

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

ชุดโครงการวิจัย	: วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรความแม่นยำสูงสำหรับอ้อย
โครงการวิจัย	: วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
กิจกรรม	: ออกแบบและพัฒนากลไกการปลิด และเก็บใบอ้อย
ชื่อการทดลอง	: การทดลองที่ 1 ออกแบบและพัฒนากลไกการปลิด และเก็บใบอ้อย Experiment 1 Design and Development for the Mechanism of Pruning and Gathering Sugarcane Leaves
หัวหน้ากิจกรรม	: นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์ สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
หัวหน้าการทดลอง	: นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์ สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
ผู้ร่วมงาน	: นายวิชัยโอภาณุกุล ¹ , นายอานนท์ สายคำฟู ¹ , วีระ สุขประเสริฐ ¹ , พินิจ จิรัคกุล ² และ มงคล ตุ่นเฮ้า ² ¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

การสาบใบอ้อยจะทำก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อยประมาณ 2 เดือน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก โดยไม่ต้องเผาใบ ทำให้อากาศระบายได้ดี ลำต้นอ้อยได้รับแสงแดด ทำให้อายุขนาดปล้อง อ้อยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น 15-20% เครื่องสาบใบอ้อยที่ใช้อยู่ในปัจจุบันจะใช้สาบใบอ้อยสำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน โดยมีรอบการหมุนของลูกตีใบประมาณ 800-900 รอบต่อนาที ทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง (low 2) แต่ไม่สามารถใช้สาบใบอ้อยสำหรับอ้อยทำพันธุ์ได้ เพราะตาอ้อยสูญเสียประมาณ 60-70% เมื่อทำการลดความเร็วรอบลูกตีใบลงเหลือ 680 รอบต่อนาที และเปลี่ยนทิศทางการหมุนเป็นทวนเข็มนาฬิกา โดยใช้เกียร์ PTO Low 2 ที่ความเร็วรถแทรกเตอร์ Low 2 พบว่าตาอ้อยสูญเสียอย่างน้อยที่สุด 9.75% โดยมีอัตราการทำงาน 1.37 ไร่ต่อชั่วโมง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 60 บาทต่อ

ไร่ แต่พบว่าบริเวณความสูงตั้งแต่ 90 เซนติเมตรขึ้นไปกลับไม่สะอาด เนื่องจากแรงดึงใบมีค่าสูงขึ้นตามความสูงของอ้อย รวมถึงลูกตีใบของเครื่องสางใบมีรอบการหมุนคงที่ และไม่เคลื่อนที่ งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้กลไกแบบ Slider - crank เพื่อให้ลูกตีใบสามารถเคลื่อนที่ขึ้น-ลงในแนวตั้งโดยฟางทำยกรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กรุ่น 22 แรงม้าสามารถตีใบอ้อยที่ระยะความสูงจากพื้นดินขึ้นไปจนถึงระยะ 2.35 เมตร ต้นกำลังการหมุนลูกตีใบใช้มอเตอร์กระแสตรงขนาด 900 วัตต์ 24 โวลต์ ควบคุมการหมุนด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) เป็น duty เปลี่ยนรอบการหมุนของลูกตีใบตามความสูงของต้นอ้อยแบบอัตโนมัติ สัญญาณ PWM ที่ใช้มีความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ และมี Pulse Period เป็น 1 มิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้สัญญาณความเร็วรอบ output ราบเรียบ ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่าง duty ที่ใช้ปรับความเร็วรอบของลูกตีใบที่เหมาะสมกับช่วงความสูงของต้นอ้อย ซึ่งมีแรงดึงใบอ้อยแตกต่างกัน เมื่อทดสอบกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งมีความสูงเฉลี่ย 2.05 เมตร โดยทดสอบที่ 3 ปัจจัยคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ ความเร็วเชิงเส้นในแนวตั้งของลูกตีใบ และทิศทางการหมุนของลูกตีใบ พบว่าความสูงตั้งแต่ 0-50 เซนติเมตร ใช้ duty cycle 80.56% รอบการหมุนของลูกตีใบ 680 รอบต่อนาที, 50-90 เซนติเมตร ใช้ duty cycle 75.56% รอบการหมุนของลูกตีใบ 680 รอบต่อนาที, 90-180 เซนติเมตร ใช้ duty cycle 77.78% รอบการหมุนของลูกตีใบ 700 รอบต่อนาที และมากกว่า 180 เซนติเมตรขึ้นไปใช้ duty cycle 0% ทำให้ไม่มีการหมุนของลูกตีใบ เนื่องจากเป็นใบเขียวรอการเจริญเติบโตต่อไป ที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 2.09 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ความเร็วเชิงเส้นของลูกตีใบ 0.5 เมตรต่อวินาที ทิศทางการหมุนทวนเข็มนาฬิกา ตาต้นอ้อยสูญเสียน้อยที่สุด 1.38% อัตราการทำงาน 0.86 ไร่ต่อชั่วโมง พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้เฉลี่ย 37.33 แอมป์ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุด 3.91 ลิตรต่อไร่

คำหลัก: อ้อย; ใบอ้อย; การสางใบอ้อย

ABSTRACT

The pruning of sugarcane leaves are usually done two months before harvesting in order to facilitate the human labors in harvesting and to avoid traditional burning of the sugarcane leaves. Besides, it improves air ventilation and increases stems exposure to sunlight which enhances stem enlargement. The weight of sugarcane is increased by this process and the percentage of sugar is increased about 15 – 20% also. The sugarcane leaf pruning machine is used to remove the sugarcane leaves for harvesting the sugarcane to factory in the present. It has a rotation of the sugarcane leaf pruning roller about 800 – 900 rpm, a clockwise direction of the sugarcane leaf pruning roller and 2.09 km h⁻¹ for the forward speed (Low 2). However it can't to remove sugarcane leaves for planting because the seed bud is damaged about 60 –

70%. Reduction of a rotation for the sugarcane leaf pruning roller be 680 rpm, counter clockwise direction of the sugarcane leaf pruning roller, PTO Low2 for the transmission and 2.09 km h⁻¹ for the forward speed are found the least damage of seed bud be 9.75%, 1.37 rai per hour for the performance and 60 baht per hour for the fuel consumption but the height of sugarcane from 90 cm up to uncleanness because the tension of sugarcane leaf increases along the height and the sugarcane leaf pruning roller can't the movement and fixed rotation. This research applies the Slider – crank mechanism for the sugarcane leaf pruning roller which can to moves in a vertical direction by tow the small tractor 22 hp. It can to remove the sugarcane leaves form the ground up to 2.35 m. The DC motor 900 W 24 V is used to be the power and controlled a rotation by the microcontroller. It sends the PWM (pulse width modulation) signal which be duty for changing the automatic rotation of the sugarcane leaf pruning roller. The frequency of the PWM signal is used be 1 kHz and 1 ms for pulse period which are enough to make the smooth signal for output speed. The results of testing for the relationship between the duty which adjusts the speed of sugarcane leaf pruning roller and the height of sugarcane which has different for the tensile force of sugarcane leaf. It's tested with the Khon Kaen 3 sugarcane variety which has 0.6 years old in Tha Muang district, Kanchanaburi province and 2.05 m for the average height of sugarcane. Three factors is used this testing which consist the forward speed of tractor, linear velocity of the sugarcane leaf pruning roller and direction of a rotation for the sugarcane leaf pruning roller. It's found the height of sugarcane from 0 – 50 cm which is used 80.56% for the duty cycle and 680 rpm for the sugarcane leaf pruning roller, the height of sugarcane from 50 – 90 cm which is used 75.56% for the duty cycle and 680 rpm for the sugarcane leaf pruning roller, the height of sugarcane from 90 – 180 cm which is used 77.78% for the duty cycle and 700 rpm for the sugarcane leaf pruning roller, the height of sugarcane more than 180 cm which is used 0% for the duty cycle that it hasn't a rotation of the sugarcane leaf pruning roller because it's the fresh leaves for growing. The forward speed of tractor is 2.09 km h⁻¹, 0.5 m s⁻¹ for a linear velocity of the sugarcane leaf pruning roller and a counter clockwise direction of the sugarcane leaf pruning roller are found the least damage of seed bud be 1.38%, 0.86 rai per hour for the performance, 37.33 ampere per hour for an average of the power electric and 3.91 liter per rai for the minimum fuel consumption.

Keywords: Sugarcane; Sugarcane leaves; The pruning of sugarcane leaves

1. คำนำ

ปัญหาการเผาอ้อยปัจจุบันมีแนวโน้มสูงขึ้น ในฤดูการเก็บเกี่ยว 2553/54 มีปริมาณอ้อยเผาใบถูกส่งเข้าโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศมากกว่า 4 ล้านตัน หรือประมาณ 61% [1] ซึ่งอ้อยที่ถูกเผาใบเหล่านี้จะเสียน้ำหนัก ก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศ สภาพดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ มีวัชพืชขึ้นเนื่องจากไม่มีเศษซากปกคลุมดิน เกิดการระบาดของแมลงศัตรูอ้อยได้ง่าย และเสียค่าใช้จ่ายในการปลูกดูแลอ้อยรุ่นต่อไปเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังไม่เป็นที่ต้องการของโรงงานน้ำตาลเนื่องจากเกิดการปนเปื้อนของแบคทีเรียทำให้เกิดปัญหาในกระบวนการผลิต และต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเพื่อแก้ปัญหาส่งผลให้การหีบอ้อยทำได้ช้าลง ทางโรงงานน้ำตาลจึงตัดราคาสำหรับอ้อยเผาใบลงตันละ 20 บาท [2]

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

ดังนั้นเมื่ออ้อยได้อายุเก็บเกี่ยวแล้ว กรมวิชาการเกษตร [3] จึงแนะนำว่า ไม่ควรเผาใบ แต่ใช้วิธีการตัดสางใบก่อนที่จะตัดอ้อย 2 เดือน ซึ่งจะทำให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก อากาศระบายได้ดี ลำต้นอ้อยได้รับแสงแดด ทำให้ขยายขนาดปล้อง อ้อยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น และเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น 15-20% อีกทั้งยังเป็นการช่วยกำจัดไข่และตัวอ่อนของเพลี้ยต่างๆที่เป็นศัตรูอ้อย นอกจากนี้ใบอ้อยที่ตัดสางแล้วจะคลุมดิน ทำให้เก็บความชื้นในดิน และป้องกันวัชพืชเจริญเติบโต

ในปี 2549 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร [4] ได้พัฒนาเครื่องสางใบอ้อยขึ้นโดยติดตั้งกับรถไถเดินตามดังรูปที่ 1 ใช้ลูกตีใบ 2 ลูก ติดตั้งสองฝั่งบนและล่าง โดยแกนของลูกตีใบยึดติดกับเพลลา เพลลาหมุนด้วยรอบคงที่ประมาณ 700 rpm ซึ่งใช้ต้นกำลังจากเครื่องยนต์ของรถไถเดินตามถ่ายทอดกำลังผ่านสายพาน โครงของลูกตีใบยึดเส้นลวดเพื่อใช้สำหรับตีใบอ้อย โดยลูกตีใบจะหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกา



ลูกตีใบ

รูปที่ 1 เครื่องสางใบอ้อยติดตั้งรถไถเดินตาม

เครื่องสางใบอ้อยติดตั้งรถไถเดินตาม มีอัตราการทำงาน 16 เมตรต่อนาที และในพื้นที่ 1 ไร่ ใช้เวลาในการสางใบ 70 นาที ต่อมาในปี 2550 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร [5] ได้พัฒนาเครื่องสางใบอ้อยติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็กดังรูปที่ 2 โดยทำการทดสอบเปรียบเทียบกับการใช้มีดสางใบ และมีดตัดอ้อย พบว่าเครื่องสางใบอ้อยสามารถสางใบอ้อยได้ 1 ชั่วโมง 19 นาที/ไร่ ในขณะที่มีดสางใบที่ใช้แรงงานคนสามารถสางใบอ้อยได้ 6 ชั่วโมง 12 นาที/ไร่ และมีดตัดอ้อยสามารถสางใบอ้อยได้ในอัตรา 9 ชั่วโมง 19 นาที/ไร่ หลังสางใบอ้อยตรวจสอบความเสียหายของอ้อยจากการสางใบ 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 เครื่องสาบไถอ้อยติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก

ปัจจุบันมีการพัฒนาเครื่องสาบไถอ้อยทั้งในส่วนภาครัฐ และภาคเอกชนสำหรับเกษตรกรที่ใช้แรงงานคน ในการตัดอ้อยแบบไม่เผาใบ โดยเพิ่มลูกตีใบเป็น 4 ลูก เพื่อให้การตีใบอ้อยสะอาดขึ้น และเปลี่ยนจากเส้นลวดที่ใช้ ตีใบอ้อยเป็นเอ็นตัดหญ้าแทน เพื่อลดความเสียหายจากการแตกหักของลำอ้อย ดังรูปที่ 3 มีอัตราการทำงาน 1.4 ไร่ต่อชั่วโมง รอบการหมุนของลูกตีใบประมาณ 800-900 rpm ทิศทางการหมุนตามเข็มนาฬิกา ที่ความเร็วรถ แแทรกเตอร์ 2.09 km h^{-1} (low 2) [6]

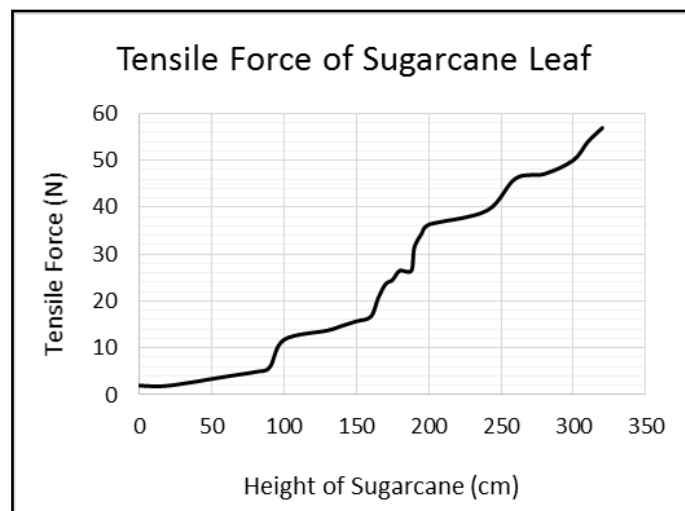


รูปที่ 3 เครื่องสาบไถอ้อยที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

เครื่องสางใบอ้อยที่ใช้อยู่ทั่วไปนี้ปกติจะใช้สางใบอ้อยสำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน เพราะการตัดอ้อยเข้าโรงงานจะไม่สนใจเรื่องการแตกหักของลำ หรือการเสียหายของตาอ้อย แต่ต้องการความสะดวกเพื่อให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้สางใบอ้อยสำหรับอ้อยทำพันธุ์ได้ เพราะตาอ้อยสูญเสียประมาณ 60-70% [6]

จากการทดสอบเบื้องต้นของตฤณสิษฐ์ และคณะ เกี่ยวกับปริมาณใบอ้อยที่ได้จากการสางใบ และแรงดึงใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ปลุกใหม่ อายุ 10 เดือน ที่อำเภอตากฟ้า จ.นครสวรรค์ พบว่า มีความสูงเฉลี่ย 2.86 m เส้นผ่านศูนย์กลางลำเฉลี่ย 3.1 cm เส้นรอบวงลำเฉลี่ย 9.8 cm ระยะห่างระหว่างแถวปลูก 1.5 m ปริมาณใบอ้อยจากการสางใบเฉลี่ย 1,335.5 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณใบอ้อยใน 1 ไร่ สรุปได้ 3 ปัจจัยคือ

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



รูปที่ 4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดึงใบ และ

ความสูงของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 10 เดือน

จากการวัดแรงดึงใบโดยใช้เครื่องชั่งสปริงดึงทั้งใบและกาบใบออก จะได้ผลดังรูปที่ 4 ทำให้ทราบว่าแรงดึงใบจะเพิ่มขึ้นตามความสูง และบางช่วงของความสูงจะมีการเปลี่ยนแรงดึงอย่างฉับพลัน เนื่องจากใบอ้อยบริเวณนั้นยังอ่อนกว่าใบอ้อยบริเวณช่วงที่ต่ำลงมาซึ่งแข็งกว่า สังเกตจากความชันของกราฟที่เปลี่ยนแปลงไป เช่นในช่วงความสูงตั้งแต่ 90 – 100 cm และ 160 – 200 cm เป็นต้น



รูปที่ 5 การวัดแรงดึงใบด้วยเครื่องชั่งสปริงขนาด 8 kg.

จากนั้นทดสอบการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยที่มีใช้อยู่ทั่วไปกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 10 เดือนปลูกใหม่ ติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาด 22 แรงม้า โดยทดสอบที่ 3 ปัจจัยคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ 3 ระดับคือ low1 (1.39 km h^{-1}), low2 (2.09 km h^{-1}) และ low3 (3.43 km h^{-1}) รอบการหมุนของลูกตีใบ 4 ระดับได้แก่ 680, 700, 800 และ 900 rpm และทิศทางการหมุนของลูกตี 2 ทิศทางคือ ตามเข็มนาฬิกา และทวนเข็มนาฬิกาพบว่า ประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในแต่ละระดับความเร็วในการเคลื่อนที่ ซึ่งทำให้ตาอ้อย และลำอ้อยเสียหายน้อยที่สุดเป็นดังนี้

1. ถ้าใช้ความเร็ว low1 รอบลูกตี 700 rpm หมุนทวนเข็มนาฬิกา โคนอ้อยสะอาด จนถึงช่วงความสูง 100 cm แต่เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นใบบางส่วนจะไม่ถูกตีหลุดออกมา ตาอ้อยสูญเสีย 10.71% อัตราการแตกหักของลำอ้อย 8.53% อัตราการทำงาน 0.83 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 3.52 ลิตรต่อไร่

2. ถ้าใช้ความเร็ว low2 รอบลูกตี 680 rpm หมุนทวนเข็มนาฬิกา โคนอ้อยสะอาด จนถึงช่วงความสูง 92 cm แต่เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นใบบางส่วนจะไม่ถูกตีหลุดออกมา (ใบหลุดน้อยกว่า low1) ตาอ้อยสูญเสีย 9.75% อัตราการแตกหักของลำอ้อย 5.23% อัตราการทำงาน 1.37 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 2.42 ลิตรต่อไร่

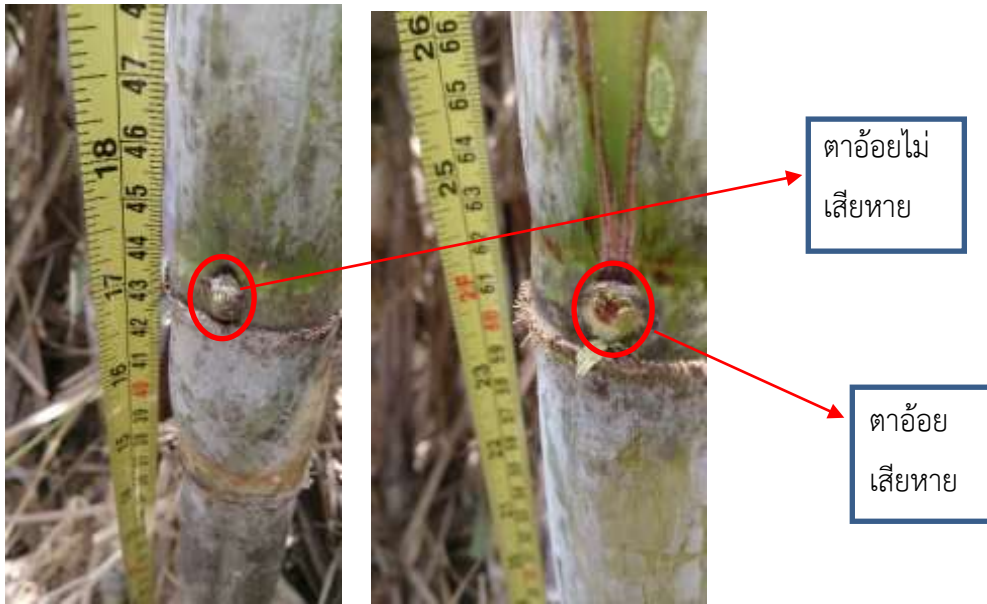
3. ถ้าใช้ความเร็ว low3 รอบลูกตี 800 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา โคนอ้อยสะอาด จนถึงช่วงความสูง 110 cm แต่เมื่อความสูงเพิ่มขึ้นใบบางส่วนจะไม่ถูกตีหลุดออกมา (ใบหลุดใกล้เคียงกับ low1) ตาอ้อยสูญเสีย 15.75% อัตราการแตกหักของลำอ้อย 10.23% อัตราการทำงาน 1.81 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 1.93 ลิตรต่อไร่

เมื่อพิจารณาจากอัตราการทำงาน อัตราการใช้เชื้อเพลิง ความเสียหายของตาอ้อย ในกรณีสางใบเพื่อทำพันธุ์ควรใช้ความเร็ว low2 รอบลูกตี 680 rpm หมุนทวนเข็มนาฬิกา จะมีประสิทธิภาพดีที่สุด แม้มีความสะอาดน้อยกว่าทั้งแบบ low 1 และ low 3 แต่ก็สะอาดเพียงพอสำหรับแรงงานคนเข้าตัด หรืออากาศระบาย โปร่ง และแสงแดดส่องผ่านได้ดี



รูปที่ 6 การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

สางใบอ้อยที่มีใช้ในปัจจุบัน



รูปที่ 7 แสดงความเสียหายของตาอ้อย และสภาพของตาอ้อยที่ไม่เสียหาย

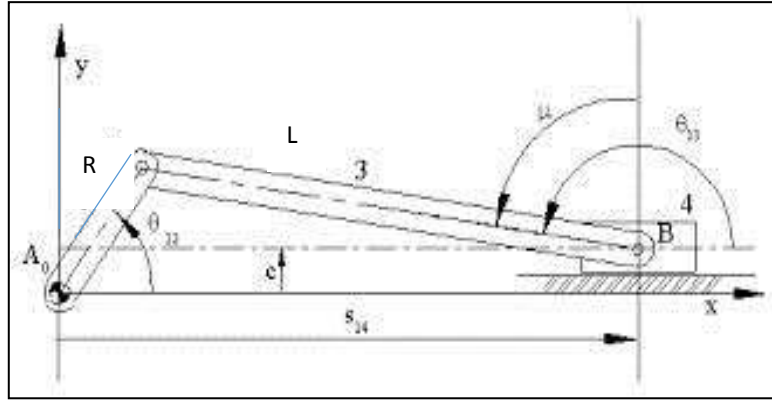
วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการออกแบบกลไกการสางใบอ้อยให้สามารถสางใบอ้อยได้ทั้งในกรณีตัดอ้อยเข้าโรงงาน และปลูกทำพันธุ์ เพื่อให้แรงงานเข้าตัดอ้อยได้สะดวก ลดการเผาใบ โดยสร้างเครื่องต้นแบบติดตั้งกับรถแทรกเตอร์ขนาด 22 แรงม้า และทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง ดูความเสียหายของตาอ้อยและลำอ้อยที่เกิดขึ้น ซึ่งขอบเขตงานวิจัยนี้จะทดสอบในพื้นที่ที่มีการตัดอ้อยสด และแทรกเตอร์ขนาด 22 แรงม้าสามารถเข้าทำงานในร่องอ้อยได้

2.วิธีดำเนินการ

จากการศึกษา และทดสอบเบื้องต้นถึงข้อดีข้อเสียของเครื่องสางใบอ้อยที่ใช้อยู่ทั่วไป ลักษณะทางกายภาพของต้นอ้อย และแรงดึงใบอ้อย ดังนั้นจะแบ่งส่วนการออกแบบเป็น 2 ส่วนคือ

2.1 ส่วนกลไก

การออกแบบจะออกแบบให้ลูกตีสสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งได้โดยให้มีระยะในการตีที่สูง และใช้ลูกตีเพียงลูกเดียว กลไกที่จะนำมาใช้คือ กลไกเลื่อนข้อเหวี่ยง (Slider - Crank Mechanism) ซึ่งเป็นกลไกที่เปลี่ยนการเคลื่อนที่แบบเชิงมุมเป็นการเคลื่อนที่แบบเชิงเส้น ดังรูปที่ 8



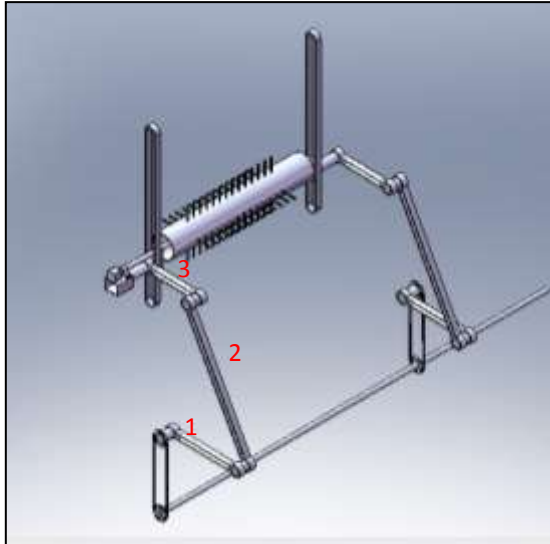
รูปที่ 8 โครงสร้างกลไกแบบ Slider - Crank

สมการที่ 1 ใช้คำนวณระยะการเคลื่อนที่ของกลไกแบบ Slider - Crank

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

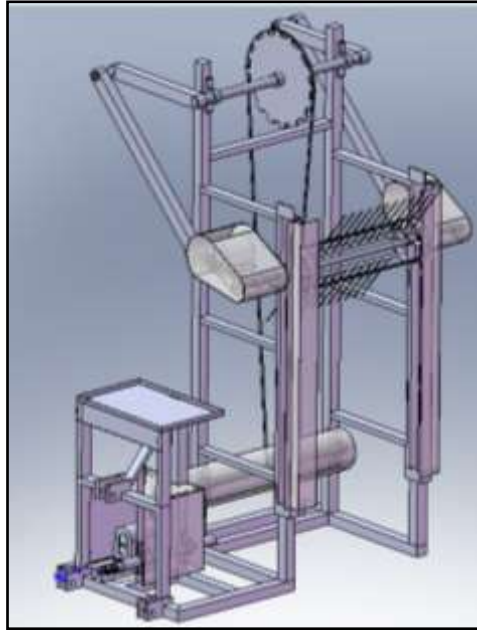
จากความกว้างของรถแทรกเตอร์มีค่า 108 cm และจุด c.g. (center of gravity) ของแทรกเตอร์ ประกอบด้วย ระยะห่างจากกึ่งกลางล้อหลัง(ตามกว้าง) = 7.551 cm, ระยะห่างจากกึ่งกลางล้อหลัง(ตามยาว) = 10.224 cm และระยะสูงจากพื้น = 9.125 cm โดยกำหนดระยะ R = 54 cm, L = 96 cm โดยมีจุดหมุนจากพื้นดินสูงขึ้นไป 216 cm จะได้ระยะเคลื่อนที่ X = 96.07 cm กำหนด θ มีค่าสูงสุด 180 องศา จากนั้นเพิ่มระยะการเคลื่อนที่ด้วยการเพิ่มท่อนเหล็กยาว 38.6 cm ต่อในทิศทางตั้งฉากกับปลายแขนระยะ L จะได้ระยะเคลื่อนที่รวม 135 cm และติดตั้งเอ็นตีไบยาว 50 cm ดังนั้นจะสามารถตีไบอ้อยสูงจากพื้นดินขึ้นไปได้ 235 cm

จากนั้นเขียนแบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แบบจำลองการเคลื่อนที่กลไกของลูกตีใบ

จากรูปที่ 8 เลือกใช้เหล็กกล่องขนาด 2.5×5 cm หนา 3.2 mm ในการทำแขน โดยแขนท่อน 1 ยาว 54 cm แขนท่อน 2 ยาว 96 cm และเพิ่มแขนท่อนที่ 3 ยาว 38.6 cm เพื่อกระจายแรงลัพท์ เพิ่มระยะในการเคลื่อนที่ และลดแรงเฉือนที่สลัก ทำให้ใช้สลักขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.54 cm ได้ โดยสลักระหว่างแขนท่อน 1 และ 2 เป็น Revolute joint ส่วนสลักระหว่างแขน 2 และ 3 เป็นสลักตายตัวเชื่อมติด แขน 3 ทำมุม 135 องศา กับแขน 2 เมื่อประกอบเป็นโครงจะได้ต้นแบบดังรูปที่ 8 โครงใช้เหล็กกล่องขนาด 5×5 cm ส่วนระบบถ่ายทอดกำลังจะถ่ายทอดกำลังผ่านเพลลาอำนาจกำลัง (PTO) ต่อผ่านชุดห้องเกียร์ทด 1:60 ไปขับเพลาลอย ซึ่งเพลาลอยจะติดตั้งเฟืองโซ่เบอร์ 50 จำนวน 20 ฟันเป็นเฟืองขับ และถ่ายทอดไปขับเพลลาที่ติดตั้งสูงขึ้นไป 216 cm โดยติดตั้งเฟืองโซ่เบอร์ 50 จำนวน 80 ฟันเป็นเฟืองตาม เพลลาที่ติดตั้งสูงขึ้นไป 216 cm นี้จะเป็นจุดหมุนไปขับแขนท่อนที่ 1 ซึ่งทั้งหมดใช้โซ่เบอร์ 50 เป็นตัวถ่ายทอดกำลัง



รูปที่ 10 แบบจำลองเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ



รูปที่ 11 เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ

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

สำหรับการทดลองที่ 1 จะได้กลไกการสางใบอ้อย และสร้างต้นแบบเครื่องสางใบอ้อยพร้อมออกทดสอบ ภาคสนาม

เริ่มต้น ต.ค.56 – ก.ย.57 สถานที่สร้างต้นแบบ อาคารปฏิบัติการงานสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรุงเทพฯ

ส่วนผลการทดลอง วิจัย และสรุป จะรวมกับการทดลองที่ 2 ซึ่งมีความเกี่ยวเนื่องกัน

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

ชุดโครงการวิจัย	:วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรความแม่นยำสูงสำหรับอ้อย
โครงการวิจัย	:วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
กิจกรรม	:ออกแบบและพัฒนากลไกการปลิด และเก็บใบอ้อย
ชื่อการทดลอง	:การทดลองที่ 2 ออกแบบและพัฒนาชุดควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับกลไกการปลิด และเก็บใบอ้อย Experiment 2 Design and Development for the Control box of the Mechanism of Pruning and Gathering Sugarcane Leaves
หัวหน้ากิจกรรม	:นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์ สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตร วิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
หัวหน้าการทดลอง	:นายวิชัย โอภาณุกุล สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ
ผู้ร่วมงาน	:นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์ ¹ , นายอานนท์ สายคำฟู ¹ , วีระ สุขประเสริฐ ¹ , พินิจ จิรัคคกุล ² และ มงคล ตุ่นเฮ้า ² ¹ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช กรมวิชาการเกษตร แขวง ลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 ² ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

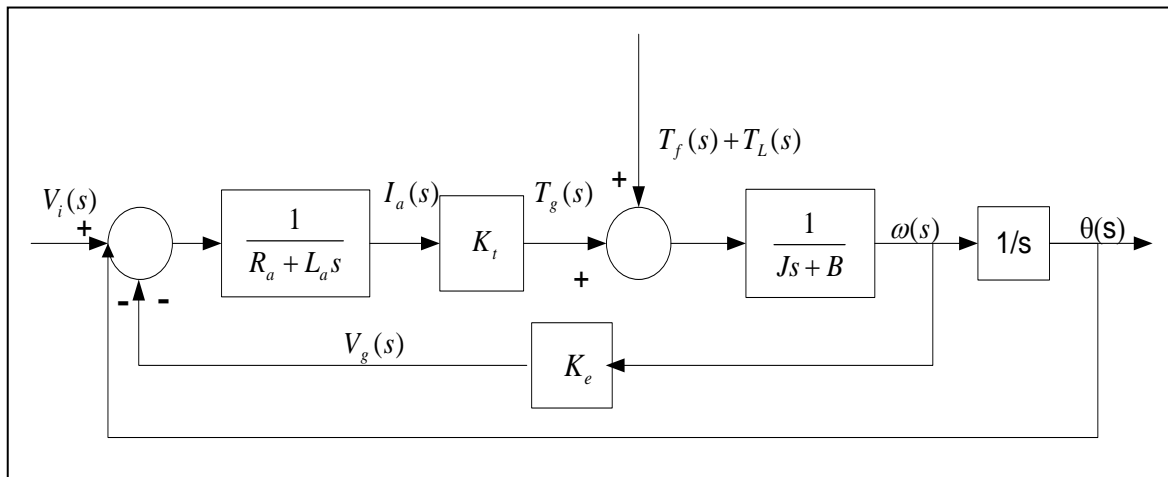
บทความย่อ และคำนำจะใช้แบบเดียวกับการทดลองที่ 1 ซึ่งเหมือนกัน

วิธีการดำเนินงาน

จะต่อเนื่องจากหัวข้อ 2.1 การทดลองที่ 1

2.2 ส่วนควบคุม

ในส่วนการหมุนของลูกตีโบ จากการทดสอบเบื้องต้นทำให้ทราบว่าถ้ารอบการหมุนของลูกตีโบเร็วขึ้นจะตีโบออกได้มากขึ้นแต่ก็จะสร้างความเสียหายให้กับลำต้น และต้อ่อยได้มากขึ้นเช่นกัน จึงต้องมีการควบคุมการหมุนของลูกตีโบให้เหมาะสม ต้นกำลังที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24V 900W ซึ่งง่ายต่อการควบคุม และตอบสนองต่อสัญญาณควบคุมได้ไว



รูปที่ 12 Block Diagram สำหรับแบบจำลองมอเตอร์กระแสตรง

DC motor มี transfer function ดังสมการที่ 2

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

โดย

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

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

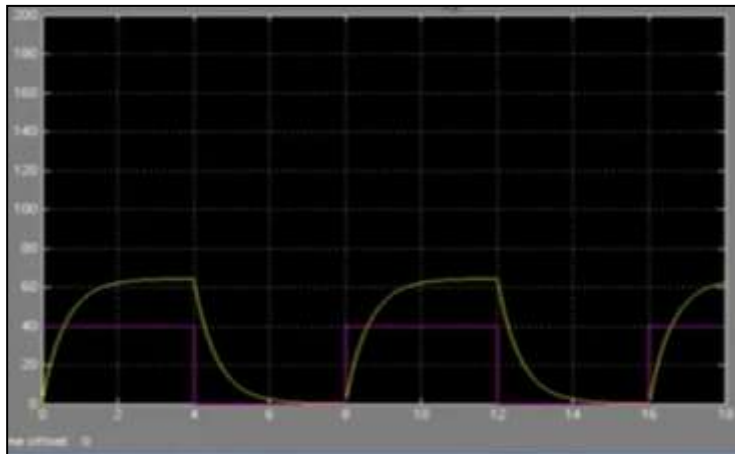
K_m คือ ค่าคงที่มอเตอร์

τs คือ ค่า time constant

เมื่อหาค่าตัวแปรโดยใช้วิธี system identification จะได้ transfer function ของ dc motor ที่ใช้ในการทดสอบดังสมการที่ 3

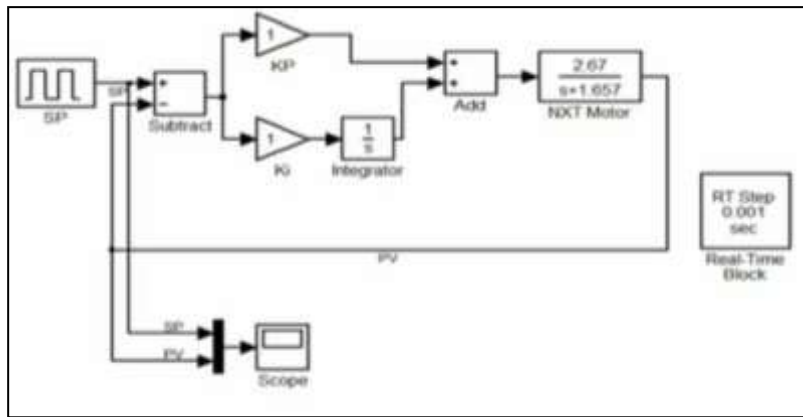
$$\omega(s) = \frac{2.67}{s+1.657} V_i(s) \quad (3)$$

ในการเปลี่ยนรอบการหมุนมอเตอร์จะใช้สัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) มาควบคุมดีซีมอเตอร์ โดยสั่งการทำงานแบบ Duty cycle ซึ่งคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของ Full cycle จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ 25 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสัญญาณ on - off [7] ทำการจำลองโดยสร้างสัญญาณ PWM ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ DC motor เปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงที่ป้อนเข้าไปในโปรแกรม Matlab มีผลตอบสนองดังรูปที่ 13

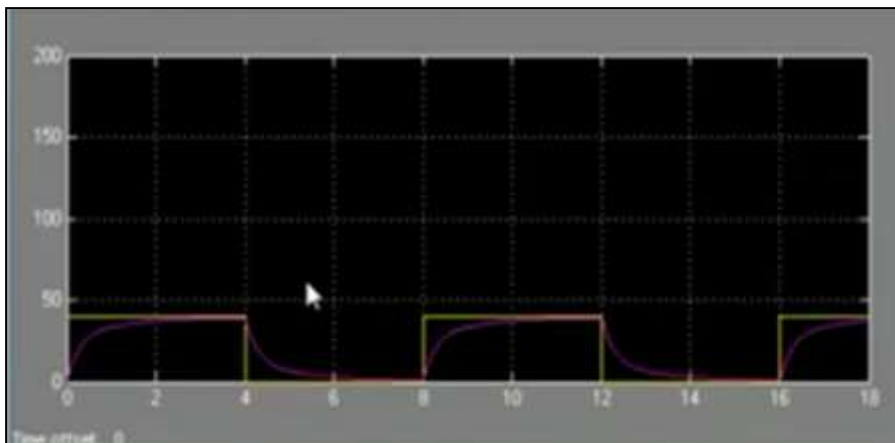


รูปที่ 13 Steady – State response for the testing DC motor model compare with the reference signal.

เพิ่มวิธีการควบคุมแบบ PI (Proportional Integral) เพื่อให้สัญญาณ out put ลู่เข้าสู่สัญญาณอ้างอิงมากที่สุด จะได้ผลตอบสนองสัญญาณควบคุมดังรูปที่ 15 โดยมี Block diagram สำหรับ PI controller กับแบบจำลอง DC motor ดังรูปที่ 14

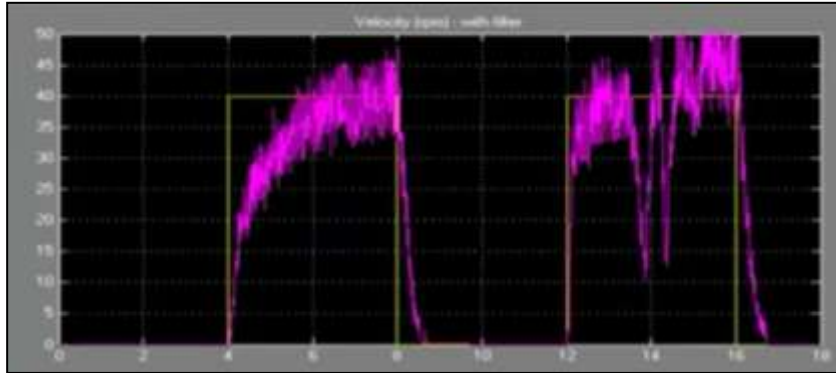


รูปที่ 14 Block Diagram for PI controller with DC motor model



รูปที่ 15 Steady – State response for the testing DC motor model with PI controller.

จากรูปที่ 15 สัญญาณความเร็วรอบ output กับสัญญาณอ้างอิง PWM input จากการจำลองการควบคุมมีขนาดใกล้เคียงกัน ในการควบคุมถือว่าใช้งานได้ สัญญาณ PWM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ และมี Pulse Period เป็น 1 มิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ความเร็วรอบ output ราบเรียบ เมื่อทดสอบกับมอเตอร์จริงจะได้ดังรูปที่ 16 โดยมี settling time (T_s) 0.533 มิลลิวินาที, peak time (T_p) 0.475 มิลลิวินาที, rise time 0.225 มิลลิวินาที, ค่าผิดพลาดที่สถานะคงตัว 0.9 และ %overshoot 2.838% ส่วนการเปลี่ยนรอบการหมุนจะใช้ proximity sensor เป็นตัวบอกตำแหน่งโดยส่งเป็นสัญญาณ feedback กลับไปที่ Controller เพื่อให้ Controller ส่งสัญญาณควบคุม PWM ออกมา



รูปที่ 16 Steady - State response for the testing DC motor compare with reference

signal



รูปที่ 17 Proximity sensor is set up at the moving path of the DC motor.

การทดลองที่ 2 จะได้ชุดควบคุมการหมุนของลูกตีใบของเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ

3.ผลการทดลองและวิจารณ์ (รวมการทดลองที่ 1 และ 2)

ในการทดสอบเครื่องต้นแบบ วางแผนการทดลองแบบ full factorial in CRD โดยทดสอบที่ 3 ปัจจัยคือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 2 ระดับคือ low1 (1.39 km h^{-1}) และ low2 (2.09 km h^{-1}) ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 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 และจัดทำรายงานโครงการวิจัยต่อไป

ค่าที่เลือกใช้ในการทดสอบความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 3 ระดับคือ 0.3 m s^{-1} , 0.4 m s^{-1} และ 0.5 m s^{-1} สามารถใช้กับความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถแทรกเตอร์ 2 ระดับคือ 1.39 km h^{-1} และ 2.09 km h^{-1} ที่รอบการหมุนของลูกตีใบเท่ากัน (มากกว่าหรือเท่ากับ 680 rpm) ซึ่งทุก treatment อ้อยมีความสะอาดเพียงพอให้แรงงานเข้าตัดได้สะดวก

ความสะอาดจากการสางใบความหมายคือ โคนอ้อยต้องสะอาด ใบแห้งควรหลุดออกจากลำทั้งหมดยกเว้นใบเขียวที่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ในกรณีที่ต้องการสางใบเมื่ออ้อยยังไม่ถึงช่วงเวลาที่เก็บเกี่ยว แต่ถ้าสางใบก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 เดือน จะสางใบออกทั้งหมดเพราะโรงงานน้ำตาลไม่ต้องการอ้อยยอดยาว

ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการทดสอบเครื่องสางใบอ้อย และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.1 ผลการทดสอบเครื่องสางใบอ้อย

ในการทดสอบจะแบ่งพื้นที่ 5×3 ตารางเมตรในแต่ละ treatment และทำการทดสอบ โดยทดสอบกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยต่อ 2 ก่อนการทดสอบจะวัดความสูงของต้นอ้อยและติดตั้ง proximity sensors เพื่อเป็นตัวบอกตำแหน่งในการเปลี่ยนรอบลูกตีใบ จากการวัดความสูงอ้อยทั้งหมด 6 ซ้ำ อ้อยมีความสูงเฉลี่ย 2.05 m ตำแหน่งแรกที่ติดตั้งวัดจากพื้นดินสูงขึ้นมา 50 cm ตำแหน่งที่ 2 90 cm และตำแหน่งที่ 3 180 cm ตามลำดับโดยอ้างอิงจากกราฟแรงดึงใบในรูปที่ 4 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 18 การวัดความสูงของอ้อย.

การทดลองมีทั้งหมด 12 treatment แต่ละ treatment ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ได้ผลการทดลองเฉลี่ย แสดงในตารางที่ 1 - 3 ดังนี้

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบเครื่องสางใบอ้อยกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง

จังหวัดกาญจนบุรี

Forward speed (km h ⁻¹)	Linear Velocity (m s ⁻¹)	Direction of the sugarcane leaf pruning 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

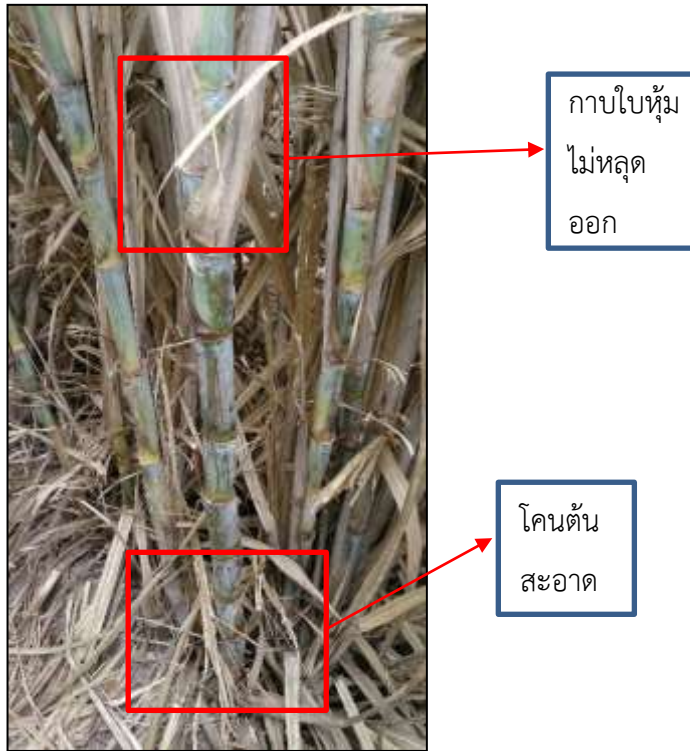
เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 1 พบว่าเมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km h⁻¹ ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.5 m s⁻¹ ทิศทางการหมุนของลูกตีใบทวนเข็มนาฬิกา ลำต้นอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.45% และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด 1.38% แต่ที่ความเร็วแทรกเตอร์ 1.39 km h⁻¹ ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.3 m s⁻¹ และทิศทางการหมุนของลูกตีใบตามเข็มนาฬิกา อ้อยจะสะอาดมากที่สุด ซึ่งในการสางใบอ้อยทำพันธุ์นั้นถ้ามีกาบใบหุ้มตาอ้อยอยู่ ส่วนใบแห้งหลุดออก และโคนอ้อยสะอาดถือว่าสามารถใช้ทำพันธุ์ได้



รูปที่ 19 การติดตั้งเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบกับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก 22 แรงม้า



รูปที่ 20 การทดสอบการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบในแปลงอ้อย



รูปที่ 21 ลักษณะของอ้อยที่มีความสะอาดเพียงพอในการทำพันธุ์.



รูปที่ 22 การตรวจนับความเสียหายของตาอ้อยหลังจากการทดสอบเครื่องสางใบอ้อย

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็วใน

การเคลื่อนที่ 2 ระดับ

Forward speed (km h ⁻¹)	Performance (rai h ⁻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 h⁻¹ มีประสิทธิภาพการทำงานสูงสุด 0.86 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุด 3.91 ลิตรต่อไร่ เมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 1 จะสนับสนุนข้อมูลการใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km h⁻¹ ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.5 m s⁻¹ และทิศทางการหมุนของลูกตีใบทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งทำให้ลำต้นอ้อย และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบ duty cycle กับรอบการหมุนของลูกตีใบ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ที่ระยะ

ความสูงต่างๆ

Height's range of sugarcane (cm)	Duty cycle (%)	Speed of the sugarcane leaf pruning roller (rpm)	Electric's Power (A h ⁻¹)
0 - 50	80.56	680	38.6
50 - 90	75.56	680	35.6
90 - 180	77.78	700	37.8
Above 180	0	0	0

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นถึงรอบการหมุนของลูกตีใบ กับ duty cycle ซึ่งจะส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ โดยตำแหน่งที่ 50 cm จะเป็นจุดแรกที่ตัวควบคุมส่งสัญญาณ PWM เป็น duty เพื่อเปลี่ยนรอบเป็น 680 rpm บริเวณนี้เป็นบริเวณโคนต้น และมีปริมาณใบอ้อยมาก (โหลดมาก) ทำให้ตัวควบคุมต้องส่ง duty ออกไป 80.56% เพื่อให้ได้รอบที่ต้องการแม้จะมีแรงดึงใบน้อยที่สุด ทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าช่วงอื่นๆคือ 38.6 แอมป์ต่อชั่วโมง ส่วนช่วงความสูงตั้งแต่ 50-180 cm ปริมาณใบจะน้อยกว่าโคนต้น แต่มีแรงดึงใบสูงกว่า duty cycle ที่ส่งจากตัวควบคุมออกมาจะเพิ่มขึ้นตามความสูงเพื่อให้ได้รอบลูกตีตามที่กำหนด ส่วนความสูงตั้งแต่ 180 cm ขึ้นไปเป็นใบเขียว ซึ่งอ้อยมีอายุ 6 เดือนยังไม่ใช้ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว จึงไม่ต้องการสาบใบออก ดังนั้นตัวควบคุมจะไม่ส่งสัญญาณควบคุมออกมา พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้เฉลี่ย 37.33 แอมป์ต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ใน rate current ของมอเตอร์ที่ 40 แอมป์ และไม่มีปัญหาสำหรับไดชาร์จของรถแทรกเตอร์ที่ชาร์จไฟได้ 70 แอมป์

การสาบใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงานนั้นจะไม่สนใจเรื่องความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย ต้องการเพียงความสะอาดสำหรับแรงงานคนเข้าตัด ดังนั้นในการทดสอบเครื่องต้นแบบสำหรับกรณีตัดอ้อยเข้าโรงงานนั้น จะเลือกใช้การหมุนของลูกตีใบ 700 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 km h^{-1} และความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.5 m s^{-1} เพื่อความรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่าย โดยทดสอบกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยต่อ 2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แบ่งพื้นที่การทดลอง 5×3 ตารางเมตร อ้อยมีความสูงเฉลี่ย 2.05 m พบว่าเมื่อใช้รอบลูกตี 700 rpm จะใช้ duty cycle เฉลี่ย 79.53% พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 38.12 แอมป์ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 0.92 ไร่ต่อชั่วโมง ตาอ้อยสูญเสีย 7.35% อัตราการแตกหักของลำอ้อย 4.03% อัตราการใช้เชื้อเพลิง 4.04 ลิตรต่อไร่ โคนต้นและลำต้นอ้อยสะอาดเพียงพอสำหรับแรงงานคนเข้าตัด



รูปที่ 23 ความสะอาดของอ้อยหลังจากการทดสอบการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ
สำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน



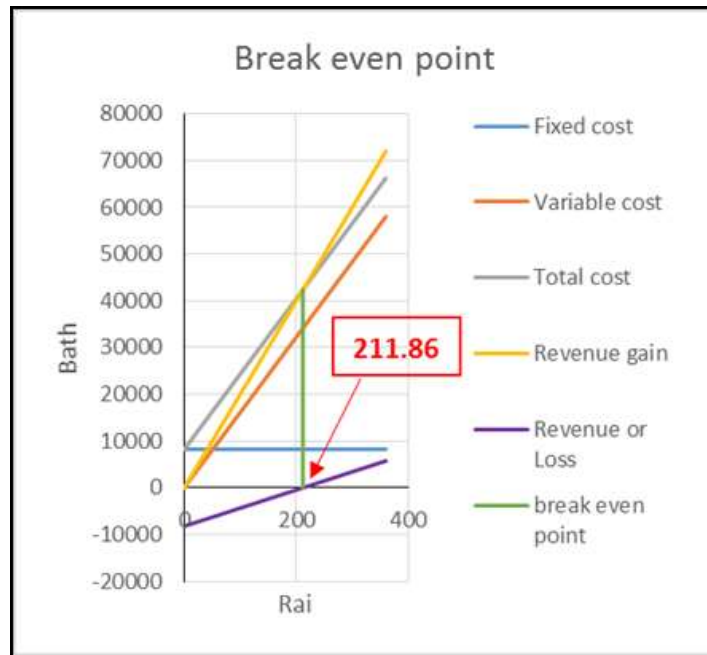
รูปที่ 24 แสดงแปลงอ้อยก่อนนำเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบทดสอบ



รูปที่ 25 แสดงแปลงอ้อยหลังจากทดสอบเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ

3.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ ได้หาเฉพาะกรณีตัดอ้อยเพื่อปลูกทำพันธุ์ที่มีการทดสอบการใช้งานภาคสนาม และพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานจริง โดยกำหนดให้ราคาเครื่องสางใบอ้อยเท่ากับ 35,000 บาท มีอายุการใช้งาน 5 ปี ใช้แรงงานคนจำนวน 1 คนเป็นคนขับรถแทรกเตอร์ มีความสามารถในการทำงานโดยรวม 0.86 ไร่ต่อชั่วโมง ทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน โดยคิดตามอัตราค่าจ้างสำหรับการสางใบอ้อยทั่วไปคือ 200 บาทต่อไร่ ช่วงเวลาในการสางใบอ้อยประมาณ 100 วันต่อปี และมีค่าใช้จ่ายแปรผันต่อไร่ 161.177 บาท จะได้จุดคุ้มทุนดังรูปที่ 26



รูปที่ 26 จุดคุ้มทุนเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ

จากผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่า เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบมีจุดคุ้มทุนที่ 211.86 ไร่ และมีระยะเวลาคืนทุน 1.89 ปี ถ้าเกษตรกรนำเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบไปใช้งานจะได้ผลกำไรตอบแทนในปีที่สาม

4. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบสามารถสางใบอ้อยได้ทั้งในกรณีสางใบอ้อยเพื่อทำพันธุ์ และสางใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงาน เมื่อทำการสางใบอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยต่อ 2 อ้อยมีความสูงเฉลี่ย 2.05 m มีอัตราการทำงานดังนี้

1. กรณีสางใบอ้อยเพื่อทำพันธุ์ เมื่อใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km h^{-1} ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 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 cm ขึ้นไปใช้ duty cycle 0% ทำให้ไม่มีการหมุนของลูกตีใบ เนื่องจากเป็นใบเขียวรอการเจริญเติบโตต่อไป พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้เฉลี่ย 37.67 แอมป์ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุด

3.91 ลิตรต่อไร่ อ้อยมีความสะอาดเพียงพอให้แรงงานเข้าตัดทำพันธุ์ หรือถ้ายังไม่ตัด แสงแดด และอากาศจะระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น

2. กรณีสาบใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงาน เนื่องจากไม่สนใจความเสียหายของตา และลำอ้อย ดังนั้นใช้การหมุนของลูกตีใบ 700 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 km h⁻¹ และความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 0.5 m s⁻¹ ใช้ duty cycle เฉลี่ย 79.53% พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 38.12 แอมป์ต่อชั่วโมง ประสิทธิภาพการทำงาน 0.92 ไร่ต่อชั่วโมง และมีอัตราการใช้เชื้อเพลิง 4.04 ลิตรต่อไร่ อ้อยอายุ 6 เดือน ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวเข้าโรงงานได้ แต่ความสะอาดจากการสาบใบก็เพียงพอสำหรับแสงแดดส่องผ่าน อากาศระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้นเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ยังง่ายต่อเกษตรกรในการเข้าจัดการ และดูแลแปลง

ปัญหา/อุปสรรคและข้อเสนอแนะในภาพรวมของการทดลอง

งานวิจัยนี้เป็นรูปแบบงานวิจัยใหม่ โดยแยกเป็น 2 parts คือ Mechanical part และ Control part ในส่วน mechanical part นี้เป็นรูปแบบแขนกล Sliding Crank ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ที่มีความแม่นยำ ดังนั้นระยะต่างๆที่ใช้ประกอบเป็น prototype ต้องสร้างให้พอดีกับแบบที่ sketch แต่ในการสร้างจริงนั้น เครื่องมือที่ใช้ผลิต หรือมาตรฐานของเหล็กที่สั่งซื้อมีขนาดที่ไม่ตรงกับแบบ ทำให้ต้องมีการตัดแปลง และสร้างให้ได้ใกล้เคียงที่สุด จากเหตุผลเรื่องงบประมาณ กำหนดเวลาในการซื้อของ และความสามารถในการผลิต ทำให้ต้องใช้เวลาในการสร้างต้นแบบ และส่งผลต่อการทดสอบเครื่องต้นแบบ ส่วน Control part ไม่มีปัญหาในการทำวิจัย เพื่อแก้ปัญหาควรขยายเวลาในการซื้อของ และระเบียบการจัดซื้อที่ค่อนข้างจำกัดให้สามารถยืดหยุ่นได้

5. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกรชาวไร่อ้อย โรงงานน้ำตาล ผู้ประกอบการ และหน่วยงานราชการ

1. นำไปทดสอบที่แปลงเกษตรกรที่อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี สำหรับสาบใบอ้อยเพื่อทำพันธุ์ และสาบเพื่อตัดส่งโรงงาน ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจสำหรับเกษตรกรเจ้าของไร่
2. เครื่องสาบใบอ้อยต้นแบบนี้สามารถสาบใบอ้อยได้ทั้งกรณีสาบใบอ้อยเพื่อตัดส่งโรงงาน และสาบใบอ้อยเพื่อตัดทำพันธุ์ ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับหน่วยงาน หรือเกษตรกรที่ต้องการสาบใบอ้อย โดยเฉพาะอ้อยทำพันธุ์ที่ยังจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการสาบอยู่
3. สำหรับเครื่องสาบใบอ้อยต้นแบบตามการออกแบบของผู้วิจัยจะใช้กลไก Slider Crank ทั้งสองฝั่ง ซ้ายและขวา เพื่อให้สามารถทำงานในร่องอ้อยได้เพียงครั้งเดียว ทำให้มีอัตราการทำงานสูงขึ้น และตัวเครื่องมีขนาดเล็กเพื่อความยืดหยุ่นในการใช้งานสำหรับพื้นที่ที่ยากต่อการปฏิบัติงาน แต่ด้วยข้อจำกัดดังที่กล่าว

มาในหัวข้อปัญหาและอุปสรรค ทำให้ไม่สามารถสร้าง หรือปรับปรุงตามแบบที่กำหนดไว้ในครั้งแรก เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบนี้จึงควรมีการพัฒนาต่อไป เพื่อให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย. 2554. ผลกระทบของอ้อยไฟไหม้ต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย, *วารสารสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย*, 15, มกราคม 2554, หน้า 47-50.
- [2] วิชัย โอภาณุกุล สันธาร นาควัฒนานุกูล ชัชชัย ชัยสัตตปภรณ์ คทาวุธ จงสุขไวย มงคล ตุ่นเฮ้า บาลทิพย์ ทองแดง และदनัย ศารทูลพิทักษ์ (2554). *รายงานการวิจัยเรื่องศึกษาสภาพพื้นที่เพาะปลูกและการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทย*, กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช. สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร, หน้า 22 -27.
- [3] กรมวิชาการเกษตร. 2555. แนวทางการแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย, *เอกสารเผยแพร่ศูนย์วิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร*, 14, กุมภาพันธ์ 2555, หน้า 27-33.
- [4] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. 2549. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย. *วารสารกรมวิชาการเกษตร*, 3, มีนาคม 2549, หน้า 4-8.
- [5] ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. 2550. งานวิจัยเครื่องจักรกลการเกษตรของกรมวิชาการเกษตรแก้ปัญหาการเผาใบอ้อย. *วารสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร*, 5, มีนาคม 2550, หน้า 12-15.
- [6] อรรถสิทธิ์ บุญธรรม, ชุมพล คำสิงห์, นริศร ขจรผล, สุกรี นันทะสุคนธ์ และสนธิ สมเหมาะ (2550). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการสางใบอ้อย*. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร, หน้า 16- 21.
- [7] สุวัฒน์ กุลธนปรีดา (2550). *วิศวกรรมการควบคุมอัตโนมัติ*, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.