

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

แผนงานวิจัย -

โครงการวิจัย ออกแบบ และพัฒนาเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก

โครงการนี้ประกอบด้วย 1 การทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 ออกแบบ และพัฒนาเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก

The Design and Developing of Sugarcane Leaf Pruning Machine for sugarcane planting by using the hydraulic system

คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง

ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรีศักดิ์

หน่วยงานต้นสังกัด

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ผู้ร่วมงาน

दनัย ศาลทูลพิทักษ์, อนุชา เชาวโชติ

หน่วยงานต้นสังกัด

สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

มงคล ตุ่นเฮ้า^{1/} พุทธินันท์ จารุวัฒน์^{2/} ปรีชา อานันท์รัตนกุล^{3/}
อนุชิต น่ำสิงห์^{3/} รัชดา ปรัชเจริญวนิชย์^{4/} จิระวิณ ไกรสินบุรีศักดิ์^{5/}

บทคัดย่อ

การสาบงใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์จะทำก่อนการตัดอ้อยประมาณ 2 เดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก อากาศระบายได้ดี ลำต้นอ้อยได้รับแสงแดด อ้อยและตาอ้อยมีความสมบูรณ์มากขึ้น เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยสูงขึ้น เครื่องสาบงใบอ้อยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะใช้สาบงใบอ้อยสำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน แต่ไม่สามารถใช้สาบงใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบกลไกการสาบงใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ โดยประยุกต์ใช้ระบบถ่ายทอดกำลังอุทกสถิต เพื่อให้ลูกตีสาบงใบสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวตั้งโดยพวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาด 25 แรงม้า สามารถสาบงใบอ้อยที่ระยะความสูงจากพื้นดินขึ้นไปจนถึงระยะ 3.5 ม. การควบคุมความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสาบงใบใช้ตัวควบคุมแบบพีซีซี มีลักษณะการทำงานโดยการป้อนความเร็วรอบที่ต้องการควบคุมผ่านตัวควบคุมแบบพีซีซี ตัวควบคุมแบบพีซีซีจะไปเปิดวาล์วควบคุมอัตราการไหลให้น้ำมันไฮดรอลิกไปขับมอเตอร์ไฮดรอลิกซึ่งต่ออยู่กับชุดลูกตีสาบงใบของเครื่องสาบงใบอ้อยทำให้เกิดการหมุนตีสาบงใบอ้อยขึ้น โดยใช้สัญญาณป้อนกลับเป็นอุปกรณ์วัดความเร็วรอบที่ติดตั้งไว้ ทำการทดสอบกับอ้อยพันธุ์ LK92-11 ขอนแก่น 3 อู่ทอง 84-12 K95-84 และกำแพงแสน 01-12 ที่มีอายุ 11 เดือน ใน อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา มีความสูงตั้งแต่ 2.31 – 2.93 ม. ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์เฉลี่ย 2.09 กม./ชม. (Low 2) ความเร็วเชิงเส้นในแนวตั้งของลูกตีสาบงใบ 0.5 ม./วินาที ทิศทางการหมุนของลูกตีสาบงใบหมุนตีขึ้น พบว่า ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง 1.88 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 69.97% อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง 2.36 ล./ไร่ ลำต้นอ้อยเสียหายเฉลี่ย 3.41% ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1.28% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยเฉลี่ย 68.57% เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนที่ใช้มีดสาบงใบพบว่า ความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยมีค่าไม่แตกต่างกัน ส่วนการหมุนของลูกตีสาบงใบที่ควบคุมด้วยตัวควบคุมแบบพีซีซีมีความเร็วและมีความแม่นยำในขณะที่ลูกตีสาบงใบเริ่มหมุนจากจุดหยุดนิ่งจนถึงความเร็วรอบที่ต้องการควบคุมได้ดี เกิดค่า Overshoot ขึ้นเล็กน้อย โดยเครื่องสาบงใบอ้อยต้นแบบมีราคา 134,000 บาท ค่าจ้างสาบงใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ 300 บาท/ไร่ ทำงาน 8 ชม./วัน ดังนั้นจากผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสาบงใบอ้อยต้นแบบมีจุดคุ้มทุนที่ 175.61 ไร่

คำสำคัญ: เครื่องสาบงใบอ้อย ระบบไฮดรอลิก ตัวควบคุมแบบพีซีซีลอจิก

1 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ตำบลบ้านทุ่ม อำเภอมือเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

2 ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมจันทบุรี 27 หมู่ 1 ตำบลพลับพลา อำเภอมือเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

3 กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว หมู่ 13 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอกองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

4 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 4 จ.อุบลราชธานี กรมวิชาการเกษตร

5 กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ABSTRACT

The pruning of sugarcane leaves were usually done two months before harvesting in order to facilitate the human labors in harvesting and to avoid traditional burning of the sugarcane leaves. Generally, the sugarcane leaf pruning machine was used to harvest sugarcane for factory. However it couldn't remove sugarcane leaves for planting because the seed bud was damaged about 60 – 70%. The objective of this research was the design and mechanism developing of Sugarcane Leaf Pruning for planting. So it applied the hydrostatic power transmission for the Sugarcane Leaf Pruning Roller which could to move in a vertical direction by tow the small tractor 25 hp. It could to remove the sugarcane leaves form the ground up to 3.5 m. The rotation of the Sugarcane Leaf Pruning Roller was controlled by Fuzzy - based rotation control. The operation was entered the rotation which was the Input Setpoint into the controller. The controller will open a proportional valve that the hydraulic oil moves to drive the motor hydraulic which connected the rotation system and using the rotary encoder was feedback signal. It was tested with the LK92-11, Khon Kaen 3, Uthong 84-12, K95-84 and Kamphaeng Saen 01-12 sugarcane cultivars which had 11 years old in Sikhio district, Nakhon Ratchasima province and 2.31 – 2.93 m for the height of sugarcane. The experiments were conducted at a forward speeds of 2.09 km h⁻¹, a linear velocity of the Sugarcane Leaf Pruning Roller of 0.5 m s⁻¹ and upward direction of the Sugarcane Leaf Pruning Roller. The experimental results showed that the average damage of seed bud was 1.28%, the average damage of stalk was 3.41%, 1.88 rai per hour for the performance, 2.36 liter per rai for the fuel consumption and the average germination percentage of sugarcane was 68.57%. The average damage of seed bud, stalk and germination percentage were not significantly different as compared to the human labors. The results of controller showed that the fuzzy based control was efficiently controlled the stable oscillatory rotation for a pruning of sugarcane leaves. Fuzzy-based controller had high speed and accuracy for a pruning of sugarcane leaves although it gave a few overshoot. The cost of the Sugarcane Leaf Pruning Machine was 134,000 baht, 300 baht per rai for the earnings of Sugarcane Leaf Pruning and 8 hours per day for working. So the Break Even point was 175.61 rais.

Keywords: Sugarcane Leaf Pruning Machine, Hydraulic system, Fuzzy logic controller

คำนำ

กระบวนการผลิตอ้อยในประเทศไทยเป็นกระบวนการผลิตที่ใช้แรงงานคนเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในขั้นตอนการปลูก และการเก็บเกี่ยว สำหรับขั้นตอนการเก็บเกี่ยวโดยใช้แรงงานคนเป็นการตัดอ้อยเผาใบ 60.46 % ส่วนการตัดอ้อยแบบไม่เผาใบ 39.54 % ทั้งนี้เนื่องจากความยากลำบากในการตัดทำให้ความสามารถในการตัดน้อยกว่าการตัดแบบเผาใบประมาณ 50% แม้ว่ามีอัตราค่าจ้างสูงกว่าประมาณ 20% (วิชัย และคณะ, 2554) ส่วนขั้นตอนในการปลูกอ้อยเริ่มจากการใช้แรงงานคนเข้าไปสาบใบอ้อยและตัดอ้อยเป็นลำเพื่อนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ในการปลูก การปลูกอาจใช้แรงงานคนหรือเครื่องปลูกอ้อยซึ่งในประเทศไทยนิยมใช้เครื่องปลูกอ้อยชนิดใช้ต้นพันธุ์ (whole stalks type)

ในการตัดอ้อยเพื่อนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์จำเป็นต้องใช้แรงงานคนจำนวนมาก ค่าจ้างแรงงานสูง และประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานจากการตัดอ้อยไม่เผาใบ โดยปัญหาการขาดแคลนแรงงานมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้นทำนองเดียวกันกับขั้นตอนการเก็บเกี่ยว ทั้งยังมีปัญหาการขาดแคลนแรงงานมากกว่า เนื่องจากปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกอ้อยปลายฤดูฝน คือช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายนมากขึ้นจากการปลูกในฤดูปลูกปกติ โดยการปลูกอ้อยปลายฤดูฝนมีระยะเวลาปลูกเพียง 45 วัน เป็นช่วงที่ดินมีความชื้นเหมาะสม และให้เปอร์เซ็นต์การงอกของอ้อยสูงสุด (อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2555) ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องใช้แรงงานจำนวนมากว่า ทั้งเพื่อการตัดอ้อยเพื่อเตรียมท่อนพันธุ์ปลูก และทำการปลูกให้ทันเวลา

จากภาวะปัจจุบันที่ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น ทำให้มีอุโมงค์ดินและโรงงานผู้ผลิตเครื่องจักรกลเกษตรหลายรายได้มีการพัฒนาเครื่องปลิดหรือสาบใบอ้อยก่อนที่จะทำการตัดอ้อยเพื่อให้แรงงานคนเข้าตัดได้สะดวกในแบบที่แตกต่างกันไปหลายแบบ โดยเครื่องที่พัฒนาสามารถสาบใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดเข้าโรงงานแต่ไม่สามารถใช้สาบใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ได้ เนื่องจากตาอ้อยสูญเสียประมาณ 60-70% (อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2551) ประกอบกับการตัดอ้อยสำหรับปลูกทำพันธุ์นั้น กรมวิชาการเกษตร (2547) ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าใช้วิธีการสาบใบก่อนที่จะตัดอ้อย 2 เดือนล่วงหน้า เพื่อให้แรงงานคนเข้าตัดได้สะดวก ความสะอาดจากการสาบใบเพียงพอสำหรับแสงแดดส่องผ่าน อากาศระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น อ้อยมีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น ทำให้ตาอ้อยมีความสมบูรณ์มากขึ้นตามไปด้วย เมื่อนำไปตัดทำพันธุ์ปลูกอ้อยจะมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงขึ้น อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดไข่และตัวอ่อนของเพลี้ยต่างๆ ที่เป็นศัตรูอ้อย นอกจากนี้ใบอ้อยที่ตัดสาบแล้วจะคลุมดิน ทำให้เก็บความชื้นในดิน และป้องกันวัชพืชเจริญเติบโต การสาบใบอ้อยก่อนตัดเพื่อนำมาใช้เป็นท่อนพันธุ์จึงเป็นที่นิยมทั่วไป การสาบใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์พบแต่การใช้แรงงานคน เนื่องจากแรงงานคนจะใช้

มีดสางใบในการสาง ทำให้ต้ออเสียหาย 9 - 12% ซึ่งเกษตรกรยอมรับสำหรับการปลูกทำพันธุ์ (อรรถสิทธิ์ และคณะ, 2551)

ในปี พ.ศ. 2559 ตฤณสิทธิ์และคณะได้มีการวิจัยและพัฒนาเครื่องสางใบอ้อยเช่นเดียวกัน เป็นการสางใบเพื่ออำนวยความสะดวกในขั้นตอนการตัดอ้อยเพื่อนำไปใช้เป็นท่อนพันธุ์ ลักษณะของเครื่องใช้กลไกแบบ Slider – Crank แสดงในภาพที่ 1 ทำให้ลูกตีสางใบอ้อยสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวตั้ง รวมถึงสามารถปรับรอบการหมุนของลูกตีสางใบอ้อยให้เหมาะสมกับแรงดึงใบอ้อยที่เปลี่ยนไปตามความสูงของอ้อย โดยใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถใช้งานได้ดีกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีแรงดึงใบอ้อยต่ำที่สุด (ตฤณสิทธิ์ และคณะ, 2559) มีความสามารถในการทำงาน 0.84 ไร่/ชม. และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 4.11 ล./ไร่ แต่มีข้อจำกัดบางประการ อาทิการใช้ต้นกำลังในการหมุนตีสางใบอ้อยด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าให้กำลังที่จำกัดหากใบอ้อยมีปริมาณหนาแน่นมาก จึงเป็นการใช้เพื่อการผลิตท่อนพันธุ์เฉพาะอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และอาจมีอายุการใช้งานสั้นในงานวิจัยนี้ได้แก้ปัญหาข้อด้อยของเครื่องสางใบอ้อยแบบใช้กลไก Slider – Crank โดยใช้ระบบถ่ายทอดกำลังแบบอุทกสถิต (ระบบไฮดรอลิก) ซึ่งเป็นระบบที่ให้กำลังสูงมาใช้เป็นต้นกำลังทั้งการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวตั้งของลูกตีสางใบอ้อย และการหมุนของลูกตีสางใบอ้อย ให้สามารถสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์อื่นๆที่มีแรงดึงใบสูงกว่าอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ได้ทั้งหมด รวมถึงมีความสามารถในการทำงานสูงกว่า และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำกว่า

การควบคุมรอบการหมุนของลูกตีสางใบอ้อยซึ่งรับภาระไม่คงที่จะควบคุมที่วาล์วควบคุมอัตราการไหลเพื่อควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิกก่อนเข้ามอเตอร์ไฮดรอลิกซึ่งใช้เป็นอุปกรณ์ขับเคลื่อนลูกตีสางใบ ระบบนี้เรียกว่า Servo Electro-hydraulic System (SEHS) ซึ่งเป็นระบบไม่เชิงเส้น (Nonlinear) การหาสมการที่แม่นยำเพื่อใช้ในระบบควบคุมค่อนข้างซับซ้อน (Kwanchai, 2011) ดังนั้นระบบควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Controller) ซึ่งเป็นระบบควบคุมที่มีความคงทนต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงของระบบทางพลศาสตร์ และไม่ต้องการข้อมูลที่แม่นยำ (K. Edge, 1997) ประกอบกับผลตอบสนองการควบคุมระบบ SEHS โดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซีดีกว่าตัวควบคุมแบบพีไอดี (ตฤณสิทธิ์, 2561) จึงมีความสะดวก และเหมาะสมกับการนำมาใช้ออกแบบตัวควบคุม



ลูกตีสาบไอบ้อย

ภาพที่ 1 เครื่องสาบไอบ้อยแบบใช้กลไก Slider – crank
ที่มา : ตฤณสิษฐ์ และคณะ (2559)

วัตถุประสงค์ของการวิจัยประกอบด้วย 1) เพื่อสร้างเครื่องสาบไอบ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ให้สามารถสาบไอบ้อยกับพันธุ์อ้อยที่มีแรงดึงใบสูง กาบใบแน่น ได้แก่พันธุ์ LK92-11 อู่ทอง 84-12 K95-84 กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูก 2) ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ความเสียหายของตาอ้อยและลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยเปรียบเทียบกับแรงงานคน 3) ประสิทธิภาพการควบคุมรอบการหมุนของลูกตีสาบไอบ้อยด้วยตัวควบคุมแบบพีซี

วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. โครงสร้าง และลักษณะจำเพาะของเครื่องสาบไอบ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

เครื่องสาบไอบ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ที่ออกแบบ และสร้างแสดงในภาพที่ 2 ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วนคือโครงยึดต่อกับรถแทรกเตอร์แบบจุดพ่วง 3 จุดอิสระ โครงเครื่องมือ และชุดลูกตีสาบไอบ้อย โดยโครงยึดต่อกับรถแทรกเตอร์เชื่อมต่อกับโครงเครื่องมือ ลูกตีสาบไอบ้อยมี 2 ลูก มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง เส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 248 มม. ยาว 1,000 มม. วางในทิศทางขนานกับพื้น บริเวณพื้นที่ผิวติดตั้งเอ็นตัดหญ้า โดยติดตั้งห่างกัน 50 มม. สามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อสึกหรอ ขณะทำงานลูกตีแสงใบอ้อยจะหมุนรอบแกนหมุนที่ติดตั้งอยู่บนโครงเครื่องมือ และทำให้เอ็นตัดหญ้าหมุนตีแสงใบอ้อยลงมา ระยะห่างระหว่างลูกตีแสงใบอ้อย 970 มม.

โครงเครื่องมือส่วนแรกเป็นคานในแนวขวางพื้นที่หน้าตัดสี่เหลี่ยมกลวง ขนาด 100 x 110 มม. ยาว 800 มม. ส่วนที่สองเป็นเสา 2 ต้นวางในแนวตั้งทำด้วยเหล็กกล่อง ขนาด 65 x 158 มม. หนา 2 มม. สูง 1,800 มม. ประกอบเป็นจุดยึดกระบอกสูบไฮดรอลิกและระบบส่งกำลังโดยใช้โซ่ลำเลียงซึ่งยึดติดกับคานในแนวตามยาว ส่วนที่สามเป็นคานในแนวตามยาวทำด้วยเหล็กกล่อง ขนาด 65 x 158 มม. หนา 2 มม. ยาว 1,740 มม. ประกอบเป็นคานหลักสำหรับยึดจุดหมุน และลูกตีแสงใบอ้อยทั้ง 2 ลูก



ภาพที่ 2 โครงสร้างของเครื่องแสงใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

2. อุปกรณ์ไฮดรอลิก

- 2.1 ปัมไฮดรอลิกขนาด 55 มล./รอบ อัตราการไหล 119 ล./นาที ความเร็วรอบสูงสุด 2,500 รอบ/นาที ที่ความดัน 210 บาร์ จำนวน 2 ตัว โดยต่อกับเพลาอำนาจกำลังเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง
- 2.2 วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า จำนวน 2 ตัว เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิก และความเร็วของกระบอกสูบไฮดรอลิก

- 2.3 มอเตอร์ไฮดรอลิกขนาด 100 มล./รอบ แรงบิดสูงสุด 264 นิวตัน-เมตร ความเร็วสูงสุด 3,000 รอบ/นาที ที่ ความดัน 172 บาร์ ต่อกับชุดลูกตีสาบไบอ้อย เพื่อหมุนตีสาบไบอ้อย
- 2.4 ระบายสูบไฮดรอลิกชนิดสองทิศทางหนึ่งก้านสูบ ขนาดกระบอกสูบ 250 มม. ความดันใช้งาน 21 เมกะปาสคาล ความเร็วสูงสุด 6 ม./วินาที ระยะการชักสูงสุด 3500 มม.
- 2.5 ถังน้ำมันไฮดรอลิกขนาด 25 ล. ติดตั้งบนโครงหลังที่นั่งคนขับ สำหรับส่งน้ำมันไฮดรอลิกไปใช้ในระบบ
- 2.6 วาล์วลดความดัน ติดตั้งก่อนเข้าวาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า เพื่อป้องกันความเสียหายของ อุปกรณ์จากความดันเกินในระบบ
- 2.7 อุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 250 กิโลแคลอรี/ชม. ที่อุณหภูมิ 30 °ซ โดยต่อจากมอเตอร์ไฮดรอลิก และกระบอกสูบไฮดรอลิก เพื่อระบายความร้อนของน้ำมันหลังการใช้งาน

3. อุปกรณ์วัดและควบคุม

- 3.1 อุปกรณ์วัดความเร็วรอบ Rotary Encoder แบบให้สัญญาณออกเป็นอนาล็อก จำนวน 2 ตัว
- 3.2 ความต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer-Volume)
- 3.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Valve Amplifier)
- 3.4 บอร์ดควบคุมขนาดเล็ก (Microcontroller) ยี่ห้อ Arduino Mega 2560
- 3.5 คอมพิวเตอร์แบบพกพา (Notebook)
- 3.6 แบตเตอรี่ขนาด 50 แอมป์ 12 โวลต์ 2 ลูก ต่ออนุกรม

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดลักษณะทางกายภาพต้นอ้อย และเก็บตัวอย่างไบอ้อย

- 4.1 ตลับเมตร
- 4.2 เวอร์เนียแคลิเปอร์
- 4.3 เครื่องชั่งสปริงดิจิทัลแบบแขวนขนาด 8 กก.
- 4.4 สายเมตรวัดความยาว
- 4.5 ไม้เมตรวัดความสูง
- 4.6 เครื่องชั่งน้ำหนักขนาด 30 กก.
- 4.7 กระสอบสำหรับใส่ไบอ้อยขนาด 5 กก.

5. รถแทรกเตอร์

รถแทรกเตอร์ที่ใช้ทดสอบยี่ห้อ Kubota รุ่น B2440 ขนาด 24 แรงม้า เกียร์เดินหน้า 9 เกียร์ ขับเคลื่อน 4 ล้อ ให้แรงม้าสูงสุด 24.3 แรงม้า ที่รอบเครื่องยนต์ 2,600 รอบต่อนาที และมีความเร็วรอบเพลลาอำนาจกำลังในเกียร์ 1 540 รอบต่อนาที ความเร็วรอบเพลลาอำนาจกำลังในเกียร์ 2 980 รอบต่อนาที

6. อุปกรณ์วัดที่ใช้ทดสอบเครื่องสำอางใบอ้อย

- 6.1 ตลับเมตร
- 6.2 นาฬิกาจับเวลา
- 6.3 หลักรูปวัดระยะ
- 6.4 กล้องถ่ายรูป
- 6.5 ปูนขาว
- 6.6 กระจกตวงวัดน้ำมันขนาด 1800 มล.

7. เครื่องมือ และวัสดุที่ใช้ในการสร้างไถระเบิดดินดานชนิดสันที่ขา 2 ขา

- 7.1 เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
- 7.2 เครื่องเชื่อมแก๊ส
- 7.3 เครื่องกลึง
- 7.4 เครื่องเจาะ
- 7.5 เครื่องตัด
- 7.6 เครื่องตัด
- 7.7 เหล็กสำหรับทำโครงสร้าง
- 7.8 เหล็กเพลลา
- 7.9 โข่งส่งกำลังเบอร์ 50 พร้อมเฟือง 2 ชุด
- 7.10 ตลับลูกปืน 6 ตัว พร้อมบุททองเหลือง

วิธีการ

1. การติดตั้งระบบถ่ายทอดกำลังแบบอุทกสถิต (ระบบไฮดรอลิก) กับเครื่องสางใบอ้อย

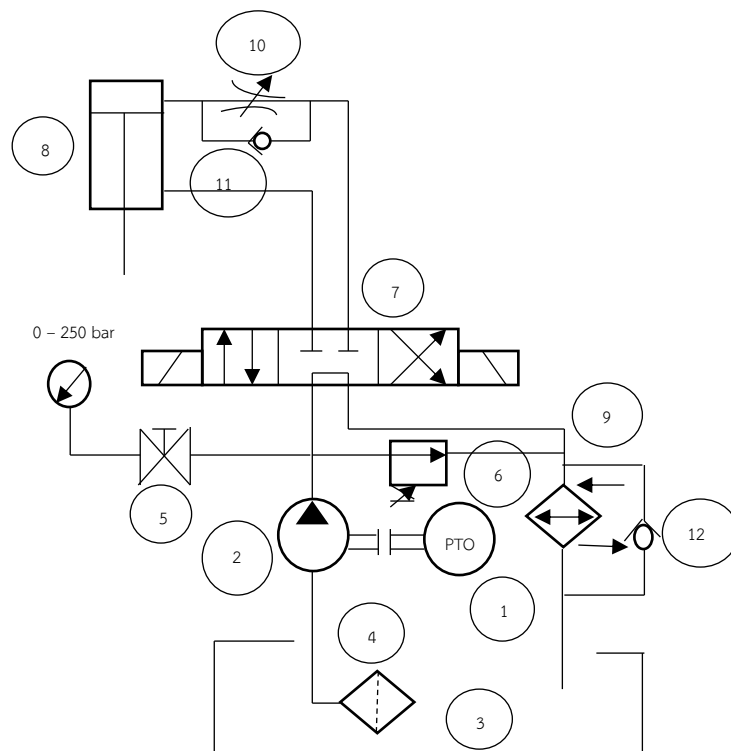
ระบบไฮดรอลิกที่ทำการติดตั้งสำหรับใช้ในการเคลื่อนที่ขึ้น-ลงของลูกตีสางใบอ้อย และการหมุนของลูกตีสางใบอ้อยดังนี้

1. ปัมไฮดรอลิกขนาด 55 มล./รอบ อัตราการไหล 119 ล./นาที ความเร็วรอบสูงสุด 2,500 รอบ/นาที ที่ความดัน 210 บาร์ จำนวน 2 ตัว โดยต่อกับเพลลาอำนาจกำลังเพื่อใช้เป็นต้นกำลัง
2. วาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า จำนวน 2 ตัว เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ไฮดรอลิกและความเร็วของกระบอกสูบไฮดรอลิก
3. มอเตอร์ไฮดรอลิกขนาด 100 มล./รอบ แรงบิดสูงสุด 264 นิวตัน-เมตร ความเร็วสูงสุด 3,000 รอบ/นาที ที่ความดัน 172 บาร์ ต่อกับชุดลูกตีสางใบอ้อย เพื่อหมุนตีสางใบอ้อย
4. กระบอกสูบไฮดรอลิกชนิดสองทิศทางหนึ่งก้านสูบ ขนาดกระบอกสูบ 250 มม. ความดันใช้งาน 21 เมกกะปาสกาล ความเร็วสูงสุด 6 ม./วินาที ระยะการชักสูงสุด 3500 มม.
5. ถังน้ำมันไฮดรอลิกขนาด 25 ล. ติดตั้งบนโครงหลังที่นั่งคนขับ สำหรับส่งน้ำมันไฮดรอลิกไปใช้ในระบบ
6. วาล์วลดความดัน ติดตั้งก่อนเข้าวาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า เพื่อป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์จากความดันเกินในระบบ
7. อุปกรณ์ระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 250 กิโลแคลอรี/ชม. ที่อุณหภูมิ 30 °ซ โดยต่อจากมอเตอร์ไฮดรอลิก และกระบอกสูบไฮดรอลิก เพื่อระบายความร้อนของน้ำมันหลังการใช้งาน

1.1 วงจรไฮดรอลิกสำหรับการเคลื่อนที่เชิงเส้นในแนวตั้งของลูกตีสางใบอ้อยของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

วงจรไฮดรอลิกสำหรับการเคลื่อนที่เชิงเส้นในแนวตั้งของลูกตีสางใบอ้อยแสดงในภาพที่ 3 หลักการทำงานเริ่มจาก เพลลาอำนาจกำลัง (1) หมุนที่ความเร็วรอบ 540 รอบต่อนาที ส่งกำลังผ่านชุดเฟือง อัตราทด 1:4 ขับปัมไฮดรอลิก (2) ขนาด 55 ซีซีต่อรอบ ที่ความเร็วรอบ 2,160 รอบต่อนาที ดึงน้ำมันจากถังไฮดรอลิก (3) ขนาด 25 ลิตร ผ่านตัวกรองน้ำมัน (4) มีอัตราการไหลประมาณ 98 ลิตรต่อนาที มีวาล์วควบคุมความดันแบบปรับด้วยมือ (5) ที่ 250 บาร์ ถ้าความดันในระบบเกิน 250 บาร์ น้ำมันจะถูกส่งกลับเข้าถังผ่านวาล์วลดความดัน (6) น้ำมันที่มีความ

ดันไม่เกิน 250 บาร์ ถูกส่งผ่านระบบท่อไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า (7) ซึ่งจะ เปิด หรือ ปิดวาล์วด้วยตัวต้านทานปรับค่าได้ และต่อไปยังกระบอกสูบไฮดรอลิก (8) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 6 1/2” x 79” ซึ่งต่อกับชุดกลไกการเคลื่อนที่ของลูกตีสางใบอ้อย ทำให้ลูกตีสางใบอ้อยเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งตามความสูงของต้นอ้อย น้ำมันที่ผ่านกระบอกสูบไฮดรอลิกจะเกิดความร้อนซึ่งแปรผันกับขนาดของภาระงานจะถูกส่งไปยังตัวระบายความร้อนแบบพัดลมระบายอากาศ (9) ขนาด 250 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง เพื่อระบายความร้อน โดยผ่านวาล์วควบคุมทิศทางการการไหล (10) และวาล์วกันกลับ (11) (12) และส่งกลับเข้าถังน้ำมันไฮดรอลิกหมุนเวียนตลอดการใช้งาน

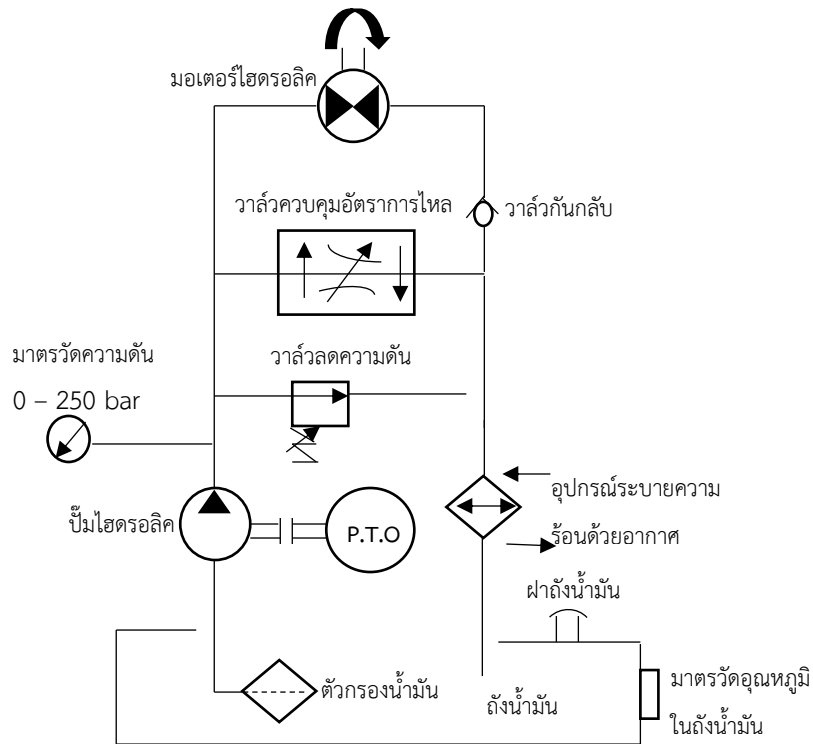


ภาพที่ 3 วงจรไฮดรอลิกสำหรับการเคลื่อนที่ของลูกตีสางใบอ้อยของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

1.2 วงจรไฮดรอลิกสำหรับระบบส่งกำลังของลูกตีสางใบอ้อยของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

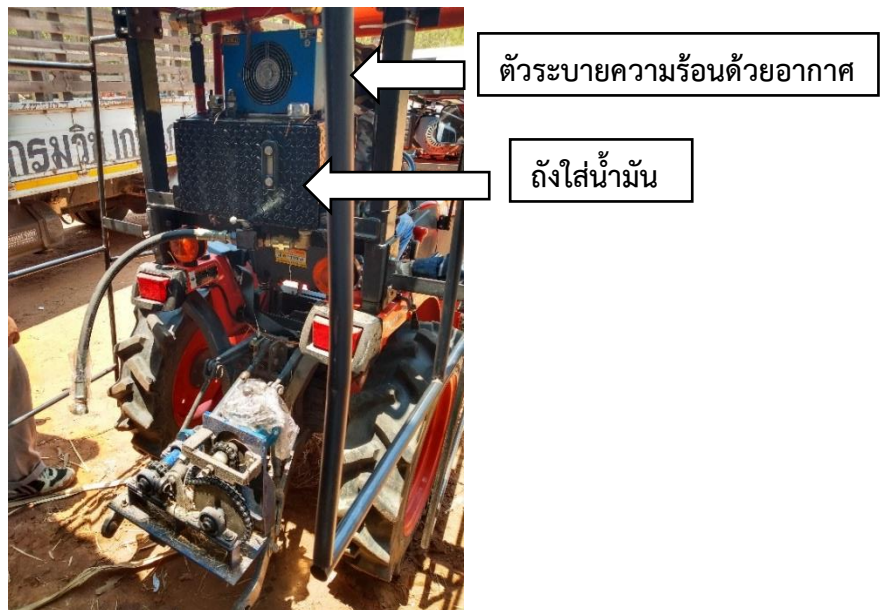
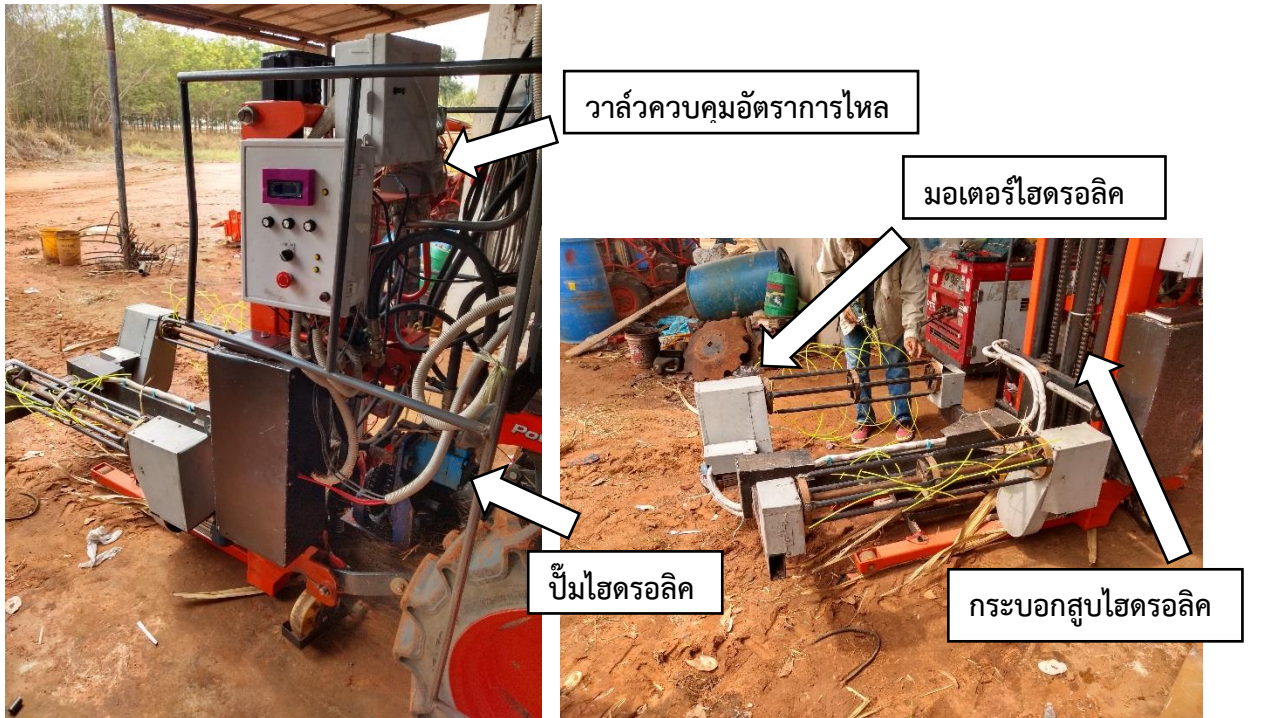
วงจรไฮดรอลิกสำหรับระบบส่งกำลังของลูกตีสางใบอ้อยแสดงดังภาพที่ 4 หลักการทำงานเริ่มจาก เพลลาอำนาจกำลังหมุนที่ความเร็วรอบ 540 รอบต่อนาที ส่งกำลังผ่านชุดเฟืองอัตราทด 1:4 ขับปั๊มไฮดรอลิกขนาด 55 ซีซีต่อรอบ ที่ความเร็วรอบ 2,160 รอบต่อนาที มีอัตราการไหลประมาณ 98 ลิตรต่อนาที มีวาล์วควบคุมความดันที่ 250 บาร์ น้ำมันไฮดรอลิกถูกส่งผ่านระบบท่อไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า ซึ่งจะ เปิด หรือ

หรือปิดวาล์วด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Controller) ตามตำแหน่งที่ติดตั้ง proximity sensor และต่อไปยังมอเตอร์ไฮดรอลิก ขนาด 100 ซีซีต่อรอบ แรงบิดสูงสุด 264 นิวตัน-เมตร ซึ่งต่อกับชุดกลไกการหมุนของลูกตีสางใบอ้อย น้ำมันที่ผ่านมอเตอร์ไฮดรอลิกจะเกิดความร้อนซึ่งแปรผันกับขนาดของภาระงานจะถูกส่งไปยังตัวระบายความร้อนแบบพัดลมระบายอากาศขนาด 250 กิโลแคลอรีต่อชั่วโมง เพื่อระบายความร้อน และส่งกลับเข้าถังน้ำมันไฮดรอลิกหมุนเวียนตลอดการใช้งาน



ภาพที่ 4 วงจรไฮดรอลิกสำหรับระบบส่งกำลังของลูกตีสางใบอ้อยของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

ผลการติดตั้งระบบไฮดรอลิกกับเครื่องสางใบอ้อยแสดงในภาพที่ 5



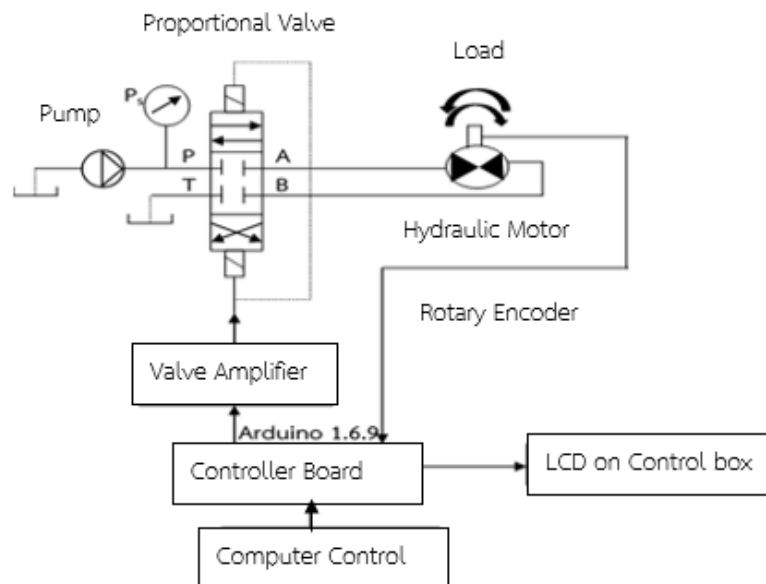
ภาพที่ 5 การติดตั้งระบบไฮดรอลิกเข้ากับเครื่องสำอางไ้อย

2. การติดตั้งอุปกรณ์วัด และควบคุม

การติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ แสดงวงจรการติดตั้ง และอธิบายการทำงานในภาพที่ 6 โดยมอเตอร์ไฮดรอลิกจะขับภาระซึ่งประกอบไปด้วยชุดกลไกการตีสางใบไ้อย และใบไ้อย โดยรับน้ำมันไฮดรอลิกเพื่อใช้ในการถ่ายทอดกำลังจากวาล์วควบคุมอัตราการไหล การหมุนของลูกตีสางใบจะถูกวัดที่

เพลาขับลูกตีสางไบโดย Encoder ในหน่วย รอบต่อนาที ไปแสดงผลที่หน้าจอ LCD ที่ผู้ควบคุม และเป็นสัญญาณป้อนกลับ

การควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันไฮดรอลิก เพื่อไปควบคุมความเร็วในการหมุนขั้วภาระของมอเตอร์ไฮดรอลิก โดยควบคุมที่วาล์วปรับอัตราการไหล เรียกระบบนี้ว่า Servo Electro-hydraulic System หรือ SEHS การควบคุมกระทำโดยโปรแกรมควบคุมการหมุนของลูกตีสางไบด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี ซึ่งเขียนด้วยโปรแกรม Arduino 1.6.9 ในคอมพิวเตอร์ผ่านบอร์ดควบคุม ซึ่งจะคำนวณสัญญาณควบคุมตามสัญญาณสั่งงานและสัญญาณป้อนกลับ สัญญาณสั่งงานจากบอร์ดควบคุมจะถูกขยายด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Valve Amplifier) ก่อนส่งไปยังวาล์วควบคุมอัตราการไหล



ภาพที่ 6 วงจรควบคุมการหมุนของลูกตีสางไบอ้อยของเครื่องสางไบอ้อย สำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์

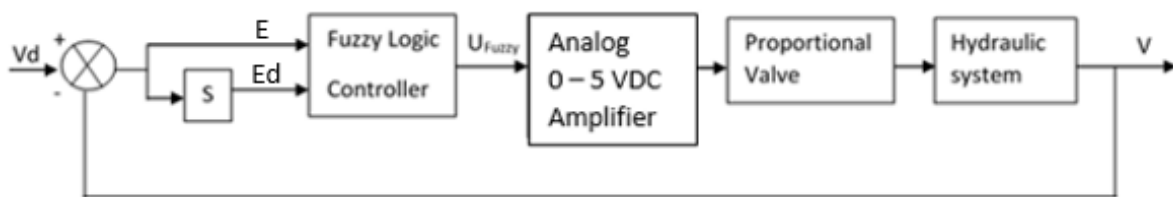
3. การออกแบบตัวควบคุมระบบ Servo Electro-hydraulic System หรือ SEHS โดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี (Fuzzy Controller)

การทำงานของระบบเริ่มจากการกำหนดค่า input อ้างอิงเป็น ความเร็ว (Vd) ระบบจะสั่งงานตามค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นค่าแรกในขณะที่ยังไม่มีค่าป้อนกลับ เมื่อทำการสางไบอ้อย ตัววัดความเร็วรอบ (Rotary Encoder) จะเป็นตัวส่งค่าป้อนกลับเป็นสัญญาณความเร็ว (V) ในหน่วย รอบ/นาที มาเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง

(Vd) มีค่าตั้งแต่ 0 – 1000 รอบ/นาที เพื่อคำนวณหาค่าผิดพลาด E และอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าผิดพลาด Ed เป็น 2 input ไปเข้ากฎฟัซซี เพื่อเป็น output ควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้กับวาล์วควบคุมอัตราการไหล (U_{Fuzzy}) ถ้าค่าป้อนกลับมากกว่าค่าอ้างอิงทำให้ค่าผิดพลาดมีค่าเป็นลบ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้า output จะลดลง ถ้าค่าป้อนกลับน้อยกว่าค่าอ้างอิงจะทำให้ค่าผิดพลาดมีค่าเป็นบวก ดังนั้นแรงดันไฟฟ้า output จะเพิ่มขึ้น โดยที่

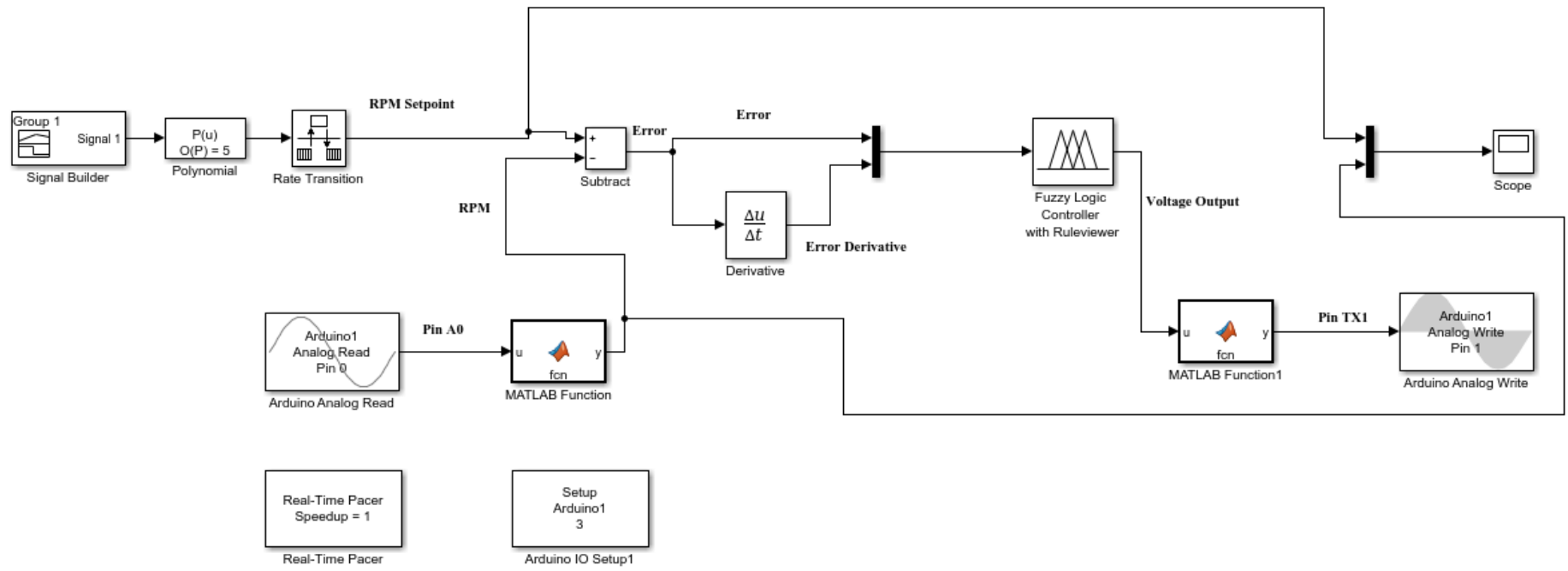
- Vd = ค่า input อ้างอิง
- E = ค่าผิดพลาดของความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ
= Vd - V
- Ed = อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าผิดพลาดความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ
- U_{Fuzzy} = เอาต์พุตในการเปิด ปิด Proportional Valve โดยใช้ตัวควบคุมแบบฟัซซี

การทำงานของระบบโดยรวม ดังแสดงในภาพที่ 7



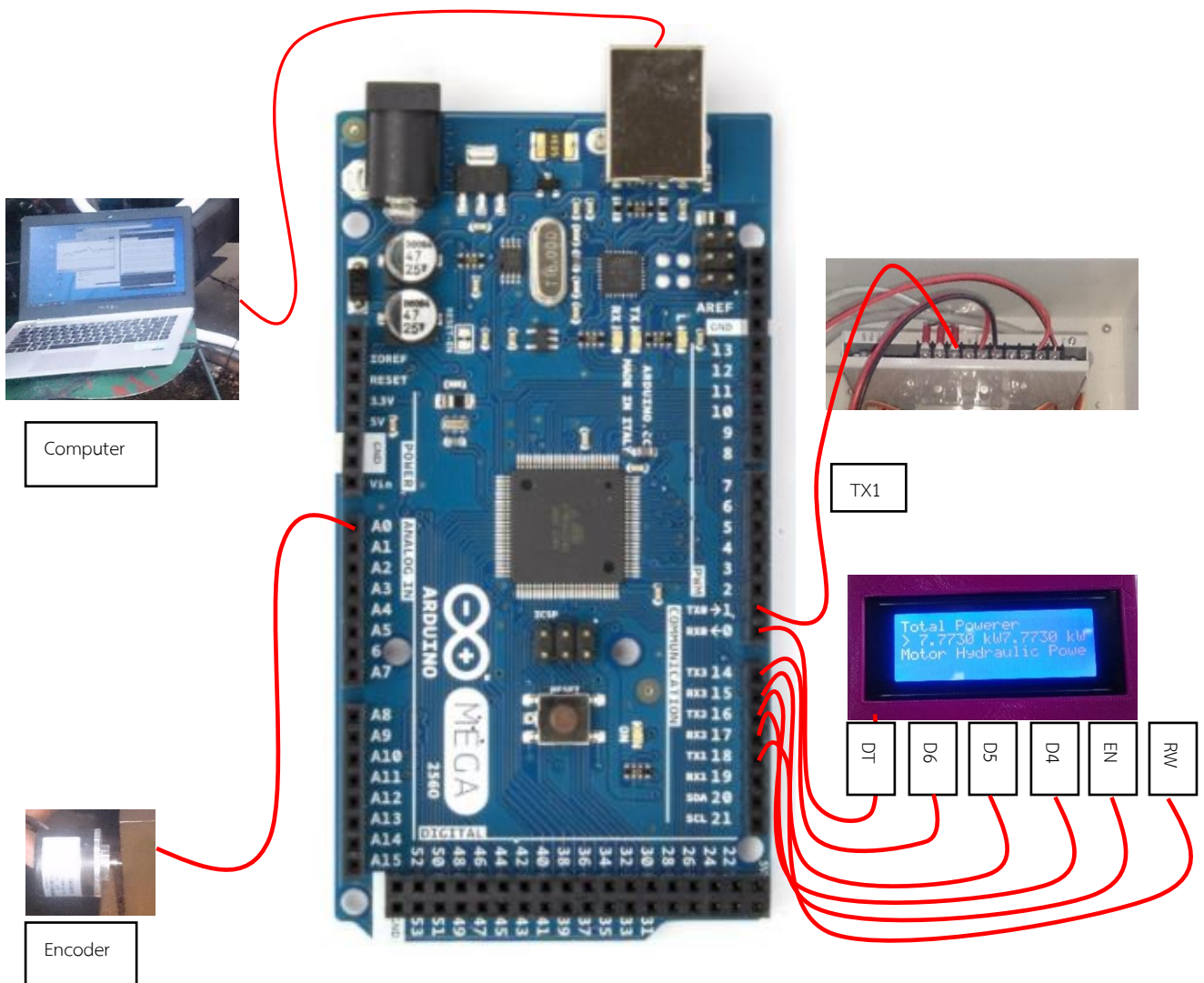
ภาพที่ 7 Block Diagram ของตัวควบคุมแบบฟัซซีในการควบคุม Proportional Valve

โปรแกรมควบคุมการหมุนของลูกตีสางใบด้วยตัวควบคุมแบบฟัซซี ถูกเขียนในโปรแกรม Matlab แสดงในภาพที่ 8 โดยเริ่มต้นจากการป้อนค่าสัญญาณสั่งงาน Input ผ่าน Signal builder block ปรับช่วงสัญญาณให้เหมาะสมด้วย Rate transition block ก่อนเข้า Fuzzy logic controller block สัญญาณควบคุมจะถูกส่งออกไปที่ขา Tx1 ของบอร์ดควบคุม Arduino mega 2560 เพื่อใช้ในการเปิด หรือ ปิด วาล์วควบคุมอัตราการไหล ส่วนสัญญาณป้อนกลับจะถูกส่งจาก Encoder ในรูปสัญญาณ Analog เข้าขา A0 ของบอร์ดควบคุม และใช้เปรียบเทียบกับสัญญาณสั่งงานโดยดูได้จาก Scope block



ภาพที่ 8 โปรแกรมควบคุมการหมุนของลูกตีสางไปอ้อยด้วยโปรแกรม Matlab

การต่อคอมพิวเตอร์สำหรับใส่ค่า Input Setpoint และอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ (Encoder) ผ่านบอร์ดควบคุม Arduino mega 2560 แสดงในภาพที่ 9 โดยสัญญาณที่วัดจากอุปกรณ์วัดเป็นสัญญาณอนาล็อก 0-5 โวลต์ ต่อเข้ากับพอร์ตอนาล็อกของบอร์ดควบคุมที่พอร์ต A0 ส่วนคอมพิวเตอร์ต่อผ่านพอร์ต USB โดยบอร์ดควบคุมจะส่งสัญญาณสั่งงานเป็นอนาล็อก 0-5 โวลต์ผ่านพอร์ต TX1 สำหรับเปิด หรือปิดที่วาล์วควบคุมการไหลผ่านอุปกรณ์ขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า (Valve Amplifier) และส่งสัญญาณที่วัดจากอุปกรณ์วัดความเร็วรอบ ไปแสดงผลที่หน้าจอแสดงผล LCD ผ่านพอร์ต TX0, TX3, RX3, TX2, RX2 และ AX1 ต่อเข้ากับพอร์ต DT, D6, D5, D4, EN และ RW ของ หน้าจอแสดงผล LCD ตามลำดับ



ภาพที่ 9 การต่ออุปกรณ์วัด และคอมพิวเตอร์ผ่านบอร์ดควบคุมสำหรับส่งสัญญาณสั่งงานผ่านอุปกรณ์ขยายสัญญาณแรงดันไฟฟ้า และหน้าจอแสดงผล LCD

4. ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ แรงแค้งใบอ้อย และรอบการหมุนของลูกตีสางใบอ้อยที่ทำให้ตาอ้อย และลำอ้อยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์เสียหายน้อยที่สุด

4.1 ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ ลักษณะทางกายภาพของอ้อย และแรงแค้งใบอ้อย

เกษตรกรจะเริ่มตัดอ้อยทำพันธุ์เมื่ออ้อยมีอายุประมาณ 10 – 11 เดือน

4.1.1 พันธุ์ LK92-11

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตฤณสิษฐ์ และคณะ ในปี 2561 เกี่ยวกับปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ในพื้นที่ปลูกอ้อย ต. คลองไผ่ อ. สีคิ้ว จ. นครราชสีมา เป็นอ้อยปลูกใหม่อายุ 11 เดือน ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 ม. ปลูกร่องคู่ ใช้รถปลูกอ้อยปลูก เฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 1 และแรงแค้งใบอ้อยเฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ LK92-11 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ลักษณะทางกายภาพของอ้อย	จำนวนวัด (ครึ่ง)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
ความสูงของอ้อย (ม.)	2.41	2.27	2.17	2.38	2.31
เส้นผ่านศูนย์กลางลำ (ซม.)	3.40	3.30	3.70	3.30	3.43
เส้นรอบวงลำ (ซม.)	11.00	9.00	10.00	9.80	9.95
ปริมาณใบอ้อยจากการสางใบ (กิโลกรัม/ไร่)	1,474.78	1,535.21	1,501.64	1,489.73	1,500.34

ตารางที่ 2 แรงดึงใบอ้อยของอ้อยพันธุ์ LK92-11 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	แรงดึงใบอ้อย (นิวตัน)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0 - 100 (ซม.)	10.01	17.66	16.68	14.72	14.77
100 – 200 (ซม.)	28.45	31.39	26.49	24.53	27.72
มากกว่า 200 (ซม.)	50.03	51.99	61.80	40.22	51.01

4.1.2 พันธุ์ ขอนแก่น 3

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตฤณสิทธิ์ และคณะ ในปี 2561 เกี่ยวกับปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ในพื้นที่ปลูกอ้อย ต.คลองไผ่ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา เป็นอ้อย ตอ 1 อายุ 11 เดือน ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 ม. ปลูกร่องคู่ ใช้รถปลูกอ้อยปลูก เฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตาราง ที่ 3 และแรงดึงใบอ้อยเฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ลักษณะทาง กายภาพของ อ้อย	จำนวนวัด (ครั้ง)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
ความสูงของ อ้อย (ม.)	2.52	2.60	2.43	2.60	2.54
เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำ (ซม.)	3.30	3.40	3.30	3.00	3.25
เส้นรอบวงลำ (ซม.)	9.80	10.40	10.70	10.00	10.23
ปริมาณใบอ้อย จากการสางใบ (กิโลกรัม/ไร่)	1,278.66	1,303.48	1,167.01	1,269.84	1,254.75

ตารางที่ 4 แรงดึงใบอ้อยของอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	แรงดึงใบอ้อย (นิวตัน)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0 - 100 (ชม.)	5.49	6.73	8.02	5.78	6.51
100 – 200 (ชม.)	12.75	16.64	18.47	17.07	16.23
มากกว่า 200 (ชม.)	29.41	31.47	28.65	30.58	30.03

4.1.3 พันธุ์ อู่ทอง 84-12

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตฤณสิทธิ์ และคณะ ในปี 2561 เกี่ยวกับปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ อู่ทอง 84-12 ในพื้นที่ปลูกอ้อย ต.ลาดบัวขาว อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา เป็นอ้อยต่อ 4 อายุ 11 เดือน ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 ม. ปลูกร่องคู่ ใช้รถปลูกอ้อยปลูก เฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 5 และแรงดึงใบอ้อยเฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ อู่ทอง 84-12 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ลักษณะทาง กายภาพของ อ้อย	จำนวนวัด (ครั้ง)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
ความสูงของ อ้อย (ม.)	2.50	2.52	2.66	2.00	2.42
เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำ (ชม.)	3.10	3.40	3.60	3.50	3.40
เส้นรอบวงลำ (ชม.)	10.30	9.60	11.10	10.80	10.45
ปริมาณใบอ้อย จากการสางใบ (กิโลกรัม/ไร่)	1,266.07	1,303.45	1,294.77	1,345.03	1,302.33

ตารางที่ 6 แรงดึงใบอ้อยของอ้อยพันธุ์ อุ่ทอง 84-12 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	แรงดึงใบอ้อย (นิวตัน)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0 - 100 (ชม.)	11.13	12.47	14.01	12.12	12.43
100 - 200 (ชม.)	24.75	22.41	23.83	21.78	23.19
มากกว่า 200 (ชม.)	42.37	45.62	40.06	44.38	43.11

4.1.4 พันธุ์ K95-84

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของตฤณสิทธิ์ และคณะ ในปี 2561 เกี่ยวกับปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84 ในพื้นที่ปลูกอ้อย ต.กุดน้อย อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา เป็นอ้อยต่อ 1 อายุ 11 เดือน ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 ม. ปลูกร่องคู่ ใช้รถปลูกอ้อยปลูก เฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 7 และแรงดึงใบอ้อยเฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 7 ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ลักษณะทาง กายภาพของ อ้อย	จำนวนวัด (ครั้ง)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
ความสูงของ อ้อย (ม.)	2.93	2.90	2.96	2.93	2.93
เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำ (ชม.)	4.20	3.90	4.40	4.70	4.30
เส้นรอบวงลำ (ชม.)	12.00	11.80	12.30	11.90	12.00
ปริมาณใบอ้อย จากการสางใบ (กิโลกรัม/ไร่)	1,194.83	975.95	1,078.46	1,135.96	1,096.30

ตารางที่ 8 แรงดึงใบอ้อยของอ้อยพันธุ์ K95-84 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	แรงดึงใบอ้อย (นิวตัน)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0 - 100 (ซม.)	9.81	8.83	5.87	9.81	8.58
100 – 200 (ซม.)	15.70	17.66	22.56	16.83	18.19
มากกว่า 200 (ซม.)	29.43	33.35	31.39	32.37	31.64

4.1.5 พันธุ์กำแพงแสน 01-12

จากการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของทดลองสิทธิ์ และคณะ ในปี 2561 เกี่ยวกับปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12 ในพื้นที่ปลูกอ้อย ต.มิตรภาพ อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา เป็นอ้อยปลูกใหม่ อายุ 11 เดือน ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 ม. ปลูกร่องคู่ ใช้รถปลูกอ้อยปลูก เฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 9 และแรงดึงใบอ้อยเฉลี่ย 4 ซ้ำ แสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 9 ปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และลักษณะทางกายภาพของอ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ลักษณะทาง กายภาพของ อ้อย	จำนวนวัด (ครั้ง)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
ความสูงของ อ้อย (ม.)	2.2	2.26	2.52	2.37	2.34
เส้นผ่าน ศูนย์กลางลำ (ซม.)	3.2	3.4	3.3	3.5	3.35
เส้นรอบวงลำ (ซม.)	10.6	10.3	9.8	11.1	10.45
ปริมาณใบอ้อย จากการสางใบ (กิโลกรัม/ไร่)	1,366.71	1,401.21	1,307.68	1,395.02	1,367.66

ตารางที่ 10 แรงดึงใบอ้อยของอ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12 เฉลี่ย 4 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	แรงดึงใบอ้อย (นิวตัน)				เฉลี่ย
	1	2	3	4	
0 - 100 (ซม.)	17.66	14.72	10.67	12.75	13.95
100 - 200 (ซม.)	22.56	23.54	18.68	20.85	21.41
มากกว่า 200 (ซม.)	32.37	37.28	38.26	36.13	36.01

การวัดความสูงของอ้อยแสดงดังภาพที่ 10 และวัดปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบใน 1 ไร่ แสดงดังภาพที่ 11 โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณใบอ้อยใน 1 ไร่ สรุปได้ 3 ปัจจัยคือ

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



ภาพที่ 10 การวัดความสูงของอ้อย

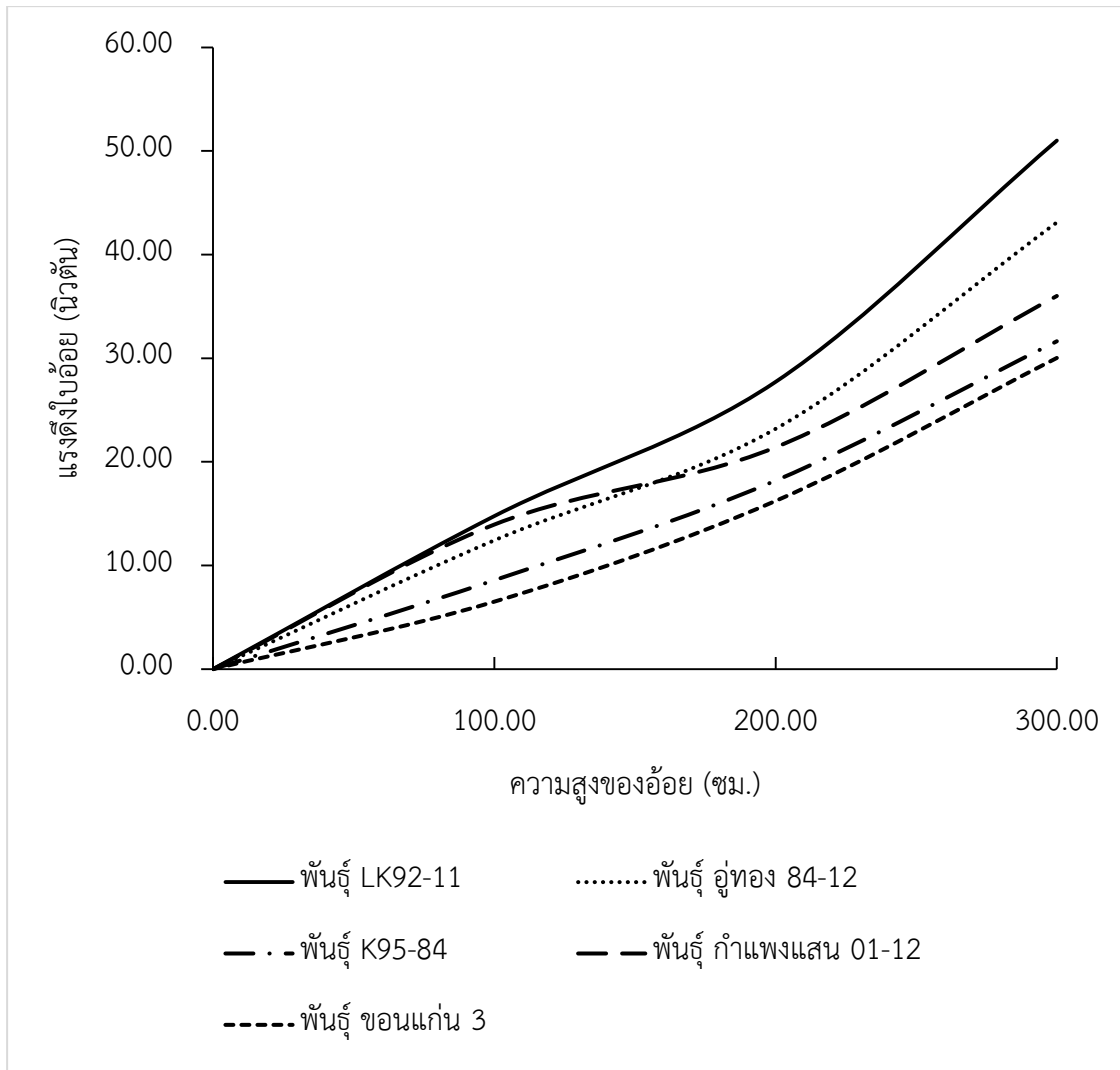


ภาพที่ 11 การวัดปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบใน 1 ไร่

จากการวัดแรงดึงใบโดยใช้เครื่องชั่งสปริงดึงทั้งใบและกาบใบออกดังภาพที่ 12 และนำข้อมูลแรงดึงใบอ้อยเฉลี่ยแต่ละพันธุ์มาเขียนกราฟ จะได้กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงใบกับความสูงของอ้อยดังภาพที่ 13 ทำให้ทราบว่าแรงดึงใบจะแปรผันตามความสูง เนื่องจากใบอ้อยบริเวณที่สูงกว่านั้นอ่อนกว่าใบอ้อยบริเวณช่วงที่ต่ำลงมาซึ่งแข็งแรงกว่า



ภาพที่ 12 วัดแรงดึงใบโดยใช้เครื่องชั่งสปริงแบบแขวนดิจิทัลขนาด 15 kg



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงไบกับความสูงของอ้อย

4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างรอบการหมุนของลูกตีสาบไบกับช่วงความสูงของอ้อย

ทำการทดสอบรอบการหมุนของลูกตีสาบไบกี่ 600 รอบ/นาที 650 รอบ/นาที 700 รอบ/นาที 750 รอบ/นาที และ 800 รอบ/นาที โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงความสูง คือ 0 - 100 ซม. 100 - 200 ซม. และ มากกว่า 200 ซม. รวมถึงแบ่งพื้นที่การทดสอบออกเป็น 1.5×1 ม. ในแต่ละ treatment แสดงดังภาพที่ 14 ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ การทดสอบเลือกใช้ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีไบกี่ 0.5 ม./วินาที และทิศทางการหมุนของลูกตีไบกี่หมุนตีขึ้น โดยให้รถแทรกเตอร์ไม่เคลื่อนที่ขณะทำการทดสอบ ผลการทดสอบความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสาบไบก้อ้อยแสดงในตารางที่ 11, 12, 13, 14 และ 15 สำหรับอ้อยพันธุ์ LK92-11 ขอนแก่น 3 ภูเก็ต 84-12 K95-84 และกำแพงแสน 01-12 ตามลำดับ



ภาพที่ 14 พื้นที่การทดสอบขนาด 1.5 x 1 ม. ในแต่ละ treatment

ตารางที่ 11 ความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสางใบอ้อยกับรอบการหมุนของลูกตีสางใบในแต่ละช่วงความสูงของอ้อยพันธุ์ LK92-11 เฉลี่ย 3 ไร่

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของตาอ้อย (ตา)	รอบการหมุนของลูกตีสางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	1	0	1	2	1	1	1	3	4	4	4	7	8	7	7	9	8	9	9
100 - 200 (ชม.)		0	0	0	0	2	2	2	2	2	1	2	2	7	4	6	6	8	7	7	7
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	1	1	6	4	4	5
0 - 100 (ชม.)	ความสะอาดในการสางใบ	ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			
100 - 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				ยังไม่สะอาด เพราะยังมีใบ แห้งติดอยู่ กาบใบไม่หลุด แต่ สะอาดกว่ารอบลูกตีที่ 600				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			
มากกว่า 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			

ตารางที่ 11 (ต่อ)

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย (ลำ)	รอบการหมุนของลูกดีสีางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	2	1	2	2	3	2	2	2
100 - 200 (ชม.)		1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	2	2	2	3	2	1	2

ตารางที่ 12 ความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสางใบอ้อยกับรอบการหมุนของลูกตีสางใบในแต่ละช่วงความสูงของอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 3 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของตาอ้อย (ตา)	รอบการหมุนของลูกตีสางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		2	2	1	2	3	3	2	3	6	5	5	5	8	10	10	9	11	13	14	13
100 - 200 (ชม.)		0	1	1	1	2	2	2	2	3	4	4	4	6	7	9	7	9	9	10	9
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	1	2	6	5	5	5	7	8	8	8
0 - 100 (ชม.)	ความสะอาดในการสางใบ	สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุดออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด			
100 - 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด เพราะยังมีใบแห้งติดอยู่ กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด			
มากกว่า 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุดออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด สะอาดน้อยกว่าช่วงความสูง 100 - 200 (ชม.)				ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุดออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด			

ตารางที่ 12 (ต่อ)

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย (ลำ)	รอบการหมุนของลูกดีสีางใบ (รอบต่อนาปี)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	3	2	2	2	3	3	3
100 - 200 (ชม.)		1	1	1	1	1	1	2	1	2	2	1	1	2	2	3	2	3	2	3	3
มากกว่า 200 (ชม.)		1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	3	2	2	2	3	2	2	2

ตารางที่ 13 ความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสางใบอ้อยกับรอบการหมุนของลูกตีสางใบในแต่ละช่วงความสูงของอ้อยพันธุ์อุทอง 84-12 เฉลี่ย 3 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของตาอ้อย (ตา)	รอบการหมุนของลูกตีสางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	0	1	1	2	2	1	2	4	3	3	3	6	7	4	6	10	8	8	9
100 - 200 (ชม.)		0	0	0	0	1	0	1	1	2	2	2	2	4	4	5	4	7	7	6	7
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	2	3	3	6	5	5	5
0 - 100 (ชม.)	ความสะอาดในการสางใบ	สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			
100 - 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด เพราะยังมีใบแห้ง ติดอยู่ กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			
มากกว่า 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด สะอาดน้อยกว่าช่วงความสูง 100 - 200 (ชม.)				ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			

ตารางที่ 13 (ต่อ)

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย (ลำ)	รอบการหมุนของลูกดีสีางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	1	0	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2	3	2	2	3	3	2	3
100 - 200 (ชม.)		1	0	0	1	1	1	0	1	2	1	1	1	3	2	2	2	3	3	3	3
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	1	2	2	2	1	2	2

ตารางที่ 14 ความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสางใบอ้อยกับรอบการหมุนของลูกตีสางใบในแต่ละช่วงความสูงของอ้อยพันธุ์ K95-84 เฉลี่ย 3 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของตาอ้อย (ตา)	รอบการหมุนของลูกตีสางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	2	1	2	3	2	2	2	5	4	5	5	9	8	8	8	10	9	9	9
100 - 200 (ชม.)		1	0	1	1	1	2	2	2	3	3	4	3	6	6	6	7	7	8	8	8
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	5	4	4	4	6	7	5	6
0 - 100 (ชม.)	ความสะอาดในการสางใบ	สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุดออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด			
100 - 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด เพราะยังมีใบแห้งติดอยู่ กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด			
มากกว่า 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุดออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด สะอาดน้อยกว่าช่วงความสูง 100 - 200 (ชม.)				ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุดออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบหลุดออกมาทั้งหมด			

ตารางที่ 14 (ต่อ)

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย (ลำ)	รอบการหมุนของลูกดีสีางใบ (รอบต่อนาปี)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
100 - 200 (ชม.)		1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2	3	2	3	2	3	3
มากกว่า 200 (ชม.)		0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2

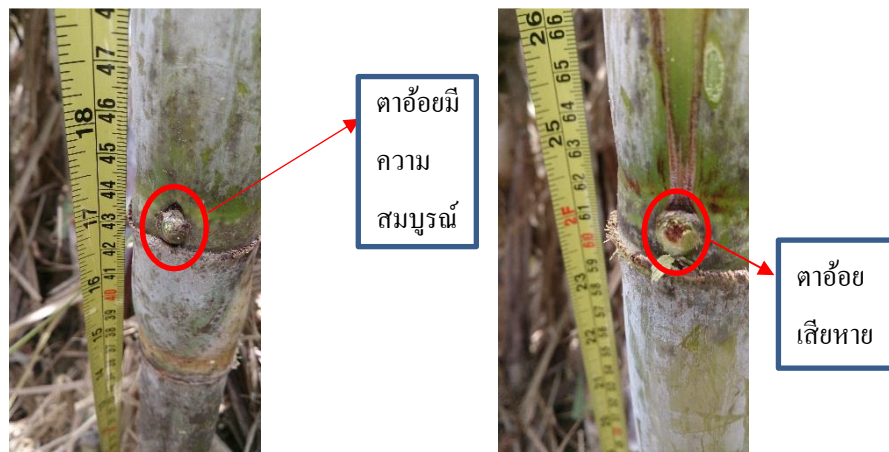
ตารางที่ 15 ความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสางใบอ้อยกับรอบการหมุนของลูกตีสางใบในแต่ละช่วงความสูงของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 เฉลี่ย 3 ซ้ำ

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของตาอ้อย (ตา)	รอบการหมุนของลูกตีสางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		1	1	1	1	2	2	1	2	4	4	4	4	8	8	9	8	10	10	9	10
100 - 200 (ชม.)		0	0	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2	6	4	5	5	8	8	9	8
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	2	2	2	2	6	5	6	6
0 - 100 (ชม.)	ความสะอาดในการสางใบ	ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			
100 - 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				ยังไม่สะอาด เพราะยังมีใบ แห้งติดอยู่ กาบใบไม่หลุด แต่ สะอาดกว่ารอบลูกตีที่ 600				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			
มากกว่า 200 (ชม.)		ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				ยังไม่สะอาด ใบแห้งยังหลุด ออกไม่หมด กาบใบไม่หลุด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบบางส่วนหลุด ออกมา				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด				สะอาด ใบแห้งหลุดออก ทั้งหมด กาบใบหลุดออกมา ทั้งหมด			

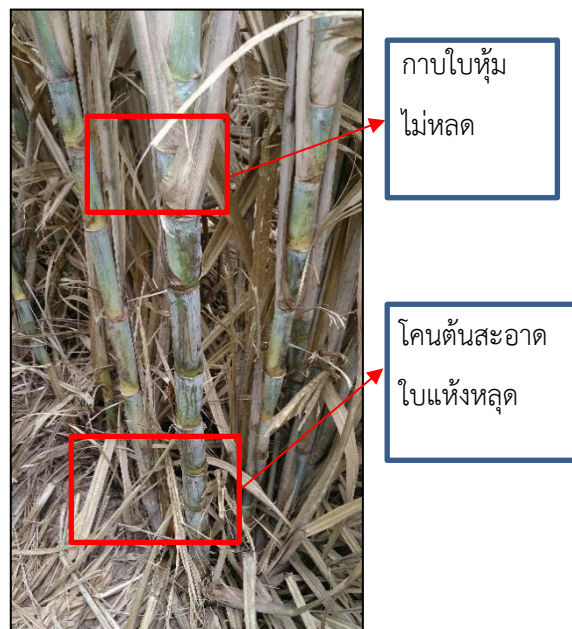
ตารางที่ 15 (ต่อ)

ช่วงความสูง ของอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย (ลำ)	รอบการหมุนของลูกดีสีางใบ (รอบต่อนาที)																			
		600				650				700				750				800			
		1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย	1	2	3	เฉลี่ย
0 - 100 (ชม.)		0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	3	2	2
100 - 200 (ชม.)		1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	2
มากกว่า 200 (ชม.)		0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2

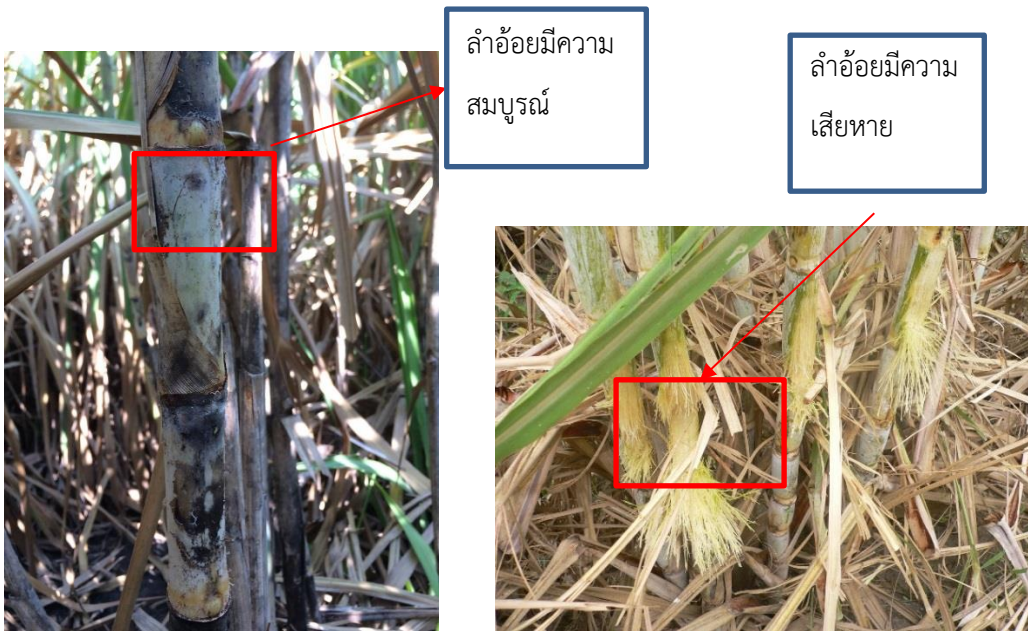
จากข้อมูลของนักวิชาการเกษตร และเกษตรกรตัดอ้อยทำพันธุ์ พบว่าการสางใบอ้อยตาอ้อยจะต้องมีความสมบูรณ์ไม่มีบางส่วนเสียหายตามภาพที่ 15 ส่วนความสะอาดในการสางใบนั้นกรมวิชาการเกษตร (2547) รายงานว่าใบแห้งต้องหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่จำเป็นต้องหลุด เพราะกาบใบจะป้องกันตาอ้อยสำหรับการเคลื่อนย้ายลงแปลงปลูก และไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย โดยความสะอาดในการสางใบสามารถประเมินได้จากการสังเกตด้วยตาเปล่าแสดงในภาพที่ 16 ส่วนความเสียหายลำอ้อย ลำอ้อยต้องมีความสมบูรณ์ไม่มีรอยแผล เนื่องจากเชื้อโรคอาจเข้าไปทำลายส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่ำลงแสดงในภาพที่ 17



ภาพที่ 15 แสดงลักษณะของตาอ้อยที่สมบูรณ์ และเสียหาย



ภาพที่ 16. ความสะอาดเพียงพอในการตัดอ้อยสำหรับทำพันธุ์



ภาพที่ 17 แสดงลักษณะของลำอ้อยที่สมบูรณ์ และเสียหาย

จากตารางที่ 11, 12, 13, 14 และ 15 เมื่อพิจารณาจากความสะอาดในการสางใบ ความเสียหายของตาอ้อย และความเสียหายของลำอ้อย ตามลำดับพบว่า

4.2.1 อ้อยพันธุ์ LK92-11

- ในช่วงความสูง 0 - 100 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 650 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1 ตา

- ในช่วงความสูง 100 - 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 700 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

- ในช่วงความสูงที่มากกว่า 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 750 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1 ตา

4.2.2 อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3

- ในช่วงความสูง 0 - 100 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 600 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

- ในช่วงความสูง 100 – 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 650 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

- ในช่วงความสูงที่มากกว่า 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 700 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

4.2.3 อ้อยพันธุ์ อุ่ทอง 84-12

- ในช่วงความสูง 0 - 100 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 600 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1 ตา

- ในช่วงความสูง 100 – 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 650 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1 ตา

- ในช่วงความสูงที่มากกว่า 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 700 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1 ตา

4.2.4 อ้อยพันธุ์ K95-84

- ในช่วงความสูง 0 - 100 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 600 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

- ในช่วงความสูง 100 – 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 650 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

- ในช่วงความสูงที่มากกว่า 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกตีใบ 700 รอบ/นาที เนื่องจากการสร้างใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

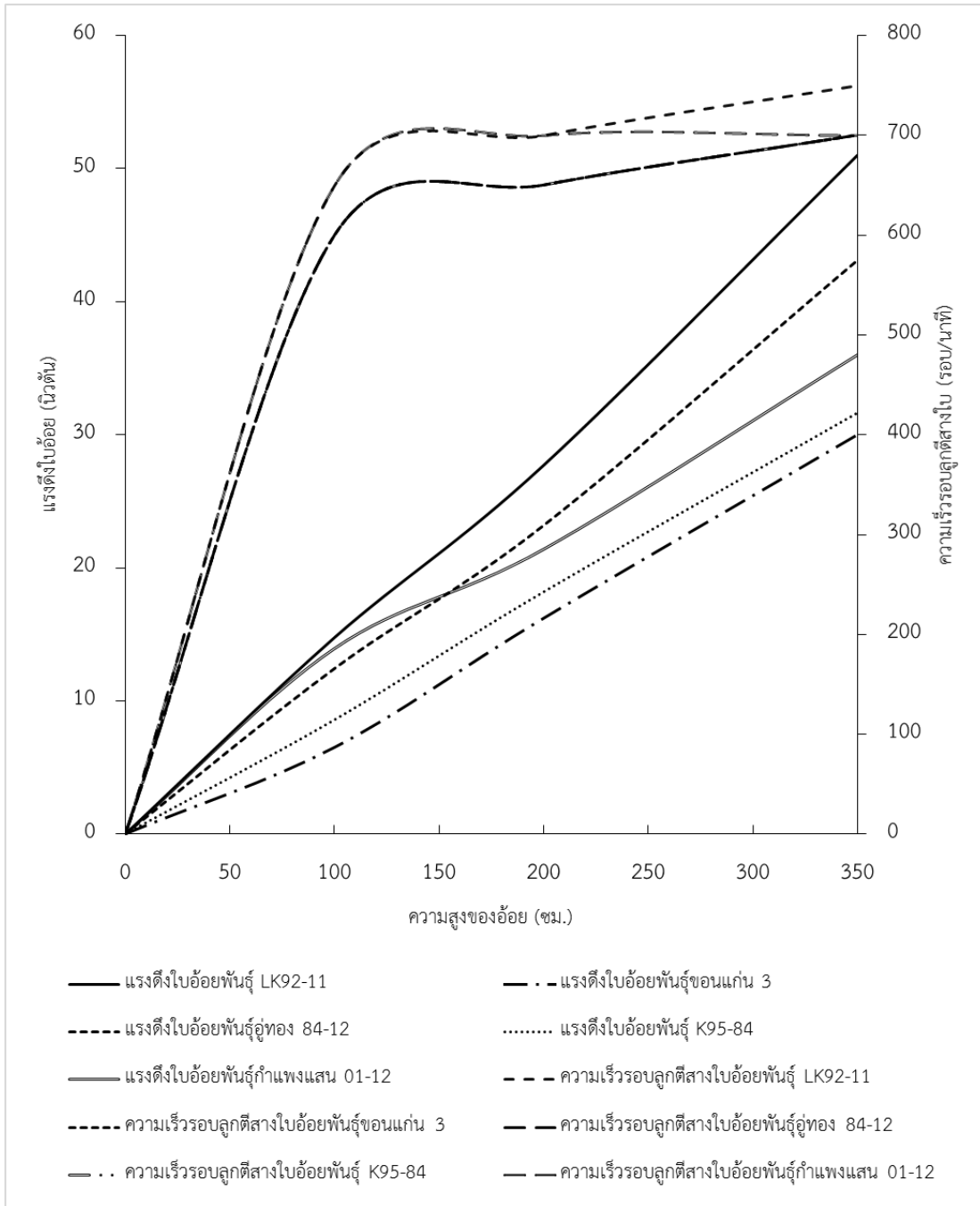
4.2.5 อ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12

- ในช่วงความสูง 0 - 100 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 650 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

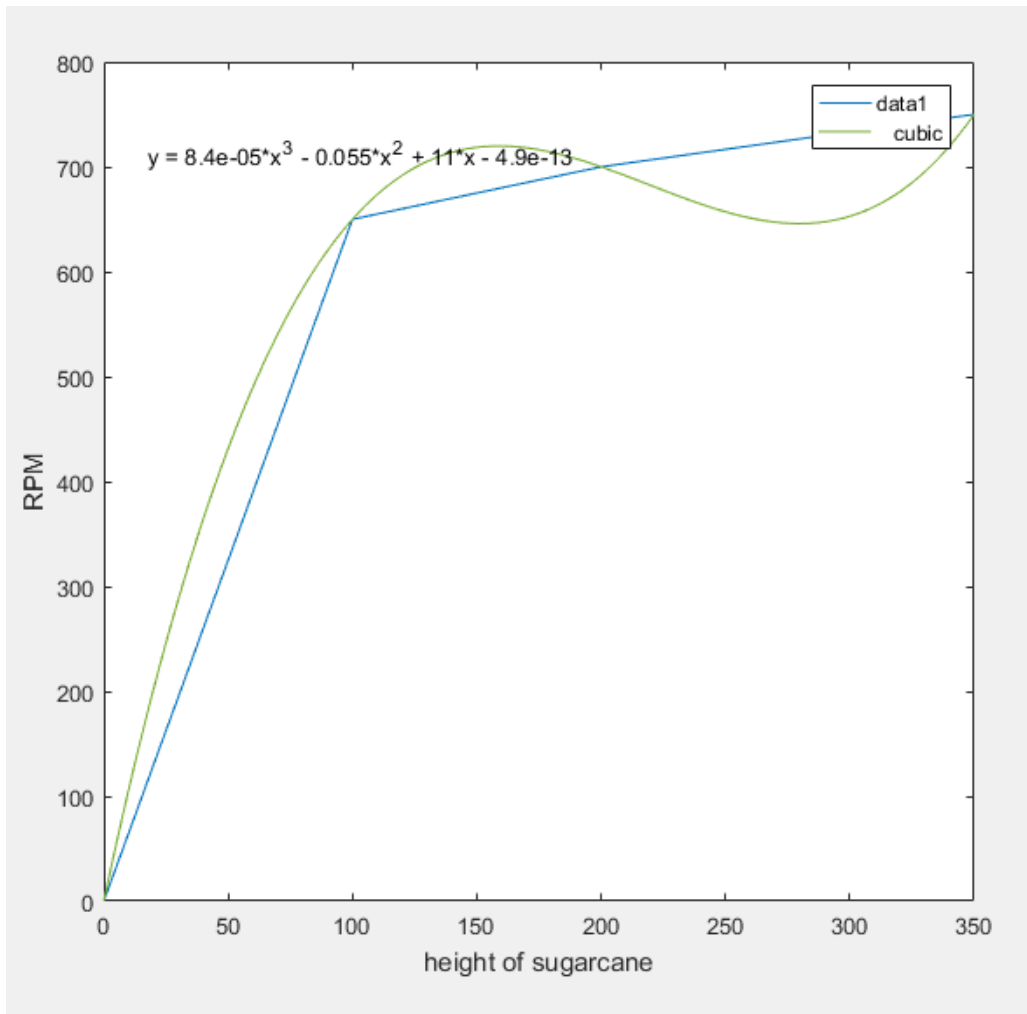
- ในช่วงความสูง 100 - 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 700 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 2 ตา

- ในช่วงความสูงที่มากกว่า 200 ซม. เลือกใช้รอบลูกดีใบ 700 รอบ/นาที่ เนื่องจากการสางใบมีความสะอาด ใบแห้งหลุดออกทั้งหมด กาบใบไม่หลุด ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1 ตา

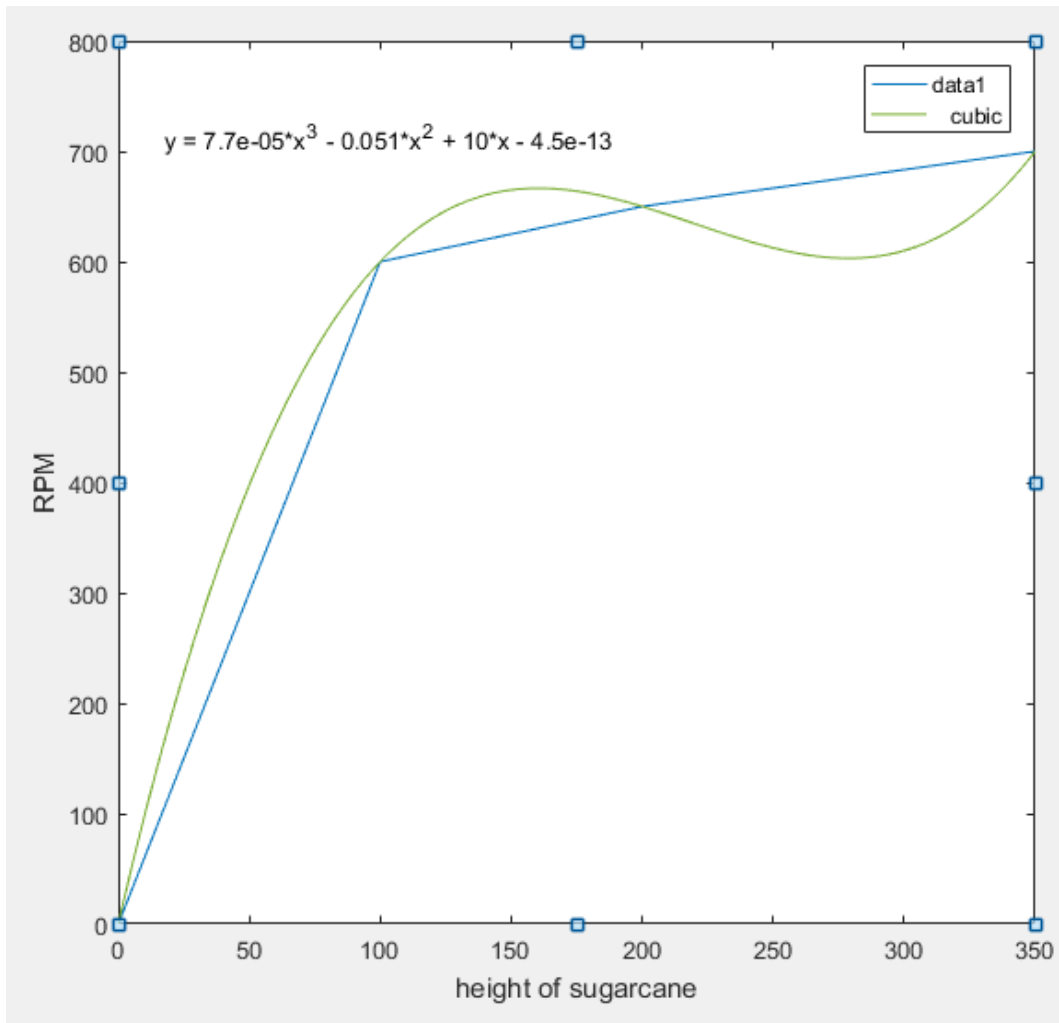
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกดีสางใบ แรงดึงใบอ้อย และความสูงของอ้อยในแต่ละพันธุ์แสดงในภาพที่ 18 โดยแรงดึงใบกับความสูงแสดงความสัมพันธ์แบบเชิงเส้น (Linear) ส่วนความเร็วรอบของลูกดีสางใบกับความสูงแสดงความสัมพันธ์แบบ Polynomial cubic กำหนดค่า x = ความสูงของอ้อย (ซม.) และ y = ความเร็วรอบการหมุนของลูกดีสางใบ (รอบ/นาที่) โดยอ้อยพันธุ์ LK92-11 แสดงในภาพที่ 19 ส่วนอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อุ่ทอง 84-12 และ K95-84 ใช้รอบลูกดีสางใบแบบเดียวกันจึงมีความสัมพันธ์แบบเดียวกันแสดงในภาพที่ 20 และอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12 แสดงในภาพที่ 21 นำสมการความสัมพันธ์ไปใช้ในการป้อนค่าเพื่อช่วยปรับสัญญาณสั่งงาน Input สำหรับการหมุนของลูกดีสางใบก่อนเข้าตัวควบคุมแบบ Fuzzy ในลักษณะแบบป้อนเข้า (Feed Forward) ซึ่งช่วยให้ผลตอบสนองที่ต้องการ (Out put) มีความรวดเร็วขึ้น ตัวควบคุมลักษณะนี้เรียกว่า Feed forward Fuzzy Logic Controller แสดงในภาพที่ 22



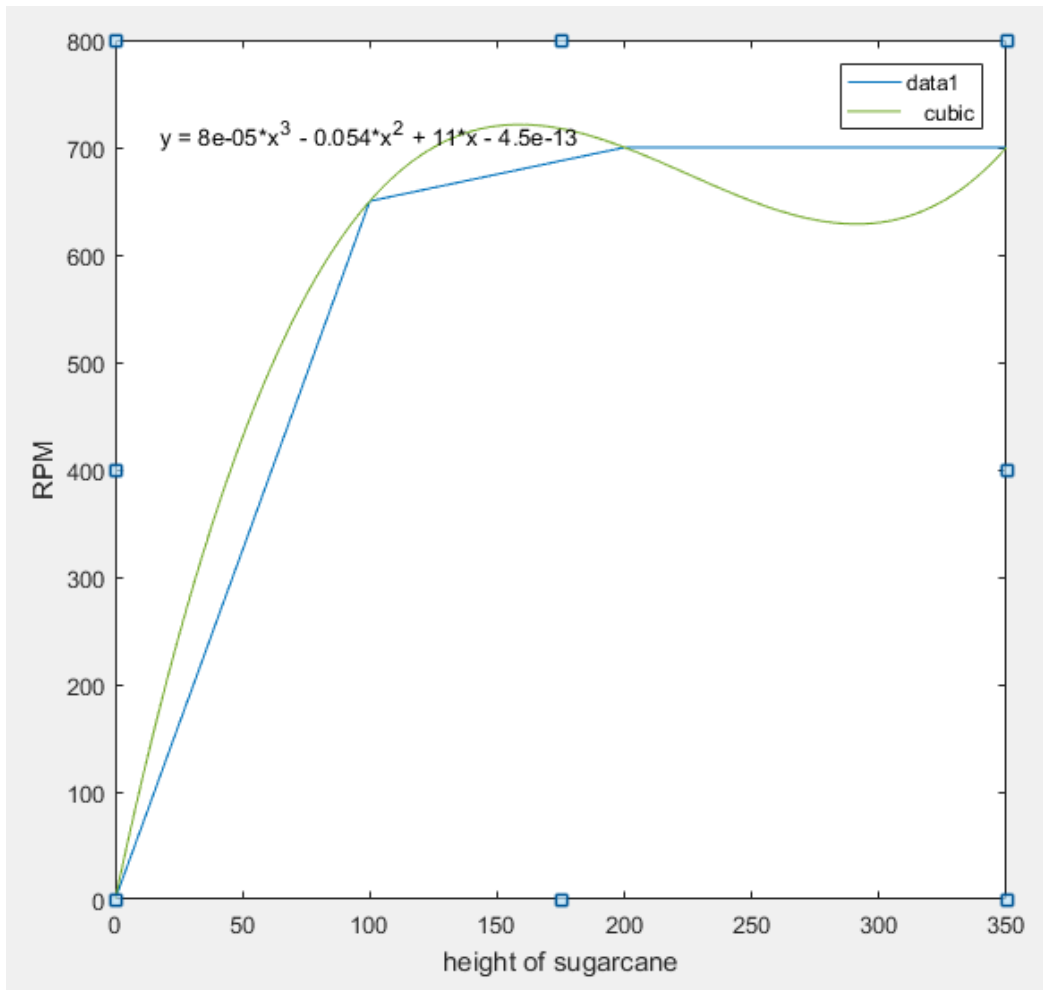
ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วยรอบของลูกตีเสาใบบ แรงดึงใบบ้อย และความสูงของอ้อยในแต่ละพันธุ์



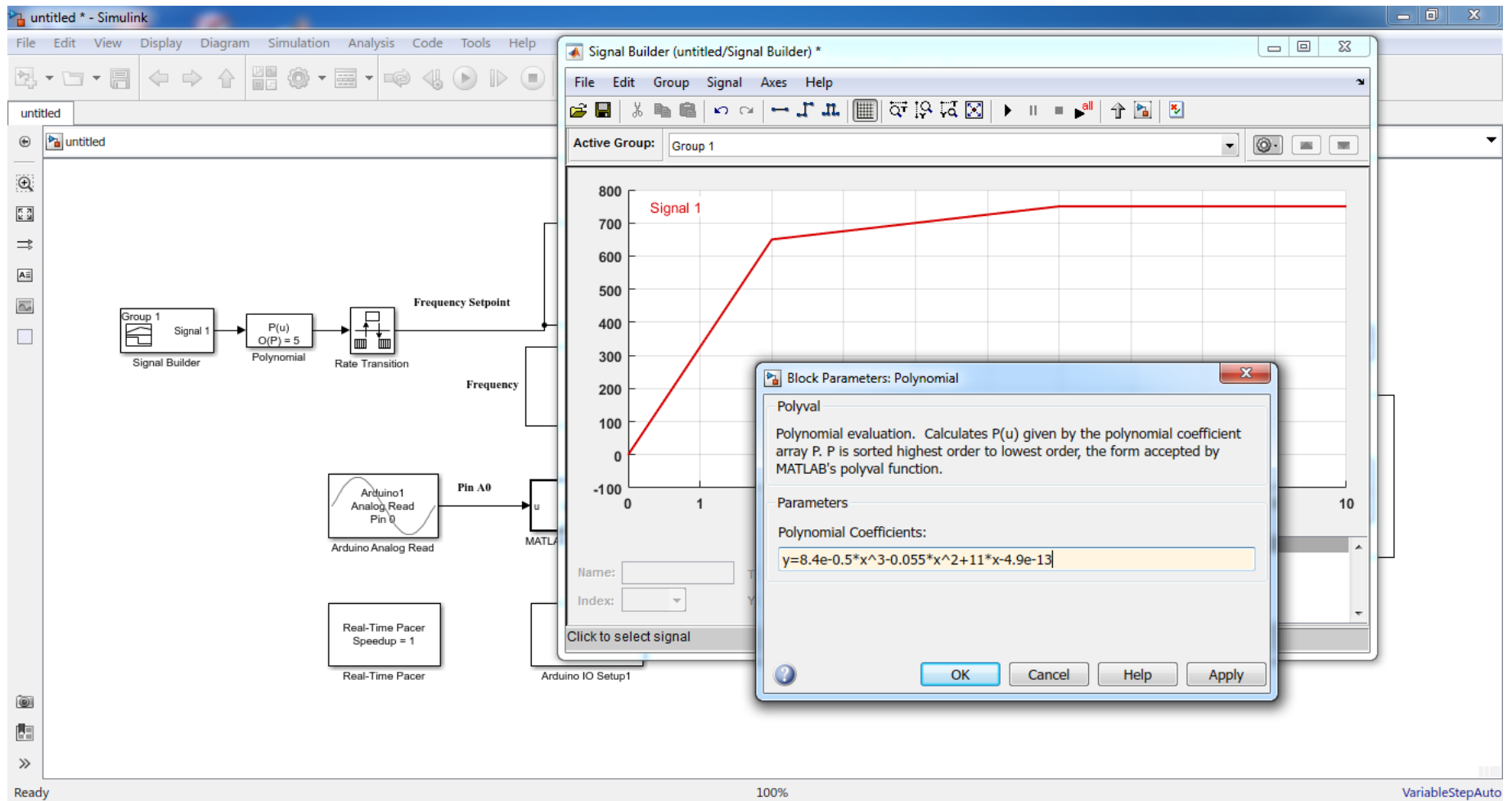
ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกตีสูงใบ และความสูงของอ้อยพันธุ์ LK92-11



ภาพที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกตีสูงใบ และความสูงของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อู่ทอง 84-12 และ K95-84



ภาพที่ 21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของลูกตีสูงใบ และความสูงของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-12



ภาพที่ 22 การป้อนสมการความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบลูกตุ้มกับความสูงสำหรับปรับแต่งสัญญาณ in put ก่อนเข้าตัวควบคุมแบบพีซีซี

ส่วนความเสียหายลำอ้อยของอ้อยแต่ละพันธุ์นั้นใกล้เคียงกันประมาณ 1-3 ลำ ส่วนใหญ่เกิดจากการแตกกอของอ้อยที่มีความสูงไม่เท่ากัน เมื่อลูกดีสางใบเคลื่อนที่ขึ้นไปเกินความสูงของอ้อยและเคลื่อนที่ลงมาต้นอ้อยจะลอดช่องของลูกดีสางใบทำให้โครงเหล็กของลูกดีสางใบไปพันลำอ้อยทำให้เกิดความเสียหายแสดงในภาพที่ 23 แต่มีส่วนน้อยมากเนื่องจากลำอ้อยจะถูกการ์ดกันใบอ้อยของรถแทรกเตอร์ รวมถึงโครงเหล็กของลูกดีสางใบดันออกไประหว่างทำการสาง



ภาพที่ 23. ความเสียหายที่ลำอ้อยจากการเคลื่อนที่ลงของลูกดีสางใบระหว่างทำการสาง

5. สมรรถนะการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก

5.1 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสางใบอ้อยกระทำโดยกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ Low 2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ซึ่งเป็นความเร็วใช้งานปกติของเกษตรกร ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกดีสางใบ 0.5 ม./วินาที ทิศทางการหมุนของลูกดีสางใบหมุนตีขึ้น ความสูงในการสางใบ 3.5 ม. และกำหนดความเร็วรอบการหมุนของลูกดีสางใบอ้อยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ ตามข้อ 4.2.1 – 4.2.5 ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ทั้งหมด 3 ครั้ง/พันธุ์อ้อย โดยคำนวณจากสมการที่ 3 ขนาดแปลงทดสอบ 1.5 x 20 ตร.ม. สำหรับการทดสอบความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี โดยคำนวณจากสมการที่ 1 และขนาดแปลงทดสอบ 20 x 40 ตร.ม. สำหรับความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง โดยคำนวณจากสมการที่ 2

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (Field efficiency) (บพิตร และรัตนนา, 2553) แบ่งออกเป็น

5.1.1 ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (Theoretical field capacity)

$$\text{Theoretical field capacity (TFC)} = W_t \times V_t \times 2.25 \quad (1)$$

โดยที่ TFC = ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (rai h⁻¹)

W_t = หน้ากว้างในการทำงานทางทฤษฎี (หน้ากว้างในการทำงานของเครื่องจักร) (m)

V_t = ความเร็วเฉลี่ยในการทำงาน (m s⁻¹) มีค่าเท่ากับ (S/T_t) โดยที่

S = ระยะทางในการทำงาน (m)

T_t = เวลาที่ใช้ในการทำงาน (s) โดยที่ไม่รวมเวลาสูญเสียที่ใช้ในการกลับรถ การนำเข้า และใส่ผลผลิต การเติมน้ำมัน การซ่อมแซม และปรับแต่งเครื่อง

5.1.2 ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (Effective field capacity)

$$\text{Effective field capacity (EFC)} = ((W_e \times L) / T_e) \times 2.25 \quad (2)$$

โดยที่ EFC = ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรจริง (rai h⁻¹)

W_e = หน้ากว้างในการทำงานจริง (ความกว้างของแปลงทดสอบ) (m)

L = ความยาวของแปลงทดสอบ (m)

T_e = เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด โดยรวมเวลาสูญเสียที่ใช้ในการกลับรถ การนำเข้า และใส่ผลผลิต การเติมน้ำมัน การซ่อมแซม และปรับแต่งเครื่อง (s)

5.1.3 ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (Field efficiency)

$$E_f = \frac{\text{Effective field capacity (EFC)}}{\text{Theoretical field capacity (TFC)}} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ E_f = ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ หน่วยเป็น %

5.2 การทดสอบความสามารถในการสางใบอ้อยโดยใช้แรงงานคน กระทำโดยใช้แรงงานคนจำนวน 5 คน เป็นผู้ชาย 3 คน หญิง 2 คน ใช้มีดสางใบในการสาง แปลงทดสอบเป็นแปลงเดียวกับที่ทดสอบเครื่องสางใบอ้อย ขนาดแปลงทดสอบ 20 x 40 ตร.ม. ทดสอบทั้งหมด 3 ครั้ง/พื้นที่อ้อย

5.3 ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย กระทำโดยล้อย้อมพื้นที่ขนาด 1.5×10 ตร.ม. ภายหลังจากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสางใบอ้อย และความสามารถในการสางใบโดยใช้แรงงานคน ทั้งหมด 3 ครั้ง/พันธุ์อ้อย โดยทำการนับตาอ้อย และลำอ้อยทั้งหมด (ทั้งไม่เสียหาย และเสียหาย) ในขั้นตอนนี้ให้เกษตรกรผู้ปลูกทำพันธุ์ และนักวิชาการเกษตรช่วยดูความเสียหายที่ยอมรับได้ และไม่ได้จัดบันทึกแล้วคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อยที่เกิดขึ้น หลังจากนั้นทำการสุ่มลำอ้อยจากการทดสอบจำนวน 20 ลำ/ครั้ง มาทำการเพาะตาอ้อยลงในอุปกรณ์ปลูกเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย

5.4 การทดสอบความสามารถของตัวควบคุมพืชซีลोजิกกระทำโดยการควบคุมความเร็วรอบการหมุนของลูกดีสางใบอ้อยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ตามข้อ 4.2.1 – 4.2.5 โดยกำหนดความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ Low 2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกดีสางใบ 0.5 ม./วินาที และทิศทางการหมุนของลูกดีสางใบหมุนตีขึ้น

ในการทดสอบเครื่องสางใบอ้อยในโครงการวิจัยนี้ จะให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยที่มีความชำนาญในการตัดอ้อยทำพันธุ์ จำนวน 30 ราย ในอำเภอสีคิ้ว จ.นครราชสีมา ตัวแทนของโรงงานน้ำตาลพิมาย และนักวิชาการเกษตร ของสถาบันวิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.นครราชสีมา ร่วมกันพิจารณา

เวลาและสถานที่

สถานที่ในการทดสอบเป็นพื้นที่ใน อ.สีคิ้ว จ.นครราชสีมา อ้อยทั้ง 5 พันธุ์ มีอายุ 11 เดือน ลักษณะทางกายภาพของอ้อยแสดงในข้อ 4.1.1 – 4.1.5 เวลาในการทำวิจัย เริ่มดำเนินงานตั้งแต่เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2562

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสางใบอ้อย

1.1 อ้อยพันธุ์ LK92-11

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 16 โดยแรงงานคนในการสางใบมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.77 ไร่/ชั่วโมง และคิดค่าสางใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์ไร่ละ 70 บาท/คน ส่วนความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย แสดงในตารางที่ 17

ตารางที่ 16. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยของเครื่องต้นแบบกับอ้อยพันธุ์ LK92-11

ครั้งที่	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (%)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (วินาที)	เวลาสูญเสียสำหรับการกลับรถ (วินาที)	เวลาสูญเสียรวม (วินาที)	อัตราสิ้นเปลือง (%)
1	1.88	2.67	70.41	2.41	957.45	102.48	102.48	0.56
2	1.81	2.52	71.87	2.46	994.48	117.71	117.71	1.26
3	1.89	2.71	69.73	2.39	952.38	100.67	100.67	0.55
เฉลี่ย	1.86	2.63	70.67	2.42	968.10	106.95	106.95	0.79

หมายเหตุ ความกว้างของร่องอ้อย 1.5 เมตร

ตารางที่ 17 ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยพันธุ์ LK92-11 ที่ได้จากการสางใบของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับแรงงานคน

กรรมวิธี	ความเสียหายของตาอ้อย				ตาอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย				ลำอ้อย	เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย				ตาอ้อย
	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย
	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด
					(ตา)					(ลำ)					(ตา)
แรงงานคน	1.31	1.38	1.50	1.40	2,675	2.53	3.16	2.53	2.74	158	69.20	61.50	59.10	63.30	511
เครื่องต้นแบบ	1.39	1.46	1.48	1.44		3.16	2.53	3.80	3.16		68.70	60.10	58.88	62.56	

จากตารางที่ 16 พบว่า อ้อยพันธุ์ LK92-11 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที มีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริงเฉลี่ย 1.86 ไร่/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎีเฉลี่ย 2.63 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 70.67% อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.42 ลิตร/ไร่ และอัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ย 0.79% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้ในการสางใบ 5 คน โดยมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.77 ไร่/ชั่วโมง ถ้าทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน จะได้งานมากกว่า 8.72 ไร่/วัน เสียค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง 931.16 บาท/วัน (ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 27.09 บาท เมื่อวันที่ 12 ธ.ค. 2561) รวมกับค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์ และค่าเช่ารถแทรกเตอร์วันละ 650 บาท เป็น 1,581.16 บาท/วัน ส่วนแรงงานคนเสียค่าใช้จ่าย 2,156 บาท/วัน

จากตารางที่ 17 พบว่า อ้อยพันธุ์ LK92-11 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.5 ม./วินาที ในพื้นที่ทดสอบขนาด 1.5 x 10 เมตร ความเสียหายของตาอ้อยเฉลี่ย 1.44% ความเสียหายของลำอ้อยเฉลี่ย 3.16% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย 62.56% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้มีดสางใบ 5 คน ความเสียหายของตาอ้อยมากกว่า 0.04% ความเสียหายของลำอ้อยมากกว่า 0.42% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยน้อยกว่า 0.74% โดยการสางใบอ้อยด้วยเครื่องสางใบแม้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่ำกว่าแต่ว่าต่ำกว่าน้อยมาก ประกอบกับจำนวนงานที่ได้ต่อวันมากกว่า ทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจ้างในการตัดอ้อย และการหาแรงงานคนในการตัด ดังนั้นเกษตรกรในอำเภอสีคิ้ว และนักวิชาการเกษตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.นครราชสีมา ยอมรับได้

1.2 อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 18 โดยแรงงานคนในการสางใบมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.85 ไร่/ชั่วโมง และคิดค่าสางใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์ไร่ละ 70 บาท/คน ส่วนความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย แสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 18. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยของเครื่องต้นแบบกับอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3

ครั้งที่	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (%)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (วินาที)	เวลาสูญเสียสำหรับการกลับรถ (วินาที)	เวลาสูญเสียรวม (วินาที)	อัตราสิ้นเปลือง (%)
1	1.88	2.74	68.57	2.34	958.47	107.27	107.27	0.56
2	1.92	2.65	72.41	2.31	937.50	100.44	100.44	0.50
3	1.90	2.71	70.12	2.29	947.37	103.56	103.56	0.53
เฉลี่ย	1.90	2.70	70.37	2.31	947.78	103.76	103.76	0.53

หมายเหตุ ความกว้างของร่องอ้อย 1.5 เมตร

ตารางที่ 19 ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่ได้จากการสางใบของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับแรงงานคน

กรรมวิธี	ความเสียหายของตาอ้อย				ตาอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย				ลำอ้อย	เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย				ตาอ้อย
	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย
	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด
					(ตา)					(ลำ)					(ตา)
แรงงานคน	1.07	1.00	1.21	1.09	2,897	2.38	3.57	3.57	3.17	168	72.10	66.90	62.70	67.20	557
เครื่องต้นแบบ	1.09	1.02	1.25	1.12		3.57	4.76	4.76	4.36		71.14	65.62	61.77	66.18	

จากตารางที่ 18 พบว่า อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที มีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริงเฉลี่ย 1.90 ไร่/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎีเฉลี่ย 2.70 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 70.37% อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.31 ลิตร/ไร่ และอัตราสิ้นไถลเฉลี่ย 0.53% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้ในการสางใบ 5 คน โดยมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.85 ไร่/ชั่วโมง ถ้าทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน จะได้งานมากกว่า 8.40 ไร่/วัน เสียค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง 951.18 บาท/วัน (ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 27.09 บาท เมื่อวันที่ 12 ธ.ค. 2561) รวมกับค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์ และค่าเช่ารถแทรกเตอร์วันละ 650 บาท เป็น 1,601.18 บาท/วัน ส่วนแรงงานคนเสียค่าใช้จ่าย 2,380 บาท/วัน

จากตารางที่ 19 พบว่า อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที ในพื้นที่ทดสอบขนาด 1.5 x 10 เมตร ความเสียหายของตาอ้อยเฉลี่ย 1.12% ความเสียหายของลำอ้อยเฉลี่ย 4.36% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย 66.18% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้มีดสางใบ 5 คน ความเสียหายของตาอ้อยมากกว่า 0.03% ความเสียหายของลำอ้อยมากกว่า 1.19% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยน้อยกว่า 1.02% โดยการสางใบอ้อยด้วยเครื่องสางใบแม้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่ำกว่าแต่ว่าต่ำกว่าน้อยมาก ประกอบกับจำนวนงานที่ได้ต่อวันมากกว่า ทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจ้างในการตัดอ้อย และการหาแรงงานคนในการตัด ดังนั้นเกษตรกรในอำเภอสีคิ้ว และนักวิชาการเกษตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.นครราชสีมายอมรับได้

1.3 อ้อยพันธุ์ อุทอง 84-12

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 20 โดยแรงงานคนในการสางใบมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.79 ไร่/ชั่วโมง และคิดค่าสางใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์ไร่ละ 70 บาท/คน ส่วนความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย แสดงในตารางที่ 21

ตารางที่ 20. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยของเครื่องต้นแบบกับอ้อยพันธุ์ อุทอง 84-12

ครั้งที่	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (%)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เวลาที่ใช้ใน การทดสอบ (วินาที)	เวลาสูญเสียสำหรับ การกลับรถ (วินาที)	เวลาสูญเสีย รวม (วินาที)	อัตราสิ้นเปลือง (%)
1	1.87	2.70	69.41	2.39	962.57	112.45	112.45	0.57
2	1.84	2.62	70.22	2.43	978.26	121.63	121.63	1.06
3	1.89	2.75	68.76	2.32	952.38	101.25	101.25	0.59
เฉลี่ย	1.87	2.69	69.46	2.38	964.40	111.78	111.78	0.74

หมายเหตุ ความกว้างของร่องอ้อย 1.5 เมตร

ตารางที่ 21 ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยพันธุ์ อุ๋ทอง 84-12 ที่ได้จากการสางใบของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับแรงงานคน

กรรมวิธี	ความเสียหายของตาอ้อย				ตาอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย				ลำอ้อย	เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย				ตาอ้อย
	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย
	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด
					(ตา)					(ลำ)					(ตา)
แรงงานคน	1.08	1.16	1.36	1.20	2,509	2.50	3.13	2.50	2.71	160	77.30	74.80	75.10	75.70	492
เครื่องต้นแบบ	1.11	1.20	1.42	1.24		3.13	3.75	3.75	3.54		76.62	74.17	74.05	74.95	

จากตารางที่ 20 พบว่า อ้อยพันธุ์ อุ้มทอง 84-12 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที มีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริงเฉลี่ย 1.87 ไร่/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎีเฉลี่ย 2.69 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 69.46% อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.38 ลิตร/ไร่ และอัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ย 0.74% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้ในการสางใบ 5 คน โดยมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.79 ไร่/ชั่วโมง ถ้าทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน จะได้งานมากกว่า 8.64 ไร่/วัน เสียค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง 980.74 บาท/วัน (ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 27.09 บาท เมื่อวันที่ 12 ธ.ค. 2561) รวมกับค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์ และค่าเช่ารถแทรกเตอร์วันละ 650 บาท เป็น 1,630.74 บาท/วัน ส่วนแรงงานคนเสียค่าใช้จ่าย 2,212 บาท/วัน

จากตารางที่ 21 พบว่า อ้อยพันธุ์ อุ้มทอง 84-12 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที ในพื้นที่ทดสอบขนาด 1.5 x 10 เมตร ความเสียหายของตาอ้อยเฉลี่ย 1.24% ความเสียหายของลำอ้อยเฉลี่ย 3.54% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย 74.95% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้มีดสางใบ 5 คน ความเสียหายของตาอ้อยมากกว่า 0.04% ความเสียหายของลำอ้อยมากกว่า 0.83% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยน้อยกว่า 0.75% โดยการสางใบอ้อยด้วยเครื่องสางใบแม้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่ำกว่าแต่ว่าต่ำกว่าน้อยมาก ประกอบกับจำนวนงานที่ได้ต่อวันมากกว่า ทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจ้างในการตัดอ้อย และการหาแรงงานคนในการตัด ดังนั้นเกษตรกรในอำเภอสีคิ้ว และนักวิชาการเกษตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.นครราชสีมายอมรับได้

1.4 อ้อยพันธุ์ K95-84

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 22 โดยแรงงานคนในการสางใบมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.83 ไร่/ชั่วโมง และคิดค่าสางใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์ไร่ละ 70 บาท/คน ส่วนความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย แสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 22. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยของเครื่องต้นแบบกับอ้อยพันธุ์ K95-84

ครั้งที่	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (%)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เวลาที่ใช้ในการทดสอบ (วินาที)	เวลาสูญเสียสำหรับการกลับรถ (วินาที)	เวลาสูญเสียรวม (วินาที)	อัตราสิ้นเปลือง (%)
1	1.95	2.77	70.42	2.32	923.08	103.45	103.45	0.20
2	1.82	2.65	68.83	2.35	989.01	105.61	105.61	0.92
3	1.90	2.72	69.91	2.32	947.37	100.77	100.77	0.53
เฉลี่ย	1.89	2.71	69.72	2.33	953.15	103.28	103.28	0.55

หมายเหตุ ความกว้างของร่องอ้อย 1.5 เมตร

ตารางที่ 23 ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยพันธุ์ K95-84 ที่ได้จากการสางใบของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับแรงงานคน

กรรมวิธี	ความเสียหายของตาอ้อย				ตาอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย				ลำอ้อย	เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย				ตาอ้อย
	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย
	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด
					(ตา)					(ลำ)					(ตา)
แรงงานคน	1.17	1.27	1.27	1.24	2,989	2.29	1.53	2.29	2.04	131	67.50	69.40	73.70	70.20	622
เครื่องต้นแบบ	1.21	1.30	1.32	1.28		2.29	3.05	3.05	2.80		66.10	69.22	72.40	69.24	

จากตารางที่ 22 พบว่า อ้อยพันธุ์ K95-84 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที มีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริงเฉลี่ย 1.89 ไร่/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎีเฉลี่ย 2.71 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 69.72% อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.33 ลิตร/ไร่ และอัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ย 0.55% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้ในการสางใบ 5 คน โดยมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.83 ไร่/ชั่วโมง ถ้าทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน จะได้งานมากกว่า 8.48 ไร่/วัน เสียค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง 966.66 บาท/วัน (ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 27.09 บาท เมื่อวันที่ 12 ธ.ค. 2561) รวมกับค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์ และค่าเช่ารถแทรกเตอร์วันละ 650 บาท เป็น 1,616.66 บาท/วัน ส่วนแรงงานคนเสียค่าใช้จ่าย 2,324 บาท/วัน

จากตารางที่ 23 พบว่า อ้อยพันธุ์ K95-84 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที ในพื้นที่ทดสอบขนาด 1.5 x 10 เมตร ความเสียหายของตาอ้อยเฉลี่ย 1.28% ความเสียหายของลำอ้อยเฉลี่ย 2.80% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย 69.24% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้มีดสางใบ 5 คน ความเสียหายของตาอ้อยมากกว่า 0.04% ความเสียหายของลำอ้อยมากกว่า 0.76% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยน้อยกว่า 0.96% โดยการสางใบอ้อยด้วยเครื่องสางใบแม้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่ำกว่าแต่ว่าต่ำกว่าน้อยมาก ประกอบกับจำนวนงานที่ได้ต่อวันมากกว่า ทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจ้างในการตัดอ้อย และการหาแรงงานคนในการตัด ดังนั้นเกษตรกรในอำเภอสีคิ้ว และนักวิชาการเกษตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.นครราชสีมายอมรับได้

1.5 อ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12

ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้ น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยแสดงในตารางที่ 24 โดยแรงงานคนในการสางใบมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.80 ไร่/ชั่วโมง และคิดค่าสางใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์ไร่ละ 70 บาท/คน ส่วนความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย แสดงในตารางที่ 25

ตารางที่ 24. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และเวลาสูญเสียรวม ทั้งหมด 3 ครั้ง และค่าเฉลี่ยของเครื่องต้นแบบกับอ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12

ครั้งที่	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง (ไร่/ชั่วโมง)	ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ (%)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร/ไร่)	เวลาที่ใช้ใน การทดสอบ (วินาที)	เวลาสูญเสียสำหรับ การกลับรถ (วินาที)	เวลาสูญเสีย รวม (วินาที)	อัตราสิ้นเปลือง (%)
1	1.89	2.65	71.45	2.32	952.38	117.64	117.64	0.73
2	1.87	2.73	68.49	2.37	962.57	121.63	121.63	0.74
3	1.86	2.70	69.01	2.39	967.74	127.48	127.48	0.72
เฉลี่ย	1.87	2.69	69.65	2.36	960.90	122.25	122.25	0.73

หมายเหตุ ความกว้างของร่องอ้อย 1.5 เมตร

ตารางที่ 25 ความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย รวมถึงเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12 ที่ได้จากการสางใบของเครื่องต้นแบบเปรียบเทียบกับแรงงานคน

กรรมวิธี	ความเสียหายของตาอ้อย				ตาอ้อย	ความเสียหายของลำอ้อย				ลำอ้อย	เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย				ตาอ้อย
	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย	(%)				เฉลี่ย
	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด	1	2	3	เฉลี่ย	ทั้งหมด
					(ตา)					(ลำ)					(ตา)
แรงงานคน	1.14	1.37	1.42	1.31	2,602	2.30	3.45	2.87	2.87	174	69.66	72.47	70.04	70.72	531
เครื่องต้นแบบ	1.17	1.41	1.42	1.33		2.71	3.45	3.45	3.20		68.93	71.78	69.03	69.91	

จากตารางที่ 24 พบว่า อ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที มีความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริงเฉลี่ย 1.87 ไร่/ชั่วโมง ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรเชิงทฤษฎีเฉลี่ย 2.69 ไร่/ชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 69.65% อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 2.36 ลิตร/ไร่ และอัตราสิ้นเปลืองเฉลี่ย 0.73% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้ในการสางใบ 5 คน โดยมีความสามารถในการสางใบเฉลี่ย 0.80 ไร่/ชั่วโมง ถ้าทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน จะได้งานมากกว่า 8.56 ไร่/วัน เสียค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง 980.74 บาท/วัน (ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 27.09 บาท เมื่อวันที่ 12 ธ.ค. 2561) รวมกับค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์ และค่าเช่ารถแทรกเตอร์วันละ 650 บาท เป็น 1,630.74 บาท/วัน ส่วนแรงงานคนเสียค่าใช้จ่าย 2,240 บาท/วัน

จากตารางที่ 25 พบว่า อ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12 เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกที่ความเร็วแทรกเตอร์ Low2 (ประมาณ 2.09 กม./ชม.) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.50 ม./วินาที ในพื้นที่ทดสอบขนาด 1.5 x 10 เมตร ความเสียหายของตาอ้อยเฉลี่ย 1.33% ความเสียหายของลำอ้อยเฉลี่ย 3.20% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อย 69.91% เปรียบเทียบแรงงานคนที่ใช้มีดสางใบ 5 คน ความเสียหายของตาอ้อยมากกว่า 0.02% ความเสียหายของลำอ้อยมากกว่า 0.33% และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยน้อยกว่า 0.81% โดยการสางใบอ้อยด้วยเครื่องสางใบแม้ว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยต่ำกว่าแต่ว่าต่ำกว่าน้อยมาก ประกอบกับจำนวนงานที่ได้ต่อวันมากกว่า ทำให้เกษตรกรประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องค่าจ้างในการตัดอ้อย และการหาแรงงานคนในการตัด ดังนั้นเกษตรกรในอำเภอสีคิ้ว และนักวิชาการเกษตรของศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตร จ.นครราชสีมายอมรับได้

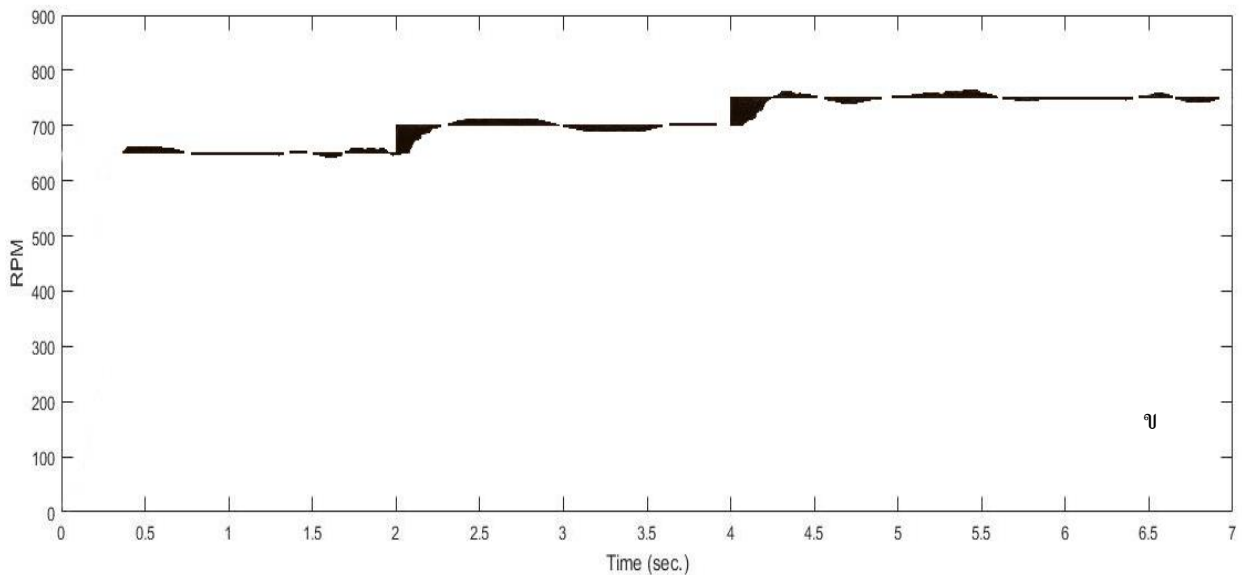
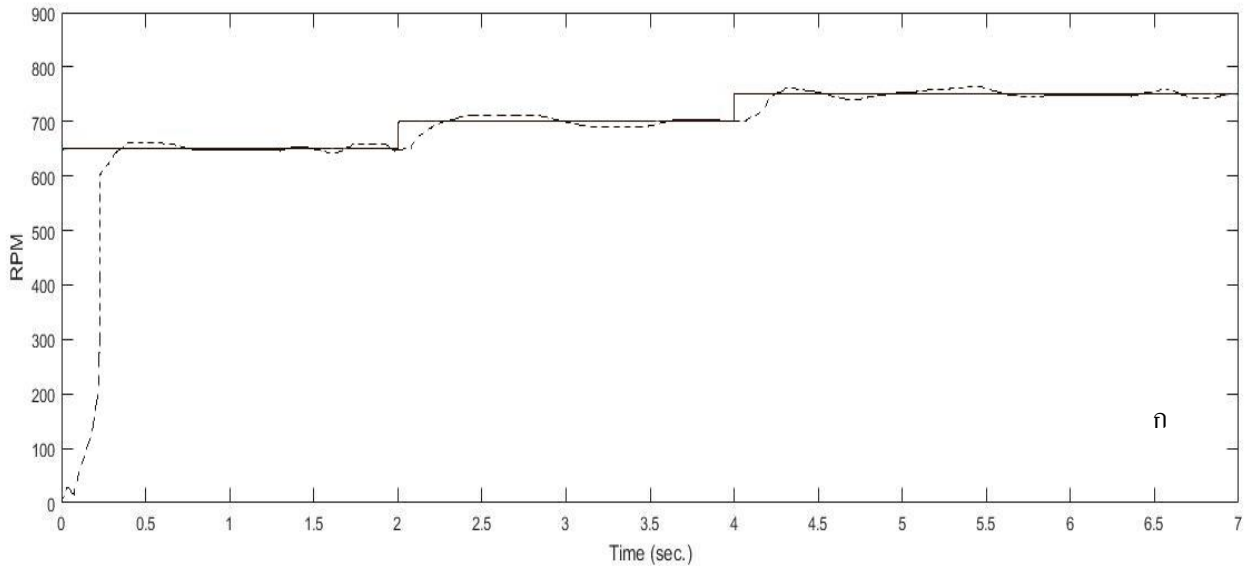
2. การทดสอบความสามารถของตัวควบคุมพีชซีลอจิก

ระบบ Servo Electro-hydraulic System หรือ SEHS สำหรับชุดลูกตีสางใบอ้อยที่ออกแบบมาจ่ายต่อการปรับเปลี่ยนความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ โดยทำการป้อนความเร็วรอบที่ต้องการควบคุมผ่านบอร์ดควบคุม ความสามารถของตัวควบคุมพีชซีลอจิกดูได้จากผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบกับเวลาขณะที่ลูกตีสางใบหมุนตีใบอ้อยลงมาเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ Input Setpoint

2.1 ผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบของอ้อยพันธุ์ LK92-11

กำหนดให้ความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ Input Setpoint ที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรมควบคุมแบบพีชซีเป็นความเร็วขั้นบันได ผลตอบสนองระหว่างความเร็วรอบกับเวลาพบว่า ความเร็วรอบเริ่มหมุนจาก 0 รอบ/

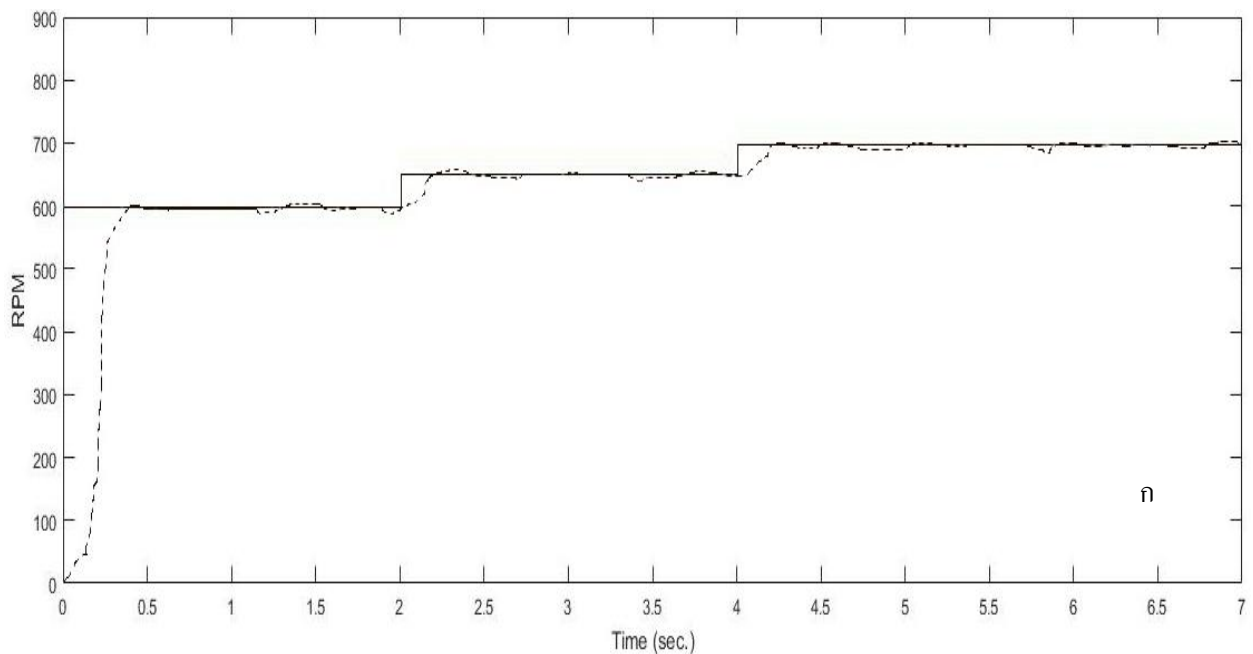
นาที่ จนถึง 650 รอบ/นาที ใช้ช่วงเวลา Response Time = 1.4 วินาที ช่วงเวลา Delay Time = 0.3 วินาที ช่วงเวลา Rise Time = 0.1 วินาที และช่วงเวลา Setting Time = 0.8 วินาที เกิดค่าพุ่งเกิน (Overshoot) ขึ้น 1.54% ของค่าอ้างอิงแสดงในภาพที่ 24 (ก) และค่าความผิดพลาดแสดงในภาพที่ 24 (ข)

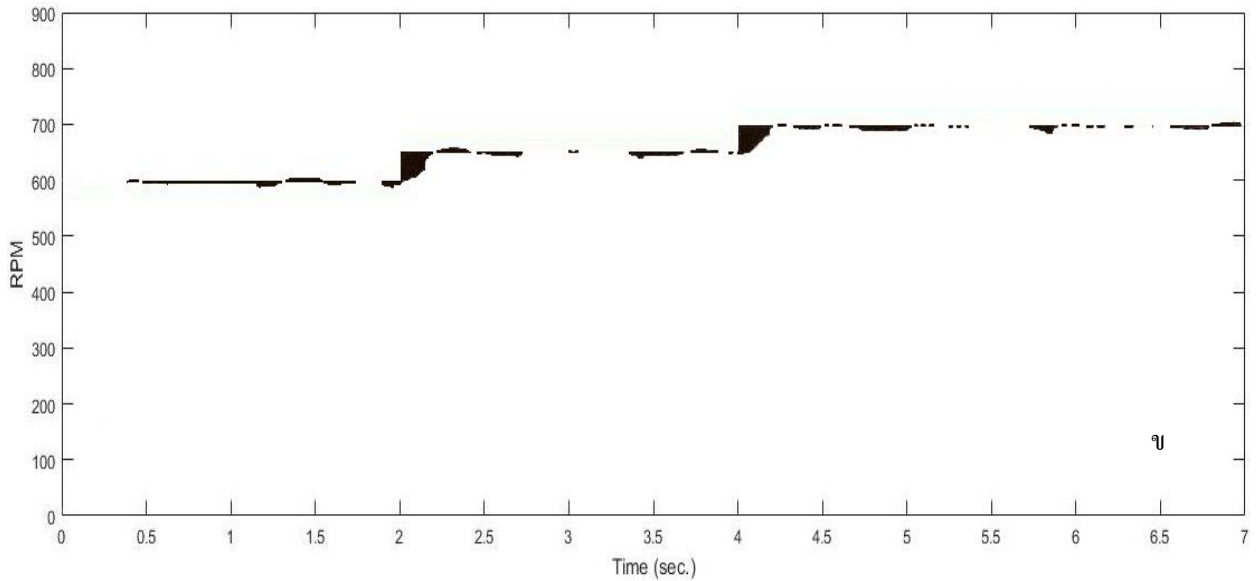


ภาพที่ 24 ผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ (ก) และค่าความผิดพลาด (ข) เปรียบเทียบกับ สัญญาณความเร็วรอบอ้างอิง

2.2 ผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบของอ้อยพันธุ์ อู่ทอง 84-12 K95-84 และพันธุ์ ขอนแก่น 3

เนื่องจากอ้อยพันธุ์อู่ทอง 84-12 K95-84 และพันธุ์ขอนแก่น 3 ใช้รอบการหมุนของลูกตีสางใบกับช่วงความสูงเท่ากัน กำหนดให้ความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ Input Setpoint ที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรมควบคุมแบบพีซีเป็นความเร็วขั้นบันได ผลตอบสนองระหว่างความเร็วรอบกับเวลา พบว่า ความเร็วรอบเริ่มหมุนจาก 0 รอบ/นาที จนถึง 600 รอบ/นาที ใช้ช่วงเวลา Response Time = 1.4 วินาที ช่วงเวลา Delay Time = 0.3 วินาที ช่วงเวลา Rise Time = 0.2 วินาที และช่วงเวลา Setting Time = 0.6 วินาที เกิดค่าฟุ้งเกิน (Overshoot) ขึ้น 0.83% ของค่าอ้างอิงแสดงในภาพที่ 25 (ก) และค่าความผิดพลาดแสดงในภาพที่ 25 (ข)

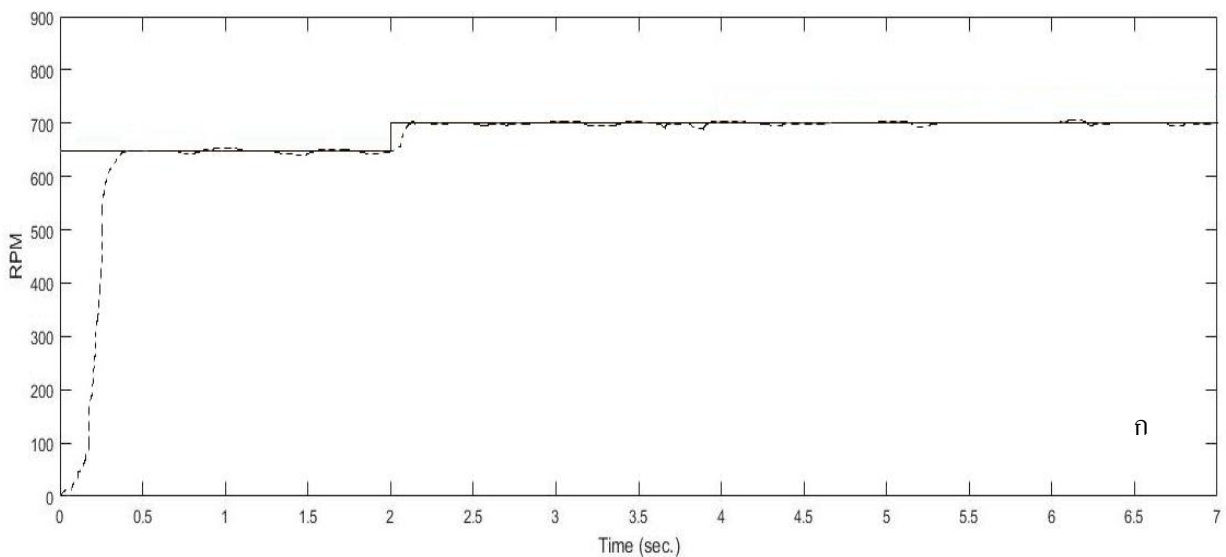


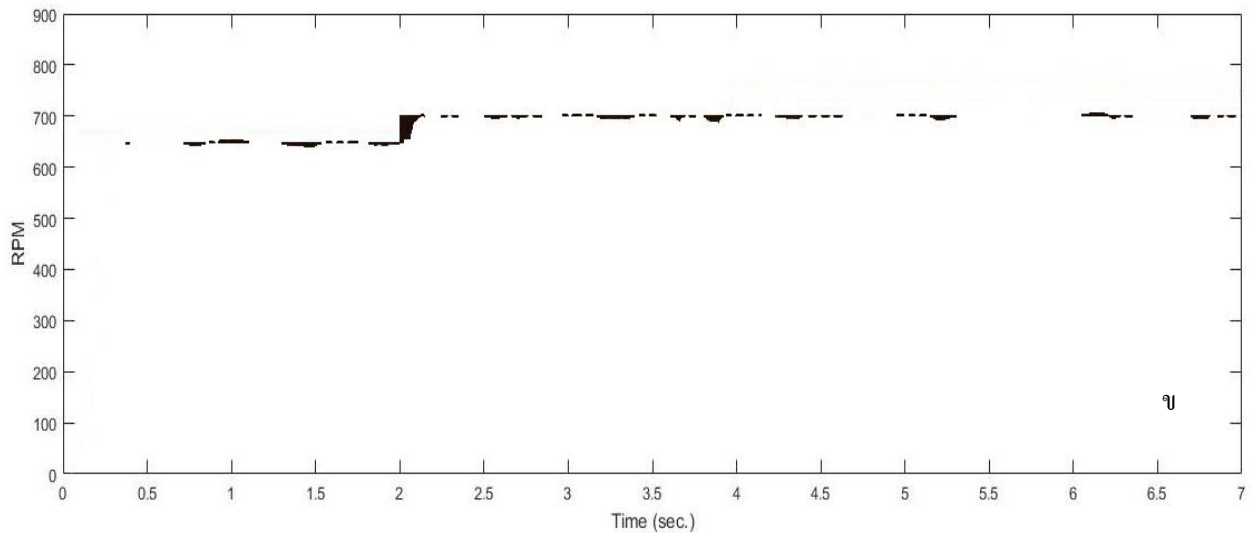


ภาพที่ 25 ผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ (ก) และค่าความผิดพลาด (ข) เปรียบเทียบกับสัญญาณความเร็วรอบอ้างอิง

2.3 ผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบของอ้อยพันธุ์ กำแพงแสน 01-12

กำหนดให้ความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ Input Setpoint ที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรมควบคุมแบบพีซีเป็นความเร็วขั้นบันได ผลตอบสนองระหว่างความเร็วรอบกับเวลา พบว่า ความเร็วรอบเริ่มหมุนจาก 0 รอบ/นาที จนถึง 650 รอบ/นาที ใช้ช่วงเวลา Response Time = 0.5 วินาที ช่วงเวลา Delay Time = 0.3 วินาที ช่วงเวลา Rise Time = 0.2 วินาที และช่วงเวลา Setting Time = 0.4 วินาที ไม่เกิดค่าพุ่งเกิน (Overshoot) ขึ้นแสดงในภาพที่ 26 (ก) และค่าความผิดพลาดแสดงในภาพที่ 26 (ข)





ภาพที่ 26 ผลตอบสนองความเร็วรอบการหมุนของลูกตีเสาใบ (ก) และค่าความผิดพลาด (ข) เปรียบเทียบกับสัญญาณความเร็วรอบอ้างอิง

3. ผลการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องเสาใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก

ตารางที่ 26 ค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องเสาใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก

รายการ	จำนวนเงิน (บาท)
วัสดุทำเครื่องต้นแบบ	
1. เหล็กโครงสร้าง	14,000
2. โซ่ส่งกำลังเบอร์ 50 พร้อมเฟือง 6 ชุด	3,500
3. มอเตอร์ไฮดรอลิกขนาด 100 cc/rev แรงบิดสูงสุด 264 นิวตัน-เมตร จำนวน 2 ตัว	23,000
4. ปัมไฮดรอลิกขนาด 55 cc/rev อัตราการไหล 119 ลิตรต่อนาที	12,000
5. วาล์วปรับอัตราการไหลแบบปรับด้วยไฟฟ้า	20,000
6. สายไฮดรอลิก และข้อต่อไฮดรอลิก	8,500
7. ตลับลูกปืน 6 ตัว พร้อมบุททองเหลือง	3,000
8. อุปกรณ์ไฟฟ้า และอุปกรณ์วัดคุม	35,000
9. อื่นๆ	10,000

รวมค่าวัสดุในการสร้างเครื่อง	129,000
ค่าแรงประกอบสร้างและอื่นๆ	5,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการสร้างเครื่องต้นแบบ	134,000

1. ราคาเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์
โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = 134,000 บาท
2. อายุการใช้งานของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ
อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = 5 ปี
3. มูลค่าซาก = 10% ของราคาเครื่อง
= $10 \times 134,000$
100
= 13,400 บาท
4. อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ร้อยละ = 10
5. จำนวนชั่วโมงในการทำงาน = 8 ชั่วโมงต่อวัน
6. อัตราการทำงาน of เครื่องสางใบอ้อยสำหรับ
อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = 1.88 ไร่ต่อชั่วโมง
7. ความเร็วในการทำงานเกียร์ Low 2 เฉลี่ย = 2.09 กิโลเมตร/ชั่วโมง
8. ค่าบำรุงรักษาเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ
อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = 1.2% ของราคาซื้อ/ชั่วโมงการทำงานต่อวัน
9. น้ำมันดีเซลลิตรละ (ราคาเมื่อวันที่ 12 ธ.ค. 2560) = 27.09 บาท
10. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของ
เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = 2.36 ลิตรต่อไร่
11. สมมติใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับ
อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิกปีละ = X ไร่

ค่าต้นทุนคงที่

12. ค่าเสื่อมราคาของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ
อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = $(134,000 - 13,400)/5$
= 24,120 บาทต่อปี
13. ค่าดอกเบี้ยในการลงทุนของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ
อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก = $(0.1(134,000 + 13,400))/2$
= 7,370 บาทต่อปี

$$\begin{aligned}
 14. \text{ ค่าเสื่อมราคาของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ} &= 24,120/X \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 \text{อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิคต่อไร่} & \\
 15. \text{ ค่าดอกเบี้ยในการลงทุนเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ} &= 7,370/X \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 \text{อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิค} &
 \end{aligned}$$

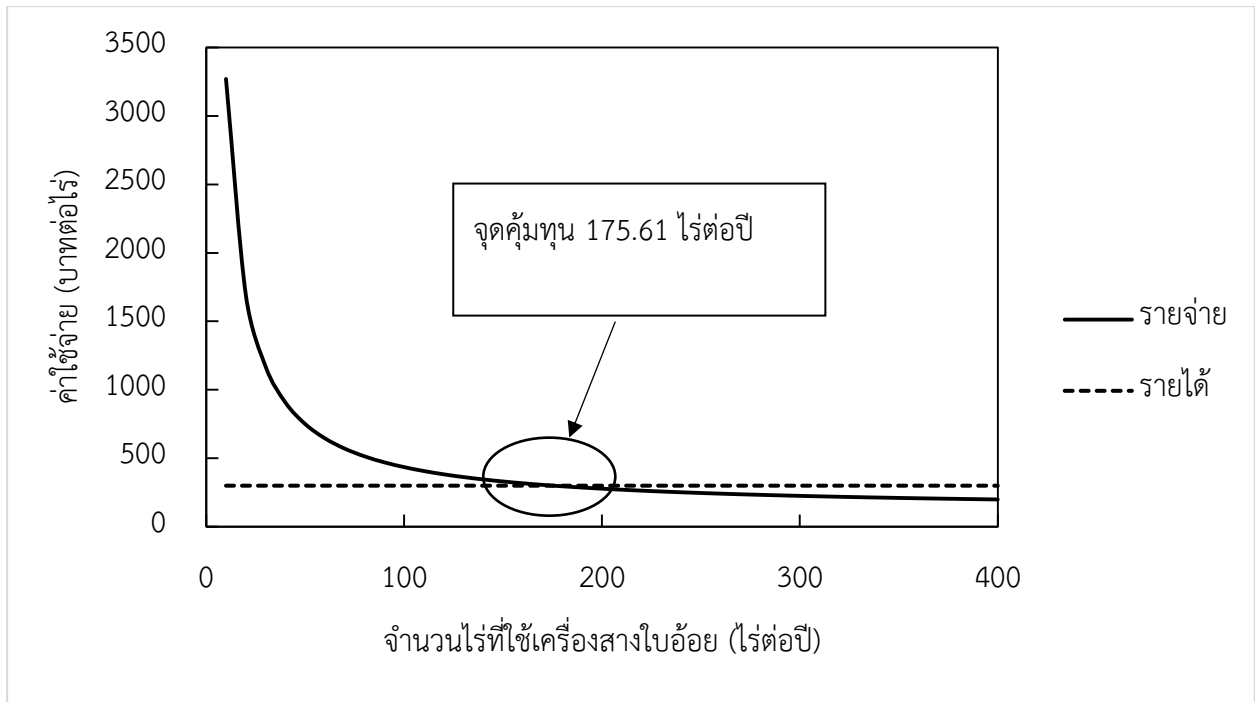
ค่าต้นทุนแปรผัน

$$\begin{aligned}
 16. \text{ ค่าใช้จ่ายจากน้ำมันเชื้อเพลิง} &= 2.36 \times 27.09 \\
 &= 64.04 \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 17. \text{ ค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์ และค่าเช่า} &= 1.88 \times 8 \\
 \text{รถแทรกเตอร์วันละ 650 บาท} &= 15.04 \quad \text{ไร่ต่อวัน} \\
 &= 650/15.04 \\
 &= 43.26 \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 18. \text{ ค่าบำรุงรักษาเครื่องสางใบอ้อยสำหรับ} &= (1.2 \times 134,000)/(100 \times 8 \times 8 \times 1.88) \\
 \text{อ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิคต่อไร่} &= 13.38 \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 19. \text{ ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} &= 64.04 + 43.26 + 13.38 \\
 &= 120.68 \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 &= (24,120/X) + (7,370/X) \\
 &= 120.68 + (31,490/X) \quad \text{บาทต่อไร่} \\
 \text{ค่าจ้างสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์} &= 300 \quad \text{บาทต่อไร่}
 \end{aligned}$$

ด้วยเครื่องสางใบอ้อย

$$\begin{aligned}
 20. \text{ จุดคุ้มทุนสำหรับการใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิค} & \\
 300 &= 120.68 + (31,490/X) \\
 300X &= 120.68X + 31,490 \\
 179.32X &= 31,490 \\
 X &= 175.61 \quad \text{ไร่ต่อปี}
 \end{aligned}$$

เมื่อใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิคจะมีจุดคุ้มทุน 175.61 ไร่ต่อปี แสดงในภาพที่ 27 และลักษณะการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยแสดงในภาพที่ 28 ความสะอาด ความสมบูรณ์ของตาอ้อย และลำอ้อยจากการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยแสดงในภาพที่ 29



ภาพที่ 27 แสดงจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์โดยใช้ระบบไฮดรอลิก



ภาพที่ 28. ลักษณะการทำงานของเครื่องสางใบอ้อย



ภาพที่ 29. ความสะอาด ความสมบูรณ์ของตาอ้อย และลำอ้อยหลังจากการทำงานของเครื่องสางใบอ้อย

การใช้แรงงานคน พร้อมกับมีดสางใบทำการสางใบอ้อยแสดงในภาพที่ 30 และการเพาะตาอ้อยปลูกเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยแสดงในภาพที่ 31



ภาพที่ 30 การสางใบอ้อยออกโดยใช้มีดสางใบ



(ก)



(ข)

ภาพที่ 31 (ก) นำท่อนพันธุ์อ้อยมาตัดเป็นท่อนๆลงถาดเพาะปลูก

(ข) ท่อนพันธุ์ที่ตัดเป็นท่อนแต่ละท่อนมีตาอ้อยในถาดเพาะปลูก

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องสางใบอ้อยแบบใช้ระบบถ่ายทอดกำลังอุทกสถิตสามารถสางใบอ้อยพันธุ์ LK92-11 อู่ทอง 84-12 K95-84 กำแพงแสน 01-12 และพันธุ์ขอนแก่น 3 สำหรับตัดทำพันธุ์ได้ทั้งหมด โดยอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ เป็นอ้อยปลูกใหม่ และอ้อยต่อ อายุ 11 เดือน มีประสิทธิภาพในการทำงานดังนี้

1. เมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 กม/ชม. ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีสางใบ 0.5 ม./วินาที ทิศทางการหมุนของลูกตีใบหมุนตีขึ้น ความสูงในการสางใบ 3.5 ม. ลำต้นอ้อยเสียหายเฉลี่ย 3.41% ตาอ้อยเสียหายเฉลี่ย 1.28% เปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยเฉลี่ย 68.57% ความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรจริง 1.88 ไร่/ชม. ประสิทธิภาพการทำงานเชิงพื้นที่ 69.97% และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง 2.36 ล./ไร่ อ้อยมีความสะอาดเพียงพอให้แรงงานเข้าตัดทำพันธุ์

2. เมื่อเปรียบเทียบกับแรงงานคนที่ใช้มีดสางใบจำนวน 5 คน ทำงาน 8 ชม./วัน เท่ากัน ค่าจ้างแรงงานคนในการสางใบสำหรับตัดอ้อยทำพันธุ์ไร่ละ 70 บาท/คน และค่าใช้จ่ายจากคนขับรถแทรกเตอร์รวมกับค่าเช่ารถแทรกเตอร์ขนาด 25 แรงม้าวันละ 650 บาท พบว่า เครื่องสางใบได้งานมากกว่าแรงงานคนเฉลี่ย 8.56 ไร่/วัน และมีค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเฉลี่ย 650 บาท/วัน ส่วนความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย แรงงานคนต่ำกว่าไม่เกิน 1% และเปอร์เซ็นต์ความงอกของอ้อยแรงงานคนสูงกว่าไม่เกิน 1%

3. การควบคุมการหมุนของลูกตีสางใบอ้อยซึ่งเป็นระบบ Servo Electro-hydraulic System หรือ SEHS ด้วยตัวควบคุมแบบพีซี กับอ้อยทั้ง 5 พันธุ์ พบว่า ความเร็วรอบการหมุนจากจุดหยุดนิ่ง (0 รอบ/นาที) จนถึงความเร็วรอบที่ต้องการควบคุมมีความรวดเร็ว โดยสามารถดูได้จากช่วงเวลา Delay Time และช่วงเวลา Rise Time มีค่าเฉลี่ย 0.3 และ 0.2 วินาที ตามลำดับ ส่วนช่วงเวลา Setting Time และช่วงเวลา Response Time มีค่าเฉลี่ย 0.6 และ 1.1 วินาที ตามลำดับ ขึ้นกับปริมาณโหลด เกิดค่าพุ่งเกินขึ้น 0.83 – 1.54% โดยความเสียหายของตาอ้อย ลำอ้อย และความสะอาดในการสางใบ เกษตรกร ตัวแทนของโรงงานน้ำตาล และนักวิชาการเกษตรยอมรับได้ ดังนั้นตัวควบคุมแบบพีซีสามารถใช้งานได้ดี

4. เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบมีราคา 134,000 บาท และค่าจ้างสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์ 300 บาท/ไร่ ทำงาน 8 ชม./วัน ดังนั้นจากผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบมีจุดคุ้มทุนที่ 175.61 ไร่

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ศูนย์วิจัยต่างๆของกรมวิชาการเกษตร หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ บริษัทเอกชน เกษตรกร และกลุ่มเกษตรกรผู้ผลิตท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ดี ทั้งการผลิตเพื่อใช้ปลูกเอง และเผยแพร่ให้เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยภายใต้การดูแล ซึ่งจะช่วยในการลดการใช้แรงงานและต้นทุนในการตัด ได้ท่อนพันธุ์อ้อยที่ดี มีอัตราการงอกสูงไม่แตกต่างจากการใช้แรงงานคนในการสางใบ เป็นการลดการสูญเสีย เสียโอกาสในการใช้ที่ดินเพื่อการผลิต ตลอดจนอาจนำมาซึ่งผลผลิตที่ดีขึ้น และมีรายได้มากขึ้น นอกจากนี้ยังมีความรู้ในด้านการควบคุมความเร็วรอบการหมุนของลูกตีสางใบ และการติดตั้งระบบไฮดรอลิกเข้ากับเครื่องสางใบอ้อย สามารถถ่ายทอดสู่ผู้ประกอบการ และเกษตรกรผู้สนใจได้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. *แนวทางการแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย*. เอกสารวิชาการการปลูกพืชไร่. สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. กรุงเทพฯ. 332 หน้า.

ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, วิชัย โอภาณุกุล, อานนท์ สายคำฟู, วีระ สุขประเสริฐ, มานพ คันทามารัตน์ และมงคล ตุ่นเฮ้า. 2559. *ออกแบบและพัฒนากลไกของเครื่องสางใบอ้อยสำหรับอ้อยตัดทำพันธุ์*. วารสารวิชาการเกษตร 34(1): 76-94.

ตฤณสิษฐ์ ไกรสินบุรศักดิ์, ดนัย ศาลทูลพิทักษ์, อนุชา เชาวโรชิต, มงคล ตุ่นเฮ้า, พุทธินันท์ จารุวัฒน์, ปรีชา อานันท์รัตนกุล, พีรพงษ์ เชาวพงษ์, อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์, จิระวิทย์ มหิทธิธนาศักดิ์, และกันต์ธกรณ์ เขาทอง. 2561. *การควบคุมระบบ Servo Electro-hydraulic System สำหรับไถระเบิดดินดานชนิดล้นที่ขา 2 ขาด้วยตัวควบคุมแบบพีซี*. วารสารวิชาการเกษตร 36(1): 16-27.

บพิตร ตั้งวงศ์กิจ รัตนา ตั้งวงศ์กิจ, 2553. *อุปกรณ์และเครื่องจักรกลการเกษตร*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 121 หน้า.

วิชัย โอภาณุกุล สันธาร นาควัฒนานุกูล ชัชชัย ชัยสัตตปกรณ์ คทาวุธ จงสุขไวย มงคล ตุ่นเฮ้า บาลทิตย์ ทองแดง และดนัย ศารทูลพิทักษ์. 2554. *ศึกษาสภาพพื้นที่เพาะปลูกและการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทย*. กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร. 10(5): 9-14.

วุฒิชัย กปิลกาญจน์, 2533. *พลศาสตร์เครื่องจักรกล*. สำนักพิมพ์ ฟิสิกส์เซ็นเตอร์การพิมพ์. กรุงเทพฯ. 362 หน้า.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ชุมพล คำสิงห์, นริศร ขจรผล, สุกรี นันตะสุนนท์ และสนิท สมเหมาะ. 2551. *การแก้ปัญหาการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องสางใบอ้อย*. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2551. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 145-151.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, วาสนา วันดี และผุด จันทร์สุขโข. 2555. การเปรียบเทียบวิธีการเตรียมดินที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยข้ามแล้ง. แก่นเกษตร 40 ฉบับพิเศษ : 96-102.

K. Edge. 1997. The control of fluid power systems – responding to the future. Part I. Vol. 211 Pages 91-110. *In: Proc. of Instn. Mech. Engrs.*

Kwanchai Sinthipsomboon, Issaree Hunsacharoonroj, Joseph Khedari, Watcharin Pongaen, and Pornjit Pratumswan. 2011. A Hybrid of Fuzzy and Fuzzy self-tuning PID Controller for Servo Electro-hydraulic System. *Transactions of the IEEE* 6, 220-225.