

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

ชุดโครงการวิจัย	:วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องจักรกลเกษตรความแม่นยำสูงสำหรับอ้อย
โครงการวิจัย	:วิจัยและพัฒนาเครื่องปลิดและเก็บใบอ้อยสำหรับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก
กิจกรรม	:ออกแบบและพัฒนากลไกการปลิด และเก็บใบอ้อย
ชื่อการทดลอง ปลิดและเก็บใบอ้อย	:การทดลองที่ 2 ออกแบบและพัฒนาชุดควบคุมแบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับกลไกการ

Experiment 2 Design and Development for the Control box of the Mechanism of Pruning and Gathering Sugarcane Leaves

หัวหน้ากิจกรรม	:นายตฤณสิทธิ์ ไกรสินบุรศักดิ์ สังกัด กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัย เกษตร 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
------------	--

¹สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช กรมวิชาการเกษตร แขวง
ลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

²ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น ต.บ้านทุ่ม อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000

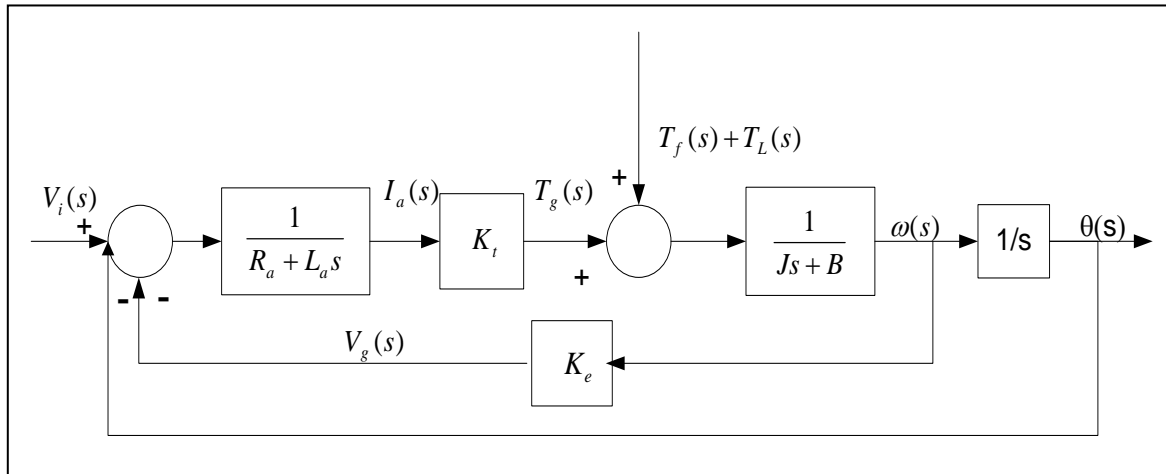
บทคัดย่อ และคำนำจะใช้แบบเดียวกับการทดลองที่ 1 ซึ่งเหมือนกัน

วิธีการดำเนินงาน

จะต่อเนื่องจากหัวข้อ 2.1 การทดลองที่ 1

2.2 ส่วนควบคุม

ในส่วนการหมุนของลูกตีใบ จากการทดสอบเบื้องต้นทำให้ทราบว่าถ้ารอบการหมุนของลูกตีใบเร็วขึ้น จะตีใบออกได้มากขึ้นแต่ก็จะสร้างความเสียหายให้กับลำต้น และต้ออยได้มากขึ้นเช่นกัน จึงต้องมีการควบคุม การหมุนของลูกตีใบให้เหมาะสม ต้นกำลังที่เลือกใช้เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 24V 900W ซึ่งง่ายต่อ การควบคุม 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)

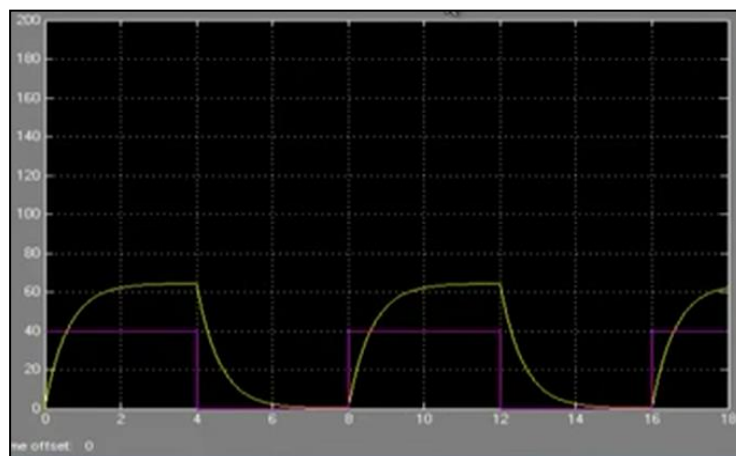
K_m คือ ค่าคงที่มอเตอร์

τs คือ ค่า time constant

เมื่อหาค่าตัวแปรโดยใช้วิธี system identification จะได้ transfer function ของ dc motor ที่ใช้ในการทดสอบดังสมการที่ 3

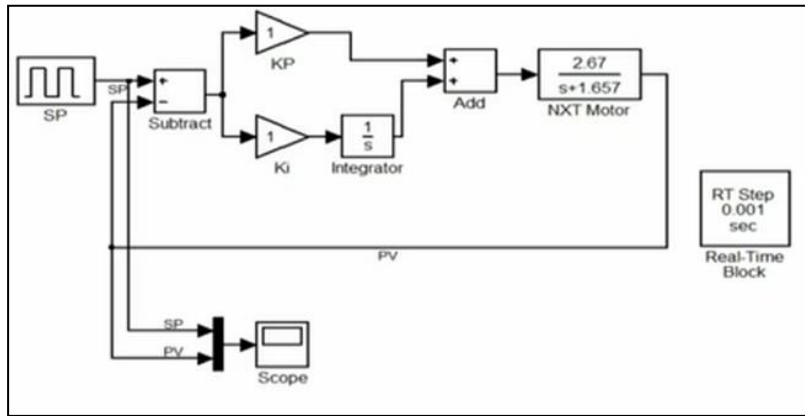
$$\omega(s) = \frac{2.67}{s+1.657} V_i(s) \quad (3)$$

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

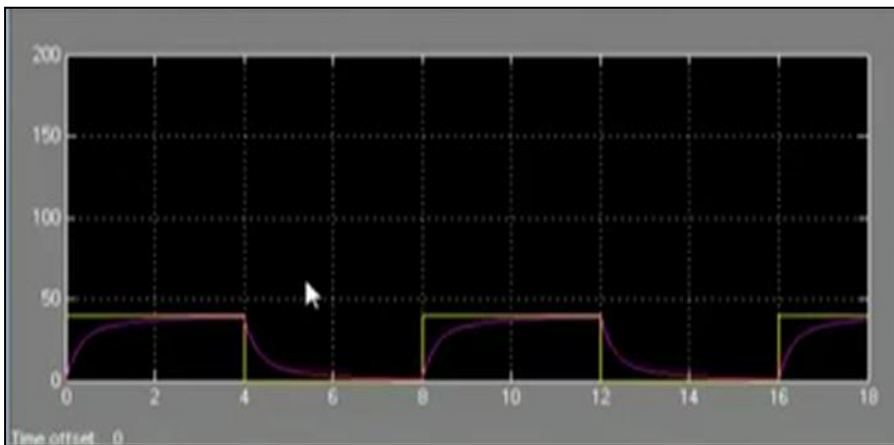


รูปที่ 13 Steady – State response for the testing DC motor model compare with the reference signal.

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



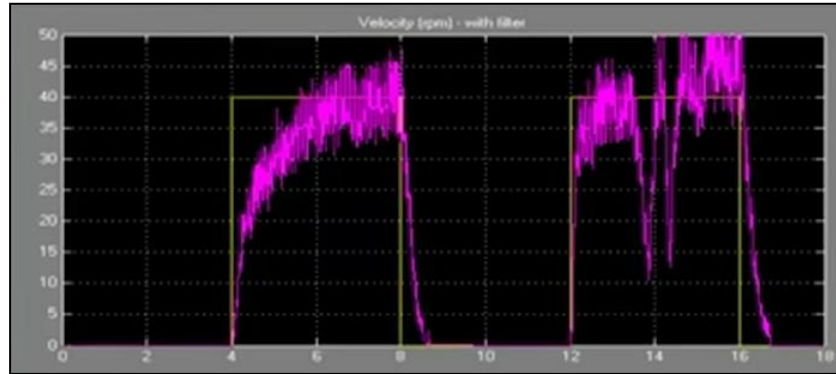
รูปที่ 14 Block Diagram for PI controller with DC motor model



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

จากรูปที่ 15 สัญญาณความเร็วรอบ out put กับสัญญาณอ้างอิง PWM in put จากการจำลองการควบคุมมีขนาดใกล้เคียงกัน ในการควบคุมถือว่าใช้งานได้ สัญญาณ PWM ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ความถี่ 1 กิโลเฮิร์ตซ์ และมี Pulse Period เป็น 1 มิลลิวินาที ซึ่งเพียงพอที่จะทำให้ความเร็วรอบ out put ราบเรียบ เมื่อทดสอบกับมอเตอร์จริงจะได้ดังรูปที่ 16 โดยมี settling time (T_s) 0.533 มิลลิวินาที, peak time (T_p) 0.475 มิลลิวินาที, rise time 0.225 มิลลิวินาที, ค่าผิดพลาดที่สภาวะคงตัว 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

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

3.ผลการทดลองและวิจารณ์ (รวมการทดลองที่ 1 และ 2)

ในการทดสอบเครื่องต้นแบบ วางแผนการทดลองแบบ full factorial in CRD โดยทดสอบที่ 3 ปัจจัย คือ 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 และ ทิศทางการหมุนของลูกตีใบ 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 ใบแห้งควรหลุดออกจากลำทั้งหมด ยกเว้นใบเขียวที่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ในกรณีที่ต้องการสางใบเมื่ออ้อยยังไม่ถึงช่วงเวลาเก็บเกี่ยว แต่ถ้า สางใบก่อนเก็บเกี่ยวประมาณ 1-2 เดือน จะสางใบออกทั้งหมดเพราะโรงงานน้ำตาลไม่ต้องการอ้อยยอดยาว ผลการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ผลการทดสอบเครื่องสางใบอ้อย และผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

3.1 ผลการทดสอบเครื่องสางใบอ้อย

ในการทดสอบจะแบ่งพื้นที่ 5 x 3 ตารางเมตรในแต่ละ treatment และทำการทดสอบ โดยทดสอบ กับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอท่าม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยต่อ 2 ก่อนการทดสอบจะ วัดความสูงของต้นอ้อยและติดตั้ง 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 ซึ่ง รอบการหมุนที่ทดลองปรับนี้จะสร้างความเสียหายกับตาอ้อย 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



กาบใบหุ้ม
ไม่หลุด
ออก

โคนต้น
สะอาด

รูปที่ 21 ลักษณะของอ้อยที่มีความสะอาดเพียงพอในการทำพันธุ์.



รูปที่ 22 การตรวจนับความเสียหายของตาอ้อยหลังจากการทดสอบเครื่องสางใบอ้อย

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน และอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ที่ความเร็ว
ใน

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 ไร่ต่อ
ชั่วโมง และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงต่ำสุด 3.91 ลิตรต่อไร่ เมื่อพิจารณาร่วมกับตารางที่ 1 จะสนับสนุน
ข้อมูลการใช้ความเร็วแทรกเตอร์ 2.09 km h⁻¹ ความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกดีใบ 0.5 m
s⁻¹ และทิศทางการหมุนของลูกดีใบทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งทำให้ลำต้นอ้อย และตาอ้อยเสียหายน้อยที่สุด

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบ duty cycle กับรอบการหมุนของลูกดีใบ และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ที่
ระยะ

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 แสดงให้เห็นถึงรอบการหมุนของลูกตีโบ กับ duty cycle ซึ่งจะส่งผลต่อพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ โดยตำแหน่งที่ 50 cm จะเป็นจุดแรกที่ตัวควบคุมสั่งสัญญาณ PWM เป็น duty เพื่อเปลี่ยนรอบเป็น 680 rpm บริเวณนี้เป็นบริเวณโคนต้น และมีปริมาณใบอ้อยมาก (โหลดมาก) ทำให้ตัวควบคุมต้องสั่ง duty ออกไป 80.56% เพื่อให้ได้รอบที่ต้องการแม้จะมีแรงดึงใบน้อยที่สุด ทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าช่วงอื่นๆคือ 38.6 แอมป์ต่อชั่วโมง ส่วนช่วงความสูงตั้งแต่ 50-180 cm ปริมาณใบจะน้อยกว่าโคนต้น แต่มีแรงดึงใบสูงกว่า duty cycle ที่สั่งจากตัวควบคุมออกมาจะเพิ่มขึ้นตามความสูงเพื่อให้ได้รอบลูกตีตามที่กำหนด ส่วนความสูงตั้งแต่ 180 cm ขึ้นไปเป็นใบเขียว ซึ่งอ้อยมีอายุ 6 เดือนยังไม่ใช้ช่วงเวลาเก็บเกี่ยว จึงไม่ต้องการสางใบออก ดังนั้นตัวควบคุมจะไม่ส่งสัญญาณควบคุมออกมา พลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้เฉลี่ย 37.33 แอมป์ต่อชั่วโมง ซึ่งอยู่ใน rate current ของมอเตอร์ที่ 40 แอมป์ และไม่มีปัญหาสำหรับไดชาร์จของรถแทรกเตอร์ที่ชาร์จไฟได้ 70 แอมป์

การสางใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงานนั้นจะไม่สนใจเรื่องความเสียหายของตาอ้อย และลำอ้อย ต้องการเพียงความสะอาดสำหรับแรงงานคนเข้าตัด ดังนั้นในการทดสอบเครื่องต้นแบบสำหรับกรณีตัดอ้อยเข้า โรงงานนั้นจะเลือกใช้การหมุนของลูกตีโบ 700 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา ความเร็วรถแทรกเตอร์ 2.09 km h⁻¹ และความเร็วเชิงเส้นของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีโบ 0.5 m s⁻¹ เพื่อความรวดเร็ว และประหยัด ค่าใช้จ่าย โดยทดสอบกับอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 6 เดือน ในอำเภอดำม่วง จังหวัดกาญจนบุรี เป็นอ้อยต่อ 2 ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แบ่งพื้นที่การทดลอง 5x3 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 โคนต้น และลำต้นอ้อยสะอาดเพียงพอสำหรับแรงงานคนเข้าตัด



รูปที่ 23 ความสะอาดของอ้อยหลังจากการทดสอบการทำงานของเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ
สำหรับตัดอ้อยเข้าโรงงาน



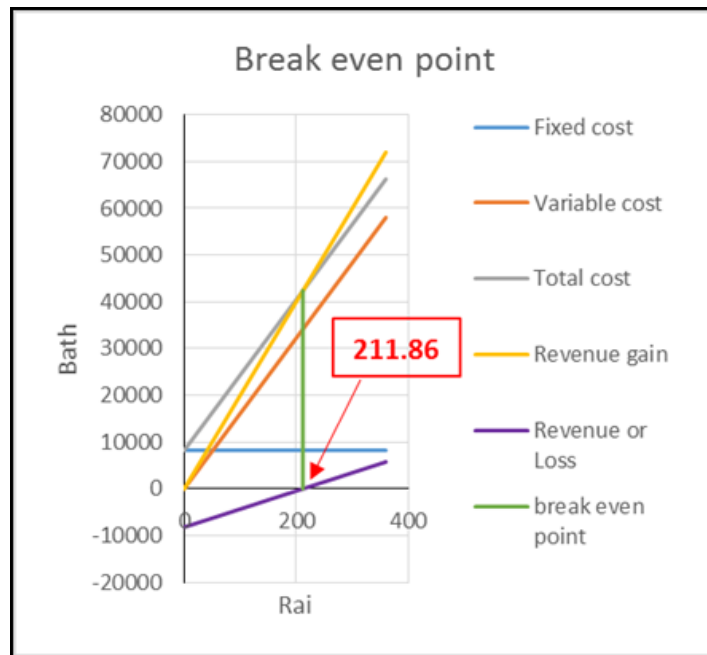
รูปที่ 24 แสดงแปลงอ้อยก่อนนำเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบทดสอบ



รูปที่ 25 แสดงแปลงอ้อยหลังจากทดสอบเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ

3.2 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การหาจุดคุ้มทุนในการใช้เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบ ได้หาเฉพาะกรณีตัดอ้อยเพื่อปลูกทำพันธุ์ที่มีการทดสอบการใช้งานภาคสนาม และพัฒนาให้สามารถนำไปใช้งานจริง โดยกำหนดให้ราคาเครื่องสางใบอ้อย เท่ากับ 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 และมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง

ต่ำสุด 3.91 ลิตรต่อไร่ อ้อยมีความสะอาดเพียงพอให้แรงงานเข้าตัดทำพันธุ์ หรือถ้ายังไม่ตัด แสงแดด และ อากาศจะระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น

2. กรณีสางใบอ้อยสำหรับอ้อยเข้าโรงงาน เนื่องจากไม่สนใจความเสียหายของตา และลำอ้อย ดังนั้นใช้การ หมุนของลูกตีใบ 700 rpm หมุนตามเข็มนาฬิกา ความเร็วรอบแทรกเตอร์ 2.09 km h^{-1} และความเร็วเชิงเส้น ของการเคลื่อนที่ในแนวตั้งของลูกตีใบ 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 เดือนยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวเข้าโรงงานได้ แต่ความสะอาดจากการสางใบก็เพียงพอสำหรับ แสงแดดส่องผ่าน อากาศระบายได้ดีทำให้ปล้องอ้อยขยาย น้ำหนักเพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์น้ำตาลสูงขึ้น เช่นเดียวกัน 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 แต่ในการ สร้างจริงนั้น เครื่องมือที่ใช้ผลิต หรือมาตรฐานของเหล็กที่สั่งซื้อมีขนาดที่ไม่ตรงกับแบบ ทำให้ต้องมีการ ดัดแปลง และสร้างให้ได้ใกล้เคียงที่สุด จากเหตุผลเรื่องงบประมาณ กำหนดเวลาในการซื้อของ และ ความสามารถในการผลิต ทำให้ต้องใช้เวลาในการสร้างต้นแบบ และส่งผลต่อการทดสอบเครื่องต้นแบบ ส่วน Control part ไม่มีปัญหาในการทำวิจัย เพื่อแก้ปัญหาควรขยายเวลาในการซื้อของ และระเบียบการจัดซื้อที่ ค่อนข้างจำกัดให้สามารถยืดหยุ่นได้

5. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

กลุ่มเป้าหมายคือ เกษตรกรชาวไร่อ้อย โรงงานน้ำตาล ผู้ประกอบการ และหน่วยงานราชการ

1. นำไปทดสอบที่แปลงเกษตรกรที่อำเภอท่าม่วง จ.กาญจนบุรี สำหรับสางใบอ้อยเพื่อทำพันธุ์ และสาง เพื่อตัดส่งโรงงาน ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจสำหรับเกษตรกรเจ้าของไร่
2. เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบนี้สามารถสางใบอ้อยได้ทั้งกรณีสางใบอ้อยเพื่อตัดส่งโรงงาน และสางใบอ้อย เพื่อตัดทำพันธุ์ ซึ่งมีประโยชน์มากสำหรับหน่วยงาน หรือเกษตรกรที่ต้องการสางใบอ้อย โดยเฉพาะ อ้อยทำพันธุ์ที่ยังจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการสางอยู่
3. สำหรับเครื่องสางใบอ้อยต้นแบบตามการออกแบบของผู้วิจัยจะใช้กลไก Slider Crank ทั้งสองฝั่ง ซ้าย และขวา เพื่อให้สามารถทำงานในร่องอ้อยได้เพียงครั้งเดียว ทำให้มีอัตราการทำงานสูงขึ้น และ ตัวเครื่องมีขนาดเล็กเพื่อความยืดหยุ่นในการทำงานสำหรับพื้นที่ที่ยากต่อการปฏิบัติงาน แต่ด้วย

ข้อจำกัดดังกล่าวมาในหัวข้อปัญหาและอุปสรรค ทำให้ไม่สามารถสร้าง หรือปรับปรุงตามแบบที่กำหนดไว้ในครั้งแรก เครื่องสางใบอ้อยต้นแบบนี้จึงควรมีการพัฒนาต่อไป เพื่อให้สามารถทำงานได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักงานคณะกรรมการอ้อย และน้ำตาลทราย. 2554. ผลกระทบของอ้อยไฟไหม้ต่ออุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลไทย, *วารสารสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย*, 15, มกราคม 2554, หน้า 47-50.
- [2] วิชัย โอภาณุกุล สันธาร นาคพัฒนานุกุล ชัชชัย ชัยสัตตปภรณ์ คทาจุฑ 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 นันตะสุคนธ์ และสนิทย สมเหมาะ (2550). *รายงานการวิจัยเรื่องการศึกษาการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยวโดยการสางใบอ้อย*. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพมหานคร, หน้า 16- 21.
- [7] สุวัฒน์ กุลธนปรีดา (2550). *วิศวกรรมการควบคุมอัตโนมัติ*, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.