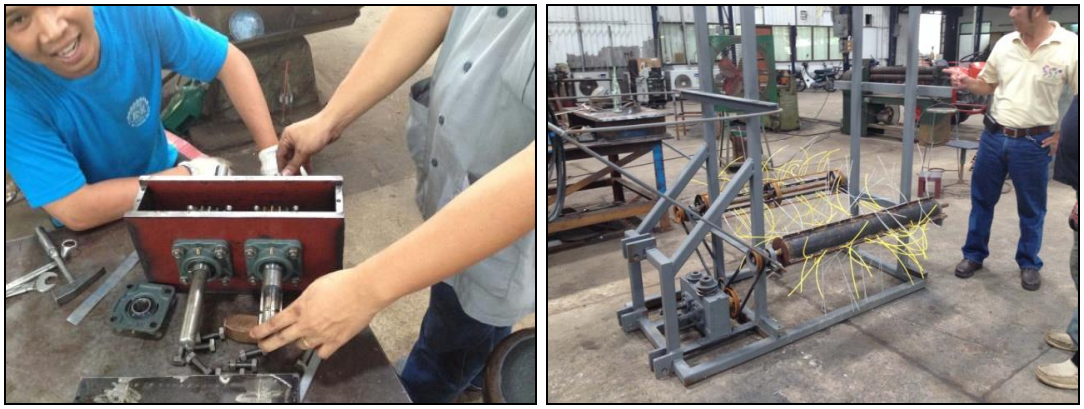


รูปที่ 9 แสดงกราฟแรงที่ใช้ดึงใบอ้อย ออกจากลำต้น

จากการวัดแรงดึงใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุปลูก 8 เดือน โดยใช้เครื่องชั่งสปริงดึงทั้งใบและกาบใบออก ทำให้ทราบว่าแรงดึงใบจะเพิ่มขึ้นตามความสูงของต้น โดยบริเวณโคนต้นจะใช้แรงดึงน้อยกว่า ด้านยอดต้นอ้อย เนื่องจากใบอ้อยมีสีเขียวจะเจริญเติบโตที่หลัง ใบอ้อยที่แห้งแล้วที่อยู่ต่ำลงมา ทำให้ความชันของกราฟเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในรูปที่ 9

2. ผลการออกแบบ สร้าง และทดสอบ

นำข้อมูลลักษณะทางกายภาพของต้นอ้อย ได้แก่ความสูง ความโตของต้น แรงที่ดึงให้ใบอ้อยหลุดจากลำต้น และน้ำหนักใบอ้อย ซึ่งจะแปรผันตามพันธุ์ มาออกแบบและสร้างเครื่อง ในโรงปฏิบัติการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม เริ่มจากการหารูปร่างและความเร็วรอบของลูกปลิดใบอ้อยที่เหมาะสม โดยได้ออกแบบเป็นทรงกระบอกปิดที่ด้านหัวและท้าย มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 14 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร มีครีบเหล็กความสูง 1 เซนติเมตร ทำหน้าที่เป็นใบพัดและจับยึดเส้นเอ็นปลิดใบอ้อยความยาว 30 เซนติเมตร เชื่อมต่อผิวทรงกระบอกจำนวน 4 ใบ ติดตั้งอยู่บนโครงเหล็กสี่เหลี่ยมขนาด 30x30 มิลลิเมตร และสร้างห้องเกียร์เพื่อส่งถ่ายกำลังให้แก่ลูกปลิด สำหรับรับกำลังจากเพลาอำนวยกำลังของรถแทรกเตอร์ โดยใช้เฟืองตรง ขนาดโมดูล 4 จำนวน 80 ฟัน 2 ตัว ปลายเพลารองรับด้วยแบริ่งขนาด 1 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 10 แล้วนำไปติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาด 22 แรงม้า และดำเนินการทดสอบในโรงปฏิบัติการ และแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรโดยใช้ความเร็วการเคลื่อนที่ 3 ระดับ ได้แก่ ความเร็ว 1, 2 และ 3 กิโลเมตรต่อชั่วโมง



รูปที่ 10 ห้องเกียร์ที่สร้างขึ้น และการติดตั้งลูกปลิดใบกับโครง

รูปที่ 11 การสร้างห้องม้วนใบอ้อย

ส่วนรูปที่ 11 เป็นการสร้างห้องม้วนใบอ้อย ซึ่งมีส่วนประกอบคือ (1) รางรับใบอ้อยทำจากเหล็กแผ่นความหนา 1.2 มิลลิเมตร (2) เกลียวส่งใบอ้อยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร มีใบเกลียวความสูง 5 เซนติเมตร ระยะฟิต 21 เซนติเมตร หมุนด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที และ (3) ห้องม้วนใบอ้อย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 22 เซนติเมตร ภายในมีใบพัดทำมุมเอียง 20 องศา จำนวน 1 ใบ หมุนด้วยความเร็ว 80 รอบต่อนาทีทำหน้าที่ม้วนใบอ้อย เมื่อสร้างเสร็จแล้วได้ดำเนินการทดสอบในโรงปฏิบัติงานการของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โดยนำใบอ้อยมาวางไว้บนราง ทำให้ใบอ้อยถูกเกลียวลำเลียงพัดส่งเข้าห้องม้วนใบอ้อย มีลักษณะเป็นเส้นยาวต่อเนื่องกัน ดังแสดงในรูปที่ 12 จึงดำเนินประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าด้วยกันและนำไปทดสอบในแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรที่ อำเภอท่าม่วง จังหวัดกาจญบุรี โดยอ้อยมีอายุปลูก 8 เดือน พันธุ์ขอนแก่น 3 ระยะห่างระหว่างร่อง 140 เซนติเมตร โดยใช้ความเร็วลูกปลิด 700 รอบต่อนาที พบว่าสามารถปลิดใบอ้อยออกจากลำต้นได้ แต่มีใบอ้อยแห้งบางส่วนพันที่ปลายของลูกปลิดต้จึงต้องหยุดการปฏิบัติงาน ดังแสดงในรูปที่ 13 และ 14 และนำกลับมาปรับปรุงในส่วนของลูกปลิดใบอ้อย ในส่วนของความเร็วการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์นั้น สามารถวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดเพียง 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง เท่านั้น เนื่องจากใบอ้อยบดบังทัศนะวิสัยผู้ควบคุมรถ

รูปที่ 12 การสร้าง และทดสอบในโรงปฏิบัติการ

รูปที่ 13 เครื่องที่สร้าง และนำไปทดสอบภาคสนาม ครั้งที่ 1

รูปที่ 14 ใบอ้อยติดขัดกับลูกปลิด

รูปที่ 15 ทดสอบภาคสนาม ครั้งที่ 2

รูปที่ 16 เครื่องที่ผ่านการปรับแก้แล้ว

รูปที่ 15 เป็นการเปรียบเทียบสภาพเครื่องภายหลังปรับปรุงแล้วได้นำไปทดสอบการทำงาน พบว่าใช้การได้ดีจึงนำมาปรับแก้ดังแสดงในรูปที่ 16 โดยตัดส่วนคานด้านหลังที่รองรับปลายเพลาลูกปลิดอ้อยออก และเพิ่มสายพานระบบส่งกำลังให้ลูกปลิดเป็น 2 เส้น พร้อมมีตัวตึงสายพาน และลดความยาวลูกปลิดเหลือ 40 เซนติเมตร และนำไปทดสอบในแปลงเกษตรกรที่อำเภอห้วยกระเจา จังหวัดกาญจนบุรี อ้อยมีอายุ 9 เดือน พันธุ์ลำปาง แสดงในรูปที่ 17 ในพื้นที่ 1 ไร่ พบว่าเครื่องทำงานได้ดี จึงวางแผนที่จะทดสอบสมรรถะโดยดำเนินการที่ อำเภอห้วยกระเจา ได้แปลงของเกษตรกรเป็นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 9 เดือน แสดงในรูปที่ 18 และจัดวางแปลงทดสอบ ออกเป็น 3 แปลง พื้นที่แปลงละ 1 ไร่

รูปที่ 17 การทดสอบที่อำเภอห้วยกระเจา

รูปที่ 18 สภาพแปลงอ้อยที่ปลิดใบออกแล้ว

2.นำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ มาหาประสิทธิภาพ และสมรรถนะของเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อย โดยกำหนดเกณฑ์จากตัวแปรต่างๆ ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้เครื่องจักรมีความเหมาะสมและคุ้มค่าต่อการใช้งาน ได้แก่ (1) ความสามารถในการทำงาน (2) ความเร็วการเคลื่อนที่ในแปลงอ้อย (3) ปริมาณใบอ้อยที่ปลิดได้ (4)การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และ(5) ความเสียหายของต้นอ้อยหลังใช้เครื่องปลิด (ต้นอ้อยล้ม) ขณะทดสอบใช้ความเร็วลูกปลิด 500 รอบต่อนาที และต้องหาพื้นที่ทดสอบเพิ่มเนื่องจากเกษตรกรต้องการเก็บอ้อยไว้ใช้ทำพันธุ์จึงหาพื้นที่ทดสอบใหม่ใน อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งผลการทดสอบจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขของแปลงเกษตรดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบ

แปลงที่	สถานที่	พันธุ์	พื้นที่ (ไร่)	น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	ต้นอ้อยล้ม (%)	อัตราการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	ความเร็ว (ม/วินาที)	ประสิทธิภาพการปลิด %
1	อ.ห้วยกระเจา	ขอนแก่น 3	1	0.8	1.0	0.9	0.35	90
2	อ.ห้วยกระเจา	ขอนแก่น 3	1	1.4	0.5	1.3	0.5	75
3	อ. อู่ทอง	อู่ทอง 4	1	0.9	0.7	1.1	0.4	76
เฉลี่ย				1.03	0.73	1.1	0.4	80.3

ภาพที่ 19 เครื่องต้นแบบ ด้านหน้า (ซ้าย) และด้านหลัง (ขวา)

เครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยต้นแบบ มีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังแสดงในภาพที่ 19 ได้แก่ (1) โครงเครื่อง (2) พูเลย์และสายพานส่งกำลัง (3) ลูกปลิดใบอ้อย (4) เกลียวส่งใบอ้อย (5) ห้องม้วนใบอ้อย

หลักการทำงาน มีขั้นตอนดังนี้ (1) นำไปติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กด้วย จุดพ่วงแบบ 3 จุด พร้อมต่อชุดส่งกำลังจากเพลา PTO ของรถแทรกเตอร์กับเฟืองสปาย์ของเครื่องปลิดใบอ้อย และปรับแขนจุดพ่วงให้ตัวเครื่องให้ได้ระดับ (2) และปรับรอบลูกปลิด 500 รอบ/นาที (3) ขับรถแทรกเตอร์เข้าแปลงอ้อยโดยใช้ความเร็วที่ผู้ควบคุมขับรถได้โดยปลอดภัย ควรสวมแว่นตาและอุปกรณ์ป้องกันฝุ่นขณะปฏิบัติงาน เหมาะกับอ้อยระยะ 120 เซนติเมตรขึ้นไป

สมรรถนะจะขึ้นอยู่กับสภาพแปลงอ้อย อาทิ วัชพืช อ้อยปลูก หรืออ้อยตอ พันธุ์อ้อย ความราบเรียบของพื้นที่ปลูก และรถแทรกเตอร์ที่ใช้เป็นแบบขับเคลื่อน 2 ล้อหรือ 4 ล้อ ผลการทดสอบมีข้อมูลดังนี้ (1) เครื่องมีประสิทธิภาพการปลิดใบอ้อยแห้งออกจากต้น 75 - 90 % (2) ความสามารถในการทำงาน 0.9 - 1.3 ไร่/ชั่วโมง (3) ความเร็วรถแทรกเตอร์ 0.35 – 0.5 เมตร/วินาที (1.26-1.8 กิโลเมตร/ชั่วโมง) ขึ้นอยู่กับสภาพแปลงว่ามีใบอ้อยมากหรือน้อย (4) อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 0.8-1.4 ลิตร/ไร่ (5) ความเสียหายของต้นอ้อยหลังใช้เครื่องปลิด (ต้นอ้อยล้ม) 0.5-1.0 % (6) ความเร็วลูกปลิดใบ 500 รอบ/นาที (7) เส้นเอ็นที่ใช้กับลูกปลิดแบบกลมขนาด 3 มม. มีความทนทานมากกว่าแบบสี่เหลี่ยม (8) พื้นที่ทดสอบมีปริมาณใบอ้อยแห้ง 950-1,450 กิโลกรัม/ไร่ เครื่องมีมิติโดยรวม (กว้างxยาวxสูง) 80x150x150 เซนติเมตร น้ำหนัก 130 กิโลกรัม

การประเมินผลทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม

การหาความคุ้มค่าของการใช้เครื่องจักร โดยคิดจากรายได้ของเกษตรกรที่ไม่ต้องเผาใบอ้อย ซึ่งจะทำให้ถูกหักเงิน ตันละ 20 บาท พื้นที่ 1 ไร่ มีผลผลิตเฉลี่ย 10 ตัน/ไร่ ทำให้มีรายได้ 200 บาท/ไร่ และมีช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรในแต่ละปี ประมาณ 4 เดือน

(1) ต้นทุนคงที่ โดยคิดในกรณี เมื่อซื้อไปรับจ้างและมีรถแทรกเตอร์ต้นกำลังอยู่แล้ว หากไปกู้เงินมาซื้อเครื่องราคา 35,000 บาท คิดดอกเบี้ย ร้อยละ 7 รวมเป็นเงินทั้งหมด (35,000+2,450) =37,450 บาท อายุการใช้งาน 5 ปี เมื่อคิดค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรงมีต้นทุน (37,450 /5) เท่ากับ 7,490 บาทต่อปี ในแต่ละปีใช้งาน 4 เดือน (ฤดูตัดอ้อย ระหว่างเดือนพฤศจิกายน ถึง มีนาคม) ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง ใน 1 ปี จะใช้ (4เดือนx26วันx8ชั่วโมง) เท่ากับ 832 ชั่วโมง หรือปลิดใบอ้อยได้ (1ไร่ต่อชั่วโมงx832ชั่วโมง) เท่ากับ 832 ไร่ สามารถคิดต้นทุนคงที่ได้ (7,490 บาทต่อปี/832 ไร่ต่อปี) เท่ากับ 9.0 บาทต่อไร่

(2) ต้นทุนแปรผัน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ดีเซลคิดที่ 30 บาทต่อไร่ ดังนั้นต้นทุนโดยรวมจะอยู่ที่ (9.0 บาทต่อไร่+ 30 บาทต่อไร่) เท่ากับ 40 บาทต่อไร่

(3) การคิดจุดคุ้มทุน หากนำไปรับจ้าง 200 บาท/ไร่ หักค่าน้ำมัน 40 บาท/ไร่ จะได้เงิน 160 บาท/ไร่ ใน 1 ปี ทำงานได้ 832 ไร่ จะคิดเป็นเงิน 160 บาทx832ไร่ เท่ากับ 133,120 บาท หรือคิดง่าย ๆ นำรายได้ต่อวันคือ (160 บาท x 8 ชั่วโมง) ใน 1วัน จะได้เงิน เท่ากับ 1,280 บาท นำไปหารเงินที่กู้มาซื้อเครื่อง 37,450 บาท/1,280 บาท **จะทำงานเพียง 30 วันเท่านั้นก็จะคุ้มทุน**

แต่อย่างไรก็ตามการประเมินนี้เป็นเพียงการคำนวณให้เห็นเป็นแนวทางเท่านี้ ในทางปฏิบัติจุดคุ้มทุนจะขึ้นอยู่สภาพการณ์แวดล้อมการใช้เครื่องจักร

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การเผาใบอ้อยนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ของไทย จึงดำเนินการวิจัยเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยแบบกึ่งอัตโนมัติ เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว การใช้งานนำมาพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก วิ่งเข้าไปในร่องอ้อยเหมาะกับอ้อยที่มีระยะแถว 120 เซนติเมตรขึ้นไป มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ (1) โครงเครื่อง (2) ระบบส่งกำลังด้วยสายพาน (3) ลูกปลิดใบอ้อย (4) เกลียวส่งใบอ้อย (5) ห้องม้วนใบ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1 ไร่/ชั่วโมง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1 ลิตร/ไร่ เครื่องมีมิติโดยรวม (กว้างxยาวxสูง) 80x150x150 เซนติเมตร น้ำหนัก 130 กิโลกรัม ราคาประมาณ 35,000 บาท

การหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องจักร คิดในกรณีกู้เงิน ดอกเบี้ยร้อยละ 7 หากนำไปรับจ้าง 200 บาท/ไร่ หักต้นทุนแปรผัน 40 บาท/ไร่ จะได้เงิน 160 บาท/ไร่ ใน 1 ปี ทำงานได้ 832 ไร่ คิดเป็นเงิน 160 บาทx832ไร่ เท่ากับ 133,120 บาท หรือคิดง่าย ๆ นำรายได้ต่อวันคือ (160 บาท x 8 ชั่วโมง) เท่ากับ 1,280 บาท นำไปหารเงินที่กู้มาซื้อเครื่อง 37,450 บาท/1,280 บาท จะทำงานเพียง 30 วันเท่านั้น

บทสรุปและเสนอแนะ

การเผาใบอ้อยนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ของไทย จึงดำเนินการวิจัยเครื่องจักรเพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว โดยรูปแบบของกลไกที่ใช้มีทั้งแบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้สำหรับปลิดใบอ้อยเพื่อทำเป็นต้นพันธุ์ หรือแบบใช้กลไกอย่างเดียว เมื่อนำมาใช้งานโดยพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กวิ่งเข้าไปในร่องอ้อย เหมาะกับอ้อยที่มีระยะแถว 120 เซนติเมตรขึ้นไป มีส่วนประกอบ ได้แก่ (1) โครงเครื่อง (2) ระบบส่งกำลังด้วยสายพาน (3) ลูกปลิดใบอ้อย (4) เกลียวส่งใบอ้อย (5) ห้องม้วนใบ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1 ไร่/ชั่วโมง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1 ลิตร/ไร่ มิติโดยรวม (กว้างxยาวxสูง) 80x150x150 เซนติเมตร น้ำหนัก 130 กิโลกรัม ราคาประมาณ 35,000 บาท

การหาจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องจักร คิดในกรณีกู้เงิน และนำไปรับจ้าง 200 บาท/ไร่ ใน 1 ปี ทำงานได้ 832 ไร่ คิดเป็นเงิน 160 บาทx832ไร่ เท่ากับ 133,120 บาท หรือคิดง่าย ๆ นำรายได้ต่อวัน คือ (160 บาท x 8 ชั่วโมง) เท่ากับ 1,280 บาท นำไปหารเงินที่กู้มาซื้อเครื่อง 37,450 บาท/1,280 บาท จะทำงานเพียง 30 วันเท่านั้น

เอกสารอ้างอิงกิจกรรมที่ 1

กรมวิชาการเกษตร. 2555. แนวทางการแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร 14(2), 27-33.

วิชัย โอภานุกูล สันธาร นาควัฒนานุกูล ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ์ คทาวุธ จงสุขไว มงคล ตุ่นเฮ้า บาลทิตย์ ทองแดง และดนัย ศารทูลพิทักษ์. 2554. ศึกษาสภาพพื้นที่เพาะปลูกและการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทย. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. 2549. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย. เอกสารเผยแพร่กรมวิชาการเกษตร 3(2), 4-8.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. 2550. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย. วารสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร 5(7), 12-15.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย. 2554. ผลกระทบของอ้อยไฟไหม้ต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย.วารสารสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย 15(1), 47-50.

สุวัฒน์ กุลธนปรีดา. 2550. วิศวกรรมการควบคุมอัตโนมัติ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ชุมพล คำสิงห์, นริศร ขจรผล, สุกรี นันตะสุคนธ์ และสนิท สมเหมาะ. 2550. การแก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการสางใบอ้อย. ฐานข้อมูลงานวิจัยอ้อย. กรุงเทพมหานคร:กรมวิชาการเกษตร.

เอกสารอ้างอิงกิจกรรมที่ 2

กรมวิชาการเกษตร. 2555. *แนวทางการแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย*. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร 14(2) : 27-33.

กรมพลังงานทดแทน.2550.การประเมินศักยภาพชีวมวลอ้อย. สืบค้นจาก: http://www.energy.go.th (มิ.ย. 55)

บริษัทมิตรผล วิจัยและพัฒนาอ้อยและน้ำตาล. 2551.ข้อแนะนำในการตัดอ้อย. 4 หน้า.

ชนินทร์ อุปถัมภ์ และสมโภชน์ สุดาจันทร์.2555.เอกสารการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่ง ประเทศไทย.ครั้งที่13 วันที่ 4-5 เมษายน 2555 จังหวัดเชียงใหม่.

วิชัย โอภานุกุล สันธาร นาควัฒนานุกูล ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ์ คทาวุธ จงสุขไว มงคล ตุ่นเฮ้า บาลทิตย์ ทองแดง และดนัย ศารทูลพิทักษ์. 2554. ศึกษาสภาพพื้นที่เพาะปลูกและการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทย. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

วรพจน์.2554.โครงการศึกษาแนวทางการบริหารจัดการเชื้อเพลิงเพื่อเป็นพลังงานทดแทน (ระดับชุมชน). มหาวิทยาลัยสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. 2549. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย. เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร 3(2) : 4-8.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.ผลการสำรวจประจำปี2557/58 สืบค้นจาก: http://www.ocsb.go.th (ก.ย. 59)

สำนักงานคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย. 2554. ผลกระทบของอ้อยไฟไหม้ต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย.วารสารสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย 15(1): 47-50.

สถาบันวิจัยพืชไร่.2553.เอกสารวิชาการการปลูกและดูแลรักษาอ้อย.กรมวิชาการเกษตร.หน้า21-26

สันธาน นาควัฒนานุกุล และคณะ. 2552. พัฒนาเครื่องอัดฟ่างที่เหมาะสมกับการใช้งานในประเทศ. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม.กรมวิชาการเกษตร.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ชุมพล คำสิงห์, นริศร ขจรผล, สุกรี นันตะสุคนธ์ และสนิท สมเหมาะ. 2550. การแก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการสางใบอ้อย. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2550.ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร สุพรรณบุรี. หน้า 145-151.

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยของชุดโครงการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี เครื่องจักรกลเกษตรความแม่นยำสูงสำหรับอ้อย มีดังนี้

โครงการที่ 1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย มี 2 กิจกรรม

โดยกิจกรรมที่ 1 ได้ดำเนินการจากการศึกษาและพัฒนาเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติตามการวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยสรุปผลได้เป็น 2 ส่วน คือ ระบบทางกลของการผสม และระบบการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินจากชุดวิเคราะห์อย่างง่าย พบว่า ส่วนที่ 1 การผสมควรมีการเลือกชนิดแม่ปุ๋ยที่มีขนาดใกล้เคียงกันในการทำปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งจะช่วยให้การผสมเป็นไปได้อย่างสม่ำเสมอและลดอิทธิพลจากการแยกตัวของขนาดปุ๋ย โดยปริมาณการผสมไม่ส่งผลต่อสัดส่วนปริมาณธาตุอาหารในแต่ละช่วงของการบรรจุซึ่งจะสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดในการใช้เครื่องหยอดปุ๋ยจากปุ๋ยเชิงผสม ซึ่งในการผสมปุ๋ยเพื่อการบรรจุสำหรับกลุ่มเกษตรเกษตรควรมีพิกัดความคลาดเคลื่อน +4% เพื่อให้ปุ๋ยที่ผ่านการผสมและทำการสุ่มตรวจอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตาม พรบ. ปุ๋ย ส่วนที่ 2 การพัฒนาเซนเซอร์และระบบควบคุมเครื่องผสมปุ๋ยอัตโนมัติ พบว่า การใช้เซนเซอร์สีกับชุดตรวจธาตุอาหารในดินอย่างง่ายไม่สามารถใช้ได้โดยตรง เนื่องจากการสะท้อนแสงของภาชนะทำผลการวิเคราะห์ไม่คงที่และถูกต้อง เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์จะใช้การถ่ายภาพเพื่อแปลงการสะท้อนของภาพเป็นสี แต่เมื่อในสภาพภาพปกติสีจะมีความแตกต่างและเกิดความแปรปรวนเช่นเดียวกัน เพราะฉะนั้นการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในดินควรใช้ภาพเป็นการวิเคราะห์ และทำการปรับเปรียบเทียบสีมาตรฐาน (Calibration curve) เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงและใช้การรวมแสงเพื่อการแยกชนิดสีจะสามารถช่วยให้การวิเคราะห์มีความชันสูงขึ้นและส่งผลต่อการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารได้อย่างละเอียดมากขึ้น

ส่วนกิจกรรมที่ 2 นั้น ได้พัฒนาเครื่องใส่ปุ๋ยผสมสำหรับอ้อยแบบ 2 แถว มีส่วนประกอบหลัก คือ ถังใส่ปุ๋ย 2 ถัง น ชุดกำหนดอัตราปุ๋ยแบบเฟืองจักรยาน สามารถปรับอัตราหยอดได้ตั้งแต่ 10-87 กิโลกรัม/ไร่ ใบมีดตัดใบอ้อยแบบกงจักร ท่อนำปุ๋ย ขาไถเปิดร่องดิน และล้อควบคุมการปล่อยปุ๋ย โดยต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ไม่ต่ำกว่า 60 แรงม้า จากการทดสอบเครื่องต้นแบบ มีความสามารถการทำงานเฉลี่ย 5.30 ไร่/ชั่วโมง ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1.70 ลิตร/ไร่ การหาจุดคุ้มทุน เกษตรกรควรจะพิจารณาเลือกซื้อมาใช้งานหรือรับจ้าง ควรมีพื้นที่ไม่ต่ำกว่า 106.24 ไร่/ปี เป็นเวลา 7 ปี ใช้กับการให้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินได้ โดยเลือกเปลี่ยนอัตราหยอดได้ ครอบคลุมอัตราการใช้ปุ๋ยอ้อยที่แนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร สามารถเลือกอัตราการใส่ปุ๋ยได้ใกล้เคียงคำแนะนำ มีความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 10%

โครงการที่ 2 การวิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก เพื่อนำมาใช้แก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนเก็บเกี่ยว ทำให้ได้รูปแบบของกลไกที่ใช้มีทั้งแบบควบคุมด้วยไมโครคอนโทรเลอร์ ซึ่งมีความยืดหยุ่นในการปรับใช้สำหรับปลิดใบอ้อยเพื่อทำเป็นต้นพันธุ์ หรือแบบใช้กลไกอย่างเดียว เมื่อนำมาใช้งานโดยพ่วงกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กวิ่งเข้าไปในร่องอ้อย เหมาะกับอ้อยที่มีระยะแถว 120 เซนติเมตรขึ้นไป มีส่วนประกอบ ได้แก่ (1) โครงเครื่อง (2) ระบบส่งกำลังด้วยสายพาน (3) ลูกปลิดใบอ้อย (4) เกลียวส่งใบอ้อย (5) ห้องม้วนใบ ความสามารถในการทำงานเฉลี่ย 1 ไร่/ชั่วโมง ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 1 ลิตร/ไร่ มิติโดยรวม (กว้างxยาวxสูง) 80x150x150 เซนติเมตร น้ำหนัก 130 กิโลกรัม ราคาประมาณ 35,000 บาท มีจุดคุ้มทุนการใช้เครื่องจักร คิดในกรณีกู้เงิน และนำไปรับจ้าง 200 บาท/ไร่ ใน 1 ปี ทำงานได้ 832 ไร่ คิดเป็นเงิน 160 บาทx832ไร่ เท่ากับ 133,120 บาท หรือคิดง่าย ๆ นำรายได้ต่อวันคือ (160 บาท x 8 ชั่วโมง) เท่ากับ 1,280 บาท นำไปหารเงินที่กู้มาซื้อเครื่อง 37,450 บาท/1,280 บาท จะทำงานเพียง 30 วัน

ข้อเสนอแนะ

การนำผลวิจัยเครื่องจักรกลเกษตรต้นแบบไปใช้งาน เกษตรกร หรือชาวไร่อ้อย จำเป็นต้องคำนึงถึงความเหมาะสม และความคุ้มค่าด้านเศรษฐศาสตร์ หากมีพื้นที่เพาะปลูกมาก ควรซื้อไปใช้งานเอง แต่หากมีพื้นที่เพาะปลูกน้อย ควรใช้วิธีจ้าง เพื่อลดความเสี่ยงในการปลูกอ้อย และหากมีข้อสงสัยเกี่ยวกับการใช้งาน สามารถติดต่อสอบถาม สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม โทรศัพท์: 02-579-2757 หรือหัวหน้าชุดโครงการ เบอร์มือถือ: 089-226-0291