



การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง



วิทยานิพนธ์เสนอบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2566
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร

วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง"

ของ ปิยะรัตน์ จิตมั่น

ได้รับการพิจารณาให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประเทือง อุษาบริสุทธิ)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์)

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว)

อนุมัติ

..... (ศาสตราจารย์ ดร.กรองกาญจน์ ชูทิพย์)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การศึกษาประสิทธิภาพรถตัดอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่าง
ผู้วิจัย	ปิยะรัตน์ จิตมั่น
ประธานที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์
ประเภทสารนิพนธ์	วิทยานิพนธ์ วศ.ม. วิศวกรรมเครื่องกล, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2566
คำสำคัญ	รถตัดอ้อย, ประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย, สมบัติทางกายภาพของอ้อย, ใบมีดตัดโคนอ้อย, สมบัติทางกลของอ้อย

บทคัดย่อ

รถตัดอ้อยเป็นเครื่องมือทางเกษตรที่มีบทบาทสำคัญต่ออุตสาหกรรมอ้อยในประเทศไทย สามารถแก้ไขปัญหาคัดแรงงานในการเก็บเกี่ยวอ้อยและลดการเผาใบอ้อยจากการเก็บเกี่ยว ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศและฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยที่ใช้ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงที่ใช้เฉือนตัดท่อนอ้อย และศึกษาผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนารถตัดอ้อยให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูกและพันธุ์อ้อย ในการศึกษาประสิทธิภาพรถตัดอ้อย ได้ทำการศึกษารถตัดอ้อยขนาดกลาง (MSH) 2 รุ่น (164 kW และ 179 kW) และขนาดใหญ่ (LSH) 2 รุ่น (251 kW และ 260 kW) ในแปลงอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 10 เดือน ระยะห่างระหว่างแถว 1.72 เมตร ความยาวแปลงเฉลี่ย 287.7 เมตร ความหนาแน่นอ้อยเฉลี่ย 10.93 ต้นต่อไร่ ดินในแปลงทดสอบเป็นดินร่วน มีค่าความชื้นดินฐานแห้งและความหนาแน่นมวลรวมของดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร เฉลี่ย 13.72 เปอร์เซ็นต์ และ 1.16 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ณ อำเภอปึงนาราง จังหวัดพิจิตร จากการศึกษาพบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีความเร็วในการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.06 และ 1.53 เมตรต่อวินาที ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่เฉลี่ย 3.06 และ 4.17 ไร่ต่อชั่วโมง และความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนักเฉลี่ย 35.17 และ 44.08 ต้นต่อชั่วโมง ตามลำดับ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพเชิงพื้นที่และเชิงเวลา พบว่า รถตัดอ้อย MSH2 มีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่และเชิงเวลาสูงกว่ารถตัดอ้อยอีก 3 รุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า 83.04 และ 85.78 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เวลาที่สูญเสียไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อย ท่อนอ้อยที่ยาวมีปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อยมากกว่าท่อนอ้อยที่สั้น รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่ส่งผลให้มีการอัดแน่นของดินใต้ล้อรถ 2.4 และ 2.1 เมกะปาสคาล และมีความลึกการกดอัดดิน 25 และ 35 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ความกว้างในการกดอัดดินของรถตัดอ้อยขนาดกลางน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ตามความกว้างของล้อ รถตัดอ้อยขนาดกลางมีความเหมาะสมกับการทำงานในแปลงอ้อยที่มีความยาว 287.73 เมตร หรือสั้นกว่า และสามารถทำงานในแปลงอ้อยที่มีระยะห่างระหว่าง

แถว 1.50 เมตรได้ ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างแถวที่เกษตรกรในเขตภาคเหนือตอนล่างนิยมปลูก มีระยะเวลาในการคืนทุนต่ำกว่า 4 ปี หรือมีการใช้งานคั้มนทุนเชิงพื้นที่ 730 ไร่ต่อปี ในการศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงเฉือนตัดอ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 12 เดือน ในการตัดตรง (0 องศา) และตัดเฉียง (14 องศา) ด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางข้ออ้อยและปล้องอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่อตำแหน่งสูงขึ้นจากผิวดิน ในขณะที่ความยาวปล้องอ้อยบริเวณกลางลำมากกว่าโคนลำและปลายลำ เนื่องจากเป็นระยะยึดปล้องของอ้อย การตัดที่ข้ออ้อยมีการยุบตัวน้อยกว่าการตัดที่ปล้องอ้อย โดยมีการยุบตัวเฉลี่ย 19.53 และ 88.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่งผลให้ความเค้นเฉือนเฉลี่ยมีค่า 1.89 และ 3.72 เมกะปาสคาล และมีค่าพลังงานจำเพาะ 63.94 และ 75.99 มิลลิจูลต่อตารางมิลลิเมตร ตามลำดับ การตัดตรง (0 องศา) ที่ข้ออ้อย ความเค้นเฉือนมีค่าลดลงเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ขณะที่ความเค้นเฉือนในการตัดที่ปล้องอ้อยมีค่าสูงขึ้นตามความเร็วที่เพิ่มขึ้น ส่วนการตัดเฉียง (14 องศา) ค่าความเค้นเฉือนในการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยมีแนวโน้มสูงขึ้นเมื่อใช้ความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้น ส่วนพลังงานในการเฉือนตัดที่ปล้องอ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วทั้งการตัดตรง (0 องศา) และตัดเฉียง (14 องศา) เมื่อพิจารณาการตัดในตำแหน่งข้ออ้อยจากผิวดินพบว่า การตัดตรง (0 องศา) ที่ข้ออ้อยตำแหน่ง 1 ถึง 4 จากผิวดินมีค่าความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะสูงกว่าตำแหน่งอื่น จากการศึกษาผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ที่ความเร็วรอบ 640 รอบต่อนาที พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีระยะในการตัดอ้อยของใบมีดเฉลี่ย 2.48 และ 2.83 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคนอ้อยเฉลี่ย 2.73 เซนติเมตร พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางไม่สามารถตัดต้นอ้อยขาดได้ในการตัดเพียงครั้งเดียว แต่เมื่อพิจารณาร่วมกับความเสียหายรอยตัดที่ต่อและที่ต่ออ้อย พบว่า ความเสียหายรอยตัดที่ต่อจากรถตัดอ้อยทั้ง 4 รุ่น ไม่มีความแตกต่างกัน และความเสียหายต่ออ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อย

Title	STUDY OF SUGARCANE HARVESTER EFFICIENCY IN LOWER NORTH REGION OF THAILAND
Author	Piyarat Jitmun
Advisor	Assistant Professor Rattana Karoonboonyanan
Academic Paper	M.Eng. Thesis in Mechanical Engineering, Naresuan University, 2023
Keywords	Sugarcane harvester, performance of sugarcane harvester, physical property of sugarcane, sugarcane base cutter, mechanical property of sugarcane

ABSTRACT

Sugarcane harvesters are agricultural machines that has an important role in the sugarcane industry in Thailand. They improve the harvesting process by reducing labor dependency and reducing the air pollution (PM2.5) caused by sugarcane burning in Thailand. This research aimed to study the performance of sugarcane harvesters being used in Lower North region, physical properties and shear forces of sugarcane billets and the effect of base cutters to provide the data for developing the sugarcane harvesters for the cultivation area and sugarcane variety. The study focusing on the efficiency of sugarcane harvesters, two models of medium-sized harvesters (MSH) (164 and 179 kW) and two models of large-sized harvesters (LSH) (251 and 260 kW) were tested in a sugarcane field of Khon Kaen 3 variety, aged 10 months, with row spacing of 1.72 meters and an average plot length of 287.7 meters. The soil in a field was loam soil, with soil moisture and soil bulk density at a depth of 0-10 centimeters of 13.72 %d.b. and 1.16 g/cm³, respectively, in Bueng Na Rang District, Phichit Province. The results showed that the MSHs and the LSHs had average traveling speeds of 1.06 and 1.53 m/s, with average field capacity of 3.06 and 4.17 rai/h on area basis, and 35.17 and 44.08 t/h on material basis, respectively. The MSH2 was found to have the significantly highest field and time efficiency, 83.04 and 85.78%, compared with the other 3 models. The loss of time did not significantly relate to the harvester size. The long billets had more leaf

contamination than short billets. The MSH- and the LSH-affected soil compaction under wheels were 2.4 and 2.1 MPa at the soil depth of 25 and 35 cm, respectively. However, the width of soil compaction of the MSHs was found to be narrower than the LSHs according to the width of wheels. The MSHs were suitable for the row length of 287.73 m or shorter and the row spacing of 1.50 m, which the farmer in the Lower North region mostly grows their sugarcane. The MSHs payback period was lower than 4 years or the break-even point of 730 rai/y. The study of physical properties and shear forces of Khon Kaen 3 variety, aged 12 months, on straight (0 degree) and oblique (14 degree) cutter blades with speed of cutter blade at 5 10 and 15 mm/min. The results showed that the diameter of node and internode decreased when the positions of node and internode compared to the ground were higher. However, the length at the middle stalks were longer than the base and the top, because of elongation phase. The blade cutting at node was found less deformed than that at the internode. The average node and internode deformation were 19.53 and 88.24%, the shear stresses were 1.89 and 3.72 MPa, and the specific energy were 63.94 and 75.99 mJ/mm^2 , respectively. The straight cutter blade (0 degree) at node was found having shear stress decreased with increasing cutter speed, however, the shear stress at internode was found increased with increasing the cutter speed. In the case of the oblique cutter (14 degree) at node and internode, the shear stresses were found increased with increasing the cutter speed. However, the specific energy for cutting at the internode position was not found affected by cutter speed on straight and oblique cutter blade. The higher shear stress and specific energy from the straight cutting blade was found at the first to the fourth node from the ground. The study of the base cutter at the rotational speed of 640 rpm found that the blade cutting pitch of MSHs and LSHs were 2.48 and 2.83 cm, respectively. However, the average stalk diameter at the base was 2.73 cm. Then, the MSHs are unable to cut the stalk in a single cut. However, the cutting damage at the stubble and stubble damage, were not found significantly different and not related to the size of the sugarcane harvesters.



ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ดีตามความประสงค์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัตนา การุญบุญญานันท์ ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าที่ให้คำปรึกษาพร้อมทั้งคำแนะนำต่าง ๆ มาโดยตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ด้วยความเมตตาที่กรุณาได้รับเป็นอาจารย์ปรึกษาตั้งแต่แรกเริ่มรวมทั้งให้คำแนะนำเกี่ยวกับหัวข้อวิทยานิพนธ์จึงขอ กราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์อันประกอบไปด้วย รองศาสตราจารย์ ดร.ประเทือง อุษาบริสุทธิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนันต์ชัย อยู่แก้ว ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายใน รวมทั้งได้กรุณาตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุพงศ์ วงศ์ตามี ที่ให้คำปรึกษาในการเก็บข้อมูลและทดสอบรถตัดอ้อย และขอกราบขอบพระคุณคณะอาจารย์ เจ้าหน้าที่และบุคลากรของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ทุกท่านที่ได้ให้ความสะดวกในทุกด้านเพื่อให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ บริษัท น้ำตาลพิษณุโลก จำกัด ที่ได้ให้การอนุเคราะห์ในการทดสอบประสิทธิภาพรถตัดอ้อย ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม ที่ให้ยืมเครื่องมือ Cone Penetrometer

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา พร้อมทั้งครอบครัว รวมถึงแฟน เพื่อน ๆ และเพื่อนนิสิตปริญญาโท ที่สนับสนุนด้านการเรียนและเป็นกำลังใจในทุกเวลาที่เหนื่อยล้า จนการเรียนผ่านพ้นไปได้ด้วยดีและขอน้อมรำลึกถึงอำนาจบารมีของคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายที่อยู่ในสากลโลก อันเป็นที่พึงให้ผู้วิจัยมีสติปัญญาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ปิยะรัตน์ จิตมั่น

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
ประกาศคุุณูปการ.....	ซ
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	3
1.3 ความสำคัญของการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.6 สมมุติฐานของการวิจัย	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 อ้อย.....	5
2.2 รถตัดอ้อย	12
2.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถตัดอ้อย.....	18
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	31

3.1 การศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยที่ใช้งานในเขตภาคเหนือตอนล่าง	31
3.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดอ้อย.....	47
3.3 ศึกษาผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ความเร็วใบมีดและมุมของจานยึดใบมีดที่ใช้ในการตัดอ้อยต่ออ้อย	52
3.4 วิธีวิเคราะห์ข้อมูล	53
บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	54
4.1 ประสิทธิภาพรถตัดอ้อยที่ใช้งานในเขตภาคเหนือตอนล่าง	54
4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดอ้อย	72
4.3 ผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ความเร็วใบมีดและมุมของจานยึดใบมีดที่ใช้ในการตัดอ้อยต่ออ้อย	82
บทที่ 5 บทสรุป.....	84
บรรณานุกรม.....	86
ภาคผนวก	90
ประวัติผู้วิจัย.....	93

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของรถตัดอ้อย	18
ตาราง 2 ตารางแสดงการแบ่งขนาดของรถตัดอ้อย	22
ตาราง 3 ตารางแสดงความเสียหายของตออ้อย	24
ตาราง 4 ข้อมูลจำเพาะของรถตัดอ้อย	54
ตาราง 5 ความชื้นดินและความหนาแน่นมวลรวมของดิน	56
ตาราง 6 ความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3.....	57
ตาราง 7 น้ำหนักต้นอ้อยของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3.....	58
ตาราง 8 ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย	59
ตาราง 9 ประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อย	60
ตาราง 10 ความยาวและความหนาแน่นของท่อนอ้อย	61
ตาราง 11 ปริมาณสิ่งเจือปนจากรถตัดอ้อย	62
ตาราง 12 ปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลง.....	63
ตาราง 13 ความเสียหายของท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อย	63
ตาราง 14 ความเสียหายของรอยตัดที่ตออ้อยและความเสียหายของตออ้อย.....	64
ตาราง 15 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อย	71
ตาราง 16 เปรียบเทียบการยุบตัวในการตัดตรง (0 องศา) และตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้อ อ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที.....	76
ตาราง 17 ความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะของการตัดตรงและตัดเฉียงที่ข้ออ้อยและ ปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที.....	77
ตาราง 18 ข้อมูลความเร็วและข้อมูลจำเพาะของชุดใบมีดตัดโคนของรถตัดอ้อย	82

ตาราง 19 ข้อมูลความเร็วปลายใบมีดและระยะการตัดของใบมีดของรถตัดอ้อย.....	83
--	----



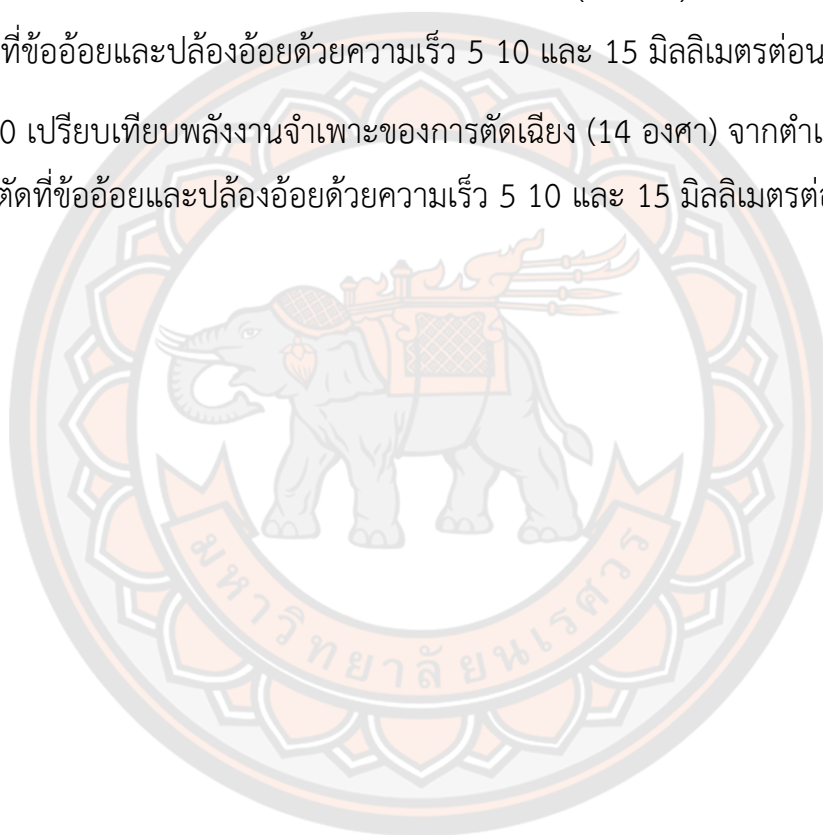
สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพ 1 แสดงปริมาณอ้อยไฟไหม้ 10 ปี ย้อนหลัง	2
ภาพ 2 รากของต้นอ้อย	5
ภาพ 3 แสดงให้เห็นลำต้นของอ้อย	6
ภาพ 4 น้ำอ้อยที่ได้จากพันธุ์อ้อยคั้นน้ำ	7
ภาพ 5 ปลุกโดยแรงงานคน	9
ภาพ 6 การปลุกอ้อยโดยใช้เครื่องจักร	10
ภาพ 7 การเก็บเกี่ยวเพื่อทำท่อนพันธุ์โดยแรงงานคน	11
ภาพ 8 การเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย	11
ภาพ 9 รถตัดอ้อยแบบตัดทั้งลำ	12
ภาพ 10 รถตัดอ้อยแบบตัดท่อน	13
ภาพ 11 ผังการเปรียบเทียบการทำงานของรถตัดอ้อยแบบตัดทั้งลำและแบบตัดท่อน	13
ภาพ 12 รถตัดอ้อย Tiger AX5000	15
ภาพ 13 รถตัดอ้อย TRM M5	16
ภาพ 14 รถตัดอ้อย SMKY SM200 SUPERSPEED	16
ภาพ 15 รถตัดอ้อย Case A8000	17
ภาพ 16 รถตัดอ้อย John Deere 3520	17
ภาพ 17 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลดิน รูปแบบการเก็บเกี่ยวและ ข้อมูลท่อนอ้อยที่ร่วงหล่น จากการเก็บเกี่ยว	19
ภาพ 18 การเก็บข้อมูลการทดสอบด้วยการติดกล้องและใช้ระบบ GPS	20

ภาพ 19 ลักษณะแปลงรูปร่างต่างๆ ในการทดสอบ	21
ภาพ 20 ตัวอย่างของใบมีดลักษณะต่างๆ	23
ภาพ 21 มุมการยึดใบมีดตัดโคนอ้อยในการทดสอบรูปแบบของใบมีดตัดโคน	23
ภาพ 22 การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับใบมีดที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อย	25
ภาพ 23 ใบมีดที่มุมเอียงต่างๆ ใช้ในการทดสอบการตัด.....	26
ภาพ 24 แผนภาพแสดงผลของขนาดลำอ้อยและองศาใบมีดตัดโคนต่อกำลังที่ใช้ในการตัด	26
ภาพ 25 ชุดทดลองระบบทำความสะอาดอ้อย.....	28
ภาพ 26 แผนภาพแสดงเปรียบเทียบการอัดแน่นของดินระหว่างแปลงอ้อย ที่ใช้เครื่องจักรและแปลงอ้อยที่ใช้แรงงานคน	29
ภาพ 27 ปล้องอ้อยที่ใช้ในการศึกษาแรงที่ใช้ในการเฉือนตัด	30
ภาพ 28 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าแรงที่ใช้ในการเฉือนตัดท่อนอ้อย	30
ภาพ 29 ลักษณะแปลงอ้อยและการแบ่งแปลงย่อย	32
ภาพ 30 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อย.....	34
ภาพ 31 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน	34
ภาพ 32 การเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยและรถบรรทุกขณะเก็บเกี่ยว	36
ภาพ 33 การเก็บข้อมูลช่วงเวลาต่างๆ ของการทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงย่อย	37
ภาพ 34 นำอ้อยใส่กล่องเพื่อวัดความหนาแน่นมวลรวมของอ้อย	39
ภาพ 35 ลักษณะความเสียหายของตออ้อย	41
ภาพ 36 ตำแหน่งการวางกรอบเพื่อเก็บข้อมูลการสูญเสียท่อนอ้อยในแปลงย่อย	42
ภาพ 37 การเก็บการสูญเสียท่อนอ้อยในแปลงโดยใช้กรอบขนาด 3×3 เมตร.....	43
ภาพ 38 ตำแหน่งในการเก็บข้อมูลการอัดแน่นดินในแปลงย่อย	44

ภาพ 39 อุปกรณ์วัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Cone Penetrometer) ยี่ห้อ Findley รุ่น SP1000	44
ภาพ 40 การเก็บข้อมูลการอัดแน่นของดิน	45
ภาพ 41 ลักษณะของไบมิตัตต์โคนอ้อย	48
ภาพ 42 ตำแหน่งต่างๆของต้นอ้อย	48
ภาพ 43 แบบแท่นยึดท่อนอ้อยและชุดไบมิตัตต์สำหรับใช้กับเครื่อง UTM	49
ภาพ 44 การทดสอบตัดอ้อยด้วยเครื่อง UTM	51
ภาพ 45 ชุดไบมิตัตต์โคนของรถตัดอ้อย	52
ภาพ 46 เปรียบเทียบรถตัดอ้อย MSH และ LSH ในแปลงอ้อย ที่มีระยะห่างระหว่างแถว 1.50 และ 1.72 เมตร	55
ภาพ 47 แสดงผลต่างการอัดแน่นของดินก่อนตัดอ้อยและหลังรถตัดอ้อยผ่าน ของรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่	65
ภาพ 48 แสดงการอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยรอบที่ 1 และ 2	66
ภาพ 49 แสดงผลต่างการอัดแน่นของดินจากก่อนตัดอ้อยและหลังรถตัดอ้อย LSH1 ผ่าน ที่ความชื้นต่างๆ	67
ภาพ 50 แสดงผลต่างการอัดแน่นของดินหลังรถตัดอ้อยผ่านกับรถบรรทุก	68
ภาพ 51 แสดงการเคลื่อนที่ของรถบรรทุกกับรถตัดอ้อยขณะทำงาน	68
ภาพ 52 ค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนตัด หลังรถตัดอ้อย LSH1 R1 ผ่าน และหลังรถบรรทุกผ่าน	69
ภาพ 53 ผลต่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินจากการเก็บเกี่ยวอ้อย	70
ภาพ 54 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้ออ้อยและปล้องอ้อย และความยาวของปล้องอ้อยในแต่ละตำแหน่งจากผิวดิน	73
ภาพ 55 เปรียบเทียบความแตกต่างของท่อนอ้อยหลังการตัด	74

ภาพ 56 ลักษณะของแรงเฉือนตัดในการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย	75
ภาพ 57 เปรียบเทียบความเค้นเฉือนของการตัดตรง (0 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย ด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที	78
ภาพ 58 เปรียบเทียบความเค้นเฉือนของการตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย ด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที	79
ภาพ 59 เปรียบเทียบพลังงานจำเพาะของการตัดตรง (0 องศา) จากตำแหน่งขีดผิวดินใน การตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที	80
ภาพ 60 เปรียบเทียบพลังงานจำเพาะของการตัดเฉียง (14 องศา) จากตำแหน่งขีดผิวดิน ในการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที	81



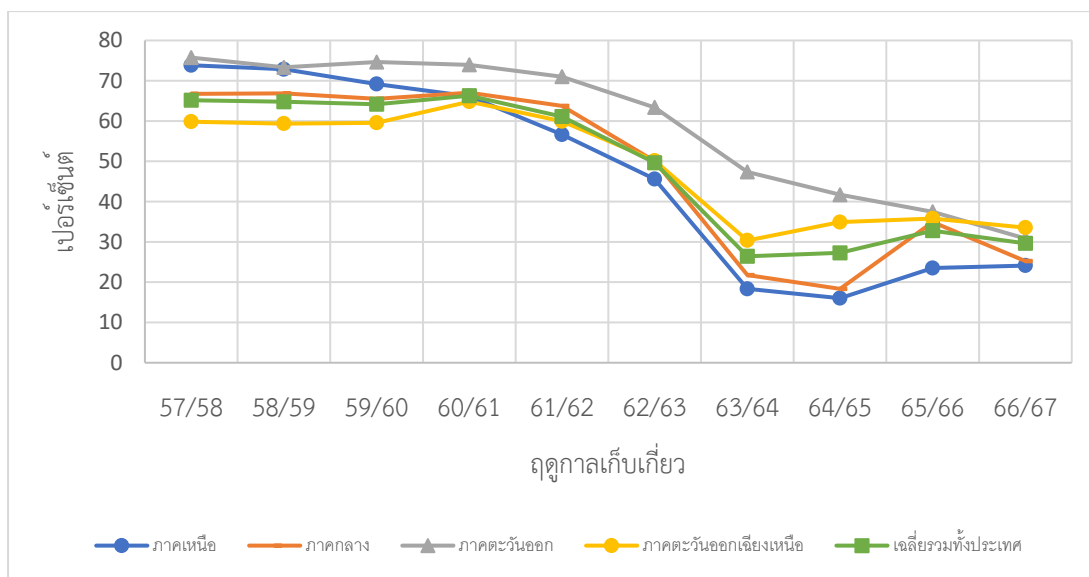
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทย ปีการผลิต 2565/66 มีพื้นที่ปลูกกว่า 11.4 ล้านไร่ คิดเป็นปริมาณอ้อย 113 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งประเทศไทย, 2566) เป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีผู้เกี่ยวข้องตั้งแต่ระดับไร่นาจนถึงโรงงานน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่างๆ การเก็บเกี่ยวอ้อยมี 2 วิธีคือเก็บเกี่ยวด้วยแรงงานคน พบปัญหาขาดแคลนแรงงานในการตัดอ้อยอีกทั้งในการใช้คนตัดนิยมทำการเผาใบอ้อยก่อนการเก็บเกี่ยว เป็นสาเหตุให้เกิดควันและฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ซึ่งเป็นต้นเหตุของปัญหาด้านสุขภาพ (สิทธิพร และคณะ, 2564) ส่วนอีกวิธีหนึ่งคือการใช้รถตัดอ้อย ซึ่งสามารถลดปัญหาการขาดแคลนแรงงานและการเผาก่อนการเก็บเกี่ยวอ้อยได้ แต่ในประเทศไทยมีรถตัดอ้อยใช้งานประมาณ 2,000-2,500 คัน ซึ่งยังไม่เพียงพอกับความต้องการเก็บเกี่ยวผลผลิต (บริษัท ไทยเอเยนซี เอ็นจิเนียริง จำกัด, 2565) โดยส่วนมากรถตัดอ้อยที่ใช้จะเป็นรถมือสองที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ (ชาติชาย, 2560) เมื่อนำมาใช้ในไทยนั้นพบว่าสภาพพื้นที่ รูปแบบการปลูกและพันธุ์อ้อยมีความแตกต่างกัน ส่วนรถตัดอ้อยในไทยที่ถูกผลิตและพัฒนาจากหน่วยงานราชการหรือผู้ประกอบการยังไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร เนื่องจากชิ้นส่วนอะไหล่และวัสดุที่ยังไม่ได้มาตรฐาน เสียหายง่าย ปัญหาที่พบมากในการเก็บเกี่ยวอ้อยคือ การสูญเสียอ้อย ไม่ว่าจะเป็นตอหรือลำอ้อยที่เสียหายจากใบมีดตัด การเหยียบแฉกอ้อย ท่อนอ้อยที่ตกในแปลงขณะเก็บเกี่ยว รวมไปถึงความสะอาดของท่อนอ้อยหลังการตัด

ค่าเฉลี่ยทั้งประเทศของปริมาณอ้อยไฟไหม้ที่เข้าสู่โรงงานดังแสดงในภาพ 1 พบว่า ตั้งแต่ฤดูกาลเก็บเกี่ยว 62/63 เป็นต้นมา ปริมาณอ้อยไฟไหม้มีจำนวนลดลง เนื่องจากมาตรการของรัฐบาลในการลดการเผาอ้อยเพื่อลดปัญหามลพิษและฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) ซึ่งส่งผลต่อปัญหาทางสุขภาพ (สิทธิพร และคณะ, 2564) ทำให้ความนิยมการใช้รถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวเพิ่มสูงขึ้น หากมีการพัฒนารถตัดอ้อยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นและเหมาะกับการใช้งานในประเทศไทย จะสามารถช่วยลดต้นทุนในการเก็บเกี่ยวอ้อยลงได้



ภาพ 1 แสดงปริมาณอ้อยไฟไหม้ 10 ปี ย้อนหลัง

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งประเทศไทย, 2567

จากการเก็บข้อมูลของ ธนัชสันต์ และคณะ (2561) จาก 4 จังหวัดในเขตภาคเหนือตอนล่าง ได้แก่ พิษณุโลก สุโขทัย กำแพงเพชร และนครสวรรค์ พบว่ามีเกษตรกรรายย่อย (มีที่ดินเพาะปลูกอ้อยไม่เกิน 50 ไร่) จำนวน 47.8 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรรายกลาง (มีที่ดินเพาะปลูกอ้อยตั้งแต่ 50-200 ไร่) จำนวน 41.1 เปอร์เซ็นต์ และเกษตรกรรายใหญ่ (มีที่ดินเพาะปลูกอ้อยมากกว่า 200 ไร่) จำนวน 11.1 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าในเขตภาคเหนือตอนล่าง มีเกษตรกรรายย่อยมากที่สุด รองลงมาเป็นเกษตรกรรายกลาง โดยส่วนใหญ่ปลูกอ้อยที่ระยะห่างระหว่างแถว 1.50 เมตร ในการเพาะปลูกอ้อยแต่ละพันธุ์จะมีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน เช่น ขนาดลำอ้อย ความแข็งแรงของเปลือกอ้อย ความหนาแน่นของเนื้ออ้อย ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย การปลูกอ้อยจากท่อนพันธุ์เรียกว่า อ้อยปลูก หลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยจะเจริญเติบโตและสามารถเก็บเกี่ยวได้อีกครั้งเรียกว่า อ้อยต่อ ซึ่งหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของอ้อยต่อคือ คุณภาพของตออ้อยหลังเก็บเกี่ยว หากตออ้อยมีความเสียหายน้อยผลผลิตอ้อยจากอ้อยต่อจะมาก ด้วยเหตุนี้จึงควรทำการศึกษาประสิทธิภาพรถตัดอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่างเพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้ขนาดรถตัดอ้อยให้เหมาะสมกับแปลงอ้อย

1.2 จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อหาประสิทธิภาพการตัดอ้อยที่ใช้ในงานในเขตภาคเหนือตอนล่าง
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดอ้อย
3. ศึกษาผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ความเร็วใบมีดและมุมของงานยึดใบมีดที่ใช้ในการตัดอ้อยต่ออ้อย

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยจะทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพ ความสามารถในการทำงานและการสูญเสียของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น การศึกษาลักษณะทางกายภาพและแรงเฉือนทำให้ทราบถึงลักษณะอ้อยขณะถูกตัดและสิ่งที่เกิดขึ้น อีกทั้งศึกษาผลของรูปแบบใบมีดจะสามารถทราบถึงปัญหาและลดความเสียหายของอ้อยในแปลงได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

- 1.4.1 ศึกษาข้อมูลและประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อยที่ใช้ในเขตภาคเหนือตอนล่าง ทำการทดสอบรถตัดอ้อยจำนวน 4 รุ่น
- 1.4.2 พันธุ์อ้อยที่ใช้ทดสอบได้แก่ ขอนแก่น 3
- 1.4.3 ทำการทดสอบแรงเฉือนด้วยเครื่อง Universal Testing Machine (UTM)
- 1.4.4 ทำการศึกษาผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ความเร็วใบมีดและมุมของงานยึดใบมีดที่ใช้ในการตัดอ้อยต่ออ้อย โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดสอบรถตัดอ้อยในข้อ 1.4.1

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

รอยตัดที่ต่อ คือ ส่วนของลำอ้อยที่ต่อ ที่ถูกใบมีดตัดโคนตัด

ลำอ้อย คือ ต้นอ้อยที่ถูกตัดโคนและตัดปลายอ้อยที่จุดหักธรรมชาติออก

ท่อนอ้อย คือ อ้อยที่ถูกตัดเป็นท่อนจากรถตัดอ้อย

MSH คือ รถตัดอ้อยขนาดกลาง (ขนาดต้นกำลัง 164 และ 179 กิโลวัตต์)

LSH คือ รถตัดอ้อยขนาดใหญ่ (ขนาดต้นกำลัง 251 และ 260 กิโลวัตต์)

ข้ออ้อย คือ จุดต่อของอ้อยแต่ละท่อนที่ต้นอ้อย

ปล้องอ้อย คือ ส่วนของลำอ้อยระหว่างข้ออ้อย

1.6 สมมุติฐานของการวิจัย

1.6.1 การเก็บเกี่ยวอ้อยที่มีประสิทธิภาพนั้นจะต้องไม่ทำให้ท่อนอ้อยและตออ้อยเสียหาย ระบบทำความสะอาดท่อนอ้อยที่ไม่ทำให้เกิดการสูญเสียท่อนอ้อยในแปลง



บทที่ 2

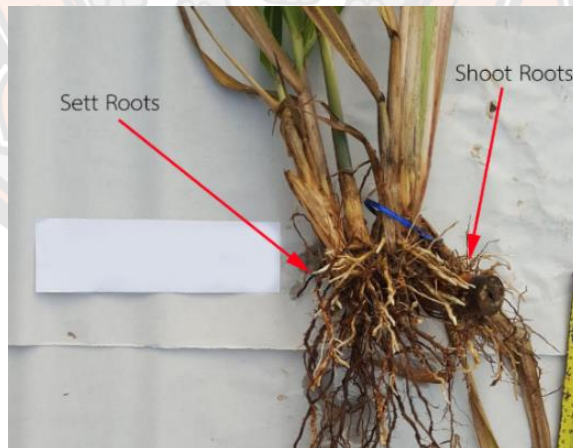
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 อ้อย

อ้อย หรือชื่อวิทยาศาสตร์คือ *Saccharum officinarum* เป็นพืชวงศ์เดียวกับ ข้าวสาลี ข้าว ข้าวโพดและข้าวบาเลย์ มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปเอเชีย อ้อยมีปริมาณซูโครส 17-35 เปอร์เซ็นต์ จึงเหมาะกับการนำมาทำน้ำตาล ส่วนชานอ้อยที่ถูกบีบน้ำออกไปแล้ว สามารถนำมาใช้ทำกระดาษ พลาสติก เชื้อเพลิงและอาหารสัตว์ (เกษม, 2523)

2.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของอ้อย อ้อยมีส่วนประกอบคือ

1) ราก อ้อยจะเป็นระบบรากฝอยแผ่กระจายรอบลำต้น รากมี 50-100 เซนติเมตร ซึ่งขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสภาพแวดล้อม การปลูกโดยใช้ท่อนพันธุ์จะมีราก 2 แบบคือ รากชั่วคราว หรือ Sett root เป็นรากที่เกิดบริเวณปุ่มรากของท่อนพันธุ์ และรากถาวรหรือ Shoot root เป็นรากที่เกิดปุ่มรากของหน่อที่เกิดจากท่อนพันธุ์ จะมีลักษณะที่ใหญ่กว่ารากชั่วคราว มีสีขาวไม่มีแขนง



ภาพ 2 รากของต้นอ้อย

2) ลำต้น มีลักษณะสูงใหญ่ อาจมีลำต้นสูงประมาณ 2-3 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5-5 เซนติเมตร ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์และสิ่งแวดล้อม ลำต้นมีข้อและปล้องจำนวนมากซึ่งบริเวณข้อและปล้องจะมีตุ่มตาเป็นส่วนที่เกิดรากเมื่อนำลำอ้อยไปปลูก



ภาพ 3 แสดงให้เห็นลำต้นของอ้อย

ที่มา: เกษม สุขสถาน, 2523

3) ใบ ใบของอ้อยมีลักษณะคล้ายใบข้าว แต่มีขนาดและความยาวที่มากกว่า ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ กาบใบ เป็นส่วนที่โอบรอบลำต้นทางด้านที่มีตา และแผ่นใบซึ่งมีตรงกลางของใบแข็งทำให้ใบสามารถตั้งอยู่ได้ ฐานของใบมีลักษณะแคบแล้วค่อยกว้างออกและค่อยๆ เล็กลงจนถึงปลาย

2.1.2 การเจริญเติบโตของอ้อย อ้อยจะมีตุ่มตาอยู่ที่บริเวณข้ออ้อยส่วนบริเวณยอดจะมีใบซึ่งส่วนยอดนั้นเรียกว่า ยอดข่ม ในส่วนนี้จะผลิตออกซินและฮอร์โมนเพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของรากที่เกิดขึ้นที่ตุ่มตา แต่หากส่วนยอดข่มถูกทำลายส่วนตาที่อยู่ถัดจากยอดข่มจะเจริญเติบโตเป็นยอดข่มต่อไป ปกติแล้วอ้อยจะมีการเจริญเติบโตตั้งแต่ปลูกด้วยท่อนพันธุ์จนเก็บเกี่ยว โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ระยะคือ

1) ระยะงอก เริ่มตั้งแต่ปลูกถึงประมาณ 2-3 สัปดาห์หรือจนหน่ออ้อยแทงออกมาพ้นพื้นดิน ซึ่งจำนวนหน่ออ้อยที่งอกจากท่อนพันธุ์จะแสดงถึงจำนวนกออ้อยที่เกิดจากท่อนพันธุ์นั้นด้วย

2) ระยะแตกกอ จะเริ่มในช่วง 6 สัปดาห์หลังปลูก การแตกกอเกิดจากตาที่อยู่ใต้โคนของลำต้นหน่อแรกเจริญออกมาเป็นหน่อชุดที่ 2 และเป็นเช่นนี้ต่อไปเรื่อยๆ เป็นหน่อชุดต่อไปจนกระทั่ง 2.5-4 เดือนหลังปลูกการแตกกอจะหยุดและเข้าสู่ระยะที่ 3

3) ระยะย่างปล้อง เป็นระยะที่อ้อยจะมีการเติบโตอย่างรวดเร็วทั้งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของปล้องอ้อย โดยจะเริ่มตั้งแต่ 3-4 เดือนจนถึง 7-8 เดือน

4) ระยะแก่และสุก เมื่อถึงระยะนี้อ้อยจะเจริญเติบโตช้าลงแต่มีการสะสมน้ำตาลมากขึ้น การสะสมน้ำตาลของอ้อยจะเริ่มจากส่วนโคนต้นขึ้นไปยังส่วนปลายและเมื่อความหวานใกล้เคียงกันทั้งต้นก็จะเรียกว่าระยะสุก

2.1.3 พันธุ์อ้อย ในประเทศไทยพันธุ์อ้อยถูกแบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

1) อ้อยเคี้ยวหรืออ้อยคั้นน้ำ เป็นอ้อยที่มีเปลือกนิ่ม มีความหวานปานกลางถึงค่อนข้างสูง สามารถรับประทานสดได้นำมาเคี้ยวกินหรือนำมาหีบเป็นน้ำอ้อย พันธุ์อ้อยที่นิยมนำมาคั้นน้ำเช่น พันธุ์สิงคโปร์ พันธุ์สุพรรณบุรี 50 เป็นต้น



ภาพ 4 น้ำอ้อยที่ได้จากพันธุ์อ้อยคั้นน้ำ

ที่มา: ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี, มปป.

2) อ้อยโรงงาน เป็นพันธุ์อ้อยลูกผสมซึ่งเกิดจากการผสมสายพันธุ์จากอ้อยของประเทศต่างๆ จะมีเปลือกแข็ง ถูกปรับปรุงพันธุ์ให้ทนทานต่อโรคและแมลงต่างๆ พันธุ์อ้อยโรงงานที่นิยมปลูกในประเทศไทยมีหลายสายพันธุ์ เช่น กำแพงแสน (01-12) ขอนแก่น 3 (KK3) CSB06-4-162 TBY28-1211 KK07-037 UT10-015R UT10-615 และ TBY28-0348 (เรวัต, 2565)

3) อ้อยชีวมวล เป็นพืชพลังงานที่ได้รับการพัฒนาจากกรมวิชาการเกษตร เป็นการผสมอ้อยข้ามสายพันธุ์ระหว่างอ้อยและพง มีการเจริญเติบโตที่รวดเร็ว ทนแล้งและน้ำท่วมขัง มีปริมาณเส้นใยสูง สามารถนำมาผลิตกากน้ำตาลและขานอ้อยได้มากกว่าอ้อยพันธุ์อื่น ในด้านอุตสาหกรรมพลังงาน อ้อยชนิดนี้นำไปผลิตเอทานอลได้มาก และเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้าได้ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2561)

2.1.4 การปลูกอ้อย อ้อยเป็นพืชที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน แต่การปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตสูงและคุณภาพดีทำได้ค่อนข้างยาก สภาพพื้นที่ที่ปลูกต้องไม่มีน้ำท่วมขังและไม่ลาดชันเกินไป อยู่ห่างจากโรงงานน้ำตาลไม่เกิน 30 กิโลเมตร เพื่อสะดวกในการขนส่งอ้อย สภาพของดินที่เหมาะสมกับการปลูกอ้อยจะต้องมีความลึกของเนื้อดินอย่างน้อย 80 เซนติเมตร

การเตรียมพื้นที่และการเตรียมดิน เริ่มต้นด้วยการใช้เครื่องมือไถระเบิดดินดาน (subsoiler) หรือไถสั่ว (ripper) ไถแบบตาหมากรุก เพื่อให้ดินชั้นล่างแตกออกจากกัน ช่วยให้ดินสามารถเก็บน้ำได้มากขึ้น เมื่อไถระเบิดดินชั้นล่างแล้วตามด้วยไถงานอีก 3-4 ครั้ง คือไถตะ 1 ครั้ง และไถแปร อีก 1-2 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและฤดูกาลที่ปลูกอ้อย เมื่อไถเสร็จควรปรับระดับพื้นที่ให้เรียบมีความลาดเอียงเล็กน้อยเพื่อความสะดวกต่อการให้น้ำและระบายน้ำ การยกร่องหรือการเปิดร่องเป็นสิ่งจำเป็น เพราะนอกจากเพิ่มความสะดวกในการทำงานแล้ว ยังทำให้ปลูกได้ลึกไม่ทำให้อ้อยล้มง่าย ทนแล้งได้ดีและสามารถไถต่อได้นานกว่าการปลูกต้น เครื่องยกร่องอาจเป็นผานหัวหมู หรือหางยกร่องซึ่งใช้สำหรับยกร่องโดยเฉพาะ แนวร่องที่ยกควรให้ตัดกับความลาดเอียงของพื้นที่ ระยะระหว่างร่องประมาณ 90-150 เซนติเมตร ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่ใช้และวัตถุประสงค์ในการปลูก ซึ่งวิธีปลูกอ้อยมีด้วยกัน 2 วิธี คือ การปลูกด้วยแรงคน (ภาพ 5) ชาวไร่มักจะเตรียมดินและยกร่องรอฝนตกลงมา เมื่อดินหมาดแล้วจึงทำการปลูก โดยก่อนปลูกจะใส่ปุ๋ยรองพื้นและกลบปุ๋ยก่อนวางท่อนพันธุ์ โดยจะวางท่อนพันธุ์ราบกับพื้นร่อง จากนั้นกลบดินหนาประมาณ 5-15 เซนติเมตร แต่ละท่อนห่างกัน 30-50 เซนติเมตร และมีระยะห่างระหว่างแถวอยู่ที่ 90-150 เซนติเมตร



ภาพ 5 ปลุกโดยแรงงานคน

ที่มา: เกษม, 2523

อีกวิธีคือการปลุกด้วยเครื่องปลูก เครื่องปลูกจะติดตั้งอยู่ที่ท้ายรถแทรกเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่ตั้งแต่การเปิดร่อง ตัดลำอ้อยออกเป็นท่อน วางท่อนพันธุ์ลงในร่อง ใส่ปุ๋ยและกลบท่อนพันธุ์ โดยใช้แรงงานทั้งหมด 3 คน 1 คนขับรถแทรกเตอร์ (ภาพ 6) และอีก 2 คนทำหน้าที่ป้อนอ้อยทั้งลำลงเครื่องปลูก ชาวไร่ส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีนี้เพราะต้นทุนต่ำและอ้อยงอกอย่างสม่ำเสมอเนื่องจากสูญเสียความชื้นในดินน้อยกว่าการปลุกด้วยแรงงานคน



ภาพ 6 การปลูกอ้อยโดยใช้เครื่องจักร

ที่มา: บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด, 2562

2.1.5 การเก็บเกี่ยวอ้อย ฤดูกาลเก็บเกี่ยวอ้อยจะขึ้นอยู่กับช่วงเวลาเปิดหีบของโรงงาน โดยหน่วยงานราชการจะเป็นผู้กำหนด ปกติแล้วจะทำการเปิดหีบตั้งแต่วันที่ 1 พฤศจิกายน แต่ส่วนมากโรงงานจะเปิดหีบช่วงปลายเดือนพฤศจิกายนหรือต้นเดือนธันวาคม ก่อนการเปิดหีบจะมีการส่งเจ้าหน้าที่ไปตรวจสอบคุณภาพอ้อยหรือเก็บตัวอย่างอ้อยจากแปลง เพื่อวัดความหวานของอ้อย การตัดจะเริ่มต้นจากการตัดอ้อยต่อก่อน ซึ่งอายุเก็บเกี่ยวของอ้อยต่ออยู่ที่ 9-12 เดือน ส่วนอ้อยปลูกจะอยู่ที่ 12-14 เดือน (เกษม, 2523) การเก็บเกี่ยวอ้อยจะมีอยู่ 2 รูปแบบคือ

1) การเก็บเกี่ยวด้วยคน โดยทั่วไปมักจะเผาก่อนการเก็บเกี่ยวเพื่อความสะดวกของแรงงานเนื่องจากใบอ้อยมีขนาดเล็กๆที่เป็นซิลิกาทำให้เกิดการระคายเคืองเมื่อสัมผัส แต่ด้วยนโยบายของรัฐที่พยายามลดการเผาอ้อยซึ่งก่อให้เกิดมลภาวะทางอากาศเช่นฝุ่น PM2.5 จึงทำให้การเผาอ้อยก่อนตัดในไร่อ้อยลดลง การเก็บเกี่ยวด้วยคนมักใช้กับการนำอ้อยมาทำท่อนพันธุ์ (ภาพ 7) โดยไม่มีการเผาก่อนเก็บเกี่ยว การตัดด้วยแรงงานคนจะไม่ทำให้เกิดความเสียหายบริเวณตุ่มตาของอ้อยซึ่งเป็นจุดเจริญ



ภาพ 7 การเก็บเกี่ยวเพื่อทำฟ่อนพันธุ์โดยแรงงานคน

2) การเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย ส่วนมากจะเป็นการตัดอ้อยสดคือไม่ต้องเผาใบอ้อย ก่อนการเก็บเกี่ยว ปัจจุบันรถตัดอ้อยเป็นที่นิยมเพราะเก็บเกี่ยวผลผลิตได้รวดเร็วกว่าแรงงานคน โดยการตัดอ้อยของรถตัดจะมีรถ 10 ล้อวิ่งด้านข้างไปด้วยเพื่อรับอ้อยจากรถตัดอ้อย ดังภาพ 8



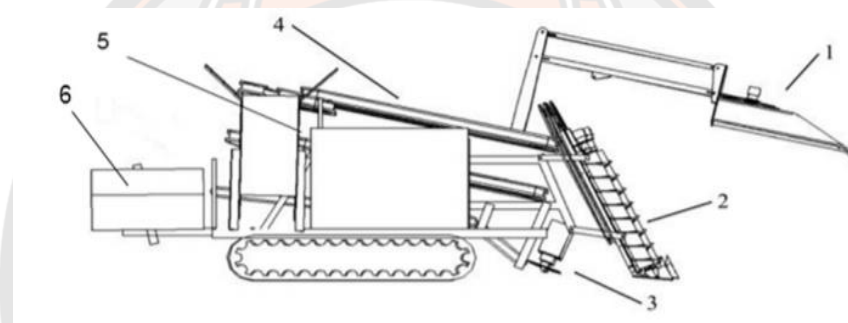
ภาพ 8 การเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อย

2.2 รถตัดอ้อย

รถตัดอ้อยถูกสร้างขึ้นเพื่อทดแทนการใช้แรงงานคนเพื่อความสะดวกในการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่รวดเร็วขึ้น มีการพัฒนารถตัดอ้อยตั้งแต่อดีตจนมาเป็นรถตัดอ้อยในรูปแบบปัจจุบัน

2.2.1 รูปแบบของรถตัดอ้อย แบ่งออกเป็น 2 แบบได้แก่

1) รถตัดอ้อยแบบตัดทั้งลำ (ภาพ 9) ถูกสร้างขึ้นเพื่อทดแทนแรงงานคน เป็นครั้งแรกที่มีรถตัดอ้อยที่สามารถขับเคลื่อนด้วยตัวเองได้ ในช่วงแรกยังต้องเผาก่อนการตัดเช่นเดียวกับการใช้แรงงานคนจนกระทั่งถูกพัฒนาให้มีระบบกำจัดใบ (Beckwith, 1995)



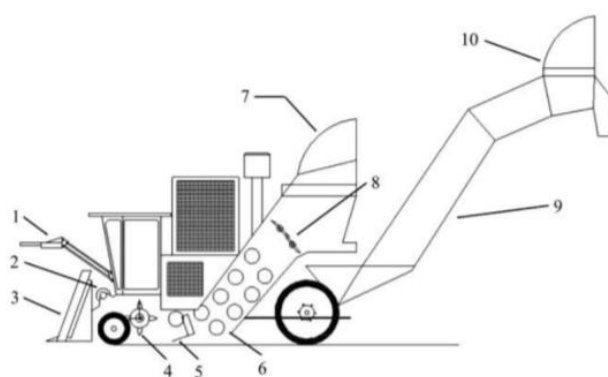
ภาพ 9 รถตัดอ้อยแบบตัดทั้งลำ

- (1) ชุดใบมีดตัดยอดอ้อย, (2) ชุดสกรูเกลียวดึงรวบและยกต้นอ้อย, (3) ชุดใบมีดตัดโคน, (4) สายพานลำเลียงลำอ้อย, (5) ชุดทำความสะอาดอ้อย, (6) กระบะเก็บอ้อย

ที่มา: Ma et al., 2014

2) รถตัดอ้อยแบบตัดท่อน (ภาพ 10) ถูกพัฒนาจากการที่อ้อยได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้มีขนาดสูงขึ้นเกิน 5 เมตร ทำให้การตัดทั้งลำเป็นอุปสรรคต่อการขนส่ง หลักการทำงานของรถตัดอ้อยแบบตัดท่อนในส่วนชุดใบมีดตัดโคนจะคล้ายกับรถตัดอ้อยแบบตัดทั้งลำ แต่หลังจากตัดโคนแล้วลำอ้อยจะถูกลำเลียงด้วยลูกกลิ้งลำเลียงอ้อยเข้าสู่ชุดสับท่อน แต่ละท่อนจะมีความยาวประมาณ 30-40 เซนติเมตร ท่อนอ้อยที่ตัดแล้วจะถูกทำความสะอาดโดยใช้ลมเป็นตัวดูดใบอ้อยออก ปกติแล้ว

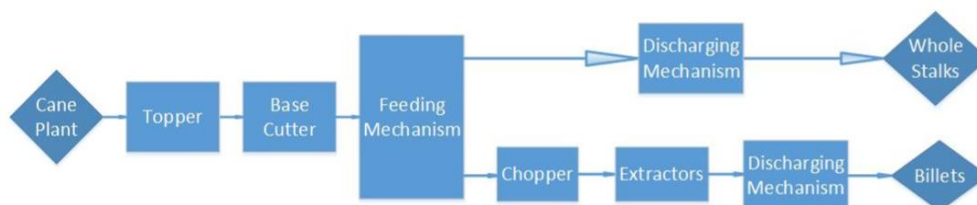
จะมีชุดพัดลมทำความสะอาดอ้อย 2 ชุด อ้อยที่แยกสิ่งเจือปนเรียบร้อยแล้วจะถูกลำเลียงลงไปยังรถบรรทุกที่วิ่งคู่กับรถตัดอ้อยขณะตัดเพื่อความสะดวกสำหรับการขนส่ง (Ma et al., 2014)



ภาพ 10 รถตัดอ้อยแบบตัดท่อน

- (1) ชุดใบมีดตัดยอดอ้อย, (2) ลูกกลิ้งดันอ้อย, (3) ชุดสกรูเกลียวดึงรวบต้นอ้อย,
 (4) ลูกกลิ้งครีบดีงต้นอ้อย, (5) ชุดใบมีดตัดโคน, (6) ลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย,
 (7) พัดลมทำความสะอาดตัวที่ 1, (8) ชุดสับอ้อยให้เป็นท่อน, (9) ชุดสายพานลำเลียงท่อนอ้อย,
 (10) พัดลมทำความสะอาดตัวที่ 2

ที่มา: Ma et al., 2014



ภาพ 11 ผังการเปรียบเทียบการทำงานของรถตัดอ้อยแบบตัดทั้งลำและแบบตัดท่อน

ที่มา: Ma et al., 2014

2.2.2 ส่วนประกอบของรถตัดอ้อย รถตัดอ้อยที่ใช้ในประเทศไทยนิยมใช้รถตัดอ้อยแบบตัดท่อน โดยมีส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ชุดตัดยอด จะตัดส่วนของยอดอ้อยเพื่อลดภาระของพัดลมทำความสะอาด
- 2) ชุดเกลียวแบ่งอ้อย ทำหน้าที่แบ่งอ้อยในแถวและนอกแถวที่จะตัด ไม่ให้อ้อยนอกแถวเข้าไปที่ชุดใบมีดตัด มีลักษณะเป็นเกลียวข้างละ 2 อัน ด้านนอกจะหมุนออกจากตัวรถเพื่อไม่ให้อ้อยนอกแถวเข้าสู่รถตัดอ้อย ส่วนเกลียวด้านในหมุนเข้าเพื่อพาอ้อยในแถวเข้าสู่ใบมีดตัด
- 3) ชุดโน้มอ้อย มีลักษณะเป็นลูกกลิ้งทำหน้าที่โน้มอ้อยไปข้างหน้าเพื่อนำโคนอ้อยเข้าสู่รถตัดอ้อยก่อน
- 4) ชุดใบมีดตัดโคนอ้อย ทำหน้าที่ตัดโคนอ้อย โดยชุดใบมีดมี 2 ชุด หมุนเข้าหากันเพื่อตัดต้นอ้อย
- 5) ลูกกลิ้งลำเลียงอ้อย ประกอบด้วยลูกกลิ้งลำเลียง 8-10 ลูก ทำหน้าที่ลำเลียงอ้อยจากชุดตัดโคนอ้อยไปที่ชุดสับท่อน
- 6) ชุดสับท่อน จะสับท่อนอ้อยและปล่อยท่อนอ้อยลงในตะกร้า มีลักษณะเป็นลูกกลิ้ง 2 ลูก มีใบมีดอยู่ทั้งหมด 4-6 ใบ
- 7) พัดลมทำความสะอาด จะแยกใบอ้อยออกจากท่อนอ้อย โดยพัดลมทำความสะอาดตัวที่ 1 จะอยู่ด้านบนของตะกร้ารับอ้อยเพื่อแยกใบอ้อยออกจากท่อนอ้อยขณะที่ตกสู่ตะกร้ารับท่อนอ้อย ใบอ้อยจะถูกดูดและเป่าออกทางด้านหลังของรถตัดอ้อย ส่วนพัดลมทำความสะอาดตัวที่ 2 จะติดตั้งอยู่ที่ส่วนปลายของสะพานทาง เพื่อดูดใบอ้อยออกอีกครั้งก่อนที่ท่อนอ้อยจะตกลงในรถบรรทุก
- 8) สะพานทาง ทำหน้าที่ลำเลียงอ้อยไปที่รถบรรทุก มีลักษณะเป็นสะพานยาว มีสายพานเหล็กลำเลียงอ้อยตั้งแต่พื้นของตะกร้าไปจนถึงส่วนปลายของสะพานทาง พื้นของสะพานมีรูเพื่อช่วยแยกดินที่ติดมากับท่อนอ้อย สะพานทางสามารถปรับขึ้น-ลงตามความสูงของรถบรรทุก และหมุนซ้าย-ขวา ตามด้านที่รถบรรทุกเคลื่อนที่คู่ไปกับรถตัดอ้อยได้

2.2.3. รถตัดอ้อยที่มีใช้ในประเทศไทย มีทั้งรถตัดอ้อยนำเข้าจากต่างประเทศซึ่งส่วนใหญ่เป็นมือสองเพราะราคาถูกกว่า ราคานั้นขึ้นอยู่กับสภาพ กำลังเครื่องยนต์และปีที่ผลิต นอกจากนี้ยังมีรถตัดอ้อยที่ผลิตขึ้นภายในประเทศซึ่งมีข้อดีคือราคาถูกกว่า ตัวอย่างรถตัดอ้อยที่มีใช้ภายในประเทศเช่น

1) Tiger AX5000 (ภาพ 12) เครื่องยนต์ขนาด 6.7 ลิตร กำลังเครื่องยนต์ 185 แรงม้า ความจุถังน้ำมัน 205 ลิตร ความกว้างล้อ 1.90 เมตร ชุดใบมีดตัดโคน 2 ชุด ชุดละ 4 ใบมีด ระยะห่างระหว่างชุดตัดโคนซ้าย-ขวา 0.50 เมตร ล้อแบบดินตะขาบเหล็ก น้ำหนัก 10.1 ตัน



ภาพ 12 รถตัดอ้อย Tiger AX5000

ที่มา: Bundaberg Mobile Equipment and Engineering Private Company Limited, n.d.

2) TRM M5 (ภาพ 13) เครื่องยนต์ 200 แรงม้า ชุดใบมีดตัดโคน 2 ชุด ชุดละ 5 ใบมีด ล้อแบบล้อยาง



ภาพ 13 รถตัดอ้อย TRM M5

ที่มา: กลุ่มบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง, มปป.

3) SMKY SM200 SUPERSPEED (ภาพ 14) เครื่องยนต์ 200 แรงม้า น้ำหนัก 16.50 ตัน มีกระบะเก็บอ้อยในตัว ไม่ต้องใช้รถบรรทุกวิ่งด้านข้างขณะเก็บเกี่ยว มีทั้งแบบล้อยาง 8 ล้อ ความกว้างตัวรถ 2.62 เมตร



ภาพ 14 รถตัดอ้อย SMKY SM200 SUPERSPEED

ที่มา: สามารถเกษตรยนต์, มปป.

4) Case A8000 (ภาพ 15) ขนาดเครื่องยนต์ 9.0 ลิตร เครื่องยนต์ 358 แรงม้า ชุดใบมีดตัดโคน 2 ชุด ชุดละ 5 ใบมีด ล้อแบบล้อยาง น้ำหนัก 15 ตัน



ภาพ 15 รถตัดอ้อย Case A8000

ที่มา: Case IH and CNH Industrial, n.d.

5) John Deere 3520 (ภาพ 16) ขนาดเครื่องยนต์ 9.0 ลิตร เครื่องยนต์ 337 แรงม้า ความกว้างล้อ 2.48 เมตร ชุดใบมีดตัดโคน 2 ชุด ชุดละ 5 ใบมีด ล้อแบบล้อยาง



ภาพ 16 รถตัดอ้อย John Deere 3520

ที่มา: Tuleu Consulting Company, 2014

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณสมบัติของรถตัดอ้อย

ยี่ห้อ/รุ่น	กำลัง เครื่องยนต์ (แรงม้า)	ระบบล้อ	น้ำหนัก (ตัน)	ความยาว ตัวรถ (เมตร)	ความกว้าง ฐานล้อ (เมตร)	ขนาดของรถ ตัด
Tiger AX5000	185	ตีนตะขาบ	10.5	9.96	1.90	กลาง
TRM M5	200	ล้อยาง	-	-	-	กลาง
SMKY SM200 SUPERSPEED	200	ล้อยาง	16.5	13.04	-	กลาง
Case A8000	358	ล้อยาง	15	15.84	-	ใหญ่
John Deere 3520	337	ล้อยาง	-	15.14	2.08	ใหญ่

2.4 มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถตัดอ้อย

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมหรือ มอก. เป็นข้อกำหนดที่สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.) ได้กำหนดขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการผลิตสิ่งต่างๆให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด เพื่อให้การผลิตสินค้ามีคุณภาพและเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งรถตัดอ้อยนั้นมี มอก. 2773-2560 (2560) หรือมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถตัดอ้อยบังคับให้รถตัดอ้อยที่ผลิตและขายในประเทศไทยต้องผ่านมาตรฐานนี้จึงจะมีสิทธิ์จำหน่ายได้ โดยได้ยกเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา มาดังนี้

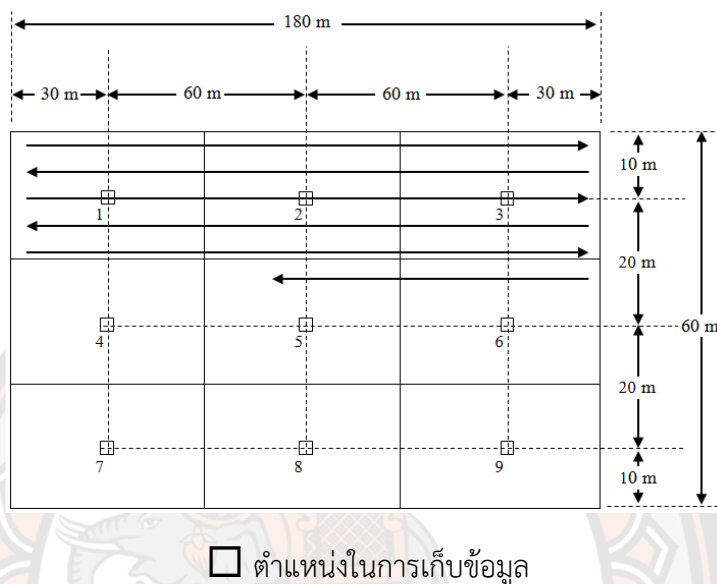
2.4.1 การทดสอบสมรรถนะ

จัดเตรียมแปลงอ้อยทดสอบขนาด 180 x 60 เมตร ทำการทดสอบระหว่างเวลา 09.00 น. – 18.00 น. ถ้ามีฝนตกให้ทำการทดสอบหลังฝนหยุดไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมง ก่อนเริ่มการทดสอบ ให้เก็บข้อมูลดินที่ตำแหน่งต่างๆ ดังแสดงในภาพ 17 โดยมีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) ค่าความชื้น และความหนาแน่นของดิน
- 2) แรงต้านทานของดินโดยวัดที่ระดับความลึก 0 5 10 15 20 25 30 และ 35 เซนติเมตรจากผิวดิน

3) วิเคราะห์ชนิดของดิน (% sand; % silt; % clay)

ให้รถตัดอ้อยเก็บเกี่ยวอ้อยในแปลงอ้อยทดสอบ 180 m X 60 m ตามรูปแบบการเก็บเกี่ยวดังภาพ 17



ภาพ 17 ตำแหน่งการเก็บข้อมูลดิน รูปแบบการเก็บเกี่ยวและข้อมูลท่อนอ้อยที่ร่วงหล่นจากการเก็บเกี่ยว

ที่มา: สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2560

2.4.2 การเก็บข้อมูลระหว่างการทดสอบ

- 1) มวลอ้อยที่เก็บเกี่ยว (MT) เป็นต้น
- 2) บันทึกเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวจนแล้วเสร็จ (T) เป็น นาที และหยุดการทำงานของรถตัดอ้อย
- 3) เติมน้ำมันเชื้อเพลิงให้เต็มอีกครั้ง บันทึกปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (VF) เป็น ลิตร
- 4) ใช้กรอบเก็บข้อมูล ขนาด 3 m X 3 m เก็บข้อมูลท่อนอ้อยที่หล่นออกจากกระบวนการเก็บเกี่ยว

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.3.1 ประสิทธิภาพรถตัดอ้อย

Kaewkabthong and Udompetaikul (2017) ได้ทำการทดสอบเกี่ยวกับอิทธิพลของการเข้าถึงพื้นที่ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย ณ จังหวัด นครราชสีมา ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาในแปลงอ้อยที่ต้องทำการเปิดแปลงด้วยรถตัดอ้อยกับแปลงอ้อยที่รถบรรทุกสามารถเคลื่อนที่ไปพร้อมกับรถตัดอ้อย โดยใช้วิธีไม่นำข้อมูลในการเก็บเกี่ยวอ้อยสำหรับรถบรรทุกคันแรกเข้ามาในการคำนวณ รถตัดอ้อยที่ใช้ทดสอบเป็นรถ 3 รุ่น ที่มีกำลังเครื่องยนต์ 240 290 และ 340 แรงม้า ใช้ระบบ GPS (ภาพ 18) และกล้องเพื่อบันทึกข้อมูล ความเร็ว และทิศทาง ในการทำงานของรถตัดอ้อย จากการศึกษาพบว่า ในแปลงที่ต้องเปิดแปลงด้วยรถตัดอ้อย รถตัดอ้อยขนาดใหญ่มีประสิทธิภาพเชิงพื้นที่และประสิทธิภาพเชิงเวลาสูงกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง แต่เมื่อตัดข้อมูลการเก็บเกี่ยวรถตัดอ้อยของรถบรรทุกคันแรกออก พบว่าประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาของรถตัดอ้อย กำลังเครื่องยนต์ 240 290 และ 340 แรงม้า เพิ่มขึ้นเมื่อไม่ต้องทำการเปิดแปลงอ้อยในแถวแรก โดยมีประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่เพิ่มขึ้น 6.5 18.3 และ 4.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาเพิ่มขึ้น 15.8 21.6 และ 16.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จึงสรุปได้ว่า หากแปลงอ้อยมีพื้นที่ว่างทำให้รถตัดอ้อยและรถบรรทุกสามารถเข้าเก็บเกี่ยวอ้อยได้โดยไม่ต้องเปิดแปลง จะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดอ้อยสูงขึ้น



ภาพ 18 การเก็บข้อมูลการทดสอบด้วยการติดกล้องและใช้ระบบ GPS

ที่มา: Kaewkabthong and Udompetaikul, 2017

Kaewkabthong and Udompetaiku (2019) ได้ทำการศึกษาการหาค่าความสามารถในการทำงานสำหรับรถตัดอ้อยโดยใช้ข้อมูลจาก GNSS ทำการทดสอบในแปลงที่มีรูปร่างต่างกันแต่มีพื้นที่เท่ากัน (ภาพ 19) โดยใช้รถตัดอ้อย 1 รุ่นในการทดสอบ จากการศึกษาพบว่าความเร็วในการเคลื่อนที่และความหนาแน่นอ้อยที่มากขึ้น มีผลให้ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อยสูงขึ้นขณะที่จำนวนครั้งในการกลับรถที่หัวแปลงที่มากขึ้น มีผลทำให้ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อยน้อยลง



ภาพ 19 ลักษณะแปลงรูปร่างต่างๆ ในการทดสอบ

ที่มา: Kaewkabthong and Udompetaikul, 2017

Shinzato et al. (2013) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพรถตัดอ้อยในช่วงที่มีฝนตกชุก ในเมืองโอกินาวา ประเทศญี่ปุ่น โดยแบ่งขนาดรถตัดอ้อยด้วยกำลังเครื่องยนต์ ระยะห่างระหว่างแถว และความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ตามตาราง 2 นอกจากนี้มีการเก็บข้อมูลมิติขนาดรถตัดอ้อย น้ำหนัก พื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างล้อกับดิน ลักษณะล้อ แปลงที่ใช้ทำการทดสอบ ได้เก็บข้อมูลฤดูที่ปลูก ระยะห่างระหว่างแถว พันธุ์อ้อยและปริมาณผลผลิตต่อพื้นที่ รถตัดอ้อยที่ใช้ทดสอบมีขนาดเล็ก 2 คัน (78 และ 71.3 กิโลวัตต์) และขนาดกลาง 1 คัน (135 กิโลวัตต์) จากการศึกษาพบว่ารถตัดอ้อยขนาดเล็กมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลางในแปลงที่มีหล่ม ขณะที่ความ

เสียหายต่ออ้อยของรถทั้ง 2 ขนาดไม่มีความแตกต่างกัน แต่หากหัวแปลงแคบรถตัดอ้อยขนาดเล็กจะสร้างความเสียหายกับต่ออ้อยน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง

ตาราง 2 ตารางแสดงการแบ่งขนาดของรถตัดอ้อย

Character	SSH	MSH	LSH
Engine output (kW)	<95	95-170	>170
Row spacing (cm)	<130	<140	>150
Size of farms (ha)	>14	>21	>23

ที่มา: Shinzato et al., 2013

2.3.2 การสูญเสียจากระบบต่างๆ ของรถตัดอ้อย

1) ชุดใบมีดตัดโคนอ้อย

Momin et al. (2017) ได้ศึกษาผลกระทบของชุดใบตัดอ้อย 4 รูปแบบที่มีผลต่อคุณภาพต่ออ้อย ใบมีดตัด 4 รูปแบบ มีใบมีดแบบตรง แบบเอียงทำมุม 30 องศา แบบหยักและแบบกัดลายด้วยเลเซอร์ (ภาพ 20) และมีการวัดการสึกหรอของใบมีดด้วยการชั่งน้ำหนักใบมีดหลังการเก็บเกี่ยว ศึกษาโดยใช้รถตัดอ้อย Johndeere 3520 และติดตั้งใบมีดโดยทำมุมเอียงกับ 45 องศากับงานยัดใบมีด (ภาพ 21) การประเมินความเสียหายของรอยตัดจากการทดสอบ จะใช้ค่าดัชนีความเสียหาย (Damage Index) ในการเปรียบเทียบความเสียหายจากการทดสอบใบมีดแต่ละรูปแบบดังแสดงในตาราง 3



ก) ใบมีดตรง

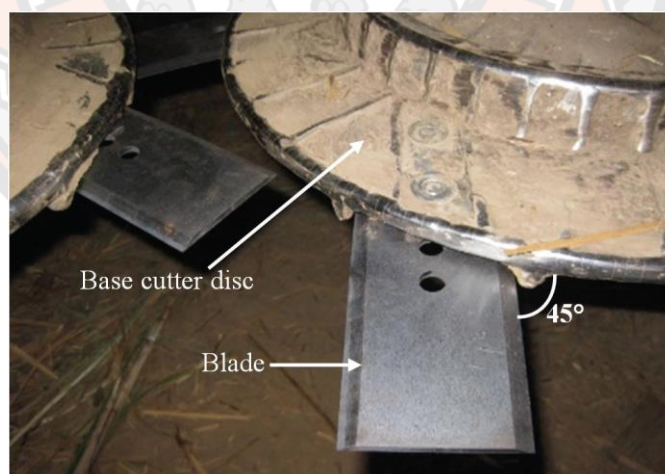
ข) ใบมีดเอียง

ค) ใบมีดหยัก

ง) ใบมีดกัดลาย

ภาพ 20 ตัวอย่างของใบมีดลักษณะต่างๆ

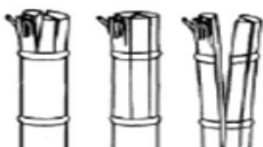
ที่มา: Momin et al., 2017



ภาพ 21 มุมการยัดใบมีดตัดโคนอ้อยในการทดสอบรูปแบบของใบมีดตัดโคน

ที่มา: Momin et al., 2017

ตาราง 3 ตารางแสดงความเสียหายของตอ้อย

	Undamaged	Partially Damaged	Severely Damaged
Lower Limit			
Upper Limit			
Weighting	-1.00	-0.33	1.00

ที่มา: Momin et al., 2017

หลังจากบันทึกค่าความเสียหายที่ได้เปรียบเทียบกับตารางที่ 3 แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้เข้าไปแทนในสมการ 2.4 เพื่อคำนวณหาค่าดัชนีความเสียหาย (Damage Index)

$$DI = \frac{(U_w \times U_n) + (P_w \times P_n) + (S_w \times S_n)}{N} \quad \dots (2.1)$$

โดยที่

U_w คือ คะแนนของตอ้อยที่ไม่เกิดความเสียหาย

U_n คือ จำนวนของตอ้อยที่ไม่เกิดความเสียหาย

P_w คือ คะแนนของตอ้อยที่เกิดความเสียหายเล็กน้อย

P_n คือ จำนวนของตอ้อยที่เกิดความเสียหายเล็กน้อย

S_w คือ คะแนนของตอ้อยที่เกิดความเสียหายหนัก

S_n คือ จำนวนของตอ้อยที่เกิดความเสียหายหนัก

N คือ จำนวนของตออ้อยทั้งหมด

จากการศึกษาพบว่าใบมีดแบบหยักสร้างความเสียหายต่อตออ้อยน้อยที่สุด แต่มีการสึกหรอของใบตัดสูงที่สุดเช่นกัน

Jena et al. (2018) ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับใบมีดตัดโคนที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อย โดยสร้างชุดจำลองการทำงานของใบมีดตัดโคนขึ้น ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังให้กับชุดใบมีด และรถที่เคลื่อนที่บนราง ด้านล่างมีกระบอกดินที่ยึดตออ้อย (ภาพ 22) ทำการวัดแรงของการตัดด้วย Load cell โดยผ่าน Torque Transducer ที่ติดตั้งตรงแกนของชุดใบมีดตัดโคน



ภาพ 22 การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับใบมีดที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อย

ที่มา: Jena et al., 2018

ทำการทดสอบการตัดด้วยมุมเอียงของใบมีด 0 15 และ 30 องศา (ภาพ 23) ในอ้อยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 ขนาดคือ 20 25 และ 30 มิลลิเมตร ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถ 0.8 เมตรต่อวินาที และความเร็วรอบของชุดใบมีด 700 รอบต่อนาที จากการศึกษพบว่าใบมีดที่ทำมุม 30 องศา ใช้กำลังในการเฉือนตออ้อยน้อยที่สุด และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอ้อยที่มากขึ้น ทำให้ใช้

กำลังในการเหวี่ยงตัดสูงขึ้น (ภาพ 24) โดยกำลังที่ใช้ในการตัดอ้อยขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 25 และ 30 มิลลิเมตร คือ 0.290 0.339 และ 0.416 kw

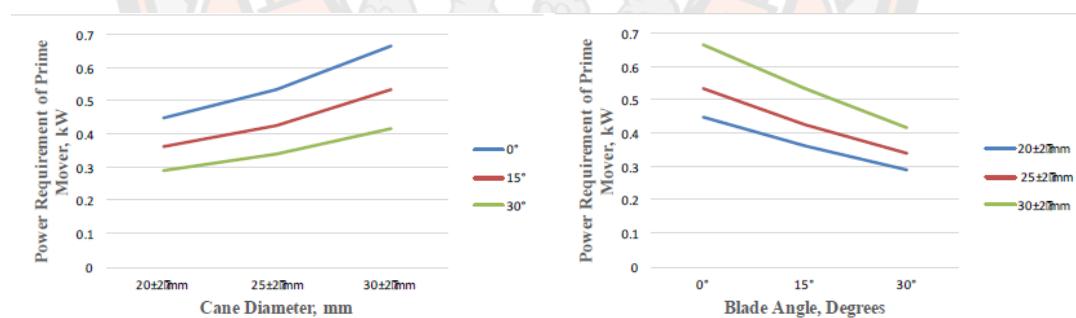


ก.) มุมเอียง 0 องศา

ข.) มุมเอียง 30 องศา

ภาพ 23 ใบมีดที่มุมเอียงต่างๆ ใช้ในการทดสอบการตัด

ที่มา: Jena et al., 2018



ภาพ 24 แผนภาพแสดงผลของขนาดลำอ้อยและองศาใบมีดตัดโค่นต่อกำลังที่ใช้ในการตัด

ที่มา: Jena et al., 2018

2) ชุดลำเลียงอ้อย ทำหน้าที่ลำเลียงอ้อยเข้าสู่ระบบทำความสะอาดและขนถ่ายลงสู่รถบรรทุก โดยการสูญเสียที่เกิดขึ้นเกิดจากอ้อยอาจร่วงออกจากสะพานลำเลียงเพราะรถตัดอ้อยเคลื่อนที่เร็วเกินไป (วิชัย และคณะ, 2555) หรือการตั้งระยะห่างของชุดลำเลียงอ้อยเข้าสู่พัดลมทำความสะอาดสามารถทำให้เกิดการสูญเสียอ้อยได้ ถ้าหากระยะห่างน้อยเกินไปจะทำให้บับอ้อยคล้ายกับการหีบ Yinggang (2013) จึงได้มีการพัฒนาให้ลูกกลิ้งที่ลำเลียงอ้อยสามารถให้ตัวได้

3) ระบบทำความสะอาดอ้อย ในการเกี่ยวเกี่ยวอ้อยด้วยรถตัดอ้อย นอกจากท่อนอ้อยแล้ว ยังมีสิ่งเจือปนต่างๆ เช่น ใบอ้อย ระบบทำความสะอาดของรถตัดอ้อยจะใช้พัดลมในการแยกท่อนอ้อยออกจากสิ่งเจือปน ส่วนมากจะมีพัดลม 2 ชุด เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยได้มากขึ้น ซึ่งมีงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับระบบทำความสะอาดอ้อย ดังนี้

Viator et al. (2007) ทำการศึกษาความเร็วของพัดลมทำความสะอาดและความเร็วของรถที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต โดยศึกษาที่ความเร็วพัดลม 650 850 และ 1050 รอบต่อนาที ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถ 4.0 4.8 และ 5 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จากการศึกษาพบว่า ที่ความเร็วพัดลม 1050 รอบต่อนาที มีการสูญเสียอ้อยมากกว่าความเร็วรอบ 850 และ 650 รอบ ความเร็วรอบ โดยมีการสูญเสียมากกว่า 1.3 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยไม่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตอ้อย

Wang et al. (2018) ได้ศึกษาอิทธิพลของตัวแปรของชุดทำความสะอาดในรถตัดอ้อยที่มีผลต่อการกำจัดสิ่งเจือปนและการสูญเสียท่อนอ้อย จากการตัดอ้อยมาทดสอบและเก็บข้อมูลพันธุ์อ้อย ระยะห่างระหว่างแถว ทิศทางการเก็บเกี่ยว อัตราส่วนใบต่อต้นอ้อยและความชื้นของใบ ในการทดสอบได้จำลองระบบทำความสะอาดของรถตัดอ้อย (ภาพ 25) ตัวแปรที่ศึกษาคืออัตรา การป้อนอ้อย ความเร็วของพัดลมทำความสะอาดและความยาวท่อนอ้อย จากการศึกษาพบว่าอัตรา การป้อนอ้อยที่มากขึ้นไม่ส่งผลต่อความสะอาดแต่ส่งผลให้การสูญเสียอ้อยมากขึ้น ขณะที่ความเร็ว รอบของพัดลมทำความสะอาดที่มากขึ้นส่งผลให้การสูญเสียอ้อยมากขึ้น และความยาวของท่อนอ้อยที่ ยาวส่งผลให้ความสะอาดลดลง



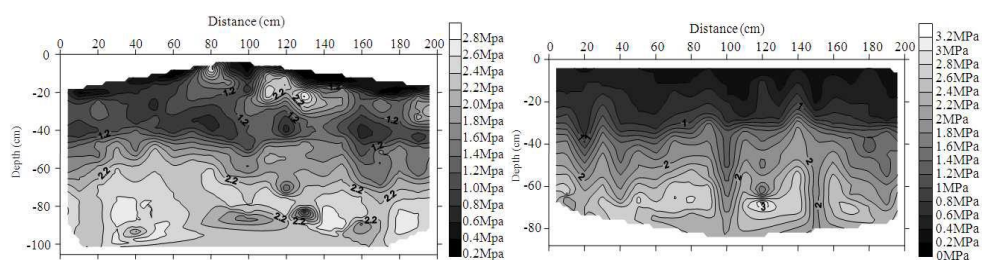
ภาพ 25 ชุดทดลองระบบทำความสะอาดอ้อย

- (1) สายพานลำเลียงอ้อย, (2) ชุดสับท่อนอ้อย, (3) พัดลมทำความสะอาด, (4) อุปกรณ์เก็บสิ่งเจือปน, (5) ชุดส่งกำลัง, (6) ตู้ควบคุม

ที่มา: Wang et al., 2018

2.3.3 การอัดแน่นของดินในไร่อ้อย

Usaborisut and Sukcharoenvipharat (2011) ได้ทำการศึกษาปัญหาการอัดแน่นของดินจากการใช้เครื่องจักรกลเกษตรในการผลิตอ้อย โดยใช้ cone penetrometer เก็บข้อมูลค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินและความหนาแน่นมวลรวมของดินจากแปลงที่ใช้เครื่องจักรกลเกษตรจำนวน 10 แปลง และใช้แรงงานคนจำนวน 6 แปลง จากการศึกษาพบว่า ในแปลงอ้อยที่ใช้เครื่องจักรมีความหนาแน่นมวลรวมของดิน 1.78 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่แปลงอ้อยที่ใช้แรงงานคนมีความหนาแน่นมวลรวมของดิน 1.24 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งค่าเฉลี่ยของแปลงอ้อยที่ใช้เครื่องจักรมีความหนาแน่นมวลรวมของดินสูงกว่าแปลงอ้อยที่ใช้แรงงานคน 12.6 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แปลงอ้อยที่ใช้เครื่องจักร (ภาพ 26 ก) มีค่าเฉลี่ยค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินสูงกว่าแปลงอ้อยที่ใช้แรงงานคน (ภาพ 26 ข) 23.3 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าในแปลงอ้อยต่อที่มากกว่า 1 ปี และมีการใช้เครื่องจักร มีค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินมากกว่า 2 เมกะปาสคาล



ก) แปลงอ้อยที่ใช้เครื่องจักร

ข) แปลงอ้อยที่ใช้แรงงานคน

ภาพ 26 แผนภาพแสดงเปรียบเทียบการอัดแน่นของดินระหว่างแปลงอ้อย
ที่ใช้เครื่องจักรและแปลงอ้อยที่ใช้แรงงานคน

ที่มา: Usaborisut and Sukcharoenvipharat, 2011

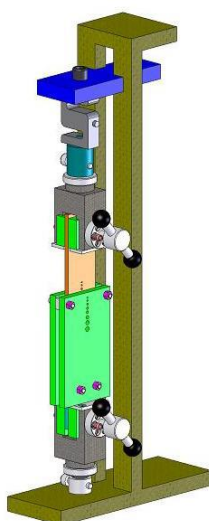
2.3.4 สมบัติทางกายภาพและแรงที่ใช้ในการฉีกขาดพ่อนอ้อย

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของอ้อย ทำให้ทราบถึงลักษณะและแรงที่ใช้ในการฉีกขาด Taghijarah et al. (2011) ได้ทำการศึกษาระงที่ใช้ในการฉีกขาดปล้องอ้อยที่อยู่ต่ำกว่ายอดอ้อย 10 ตำแหน่ง ตามลำดับ (ภาพ 27) ที่ความเร็วการเคลื่อนที่ 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยใช้อุปกรณ์ดังแสดงในภาพ 28 ประกอบเข้ากับเครื่อง UTM ทำการศึกษาในตำแหน่งปล้องอ้อยที่อยู่ต่ำกว่ายอดอ้อย 10 ตำแหน่ง ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า เมื่อความเร็วการเคลื่อนที่ของใบมีดสูงขึ้นจะส่งผลให้ใช้แรงและพลังงานจำเพาะที่ใช้ในการฉีกขาดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ พลังงานงานจำเพาะจะสูงขึ้นตามตำแหน่งปล้องอ้อยที่ต่ำลงจากยอดอ้อยตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แรงที่ใช้ในการตัดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าเฉลี่ยแรงที่ใช้ในการฉีกขาดและพลังงานจำเพาะที่ 4.33 เมกะปาสคาล และ 51.41 มิลลิจูลต่อตารางมิลลิเมตรตามลำดับ



ภาพ 27 ปล้องอ้อยที่ใช้ในการศึกษาแรงที่ใช้ในการฉีกขาด

ที่มา: Taghijarah et al., 2011



ภาพ 28 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าแรงที่ใช้ในการฉีกขาดท่อนอ้อย

ที่มา: Taghijarah et al., 2011

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับงานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดสอบต่าง ๆ ออกไปตามวัตถุประสงค์ โดยมีวิธีการศึกษาและทดสอบดังนี้

3.1 การศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยที่ใช้งานในเขตภาคเหนือตอนล่าง

รถตัดอ้อยเป็น Combine Harvester คือมีระบบกลไกหลายอย่างประกอบกันอยู่ในรถคันเดียว ได้แก่ ชุดใบมีดตัดโคน ระบบลำเลียงท่อนอ้อย ชุดสับท่อน และระบบทำความสะอาด การเปรียบเทียบความสามารถ และประสิทธิภาพการทำงานจึงมีหลายขั้นตอน สภาพของแปลงสามารถส่งผลให้เกิดความแตกต่างกันได้ วิธีการเก็บข้อมูลต่างๆ แยกได้ตามหัวข้อดังนี้

3.1.1 รถตัดอ้อย

รถตัดอ้อยที่ใช้ทดสอบมีอยู่ด้วยกัน 4 รุ่น โดยแบ่งเป็นรถตัดอ้อยขนาดกลาง (MSH) 2 รุ่น (164 และ 179 กิโลวัตต์) และรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ (LSH) 2 รุ่น (251 และ 260 กิโลวัตต์) ทำการเก็บข้อมูลจำเพาะ มิติขนาดของตัวรถ มิติขนาดของล้อยาง จำนวนใบมีดและมุมเอียงใบมีดของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น เพื่อใช้ประกอบการวิเคราะห์ข้อมูล คนขับรถตัดอ้อยทั้ง 4 รุ่น มีประสบการณ์ในการขับรถตัดอ้อยไม่น้อยกว่า 4 ปี

3.1.2 แปลงอ้อย

เก็บข้อมูลพันธุ์อ้อย ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย และความยาวแถวอ้อย เพื่อใช้ประเมินและออกแบบการทดสอบ เนื่องด้วยข้อจำกัดทางพื้นที่จึงไม่สามารถแบ่งแปลงอ้อยในการทดสอบตามที่ มอก.2773-2560 กำหนดได้ จากการประเมินน้ำหนักต้นอ้อยจากโรงงานน้ำตาล เบื้องต้นอยู่ที่ 12 ตันต่อไร่ จึงแบ่งแปลงย่อยออกเป็น 12 แปลงย่อย แปลงย่อยละ 6 แถว (ภาพ 29) เพื่อให้การเก็บเกี่ยวอ้อย 1 แปลงย่อยเต็ม 1 รถบรรทุกพ้อดี การเก็บข้อมูลระยะห่างระหว่างแถวอ้อยและความยาวแถวอ้อยมีวิธีการดังนี้

ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย

- 1) ใช้ตลับเมตรวัดระยะห่างกึ่งกลางของอ้อยแถวที่ 1 จนถึงกึ่งกลางแถวอ้อยที่ 2

ทำการบันทึกค่าระยะห่างระหว่างแถว

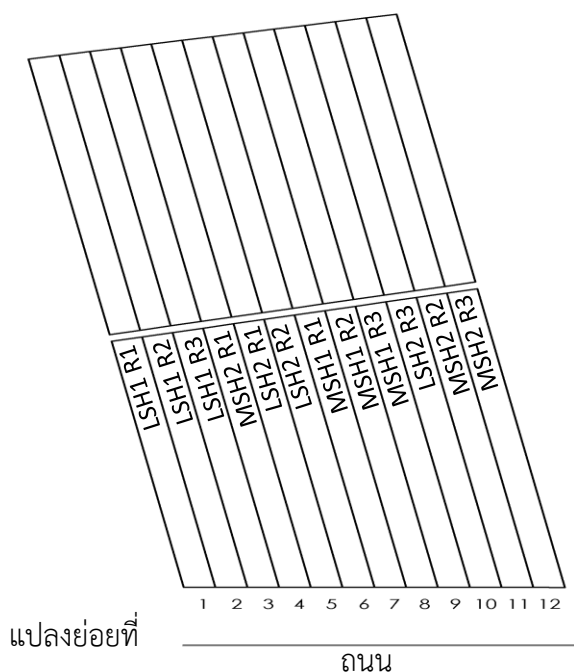
2) ทำซ้ำตามข้อ 1) จนครบ 6 แถวในแปลงที่ 1 ในส่วนของรอยต่อแปลงที่ 1 กับแปลงที่ 2 ให้ทำการวัดระยะห่างจากกึ่งกลางแถวที่ 6 ของแปลงที่ 1 ถึงกึ่งกลางแถวที่ 1 ของแปลงที่ 2

3) เมื่อวัดระยะห่างจนครบ 12 แปลงย่อย นำข้อมูลระยะห่างระหว่างแถวทั้งหมดคำนวณหาค่าเฉลี่ยระยะห่างระหว่างแถว

ความยาวแถวย่อย

1) เนื่องจากแปลงย่อยเป็นรูปสี่เหลี่ยมจึงทำการวัดความยาวแปลงทดสอบ โดยวัดความยาวแปลงย่อยในช่องว่างระหว่างแถวย่อยที่ 1 ทางซ้ายในแปลงย่อยที่ 1 และช่องว่างระหว่างแถวย่อยที่ 6 ทางขวาในแปลงย่อยที่ 12 บันทึกผลเป็นข้อมูลความยาวแปลงย่อยด้านซ้าย และด้านขวา

2) นำความยาวแปลงย่อยทดสอบจากการวัดในข้อที่ 1) มาวาดภาพแปลงย่อยประกอบกับข้อมูลระยะห่างระหว่างแถวย่อยเฉลี่ย เพื่อคำนวณหาความยาวแถวย่อยในแต่ละแถว

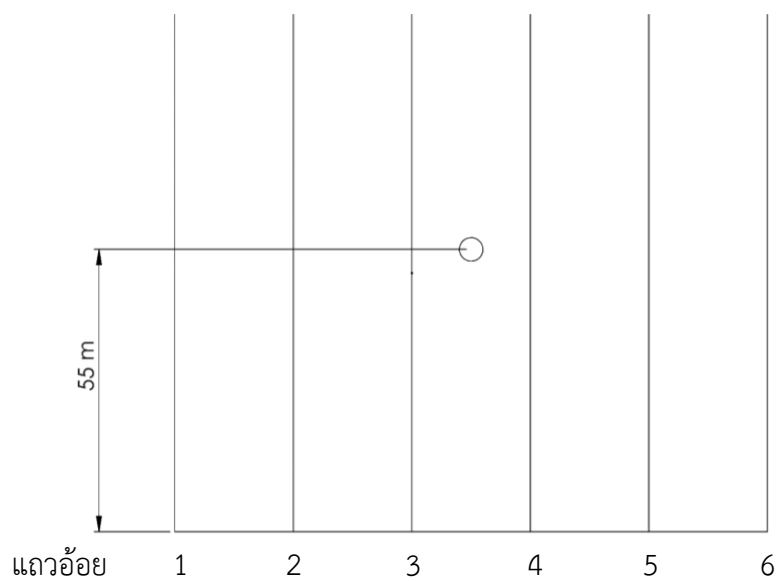


ภาพ 29 ลักษณะแปลงย่อยและการแบ่งแปลงย่อย

3.1.3 การหาสมบัติทางกายภาพของดิน

ศึกษาหาความชื้นและความหนาแน่นมวลรวมของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินในช่องว่างระหว่างแถวอ้อยที่ 3 และ 4 ห่างจากจุดเริ่มต้นของแถวด้านถนน 55 เมตร (ภาพ 30) โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน เป็นวงแหวนทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 5.05 cm และสูง 5 cm (ภาพ 31) เก็บดินที่ระดับความลึก 0-10, 10-20 และ 20-30 cm แปลงย่อยละ 1 ตำแหน่ง โดยมีวิธีการเก็บตัวอย่างดินดังนี้

- 1) วัดความยาวจากจุดเริ่มต้นแปลงทางด้านถนนเข้าไป 55 เมตร
- 2) ทำการเก็บดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ในช่องว่างระหว่างแถวอ้อยที่ 3 และ 4 โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
- 3) ปาดดินให้เรียบ นำดินออกจากวงแหวนทรงกระบอกใส่ลงในกระป๋องอลูมิเนียม และใส่ถุงซิปล็อคเพื่อป้องกันความชื้นออกจากดิน
- 4) ทำการเก็บดินที่จุดเดิมที่ระดับความลึก 10-20 เซนติเมตร และ 20-30 เซนติเมตร ตามลำดับ
- 5) เมื่อเก็บดินครบทุกแปลงย่อยแล้วให้นำดินไปชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งดิจิตอลที่มีความละเอียด 0.01 g ยี่ห้อ Ohaus รุ่น SPX622 (Scout)
- 6) นำดินเข้าอบในตู้อบลมร้อน (ยี่ห้อ Memmert model 30-1060) ด้วยอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- 7) ชั่งน้ำหนักดินหลังอบอีกครั้ง และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดินแห้ง (%d.b.) และความหนาแน่นมวลรวมของดิน



ถนน

ภาพ 30 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลงย่อย



ภาพ 31 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

3.1.4 ลักษณะทางกายภาพของอ้อย

การเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ้อย เพื่อให้ทราบถึงความสูงอ้อย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และน้ำหนักของลำอ้อยและใบอ้อยในแปลงอ้อยทดสอบ ทำโดยสุ่มเก็บต้นอ้อยจากแปลงทดสอบ แปลงย่อยละ 4 ต้น ทั้งหมด 12 แปลงย่อย ทำให้มีข้อมูลต้นอ้อยทั้งหมด 48 ต้น โดยมีวิธีการเก็บข้อมูลลักษณะทางกายภาพของอ้อยทุกต้นดังนี้

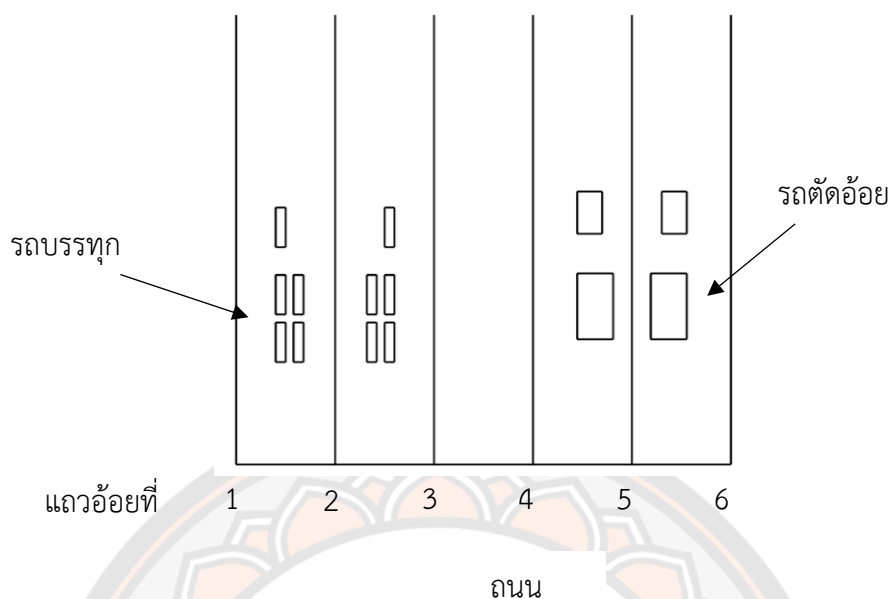
- 1) ตัดต้นอ้อยชิดกับผิวดิน ใช้ตลับเมตรวัดความสูงต้นอ้อยจากโคนถึงปลายใบบันทึกผล
- 2) ตีงใบอ้อยออกจากต้นอ้อยทั้งหมดและหักอ้อยที่จุดหักธรรมชาติ วัดความยาวจากโคนถึงจุดหักธรรมชาติ
- 3) วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำอ้อยที่ตำแหน่งโคนลำ กลางลำ และปลายลำ ด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์ (ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น 500-196-30)
- 4) ชั่งน้ำหนักลำอ้อยและใบอ้อยด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล (รุ่น SF-400)
- 5) นำข้อมูลที่บันทึกผลทั้งหมดคำนวณค่าเฉลี่ยของ ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลาง น้ำหนักของลำอ้อยและใบอ้อย

3.1.5 ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย

ความเร็วในการเคลื่อนที่

เพื่อหาความเร็วในการทำงานของรถตัดอ้อย จึงทำการจับเวลาในระหว่างที่กำหนด โดยมีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) ทำการวัดความยาว 50 เมตรจากจุดเริ่มต้นแถวอ้อยด้านถนน
- 2) ปีกหลักที่ 1 ไว้ที่จุด 50 เมตรจากจุดเริ่มต้นด้านถนน ทางด้านข้างของแปลงทดสอบห่างจากอ้อยแถวแรกของแปลงย่อยอย่างน้อย 6 แถว เพื่อความปลอดภัยในการทำงาน เนื่องจากรถบรรทุกอ้อยเคลื่อนที่คู่กับรถตัดอ้อยและมีระยะห่างกัน 2 แถว (ภาพ 32)
- 3) ปีกหลักที่ 2 ห่างจากหลักแรกเป็นระยะทาง 50 เมตร
- 4) ทำการจับเวลาการเคลื่อนที่ขณะรถตัดอ้อยทำการเก็บเกี่ยวอ้อย ในระยะทาง 50 เมตร ทำการเก็บข้อมูลทั้ง 6 แถวในแต่ละแปลงย่อย
- 5) คำนวณความเร็วในการเคลื่อนที่ในหน่วยเมตรต่อวินาที และทำการหาค่าเฉลี่ยความเร็วการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น

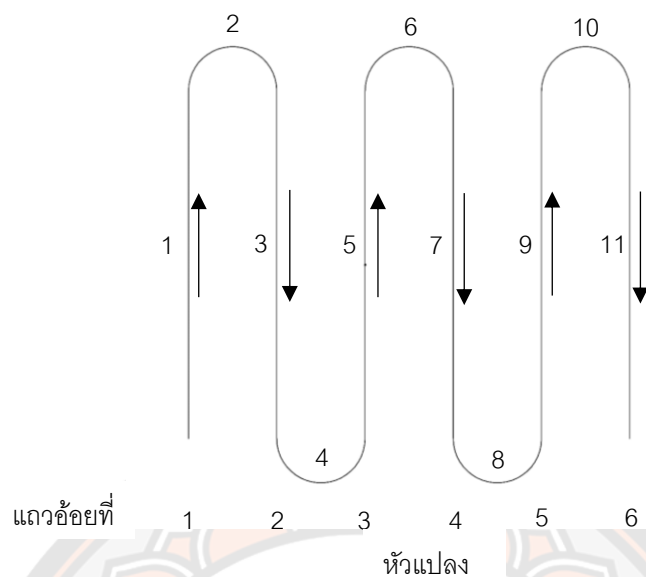


ภาพ 32 การเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยและรถบรรทุกขณะเก็บเกี่ยว

เวลาที่ใช้ในการทำงาน

แบ่งออกเป็นเวลาในการเคลื่อนที่ขณะเก็บเกี่ยวของรถตัดอ้อย และเวลาที่สูญเสีย คือ เวลาลำเลียงอ้อยออกจากสายพานลำเลียงและกลับรถ เก็บข้อมูลเวลาในการทำงานที่ใช้ในแต่ละแปลงย่อย (ภาพ 33) โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) จับเวลาการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อยตั้งแต่จุดเริ่มต้นของแถวแรกจนถึงจุดสุดท้ายของแถว บันทึกเป็นเวลาช่วงที่ 1
- 2) จับเวลาที่สูญเสีย คือ เวลาลำเลียงอ้อยออกจากสายพานลำเลียงและกลับรถ บันทึกเป็นเวลา ช่วงที่ 2
- 3) จับเวลาการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อย บันทึกเวลาเป็นช่วงที่ 3 5 7 9 และ 11 ตามลำดับ และจับเวลาที่สูญเสีย บันทึกเวลาเป็นช่วงที่ 4 6 8 และ 10 ตามลำดับ
- 4) นำเวลาที่บันทึกได้คำนวณหาค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยว เวลาที่สูญเสีย และเวลารวมในการทำงานของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น



ภาพ 33 การเก็บข้อมูลช่วงเวลาต่างๆ ของการทำงานของรถตัดอ้อยในแปลงย่อย

น้ำหนักรอที่เก็บเกี่ยว

น้ำหนักรอที่เก็บเกี่ยว คือ น้ำหนักท่อนอ้อยที่รถตัดอ้อยเก็บเกี่ยวได้ในแต่ละแปลงย่อย โดยทำการเก็บข้อมูลน้ำหนักรอที่เก็บเกี่ยวได้ของแต่ละแปลงย่อยจากน้ำหนักรถบรรทุกในแต่ละคัน นำไปคำนวณร่วมกับเวลาที่ใช้ในการทำงาน เพื่อคำนวณหาความหนาแน่นอ้อยต่อพื้นที่ความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนัก และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถตัดอ้อย

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

การหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถตัดอ้อย จะอยู่ในหน่วยของ ลิตรต่อตันอ้อย โดยมีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) ทำการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงรถตัดอ้อยให้เต็มถังบรรจุก่อนการทดสอบ
- 2) หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยในแต่ละแปลงย่อย ทำการเติมน้ำมันเชื้อเพลิงให้เต็มถังบรรจุอีกครั้ง
- 3) บันทึกปริมาตรน้ำมันที่เติมหลังจากการเก็บเกี่ยว
- 4) คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในหน่วย ลิตรต่อตันอ้อย ดัง

สมการที่ 3.1

$$\text{อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อยที่เก็บเกี่ยวได้ (ตัน)}}{\text{ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ (ลิตร)}} \quad \dots (3.1)$$

สมการที่ใช้ในการคำนวณ

จากการเก็บข้อมูลความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย สามารถนำมาคำนวณหาความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานเชิงเวลา ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา สมการที่ใช้ในการคำนวณมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี คือ ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อยที่ทำงานได้โดยไม่มีเวลาที่สูญเสีย รายละเอียดการคำนวณแสดงดังสมการที่ 3.2

$$C_{th} = W \times S \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \times \frac{3600 \text{ rai}}{1600 \text{ m}^2} \quad \dots (3.2)$$

เมื่อ C_{th} คือ ความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)

W คือ หน้ากว้างการทำงาน (ระยะห่างระหว่างแถวอ้อย) (เมตร)

S คือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อย (เมตร/วินาที)

ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ คือ ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อยในการเก็บเกี่ยวอ้อยจริง รายละเอียดการคำนวณแสดงดังสมการที่ 3.3

$$C_a = \frac{A}{T_t} \quad \dots (3.3)$$

เมื่อ C_a คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ (ไร่/ชั่วโมง)

A คือ พื้นที่ในการทำงาน (ไร่)

T_t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด (ชั่วโมง)

ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ คือ อัตราส่วนของความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่กับความสามารถในการทำงานเชิงทฤษฎี สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 3.4

$$E_a = \frac{C_a}{C_{th}} \times 100 \quad \dots (3.4)$$

เมื่อ E_a คือ ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)

ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา คือ อัตราส่วนของเวลาขณะที่รถตัดอ้อยเก็บเกี่ยวอ้อยในทางตรงกับเวลาที่ใช้ในการทำงานทั้งหมด สามารถคำนวณได้ ดังสมการที่ 3.5

$$E_t = \frac{T_w}{T_t} \times 100 \quad \dots\dots (3.5)$$

เมื่อ E_t คือ ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลา (เปอร์เซ็นต์)

T_w คือ เวลาที่รถตัดอ้อยเก็บเกี่ยวอ้อยในทางตรง

3.1.6 ประสิทธิภาพการทำงานของรถตัดอ้อย

ความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อย

เป็นการหามวลของท่อนอ้อยต่อหนึ่งปริมาตร โดยมีวิธีการเก็บข้อมูลความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อย ดังนี้

- 1) สุ่มท่อนอ้อยจากรถบรรทุกใส่กระบะสอบ
- 2) เทอ้อยจากกระบะสอบใส่ในกล่องขนาด $1 \times 1 \times 0.5$ เมตร จนเต็มพอดี (ภาพ 34)
- 3) นำท่อนอ้อยในกล่องมาชั่งน้ำหนัก
- 4) คำนวณหาความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อยจากรถแต่ละรุ่น ดังสมการ

3.6

$$\text{ความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อย} = \frac{\text{น้ำหนักอ้อยในกล่อง}}{1 \times 1 \times 0.5} \times 2 \quad \dots\dots (3.6)$$

- 5) เก็บข้อมูลความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อยรุ่นละ 2 ซ้ำ หา

ค่าเฉลี่ย



ภาพ 34 นำอ้อยใส่กล่องเพื่อวัดความหนาแน่นมวลรวมของอ้อย

ความยาวท่อนอ้อย

การหาความยาวท่อนอ้อยที่ได้จากรดตัดอ้อยแต่ละรุ่น มีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) สุ่มท่อนอ้อยมาวัดความยาว จำนวน 20 ท่อนต่อรถ 1 รุ่น
- 2) นำข้อมูลมาคำนวณหาความยาวท่อนอ้อยเฉลี่ยของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น

ความสะอาดท่อนอ้อย

เป็นการเก็บข้อมูลเพื่อหาสิ่งเจือปนที่ติดมากับอ้อยในรถบรรทุก โดยมีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) สุ่มอ้อยจากรถบรรทุกใส่กระสอบประมาณ 20 กิโลกรัม
- 2) ทำการแยกท่อนอ้อย ใบอ้อย ยอดอ้อยและดิน ชั่งน้ำหนัก
- 3) ทำซ้ำในทุกแปลงย่อยโดยบันทึกข้อมูลเป็นความสะอาดรถตัดอ้อยในแต่ละรุ่น

3.1.7 ความเสียหายและการสูญเสีย

ความเสียหายท่อนอ้อย

เป็นการศึกษาความเสียหายท่อนอ้อยที่เกิดจากชุดใบมีดสับท่อนของรถตัดอ้อย โดยแบ่งความเสียหายออกเป็น 3 ระดับดังนี้

- 1) ท่อนอ้อยไม่เสียหาย คือ บริเวณรอยตัดของท่อนอ้อยไม่มีรอยแตก
- 2) ท่อนอ้อยเสียหายเล็กน้อย คือ บริเวณรอยตัดมีรอยแตกร้าว แต่ยังอยู่ในลักษณะเป็นอ้อยเต็มท่อน
- 3) ท่อนอ้อยเสียหายมาก คือ ท่อนอ้อยแตกหรือท่อนอ้อยไม่เต็มท่อน

การเก็บข้อมูลความเสียหายท่อนอ้อย มีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) ทำการประเมินความเสียหายของรอยตัดที่ท่อนอ้อยจากท่อนอ้อยที่ทำกรวัดความยาวท่อนอ้อย จำนวน 20 ท่อนต่อรถ 1 รุ่น
- 2) นำข้อมูลความเสียหายท่อนอ้อยมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายท่อนอ้อยจากรดตัดอ้อยแต่ละรุ่น

ความเสียหายรอยตัดที่ต่ออ้อย

เป็นการประเมินความเสียหายที่เกิดจากชุดใบมีดตัดโคนอ้อยในการตัดอ้อย โดยประเมินความเสียหาย 3 ระดับคือ

- 1) รอยตัดไม่เสียหาย คือ รอยตัดที่ต่ออ้อยไม่มีรอยแตก

- 2) รอยตัดเสียหายเล็กน้อย คือ รอยตัดที่ตออ้อยมีรอยแตกเล็กน้อย
- 3) รอยตัดที่ตอเสียหายมาก คือ รอยตัดที่ตออ้อยแตกหรือละลาย

ความเสียหายตออ้อย

เป็นการประเมินความเสียหายที่เกิดจากชุดใบมีดตัดโคน โดยประเมินจากลักษณะตออ้อยหลังจากถูกตัดด้วยรถตัดอ้อย ความเสียหายตออ้อยแบ่งเป็น 3 ระดับ ดังแสดงในภาพ 35

- 1) ตอไม่เสียหาย คือ ตออ้อยแน่นไม่มีการขยับ
- 2) ตออ้อยเสียหายเล็กน้อย คือ ตออ้อยขยับ
- 3) ตออ้อยเสียหายมาก คือ ตออ้อยถูกยกหรือหลุดจากพื้นดิน



ก) ไม่เสียหาย ข) เสียหายเล็กน้อย ค) เสียหายมาก

ภาพ 35 ลักษณะความเสียหายของตออ้อย

การเก็บข้อมูลความเสียหายของรอยตัดที่ตออ้อยและความเสียหายตออ้อยมีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

- 1) ทำการวัดความยาวจากจุดเริ่มต้นแถวอ้อยทางด้านถนนเป็นระยะทาง 100 เมตร
- 2) เก็บข้อมูลความเสียหายรอยตัดที่ตออ้อยและลักษณะความเสียหายของตออ้อยจำนวน 10 ตอต่อแถว จำนวน 6 แถวต่อแปลงย่อย
- 3) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความเสียหายรอยตัดที่ตอและความเสียหายตออ้อย

ปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลง

ตามมอก.มอก.2773-2560 (2560) ปริมาณอ้อยตกในแปลงต้องไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อยที่เก็บเกี่ยว ปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลงมีวิธีการเก็บข้อมูลดังนี้

1) หลังจากการตัดอ้อยเก็บเกี่ยวอ้อยเรียบร้อยแล้ว วัดระยะทางจากจุดเริ่มต้นแถวอ้อยที่ 3 จากด้านถนนเป็นระยะทาง 55 เมตร

2) วางกรอบสี่เหลี่ยมขนาด 3×3 เมตรคร่อมแถวอ้อยที่ 3 (ภาพ 36)

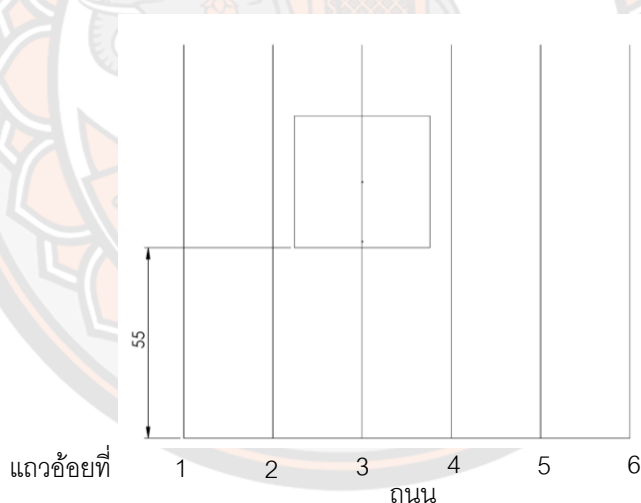
3) เก็บท่อนอ้อยที่ตกจากการตัดอ้อยใส่กระสอบ (ภาพ 37)

4) ชั่งน้ำหนักปริมาณอ้อยที่ตกในแปลงย่อย

5) ทำการเก็บข้อมูลในทุกแปลงย่อย

6) คำนวณปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลง ดังสมการ 3.7

$$\text{น้ำหนักท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลง} = \frac{\text{น้ำหนักท่อนอ้อยในกรอบ}}{9 \text{ m}^2} \times \frac{1600 \text{ m}^2}{1 \text{ rai}} \dots\dots (3.7)$$



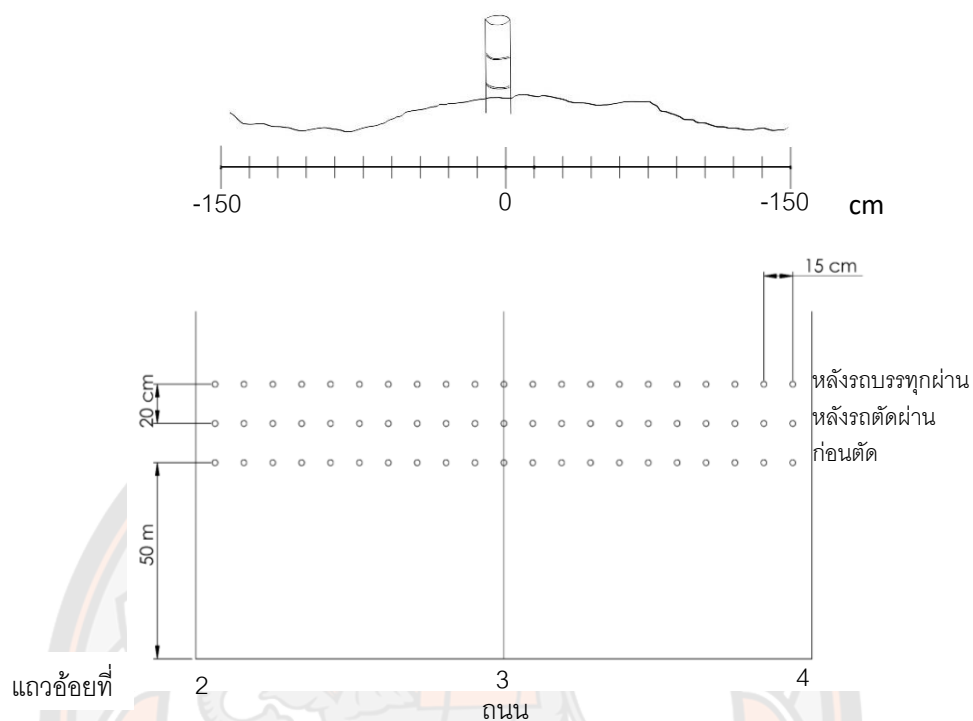
ภาพ 36 ตำแหน่งการวางกรอบเพื่อเก็บข้อมูลการสูญเสียท่อนอ้อยในแปลงย่อย



ภาพ 37 การเก็บการสูญเสียฟอนอ้อยในแปลงโดยใช้กรอบขนาด 3x3 เมตร

3.1.8 การอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยและรถบรรทุก

เพื่อเป็นการเปรียบเทียบการอัดแน่นดินจากรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น และรถบรรทุกจากการเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูลค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน ก่อนตัด หลังรถตัดผ่าน และหลังรถบรรทุกผ่าน ตำแหน่งที่ทำการเก็บข้อมูลจะตัดขวางอ้อยแถวที่ 3 ในแปลงย่อยและมีระยะห่างจากจุดเริ่มต้นแถวด้านถนน 50 เมตร (ภาพ 38) เพื่อหลีกเลี่ยงรถตัดอ้อยและรถบรรทุกกลับรถที่หัวแปลงหน้าตัดในการเก็บข้อมูลกว้าง 3 เมตร แต่ละตำแหน่งมีระยะห่างกัน 15 เซนติเมตร จำนวน 21 ตำแหน่ง โดยให้ตำแหน่งกึ่งกลางอยู่ที่กลางแถวอ้อยพอดี เก็บข้อมูลค่าความต้านทานดินด้วย Cone Penetrometer ยี่ห้อ Findley รุ่น SP1000 (ภาพ 39)



ภาพ 38 ตำแหน่งในการเก็บข้อมูลการอัดแน่นดินในแปลงย่อย



ภาพ 39 อุปกรณ์วัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดิน (Cone Penetrometer) ยี่ห้อ Findley รุ่น SP1000

วิธีการเก็บข้อมูลค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินมีดังนี้

1) ทำการวัดระยะทางจากจุดเริ่มต้นแถวอ้อยด้านถนนเป็นระยะ 50 เมตร

2) ใช้ตลับเมตรวัดความยาว 3 เมตร โดยให้ตำแหน่งที่ 150 เซนติเมตรอยู่กึ่งกลางแถวอ้อย

3) วางอุปกรณ์การวัด ณ ตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูล แล้วกดอุปกรณ์ลงให้ปลาย Cone เสมอดินพอดี บันทึกข้อมูลแรงที่ระดับความลึก 0 เซนติเมตร (ภาพ 40 ก)

4) ทำการกดอุปกรณ์ด้วยแรงที่สม่ำเสมอ และบันทึกค่าแรงกดที่อุปกรณ์อ่านได้ในทุกๆความลึก 5 เซนติเมตร จนถึงความลึก 50 เซนติเมตรหรือแรงกดสูงสุดที่อุปกรณ์อ่านค่าได้ที่ 50 กิโลกรัม (ภาพ 40 ข)

5) ทำสัญลักษณ์ด้วยเชือกปอบริเวณกึ่งกลางแถวอ้อยในแนวที่ทำการเก็บข้อมูลความต้านทานการแทงทะลุของดิน

6) ทำซ้ำในข้อที่ 2) ถึง 4) หลังจากรถตัดอ้อยผ่าน และหลังจากรถบรรทุกผ่าน โดยเก็บข้อมูลห่างจากแนวแรก 20 เซนติเมตร

7) คำนวณหาค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินในหน่วยของ แรงดันต่อพื้นที่ หัวกดดินเป็นรูปทรงกรวย ฐานกรวยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.7 มิลลิเมตร



ก)

ข)

ภาพ 40 การเก็บข้อมูลการอัดแน่นของดิน

3.1.8 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ สามารถช่วยเกษตรกรในการตัดสินใจเลือกซื้อรถตัดอ้อยขนาดต่างๆ ได้ เพื่อการใช้งานที่คุ้มค่าและเหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์มีด้วยกันดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายคงที่

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดเวลาไม่ว่ารถตัดอ้อยจะทำงานหรือไม่ทำงาน ซึ่งประกอบด้วย ค่าเสื่อมราคาและค่าดอกเบี้ย โดยคำนวณดังสมการ (3.8)

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคา} + \text{ค่าดอกเบี้ย} \quad \dots (3.8)$$

- ค่าเสื่อมราคา เมื่อเวลาผ่านไปราคาของรถตัดอ้อยจะลดลง อาจเนื่องมาจากอายุการใช้งาน การสึกหรอ หรือความล้าสมัยของเทคโนโลยี ในการคิดค่าเสื่อมราคาจะคิดในแบบราคาตกลงเท่ากันในทุกๆ ปีตลอดอายุการใช้งาน โดยมีการคำนวณดังสมการ 3.9

$$DP = \frac{(P-S)}{L} \quad \dots (3.9)$$

เมื่อ DP คือ ค่าเสื่อมราคา (บาท/ปี)

P คือ ราคาซื้อรถตัดอ้อย (บาท)

S คือ ราคาซากของรถตัดอ้อย (บาท) โดยปกติคิดที่ 10 เปอร์เซ็นต์ของราคาซื้อรถตัดอ้อย

L คือ อายุการใช้งานของรถตัดอ้อย (ปี)

- ค่าดอกเบี้ย การคำนวณค่าดอกเบี้ยจะขึ้นอยู่กับแหล่งทุนที่ใช้ในการซื้อ ถ้าใช้เงินกู้จะคิดตามอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ แต่ถ้าใช้เงินส่วนตัวจะคิดตามอัตราดอกเบี้ยเงินฝาก ในการซื้อรถตัดอ้อยที่มีราคาสูงจึงใช้เงินกู้ในการซื้อ โดยคำนวณได้ดังสมการ 3.10

$$I = \frac{(P+S)}{2} \times \frac{i}{100} \quad \dots (3.10)$$

เมื่อ I คือ ค่าดอกเบี้ยเงินกู้คงที่ต่อปี (บาท/ปี)

i คือ อัตราดอกเบี้ย (เปอร์เซ็นต์/ปี)

2) ค่าใช้จ่ายผันแปร เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเมื่อรถตัดอ้อยทำงาน ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าบำรุงรักษาและค่าจ้างแรงงาน โดยคำนวณได้จากสมการ 3.11

$$\text{ค่าใช้จ่ายผันแปร} = \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} + \text{ค่าบำรุงรักษา} + \text{ค่าจ้างแรงงาน} \quad \dots (3.11)$$

3) จุดคุ้มทุนหรือการใช้งานคุ้มทุน การเลือกซื้อรถตัดอ้อยมาใช้งานจะต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นเมื่อใช้เครื่องจักร เพื่อเป็นข้อมูลตัดสินใจสำหรับการซื้อเครื่องจักรมาใช้งาน โดยมีการคำนวณดังนี้

$$\text{อัตราค่าจ้าง} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่}}{\text{การใช้งานคุ้มทุน}} + \text{ค่าใช้จ่ายผันแปร} \quad \dots (3.12)$$

$$\text{กำไร} = \text{อัตราค่ารับจ้างตัดอ้อย} - \text{ค่าใช้จ่ายรวม} \quad \dots (3.13)$$

$$\text{การใช้งานคุ้มทุน (ตัน/ปี)} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายคงที่}}{(\text{อัตราค่ารับจ้าง} - \text{ค่าใช้จ่ายผันแปร})} \quad \dots (3.14)$$

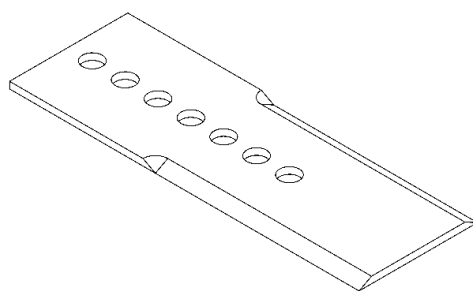
$$\text{จุดคุ้มทุน (ตัน)} = \frac{\text{ราคาซื้อรถตัดอ้อย}}{\text{กำไร (บาท/ตัน)}} \quad \dots (3.15)$$

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (ปี)} = \frac{\text{ราคาซื้อรถตัดอ้อย}}{\text{กำไร (บาท/ปี)}} \quad \dots (3.16)$$

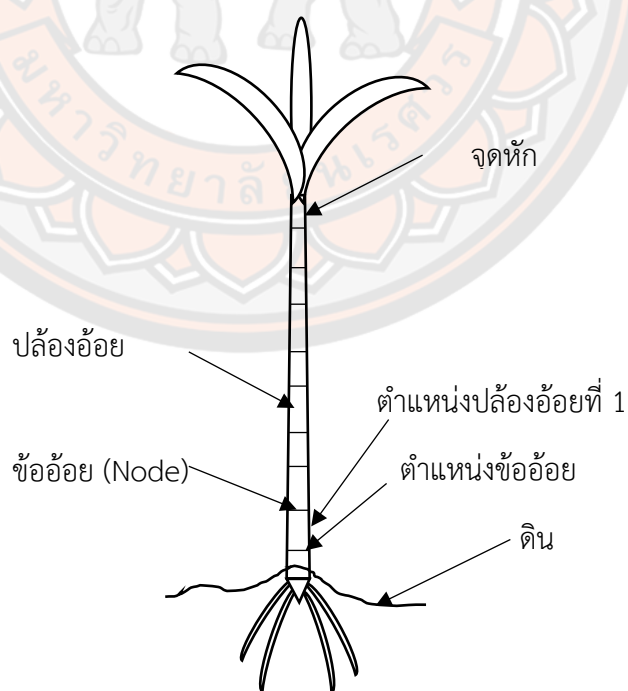
3.2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดอ้อย

ความเสียหายที่เกิดขึ้นจากรถตัดอ้อย ส่วนหนึ่งเกิดจากชุดใบมีดตัดโคนทำให้ตออ้อยเสียหาย การศึกษานี้ทำให้ทราบถึงแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดอ้อย โดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine (UTM) ยี่ห้อ BPS Instrument รุ่น BA-25 ขนาด 25 กิโลนิวตัน ในการบันทึกค่าแรงเฉือนตัดท่อนอ้อย อ้อยที่ใช้ในการทดสอบเป็นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 อายุ 12 เดือน ใบมีดตัดที่ใช้เป็นใบมีดตัดโคนที่ใช้กับรถตัดอ้อยความหนา 5 มิลลิเมตร (ภาพ 41) การทดสอบจะทำการตัดที่ข้ออ้อย (node) และระหว่างข้ออ้อย (internode) ในตำแหน่งโคนลำอ้อยไปจนถึงจุดหักธรรมชาติของลำอ้อย มุมที่ใช้ในการตัดคือ 0 องศาและ 14 องศา เพื่อเลียนแบบมุมใบมีดตัดโคนอ้อยกับแนวระดับของรถตัดอ้อยจากคู่มือ (Deere & Company, 2013) เพื่อเปรียบเทียบการตัดแบบตรงและแบบเฉียง ใช้

ความเร็วในการตัดที่ 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที (Taghijarah et al., 2011) และเปรียบเทียบความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะกับตำแหน่งในการตัด กำหนดให้ตำแหน่งที่ 1 คือตำแหน่งของข้ออ้อยหรือปล้องอ้อยที่อยู่โคนลำอ้อย ดังแสดงในภาพ 42 เรียงลำดับตำแหน่งการตัดจากโคนลำถึงจุดหักธรรมชาติ



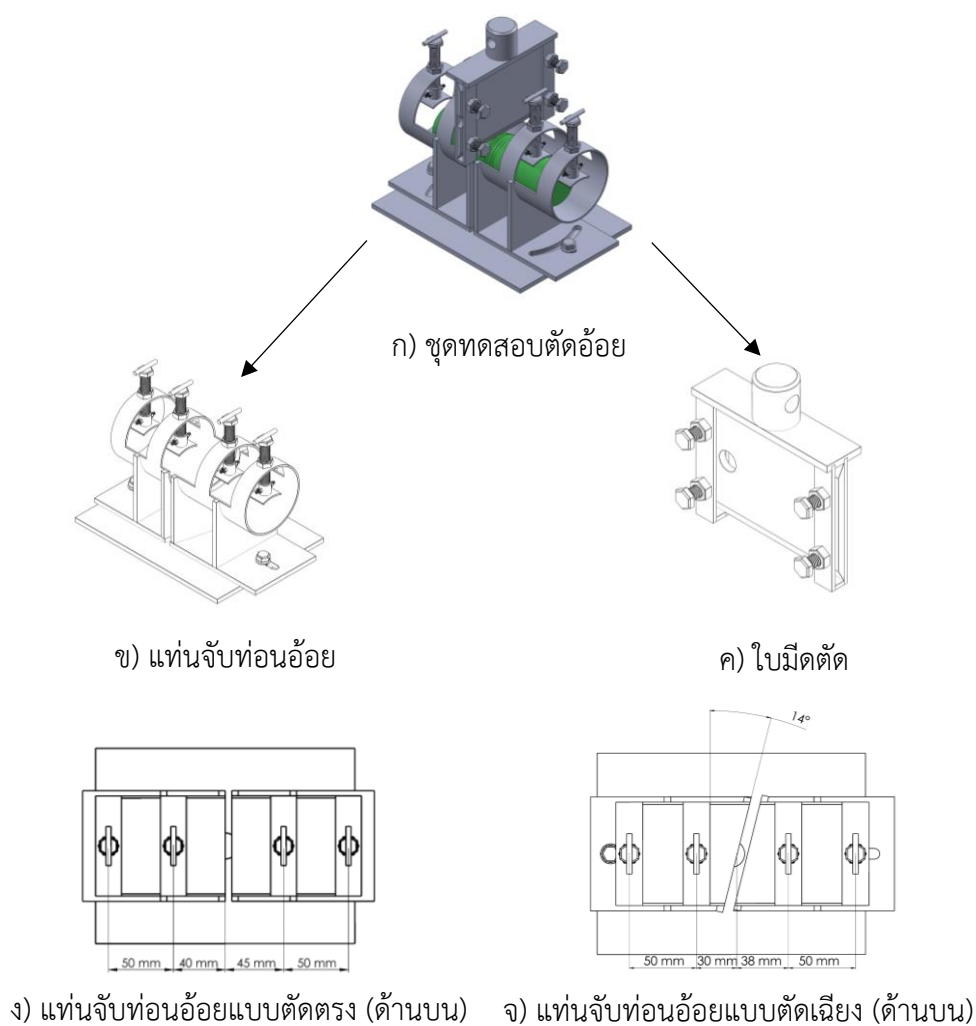
ภาพ 41 ลักษณะของใบมีดตัดโคนอ้อย



ภาพ 42 ตำแหน่งต่างๆของต้นอ้อย

3.2.1 การออกแบบแท่นจับอ้อยและชุดยึดใบมีดสำหรับทดสอบ

ทำการออกแบบชุดแท่นยึดอ้อยเพื่อใช้ทดสอบการตัด (ภาพ 43 ก) โดยออกแบบชุดใบมีดโดยใช้ใบมีดตัดโคนของรถตัดอ้อยความหนา 5 มิลลิเมตร ยึดเข้ากับชุดจับใบมีดที่ออกแบบให้ตำแหน่งปลายของคมใบมีดอยู่กึ่งกลางของหัวจับพอดีเพื่อให้แรงกดลงที่ตำแหน่งกลางคมของใบมีด (ภาพ 43 ข) ในการออกแบบแท่นยึดท่อนอ้อยต้องสามารถยึดจับท่อนอ้อยได้หลายขนาด จึงใช้ท่อกลมพร้อมด้วยการทำตัวกดท่อนอ้อยไม่ให้ขยับขณะทำการทดสอบตัด (ภาพ 43 ค) และเนื่องจากการทดสอบมีทั้งการตัดในแนวตรง (0 องศา) และการตัดในแนวเฉียง (14 องศา) จึงแยกแท่นยึดอ้อยออกเป็น 2 ชุด คือ แท่นยึดอ้อยสำหรับตัดตรง (ภาพ 43 ง) และแท่นยึดอ้อยสำหรับตัดเฉียง (ภาพ 43 จ)



ภาพ 43 แบบแท่นยึดท่อนอ้อยและชุดใบมีดตัดสำหรับใช้กับเครื่อง UTM

3.2.2 การตั้งค่า Output ข้อมูลจากเครื่อง UTM

ตั้งค่าให้เครื่อง UTM เก็บค่าตั้งแต่เริ่มตัดจนตัดเสร็จโดยบันทึกข้อมูลลงในตาราง Excel เพื่อความสะดวกในการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบได้แก่ แรง ความดัน ระยะการเคลื่อนที่ของใบมีดและเวลาที่ใช้ในการตัดท่อนอ้อย

3.2.3 การเตรียมท่อนอ้อยก่อนการทดสอบ

ในการทดสอบจะใช้ท่อนอ้อยทั้งหมด 60 ลำ แบ่งเป็นสำหรับการทดสอบตัดที่ข้ออ้อย 30 ลำ และที่ปล้องอ้อย 30 ลำ ตัดด้วยมุม 0 องศาและ 14 องศา ความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อวินาที ความเร็วละ 5 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนการเตรียมดังนี้

- 1) ทำสัญลักษณ์ที่ต้นอ้อย ณ ตำแหน่งขีดผิวดินด้วยปากกา Permanent และทำการขุดและตัดอ้อยที่ตำแหน่งต่ำกว่าผิวดิน
- 2) ทำการหักอ้อยที่ตำแหน่งจุดหักธรรมชาติเพื่อเอายอดอ้อยออก
- 3) วัดความยาวลำอ้อยตั้งแต่ตำแหน่งขีดผิวดินไปจนถึงปลายลำอ้อย
- 4) ในกรณีที่ทดสอบหาแรงเฉือนที่ตำแหน่งข้ออ้อย กำหนดให้ข้ออ้อยที่ 1 คือข้ออ้อยที่อยู่ใกล้กับโคนอ้อยมากที่สุดเรียงลำดับไปจนถึงปลายลำอ้อย วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้ออ้อยทุกตำแหน่ง บันทึกผล จากนั้นใช้มีดตัดอ้อยที่ตำแหน่งกึ่งกลางปล้องอ้อย จะได้ชิ้นอ้อยสำหรับนำไปยึดกับแท่นทดสอบการตัดที่เครื่อง UTM ทำการทดสอบการตัดทีละข้อเรียงตามลำดับจนกว่าจะหมดลำ
- 5) ในกรณีที่ทดสอบหาแรงเฉือนที่ตำแหน่งปล้องอ้อย กำหนดให้ปล้องอ้อยที่ 1 คือปล้องอ้อยที่อยู่ใกล้กับโคนอ้อยมากที่สุดเรียงลำดับไปจนถึงปลายลำอ้อย วัดความยาวของปล้องอ้อยโดยวัดระยะจากข้ออ้อยถึงข้ออ้อยถัดไป วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปล้องอ้อย โดยวัดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของความยาวปล้องอ้อย บันทึกผล จากนั้นใช้มีดตัดอ้อยที่ตำแหน่งข้ออ้อย จะได้ชิ้นปล้องอ้อยสำหรับนำไปยึดกับแท่นทดสอบการตัดที่เครื่อง UTM ทำการทดสอบการตัดทีละปล้องเรียงตามลำดับจนกว่าจะหมดลำ

3.2.4 การทดสอบสมบัติทางกลของอ้อย

- 1) นำท่อนอ้อยยึดกับแท่นจับท่อนอ้อย โดยหมุนตัวยึดให้กดปลายทั้ง 2 ด้าน
- 2) ปรับตั้งความเร็วในการตัดที่ 5 มิลลิเมตรต่อวินาที เลื่อนตำแหน่งใบมีดตัดให้ใกล้กับผิวของท่อนอ้อย จากนั้นกด Tare เพื่อตั้งค่าให้แรงเท่ากับ 0 นิวตัน

3) ทำการกดสตาร์ทเพื่อทำการทดสอบ ใส่ค่าพื้นที่หน้าตัดท่อนอ้อยที่คำนวณจากเส้นผ่านศูนย์กลาง แล้วกดตกลง เครื่องจะเริ่มทำการตัดอ้อย

4) บันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับท่อนอ้อยขณะตัดเพื่อเป็นข้อมูลประกอบกับค่าของแรงที่ใช้ในการตัด (ภาพ 44)

5) เมื่อตัดเสร็จให้กด Stop และบันทึกข้อมูลผลการทดสอบที่ได้จากเครื่อง UTM

6) ทำซ้ำ ตามข้อ 1) ถึง 5) จนครบ 4 ซ้ำ ก่อนเปลี่ยนความเร็วเป็น 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

7) เมื่อทำการทดสอบการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยครบทุกความเร็ว ให้เปลี่ยนเป็นชุดแท่นทดสอบตัดเฉียง และทำตามข้อ 1) ถึง 6) ในการทดสอบตัดเฉียง



ภาพ 44 การทดสอบตัดอ้อยด้วยเครื่อง UTM

3.2.4 สมการที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูลในการทดสอบจะคำนวณเป็นค่าความเค้นเฉือน (Shear Strength, τ) ตามสมการที่ 3.16 และสามารถคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการเฉือนตัด (Energy, E_s) จากการ Integrate พื้นที่ใต้แผนภูมิของแรงเฉือนกับเวลาเพื่อคำนวณหาค่าพลังงานจำเพาะ (Specific Energy, E_{sc}) ดังสมการที่ 3.17

$$\tau = \frac{F}{2A} \quad \dots (3.16)$$

เมื่อ τ คือ แรงเฉือน (เมกะปาสคาล)

F คือ แรงที่อ่านค่าได้จากเครื่อง UTM (นิวตัน)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของท่อนอ้อย (ตารางมิลลิเมตร)

$$E_{sc} = \frac{E_s}{A} \quad \dots (3.17)$$

เมื่อ E_{sc} คือ Specific Energy (มิลลิจูลต่อตารางมิลลิเมตร)

E_s คือ Energy (มิลลิจูล)

3.3 ศึกษาผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ความเร็วใบมีดและมุมของงานยึดใบมีดที่ใช้ในการตัดอ้อยต่ออ้อย

เก็บข้อมูลต่างๆ ของชุดใบมีดตัดโคนอ้อย (ภาพ 45) จากรถตัดอ้อยที่ทำการศึกษาศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของชุดใบมีด เพื่อคำนวณหาระยะการตัดของใบมีดและความเร็วที่ปลายใบมีด ตามสมการที่ 3.18 และ 3.19 ตามลำดับ และนำมาวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกับความเสียหายของท่อนอ้อย เพื่อเป็นแนวทางในการลดความเสียหายของท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อย



ภาพ 45 ชุดใบมีดตัดโคนของรถตัดอ้อย

3.3.1 ระยะการตัดของใบมีด คือ ระยะทางเมื่อมีดตัดโคนใบที่ 1 ตัดต้นอ้อยเทียบกับใบที่ 2 ขณะรถตัดอ้อยเคลื่อนที่ โดยสามารถคำนวณได้จากสมการ 3.18 (กิตติพล และคณะ, มปป.)

$$P = \frac{60V}{ZN} \quad \dots (3.18)$$

เมื่อ P คือ ระยะการตัดของใบมีด (เมตร)

V คือ ความเร็วการเคลื่อนที่ของรถตัดอ้อย (เมตรต่อวินาที)

Z คือ จำนวนใบมีดของชุดใบมีดตัดโคนต่อข้าง

N คือ ความเร็วรอบการหมุนของใบมีด (รอบต่อนาที)

3.3.2 ความเร็วปลายใบมีด คือ ความเร็วที่จุดปลายของใบมีดที่ประทะกับลำอ้อย สามารถคำนวณได้ตามสมการ 3.19 (Mechanical Engineering Site, 2021)

$$u = \frac{\pi DN}{60} \quad \dots (3.19)$$

เมื่อ u คือ ความเร็วปลายใบมีดตัด (เมตรต่อวินาที)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางชุดใบมีดตัดโคน (เมตร)

3.4 วิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของการศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อย โดยใช้โปรแกรม Minitab 16 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทดสอบความแตกต่างของข้อมูลที่มีนัยสำคัญที่ระดับ $p \leq 0.05$ ด้วยวิธี Fisher's least significant difference (LSD)

บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ประสิทธิภาพรถตัดอ้อยที่ใช้งานในเขตภาคเหนือตอนล่าง

4.1.1 รถตัดอ้อย

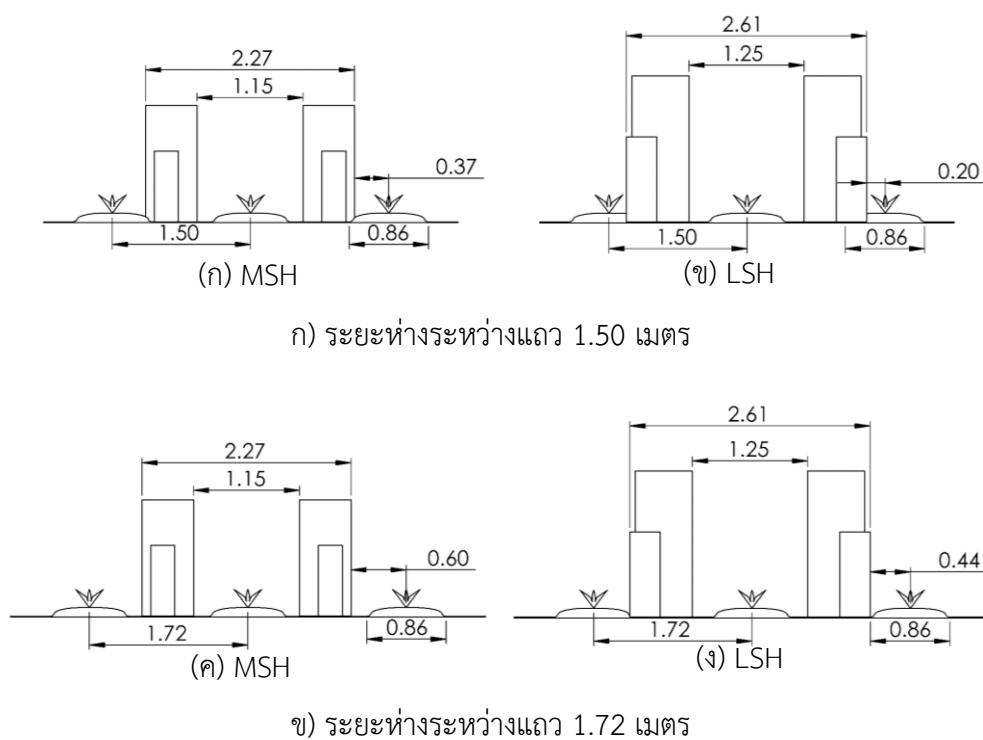
รถตัดอ้อยที่มีใช้งานในเขตภาคเหนือตอนล่างและใช้ในการทดสอบ มีข้อมูลจำเพาะของรถตัดอ้อยแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 ข้อมูลจำเพาะของรถตัดอ้อย

ข้อมูลจำเพาะ	รุ่น			
	MSH1	MSH2	LSH1	LSH2
กำลังเครื่องยนต์ (กิโลวัตต์)	179	164	251	260
ความจุเครื่องยนต์ (ลิตร)	6.7	5.9	9.0	8.7
ขนาดถังน้ำมัน (ลิตร)	400	200	605	400
มวล (กิโลกรัม)	10,870	9,150	17,070	16,850
จำนวนใบมีดตัดโคนอ้อย (ใบ)	8	8	10	10
องศาชุดใบมีดตัดโคนอ้อย (องศา)	19	17	17	20
เส้นผ่านศูนย์กลางล้อหน้า (เมตร)	0.780	0.710	0.940	0.875
เส้นผ่านศูนย์กลางล้อหลัง (เมตร)	1.247	1.321	1.612	1.612
ความกว้างล้อหน้า (เมตร)	0.26	0.21	0.33	0.41
ความกว้างล้อหลัง (เมตร)	0.54	0.51	0.63	0.64
ความกว้างล้อหน้าซ้าย-ขวา (เมตร)	2.080	1.875	2.610	2.410
ความกว้างล้อหลังซ้าย-ขวา (เมตร)	2.270	2.130	2.490	2.510
ความยาวฐานล้อหน้า-หลัง (เมตร)	2.260	2.290	2.650	2.525

ข้อมูลจำเพาะของรถตัดอ้อยที่ใช้ทดสอบ (ตาราง 4) พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางคันที่ 1 (MSH1) คันที่ 2 (MSH2) รถตัดอ้อยขนาดใหญ่คันที่ 1 (LSH1) และคันที่ 2 (LSH2) มีขนาด

เครื่องยนต์ 179 164 251 และ 260 กิโลวัตต์ตามลำดับ มีมวล 10,870 9,150 17,070 และ 16,850 กิโลกรัม ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าน้ำหนักเฉลี่ยของรถตัดอ้อยขนาดใหญ่กว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง 1.69 เท่า จำนวนใบมีดตัดโคนของรถตัดอ้อยขนาดกลาง 2 ข้างรวมกันมี 8 ใบ ขณะที่รถตัดอ้อยขนาดใหญ่มีจำนวนใบมีดตัดโคน 10 ใบ แต่องศาของชุดใบมีดตัดโคนไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อย เมื่อพิจารณาขนาดเฉลี่ยของเส้นผ่านศูนย์กลางล้อหน้าและหลัง ความกว้างล้อหน้าและหลัง ความกว้างจากล้อหน้าซ้าย-ขวา ความกว้างจากล้อหลังซ้าย-ขวา และระยะห่างระหว่างเพลาล้อหน้า-หลัง ของรถตัดอ้อยขนาดใหญ่และขนาดกลางมีความแตกต่างกัน 1.22 1.57 1.21 1.26 1.27 1.14 และ 1.14 เท่า ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ารถตัดอ้อยขนาดกลางมีความแตกต่างทั้งต้นกำลัง น้ำหนัก จำนวนใบมีดตัดโคนอ้อยและมิติขนาด



ภาพ 46 เปรียบเทียบรถตัดอ้อย MSH และ LSH ในแปลงอ้อย
ที่มีระยะห่างระหว่างแถว 1.50 และ 1.72 เมตร

เมื่อนำข้อมูลมิติขนาดจากตาราง 4 กับระยะห่างระหว่างแถวของอ้อย 1.50 เมตร ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างแถวที่เกษตรกรในเขตภาคเหนือตอนล่างนิยมปลูก และระยะห่างระหว่างแถว 1.72 เมตรในแปลงอ้อยที่ทำการทดสอบมาพิจารณา (ภาพ 46) พบว่า ที่ระยะห่างระหว่างแถว 1.50 และ 1.72 เมตร รถตัดอ้อยขนาดกลางมีระยะห่างระหว่างล้อกับแถวอ้อย 0.37 และ 0.60 เมตร ตามลำดับ แต่รถตัดอ้อยขนาดใหญ่ มีระยะห่างระหว่างล้อกับแถวอ้อย 0.20 และ 0.44 เมตร ตามลำดับ เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่แตกกอ และจากรายงานผลการศึกษาโดย รัตน์า และคณะ (2562) พบว่า ความกว้างกออ้อยเฉลี่ย 22.3 เซนติเมตร ดังนั้นการทำงานในแปลงอ้อยที่มีระยะห่างระหว่างแถว 1.50 เมตร ของรถตัดอ้อยขนาดใหญ่อาจมีโอกาสหักอ้อยมากกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง

4.1.2 แปลงอ้อย

แปลงอ้อยที่ทำการศึกษาคือ เป็นแปลงอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 ปลูกแบบร่องคู่ อายุ 10 เดือน มีระยะห่างระหว่างแถวเฉลี่ย 1.72 เมตร และมีความยาวแถวอ้อยเฉลี่ย 287.73 เมตร เก็บเกี่ยวในเดือนมีนาคม 2565 ณ อำเภอบึงนาราง จังหวัดพิจิตร

4.1.3 ลักษณะทางกายภาพของดิน

ข้อมูลความขึ้นดินและความหนาแน่นมวลรวมของดินในแปลงอ้อยทดสอบ ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ความขึ้นดินและความหนาแน่นมวลรวมของดิน

ความลึกดิน (เซนติเมตร)	ความขึ้นดินฐานแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่นมวลรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
0-10	13.72±2.84	1.16±0.09b
10-20	14.40±2.65	1.31±0.01a
20-30	13.47±2.71	1.33±0.08a
p-value	>0.05	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

ข้อมูลความขึ้นดินและความหนาแน่นมวลรวมของดินจากตาราง 5 พบว่า ดินในแปลงอ้อยเป็นดินร่วน ที่ระดับความลึกดิน 0-10 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร มีค่าความขึ้นดินเฉลี่ย 13.72 14.40 และ 13.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีค่าความหนาแน่นมวลรวมของดิน 1.16 1.31 และ 1.33 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ความหนาแน่นมวลรวมของดินที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่าน้อยกว่าที่ระดับความลึก 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเครื่องมือพรวนดินและใส่ปุ๋ยทำงานในระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร

4.1.4 ลักษณะทางกายภาพของอ้อย

ต้นอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในแปลงทดสอบ มีความสูงเฉลี่ยจากโคนถึงปลายใบ 4.00 เมตร ลำอ้อยมีความสูงเฉลี่ยจากโคนต้นถึงจุดหักธรรมชาติ 2.50 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยที่โคนลำ กลางลำ และปลายลำ 27.33 28.00 และ 32.18 มิลลิเมตร ตามลำดับ (ตาราง 6)

ตาราง 6 ความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

รุ่น	ความสูงอ้อย (เมตร)		เส้นผ่านศูนย์กลาง (มิลลิเมตร)		
	โคนถึงปลายลำ	โคนถึงปลายใบ	โคนลำ	กลางลำ	ปลายลำ
MSH1	2.50±0.27	4.04±0.29	27.97±3.42ab	27.16±3.28	32.58±2.62
MSH2	2.53±0.20	3.92±0.28	25.94±4.02b	27.88±2.68	31.93±2.84
LSH1	2.52±0.34	4.10±0.34	29.04±3.58a	28.55±3.15	31.75±4.30
LSH2	2.43±0.36	3.96±0.39	26.36±2.98ab	28.23±4.08	32.44±3.14
p-value	>0.05	>0.05	<0.05*	>0.05	>0.05

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสตรัมที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

จากข้อมูลน้ำหนักอ้อยดังแสดงในตาราง 7 พบว่า ต้นอ้อยมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.04 กิโลกรัมต่อต้น เป็นน้ำหนักของลำอ้อยเฉลี่ย 1.72 กิโลกรัม และน้ำหนักใบอ้อยเฉลี่ย 0.32 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักของใบอ้อย 15.79 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักต้นอ้อย และคิดเป็นอัตราส่วนของน้ำหนักลำอ้อยกับน้ำหนักสิ่งเจือปน 5.32 ต่อ 1

ตาราง 7 น้ำหนักต้นอ้อยของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

รุ่น	น้ำหนัก (กิโลกรัม)		
	ลำอ้อย	ใบอ้อย	รวม
MSH1	1.66±0.42	0.33±0.06	1.99±0.46
MSH2	1.66±0.29	0.31±0.08	1.97±0.34
LSH1	1.89±0.64	0.34±0.01	2.23±0.70
LSH2	1.66±0.40	0.31±0.01	1.97±0.44
<i>p</i> -value	>0.05	>0.05	>0.05

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสัปดาห์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

4.1.5 ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย

จากข้อมูลดังแสดงในตาราง 8 พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีความเร็วการเคลื่อนที่เฉลี่ย 1.06 และ 1.51 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เป็นผลมาจากต้นกำลังที่มีความแตกต่างกัน 1.49 เท่า ส่งผลให้รถตัดอ้อยขนาดใหญ่สามารถเคลื่อนที่ตัดอ้อยได้เร็วกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ของรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 3.06 และ 4.17 ไร่ต่อชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH1 มีความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่มากกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH2 เนื่องจากความหนาแน่นอ้อยในแปลงรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH1 น้อยกว่าในแปลงรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH2 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kaewkabthong and Udompetai (2019) ที่ความ

หนาแน่นของอ้อยมีผลต่อความสามารถในการทำงาน ความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนักของรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ย 35.17 และ 44.08 ต้นต่อชั่วโมง ตามลำดับ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อยแต่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นอ้อยในแปลง เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่ พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH2 มีประสิทธิภาพในการทำงานในแปลงอ้อยที่มีความยาวเฉลี่ย 287.73 เมตร มากกว่ารถตัดอ้อยอีก 3 รุ่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 8 ความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย

รุ่น	ความหนาแน่น อ้อยในแปลง (ต้น/ไร่)	ความเร็ว การเคลื่อนที่ (เมตร/ วินาที)	ความสามารถ ในการทำงาน เชิงพื้นที่ (ไร่/ชั่วโมง)	ความสามารถ ในการทำงาน เชิงทฤษฎี (ไร่/ชั่วโมง)	ประสิทธิภาพ ในการทำงาน เชิงพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)	ความสามารถ ในการทำงาน เชิงน้ำหนัก (ต้น/ชั่วโมง)	อัตราการ สิ้นเปลือง น้ำมัน เชื้อเพลิง (ลิตร/ตัน อ้อย)
MSH1	11.92±0.46a	1.07±0.09b	3.01±0.19c	4.14±0.36b	72.86±3.49b	35.81±0.87b	1.74±0.49ab
MSH2	10.62±0.45bc	1.04±0.13b	3.14±0.05c	4.05±0.51b	83.04±7.11a	34.22±0.50b	1.16±0.06bc
LSH1	9.84±0.85c	1.53±0.12a	4.39±0.22a	5.93±0.46a	74.14±2.18b	43.33±5.90ab	0.96±0.09c
LSH2	11.34±0.58ab	1.49±0.14a	3.94±0.28b	5.77±0.55a	68.41±2.49b	44.82±5.24a	1.94±0.29a
p-value	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสมรรถนะที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

เมื่อพิจารณาข้อมูลประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อยจากตาราง 9 พบว่า เวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อยและเวลารวมของรถตัดอ้อยขนาดกลางมีความแตกต่างกับรถตัดอ้อยขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าเวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวเฉลี่ย 29.28 และ 19.79 นาที ตามลำดับ และเวลารวมมีค่าเฉลี่ย 37.16 และ 26.53 นาที ตามลำดับ เวลาที่สูญเสียไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อยส่งผลให้เวลารวมของรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH1 มีความแตกต่างกับรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาของรถตัดอ้อย MSH2 มากกว่ารถตัดอ้อยอีก 3 รุ่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากใช้เวลาในการลำเลียงอ้อยออกจาก

สายพานลำเลียงและเลี้ยวกลับหัวแปลงน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH1 และรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH2

ตาราง 9 ประสิทธิภาพเชิงเวลาของรถตัดอ้อย

รุ่น	ความยาวแถว อ้อย (เมตร)	พื้นที่ (ไร่)	เวลาที่ใช้ใน การเก็บเกี่ยว (นาท)	เวลาที่สูญเสีย (นาท)	เวลารวม (นาท)	ประสิทธิภาพใน การทำงานเชิงเวลา (เปอร์เซ็นต์)
MSH1	290.66±1.95a	1.88±0.01a	28.39±1.90a	9.11±0.41a	37.51±2.31a	75.69±0.40b
MSH2	292.62±8.53a	1.89±0.06a	30.17±2.76a	5.19±1.58b	36.64±0.77a	85.78±4.60a
LSH1	278.94±1.95b	1.80±0.01b	18.83±1.66b	5.80±0.62b	24.63±1.04c	76.35±3.57b
LSH2	288.70±5.17a	1.86±0.03a	20.76±1.62b	7.68±0.54a	28.43±1.70b	72.96±2.11b
<i>p</i> -value	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

4.1.6 ประสิทธิภาพในการทำงานของรถตัดอ้อย

ข้อมูลความยาวและความหนาแน่นของท่อนอ้อยดังแสดงในตาราง 10 ความยาวท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อย อ้อย MSH1 MSH2 LSH1 และ LSH2 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความยาวท่อนอ้อยเฉลี่ย 25.0 22.5 19.3 และ 17.2 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อพิจารณาข้อมูลพบว่ารถตัดอ้อยขนาดกลางมีความยาวท่อนอ้อยมากกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ แต่ความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อย โดยมีค่าความหนาแน่นมวลรวมของท่อนอ้อยเฉลี่ย 438.93 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ตาราง 10)

ตาราง 10 ความยาวและความหนาแน่นของท่อนอ้อย

รุ่น	ความยาวท่อนอ้อย (เซนติเมตร)	ความหนาแน่นมวลรวม ของท่อนอ้อย (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
MSH1	25.0±1.9a	430.74±2.77
MSH2	22.5±2.0b	428.89±8.05
LSH1	19.3±3.4c	449.05±7.76
LSH2	17.2±1.5d	447.04±10.41
p-value	<0.05*	>0.05

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

จากข้อมูลปริมาณสิ่งเจือปนจากรถตัดอ้อยดังแสดงตาราง 11 พบว่า ปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อยของรถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH1 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับรถตัดอ้อยอีก 3 รุ่น อาจเนื่องมาจากความยาวท่อนอ้อยที่มากกว่าทำให้ใบอ้อยหลุดจากท่อนอ้อยได้ยาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2018) ที่ความยาวของท่อนอ้อยส่งผลต่อความสะอาดของอ้อย จากปริมาณใบอ้อยที่มากกว่าทำให้ปริมาณสิ่งเจือปนจากดินของรถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH1 มากกว่ารถตัดอ้อย MSH2 และ LSH1 ส่วนปริมาณสิ่งเจือปนจากดินของรถตัดอ้อย LSH2 มีปริมาณไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับรถตัดอ้อย MSH1 เนื่องจากคนขับรถตัดอ้อย LSH2 ปรับระดับของชุดใบมีดตัดโคนอ้อยชิดผิวดิน ทำให้ดินติดมากับอ้อย อย่างไรก็ตามปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อยและดินไม่ส่งผลให้ปริมาณสิ่งเจือปนรวมจากรถตัดอ้อยทั้ง 4 รุ่น มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 11 ปริมาณสิ่งเจือปนจากรถตัดอ้อย

รุ่น	สิ่งเจือปน				ท่อนอ้อย (เปอร์เซ็นต์)
	ใบอ้อย (เปอร์เซ็นต์)	ยอดอ้อย (เปอร์เซ็นต์)	ดิน (เปอร์เซ็นต์)	รวม (เปอร์เซ็นต์)	
MSH1	2.60±0.38a	15.95±0.85	0.88±0.46a	19.43±1.15	80.57±1.15
MSH2	1.73±0.42b	15.99±1.94	0.36±0.11b	18.08±2.42	81.92±2.42
LSH1	1.43±0.11b	17.94±2.52	0.19±0.09b	19.56±2.52	80.44±2.52
LHS2	1.72±0.23b	13.33±4.16	0.83±0.08a	15.88±0.34	84.12±4.34
<i>p</i> -value	<0.05*	>0.05	<0.05*	>0.05	>0.05

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

4.1.7 การสูญเสีย

จากข้อมูลปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลงดังแสดงในตาราง 12 พบว่า การสูญเสียท่อนอ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อย รถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH1 มีปริมาณการสูญเสียท่อนอ้อยน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีเปอร์เซ็นต์การสูญเสียอ้อยเฉลี่ย 1.04 และ 2.24 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาพร้อมกับข้อมูลปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อย (ตาราง 11) ปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อยจากรถตัดอ้อย LSH1 น้อยกว่าจากรถตัดอ้อย MSH 1 อาจเนื่องมาจากพัฒนาการทำความสะอาดซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wang et al. (2018) ที่ความเร็วพัฒนาสูงขึ้นทำให้ปริมาณสิ่งเจือปนลดลงแต่ทำให้ปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียเพิ่มขึ้น

ตาราง 12 ปริมาณท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลง

รุ่น	ท่อนอ้อยที่สูญเสียในแปลง (เปอร์เซ็นต์)
MSH1	1.04±0.21b
MSH2	1.82±0.96ab
LSH1	2.24±0.43a
LSH2	1.79±0.62ab
<i>p</i> -value	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

ความเสียหายของท่อนอ้อยดังแสดงในตาราง 13 พบว่าท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อยขนาดกลางมีความเสียหายมากกว่าท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ โดยมีความแตกต่างของปริมาณอ้อยที่ความเสียหายเล็กน้อยเฉลี่ย 27.5 และ 12.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ไม่มีท่อนอ้อยที่เสียหายมาก

ตาราง 13 ความเสียหายของท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อย

รุ่น	ระดับความเสียหาย (เปอร์เซ็นต์)		
	ไม่เสียหาย	เสียหายเล็กน้อย	เสียหายมาก
MSH1	60.00	30.00	10.00
MSH2	50.00	25.00	25.00
LSH1	95.00	5.00	0.00
LSH2	85.00	15.00	0.00

ข้อมูลความเสียหายของรอยตัดที่ต่ออ้อยและความเสียหายของต่ออ้อยจากตาราง 14 พบว่า ความเสียหายของรอยตัดที่ต่ออ้อยจากการเก็บเกี่ยวด้วยรถตัดอ้อยทั้ง 4 รุ่น ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและส่วนใหญ่จะเกิดความเสียหายเล็กน้อย ขณะที่ความเสียหายของต่ออ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จะมีความเสียหายเล็กน้อยเป็นส่วนใหญ่เช่นเดียวกับความเสียหายของรอยตัดที่ต่ออ้อย

ตาราง 14 ความเสียหายของรอยตัดที่ต่ออ้อยและความเสียหายของต่ออ้อย

รุ่น	ความเสียหายรอยตัดที่ต่ออ้อย (เปอร์เซ็นต์)			ความเสียหายต่ออ้อย (เปอร์เซ็นต์)		
	ไม่เสียหาย	เสียหายเล็กน้อย	เสียหายมาก	ไม่เสียหาย	เสียหายเล็กน้อย	เสียหายมาก
MSH1	33.33±7.07	65.00±10.93	8.33±1.67	22.78±2.55b	58.89±1.92ab	20.56±5.36a
MSH2	35.00±2.89	64.16±3.54	7.22±12.51	39.44±1.92a	55.83±3.54ab	4.17±1.18c
LSH1	37.50±5.89	59.44±6.94	9.44±9.48	32.78±11.71ab	49.44±8.22b	17.78±6.31ab
LSH2	39.44±1.92	55.83±1.18	4.17±1.18	31.11±9.48ab	65.83±3.54a	8.33±0.00b
p-value	>0.05	>0.05	>0.05	<0.05*	<0.05*	<0.05*

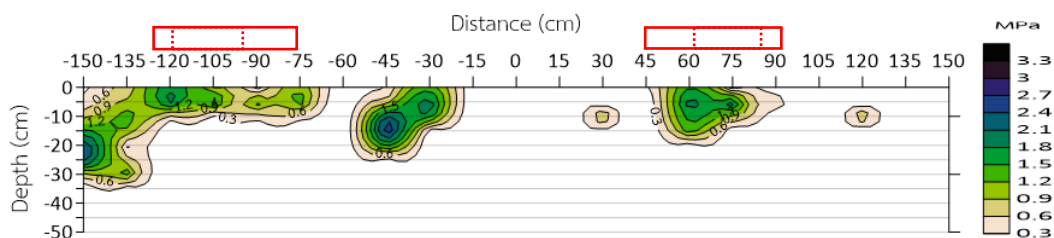
ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

4.1.8 การอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยและรถบรรทุก

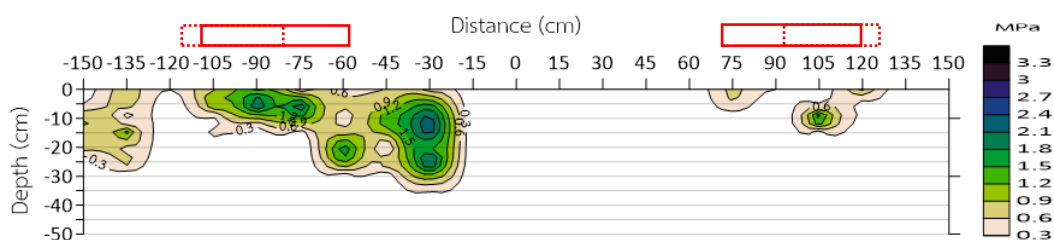
เนื่องจากธรรมชาติของดินที่มีความแตกต่างกันในแต่ละตำแหน่งในการเก็บข้อมูล รวมถึงผลกระทบจากการทำงานของรีปเปอร์ฝั่งปุ๋ย ส่งผลให้ข้อมูลความต้านทานการแทงทะลุของดินในแต่ละแปลงย่อยมีค่าแตกต่างกันมาก จึงนำเสนอข้อมูลการอัดแน่นของดินในการทดสอบรถตัดอ้อย เฉพาะบางการทดลองเพื่อให้เห็นแนวโน้มในการอัดแน่นของดินเท่านั้น

1) การอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่

เมื่อพิจารณาการอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่ (แถวอ้อยที่ 3) จากข้อมูลการวัดค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินดังแสดงในภาพที่ 47 พบว่า ความกว้างของการอัดแน่นของดินใต้ล้อจะขึ้นอยู่กับความกว้างของล้อรถตัดอ้อย ซึ่งรถตัดอ้อยขนาดใหญ่มีความกว้างล้อหน้าและล้อหลังโดยเฉลี่ยมากกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง 1.57 และ 1.21 เท่าตามลำดับ ส่งผลให้ความกว้างของการอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยขนาดใหญ่มากกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง ส่วนการอัดแน่นที่ไม่ได้อยู่บริเวณใต้ล้อซ้าย (ระยะ -15 ถึง -60 เซนติเมตร ในภาพ 47) เกิดจากล้อของรถตัดอ้อยที่กดอัดดินในการเก็บเกี่ยวอ้อยในแถวก่อนหน้า (แถวอ้อยที่ 2) ทำให้มีการกดอัดดิน 2 รอบ ซึ่งแนวการกดทับของล้อไม่ตรงกัน (ภาพ 48) ความลึกของการอัดแน่นของดินใต้ล้อจากรถตัดขนาดกลางและขนาดใหญ่ในแถวอ้อยที่ 3 ไม่มีความแตกต่างอย่างชัดเจน จึงพิจารณาการกดอัดดินจากการเก็บเกี่ยวในแถวที่ 2 พบว่า ความลึกการอัดแน่นของดินใต้ล้อจากรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีความลึก 25 และ 35 เซนติเมตร และมีค่าการกดอัดดินใต้ล้อสูงสุด 2.4 และ 2.1 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

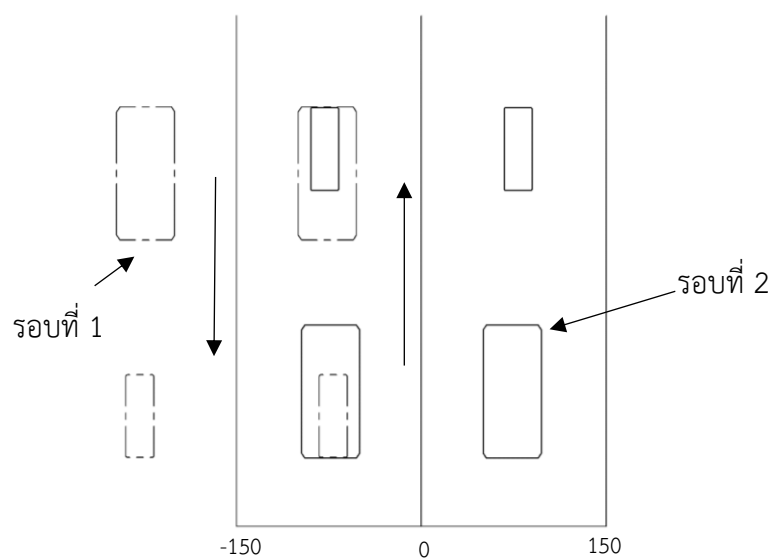


ก) รถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH2 R2

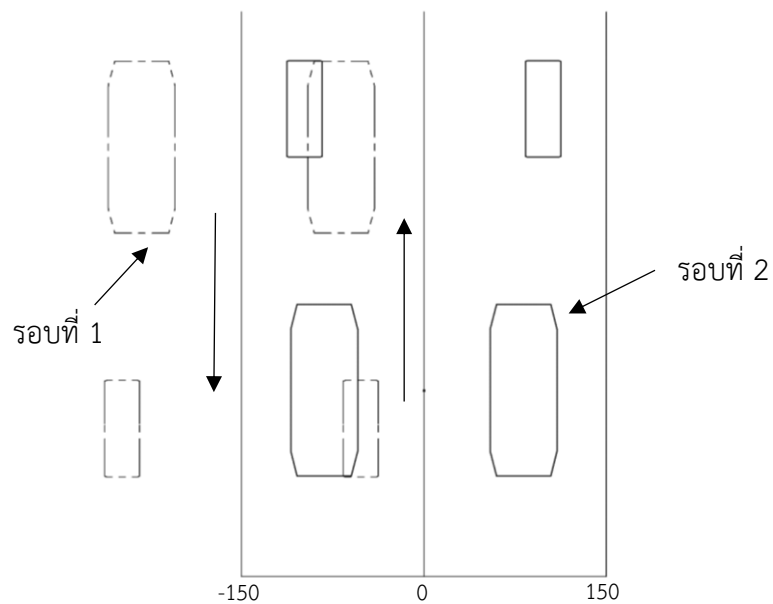


ข) รถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH2 R1

ภาพ 47 แสดงผลต่างการอัดแน่นของดินก่อนตัดอ้อยและหลังรถตัดอ้อยผ่าน
ของรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่



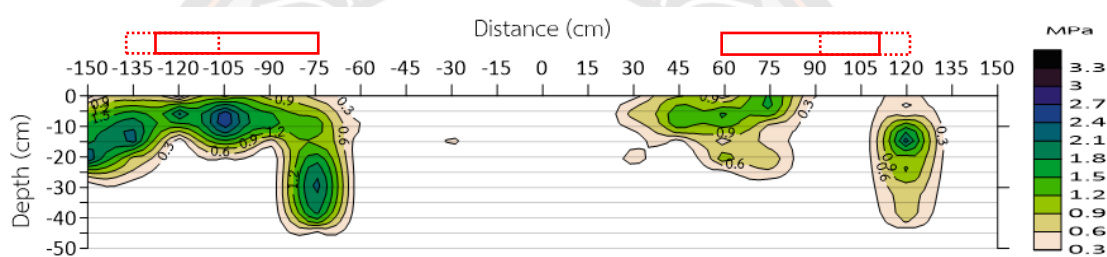
ก) รถตัดอ้อยขนาดกลาง



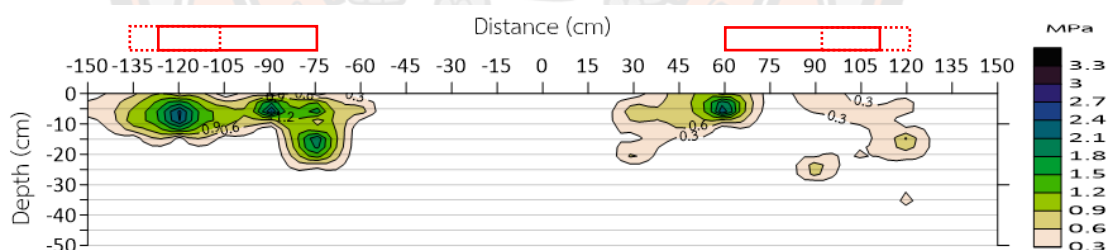
ข) รถตัดอ้อยขนาดใหญ่

ภาพ 48 แสดงการอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยรอบที่ 1 และ 2

เมื่อพิจารณาความชื้นดินเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตรกับการอัดแน่นของดินจาการกดตัดอ้อย LSH1 R1 (ภาพ 49 ก) และ LSH1 R3 (ภาพ 49 ข) พบว่า ความลึกการอัดแน่นของดินใต้ล้อจากการกดตัดอ้อยในแปลงที่มีความชื้นดินเฉลี่ย 17.76 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 49 ก) และความชื้นดินเฉลี่ย 12.59 เปอร์เซ็นต์ (ภาพ 49 ข) มีค่าความลึก 20 และ 15 เซนติเมตร ตามลำดับจากภาพ 49 ก สังเกตได้ว่าการอัดแน่นของดินที่เกิดขึ้นใต้ล้อซ้าย (ระยะ -75 เซนติเมตร) ที่มีความลึก 45 เซนติเมตร เป็นแนวการทำงานของเครื่องมือรีปเปอร์ฝังปุ๋ย ทำให้ดินที่ความลึกดังกล่าวมีค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนตัดอ้อยน้อยกว่าจุดอื่น เมื่อรถตัดอ้อยผ่านจึงทำให้ดินถูกกดอัดไปตามแนวความลึกที่อุปกรณ์ทำงาน



ก) ผลต่างการอัดแน่นของดินจากการกดตัดอ้อยในแปลงที่มีความชื้นดินเฉลี่ย 17.76 เปอร์เซ็นต์

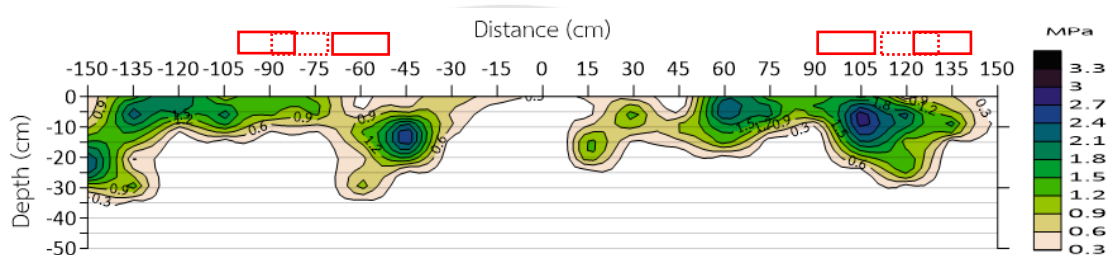


ข) ผลต่างการอัดแน่นของดินจากการกดตัดอ้อยในแปลงที่มีความชื้นดินเฉลี่ย 12.59 เปอร์เซ็นต์

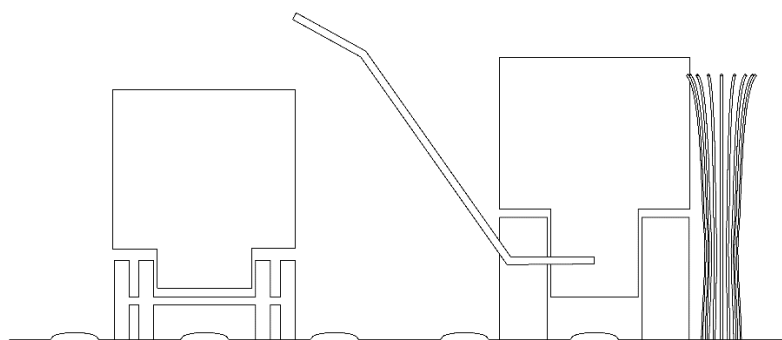
ภาพ 49 แสดงผลต่างการอัดแน่นของดินจากก่อนตัดอ้อยและหลังรถตัดอ้อย LSH1 ผ่านที่ความชื้นต่างๆ

2) การอัดแน่นของดินจากรถบรรทุก

เมื่อพิจารณาผลต่างการอัดแน่นของดินจากรถบรรทุก (ภาพ 50) พบว่ารถบรรทุกทำให้การอัดแน่นของดินเพิ่มขึ้นทั้งในแนวล้อและนอกแนวล้อ เนื่องจากรถบรรทุกจะเคลื่อนที่คู่ไปกับรถตัดอ้อยเพื่อรับท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อย (ภาพ 51) ล้อของรถบรรทุกอาจมีการเหยียบแฉกต่ออ้อยขณะทำการเก็บเกี่ยวได้



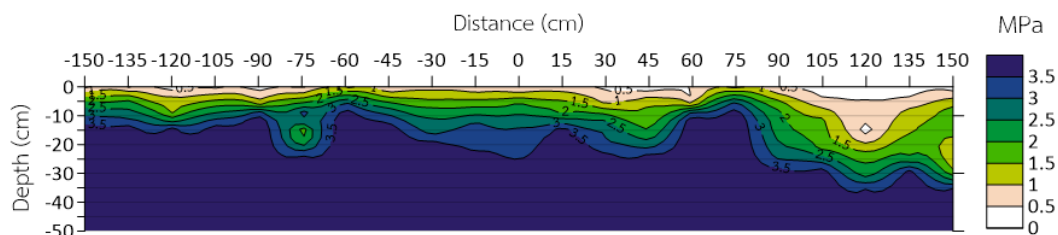
ภาพ 50 แสดงผลต่างการอัดแน่นของดินหลังรถตัดอ้อยผ่านกับรถบรรทุก



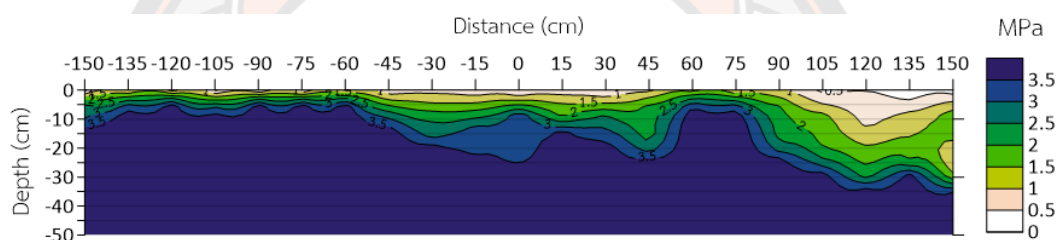
ภาพ 51 แสดงการเคลื่อนที่ของรถบรรทุกกับรถตัดอ้อยขณะทำงาน

3) การอัดแน่นของดินจากการเก็บเกี่ยวอ้อย

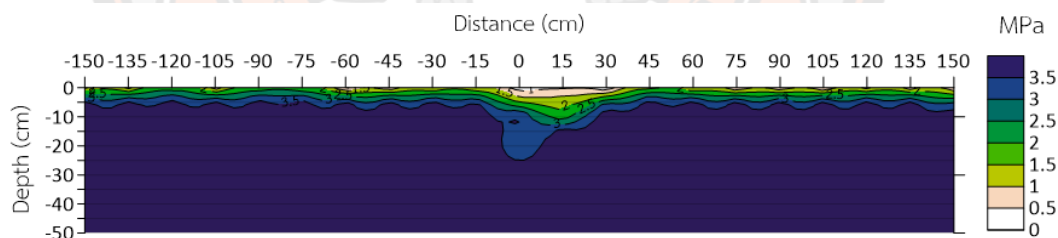
เมื่อพิจารณาการอัดแน่นของดินจากการทดสอบรถตัดอ้อย LSH1 R1 (ภาพ 52) พบว่า การอัดแน่นของดินครั้งที่ 1 (ภาพ 52 ข) เกิดจากรถตัดอ้อย และครั้งที่ 2 เกิดจากรถบรรทุก (ภาพ 52 ค) ทำให้ทราบว่า การอัดแน่นของดินจะเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการกดอัดจากรถตัดอ้อยหรือรถบรรทุก



ก) ค่าความต้านทานการแทรกทะลุของดินก่อนตัด



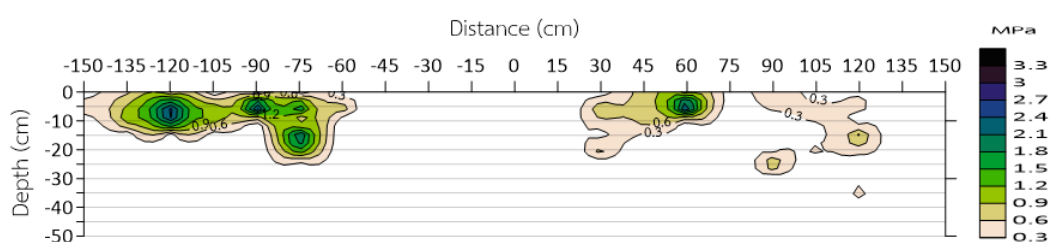
ข) ค่าความต้านทานการแทรกทะลุของดินหลังรถตัดอ้อยผ่านอ้อยกดอัด



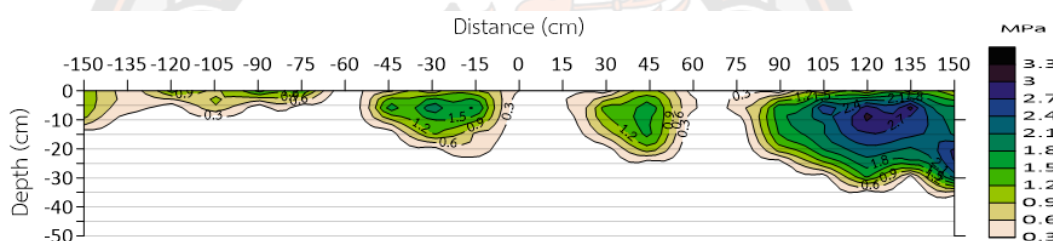
ค) ค่าความต้านทานการแทรกทะลุของดินหลังรถบรรทุกผ่านรถบรรทุกกดอัด

ภาพ 52 ค่าความต้านทานการแทรกทะลุของดินก่อนตัด หลังรถตัดอ้อย LSH1 R1 ผ่าน และหลังรถบรรทุกผ่าน

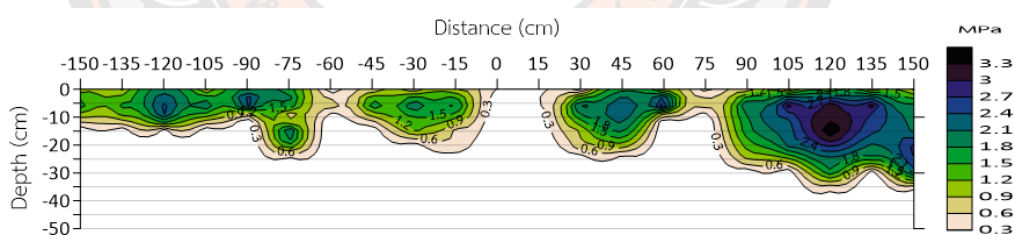
เมื่อพิจารณาผลต่างการอัดแน่นของดินจากการทดสอบรถตัดอ้อย LSH1 R1 พบว่า รถตัดอ้อยทำให้เกิดการอัดแน่นของดินบริเวณระหว่างแถวอ้อย (ภาพ 53 ก) เมื่อรถบรรทุกผ่านทำให้เกิดการอัดแน่นของดินทั้งในแถวอ้อยและระหว่างแถวอ้อย (ภาพ 53 ข) การอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยและรถบรรทุกทำให้ค่าการอัดแน่นของดินเพิ่มขึ้น 3.3 เมกะปาสกาล (ภาพ 53 ค)



ก) ผลต่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนตัดอ้อยกับหลังรถตัดอ้อยผ่าน



ข) ผลต่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินหลังรถบรรทุกผ่าน



ค) ผลต่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินก่อนตัดอ้อยและหลังการตัดอ้อย

ภาพ 53 ผลต่างค่าความต้านทานการแทงทะลุของดินจากการเก็บเกี่ยวอ้อย

4.1.9 ผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อย

รายละเอียดผลการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อยทั้ง 4 รุ่น แสดงใน

ตาราง 15 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อย

ข้อมูล	รุ่น			
	MSH1	MSH2	LSH1	LSH2
ราคาซื้อรถตัดอ้อย (P) (บาท)	8,000,000	8,000,000	13,000,000	12,000,000
อายุการใช้งาน (ปี)	10	10	10	10
อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (เปอร์เซ็นต์/ปี)	7	7	7	7
Operating hour (ชั่วโมง/วัน)	8	8	8	8
จำนวนวันทำงาน (วัน)	90	90	90	90
ค่าบำรุงรักษา (บาท/ปี)	170,000	170,000	200,000	200,000
ความหนาแน่นอ้อย (ตัน/ไร่)	11.92	10.62	9.84	11.34
ความสามารถในการทำงาน (ตัน/ชั่วโมง)	35.81	34.22	43.33	44.83
ความสามารถในการทำงาน (ไร่/ชั่วโมง)	3.01	3.14	4.39	3.94
ราคาน้ำมัน (บาท/ลิตร)	31.00	31.00	31.00	31.00
ค่าจ้างคนขับรถตัดอ้อย (บาท/ตัน)	11	11	11	11
ค่าใช้จ่ายคงที่ (บาท/ตัน)	39.87	41.73	53.55	47.78
ค่าใช้จ่ายแปรผัน (บาท/ตัน)	71.53	53.86	47.17	77.34
ค่าใช้รวม (บาท/ตัน)	111.40	95.59	100.72	125.12
ค่ารับจ้างตัดอ้อย (บาท/ตัน)	190.00	190.00	190.00	190.00
การใช้งานค้ำทุนเชิงน้ำหนัก (ตัน/ปี)	8,678	7,551	11,696	13,687
การใช้งานค้ำทุนเชิงพื้นที่ (ไร่/ปี)	728	711	1,189	1,207
จุดคืนทุนเชิงน้ำหนัก (ตัน)	101,787	84,733	145,611	184,961
จุดคืนทุนเชิงพื้นที่ (ไร่)	8,539	7,979	14,798	16,308
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	3.95	3.44	4.67	5.73

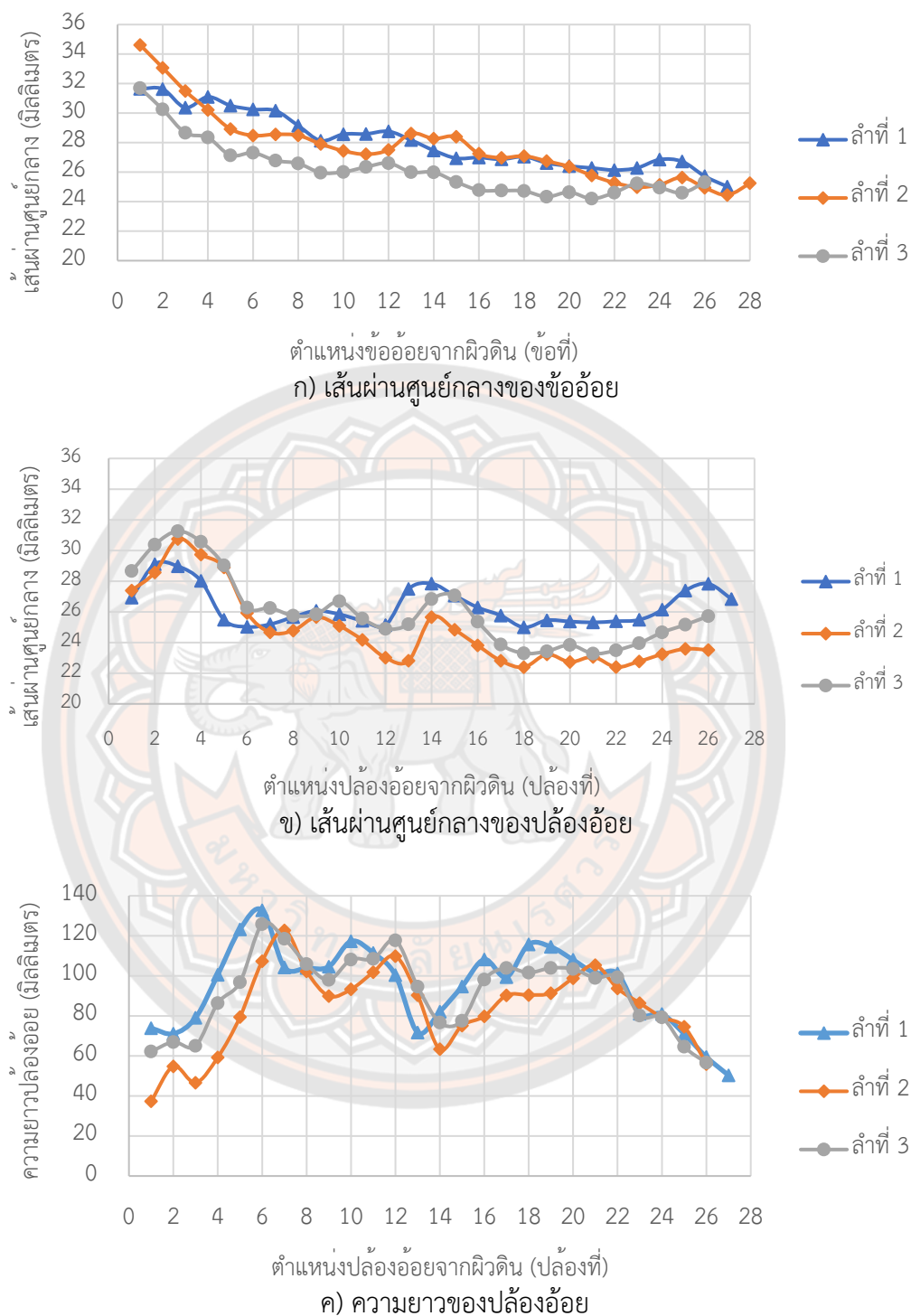
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อยจากตาราง 16 คิมูลค่าซากของรถตัดอ้อย 10 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อรถตัดอ้อย ค่าจ้างคนขับรถตัดอ้อย 11 บาทต่อตัน ค่าบำรุงรักษาของรถตัดขนาดกลางและขนาดใหญ่ 170,000 และ 200,000 บาท ต่อปี ตามลำดับ

(ข้อมูลจากฝ่ายจักรกลเกษตรของโรงงานน้ำตาล) พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางมีค่าใช้จ่ายค่าน้ำมันน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่เนื่องจากราคาซื้อรถตัดอ้อยมีมูลค่าน้อยกว่า ส่วนค่าใช้จ่ายแปรผันจะมีความแตกต่างกันจากค่าน้ำมันเชื้อเพลิงตามอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น เมื่อพิจารณาจากความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนักของรถตัดอ้อยในแปลงอ้อยที่มีความยาวเฉลี่ย 287.73 เมตร พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีการใช้งานคัมทุนเชิงน้ำหนักเฉลี่ย 8,115 และ 12,692 ตันต่อปี การใช้งานคัมทุนเชิงพื้นที่เฉลี่ย 720 และ 1,198 ไร่ต่อปี จุดคั่นทุนเชิงน้ำหนักเฉลี่ย 93,260 และ 165,286 ตัน จุดคั่นทุนเชิงพื้นที่เฉลี่ย 8,259 และ 15,553 ไร่ และมีระยะเวลาในการคั่นทุนเฉลี่ย 3.70 และ 5.15 ปี ตามลำดับ รถตัดอ้อยขนาดกลางมีความคุ้มค่าและมีระยะเวลาในการคั่นทุนสั้นกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ ในการเก็บเกี่ยวในแปลงอ้อยที่มีความยาว 287.73 เมตร หรือสั้นกว่า

4.2 ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงเฉือนที่ใช้ในการตัดอ้อย

4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของอ้อย

จากข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้ออ้อยดังแสดงในภาพ 54 ก พบว่า ช่วงโคนลำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ เมื่อตำแหน่งข้ออ้อยสูงขึ้น เส้นผ่านศูนย์กลางของข้ออ้อยมีแนวโน้มลดลง เส้นผ่านศูนย์กลางของปล้องอ้อยดังแสดงในภาพ 54 ข พบว่า ช่วงโคนลำอ้อยมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่และลดลงเมื่อตำแหน่งสูงขึ้นจากผิวดินจนถึงช่วงกลางลำอ้อย เส้นผ่านศูนย์กลางมีขนาดเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและลดลง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงปลายลำอ้อย ความยาวของปล้องอ้อยดังแสดงในภาพ 54 ค ช่วงโคนและปลายของลำอ้อยมีความยาวปล้องสั้นกว่าช่วงกลางลำอ้อย เนื่องจากช่วงกลางลำเป็นระยะยึดปล้องของอ้อย



ภาพ 54 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของข้อย่อยและปล้องข้อย่อย
และความยาวของปล้องข้อย่อยในแต่ละตำแหน่งจากผิวดิน

4.2.2 เปรียบเทียบลักษณะแรงที่ใช้ฉีกเนื้อที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย

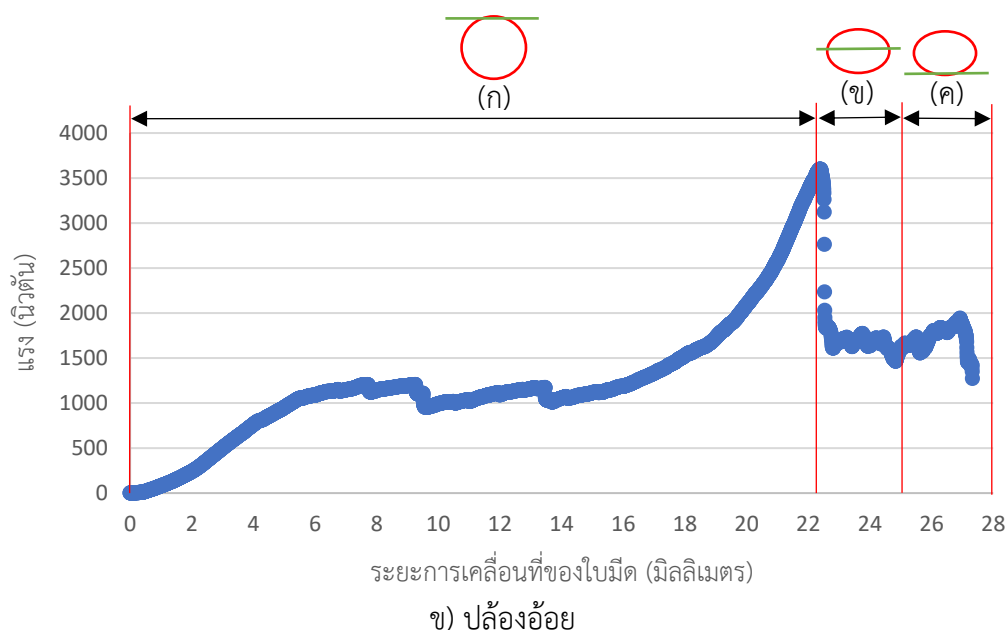
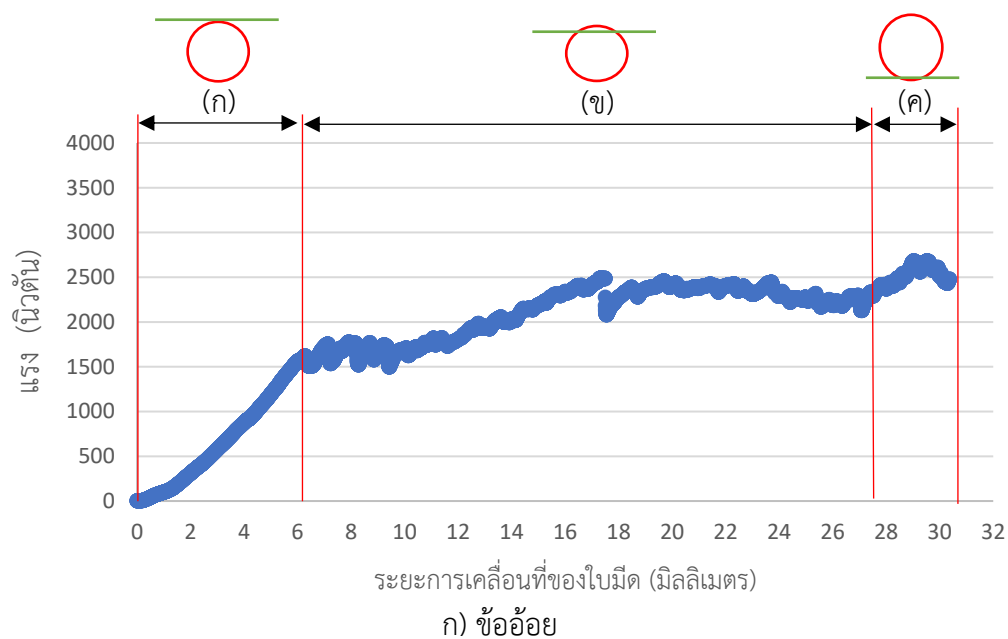


ก) การตัดที่ข้ออ้อย

ข) การตัดที่ปล้องอ้อย

ภาพ 55 เปรียบเทียบความแตกต่างของท่อนอ้อยหลังการตัด

จากภาพ 55 การตัดที่ข้ออ้อยมีการยุบตัวน้อยกว่าการตัดที่ปล้องอ้อย เมื่อพิจารณาแรงในการฉีกเนื้อที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย (ภาพ 56) พบว่า แรงในการตัดที่ข้ออ้อยแบ่งได้เป็น 3 ช่วง คือ (ก) ใบมีดเริ่มสัมผัสท่อนอ้อย (ข) ใบมีดเริ่มตัดผ่านเปลือกด้านบน และ (ค) ใบมีดเริ่มตัดผ่านเปลือกด้านล่าง การตัดที่ข้ออ้อย (ภาพ 56 ก) ช่วง (ก) แรงจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงช่วง (ข) แรงจะคงที่และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงกลางลำ แรงจะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากผ่านจุดที่ความกว้างอ้อยมีค่ามากที่สุด เมื่อตัดถึงช่วง (ค) แรงจะเพิ่มขึ้นอีกครั้งขณะตัดผ่านเปลือกด้านล่างจนขาด สำหรับการตัดที่ปล้องอ้อย (ภาพ 56 ข) ช่วง (ก) จะมีระยะมากกว่าการตัดที่ข้ออ้อยเนื่องจากปล้องอ้อยเกิดการยุบตัว เมื่อตัดอ้อยถึงจุด (ข) แรงจะลดลงอย่างมากเนื่องจากความหนาแน่นเนื้ออ้อยมากกว่าเปลือกอ้อยจนสามารถตัดผ่านเปลือกด้านบนได้ ในช่วง (ค) แรงเพิ่มสูงขึ้นเล็กน้อยขณะตัดผ่านเปลือกด้านล่างก่อนตัดอ้อยขาด เช่นเดียวกับการตัดที่ข้ออ้อย



(ก) ใบมีดเริ่มสัมผัสท่อนอ้อย (ข) ใบมีดเริ่มตัดผ่านเปลือกด้านบน (ค) ใบมีดเริ่มตัดผ่านเปลือกด้านล่าง

ภาพ 56 ลักษณะของแรงฉีกขาดในการตัดที่ขั้วอ้อยและปล้องอ้อย

การยุบตัวของอ้อยพิจารณาจากระยะการยุบตัวต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนอ้อย จากข้อมูลการยุบตัวในการตัดตรง (0 องศา) และตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที ดังแสดงในตาราง 16 พบว่า ที่ข้ออ้อยมีการยุบตัวน้อยกว่าปล้องอ้อยทั้งการตัดตรงและตัดเฉียง ความเร็วมีผลกับการตัดที่ปล้องอ้อยโดยมีการยุบตัวมากขึ้นเมื่อความเร็วในการตัดเพิ่มสูงขึ้น ขณะที่การตัดที่ข้ออ้อย การยุบตัวไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการตัด

ตาราง 16 เปรียบเทียบการยุบตัวในการตัดตรง (0 องศา) และตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

มุมในการตัด (องศา)	ความเร็ว (มิลลิเมตร/นาที)	การยุบตัว (เปอร์เซ็นต์)	
		ข้ออ้อย	ปล้องอ้อย
0	5	21.51±8.00a	84.91±9.99b
	10	16.60±3.49c	87.09±7.39a
	15	19.11±5.42b	88.19±7.51a
	<i>p</i> -value	<0.05*	<0.05*
14	5	20.18±9.97	87.68±8.77b
	10	19.90±5.06	90.57±3.68a
	15	19.90±5.57	90.99±3.97a
	<i>p</i> -value	>0.05	<0.05*

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

4.2.2 เปรียบเทียบการตัดตรง (0 องศา) และตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

เมื่อพิจารณาข้อมูลดังแสดงในตาราง 17 พบว่า การตัดที่ข้ออ้อยมีความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะในการตัดน้อยกว่าการตัดที่ปล้องอ้อยทั้งการตัดตรงและการตัดเฉียง เนื่องจาก

การตัดบริเวณปล้องอ้อยมีการยุบตัวมากกว่าการตัดที่ข้ออ้อย ความเร็วในการตัดมีผลต่อความเค้นเฉือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในการตัดตรง (0 องศา) ที่ข้ออ้อยมีความเค้นเฉือนลดลงเมื่อความเร็วในการตัดสูงขึ้น แต่การตัดที่ปล้องความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะมีค่ามากขึ้นเมื่อความเร็วในการตัดสูงขึ้น ส่วนในการตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย เมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นความเค้นเฉือนจะมากขึ้น ขณะที่พลังงานจำเพาะไม่มีความสัมพันธ์กับความเร็วในการตัด

ตาราง 17 ความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะของการตัดตรงและตัดเฉียงที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

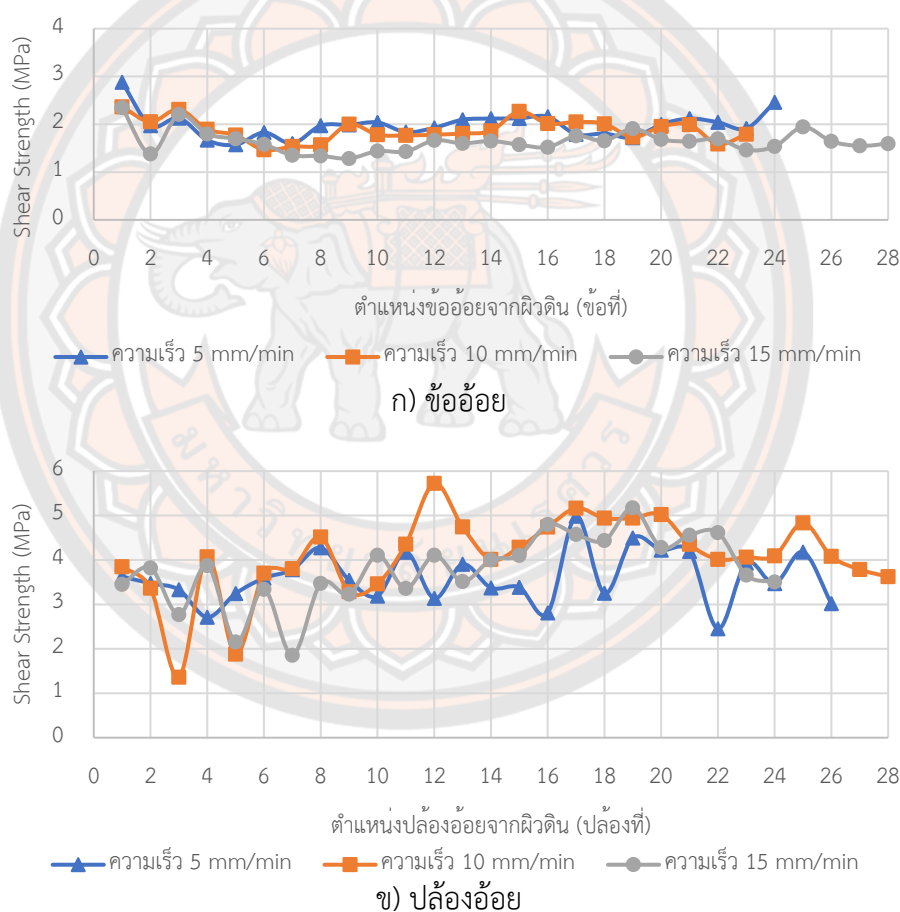
มุมในการตัด (องศา)	ความเร็ว (มิลลิเมตร/นาาที)	ข้ออ้อย		ปล้องอ้อย	
		ความเค้นเฉือน	พลังงานจำเพาะ	ความเค้นเฉือน	พลังงานจำเพาะ
		(เมกกะปาสคาล)	(มิลลิจูล/ตารางมิลลิเมตร)	(เมกกะปาสคาล)	(มิลลิจูล/ตารางมิลลิเมตร)
0	5	2.02±0.57a	62.38±11.49	3.60±0.84b	69.05±11.01b
	10	1.90±0.53ab	62.33±9.92	3.85±1.08a	77.48±10.01a
	15	1.84±0.48b	63.27±9.27	3.95±0.92a	77.56±9.58a
<i>p</i> -valve		<0.05*	>0.05	<0.05*	<0.05*
14	5	1.71±0.41b	63.87±7.54b	3.42±0.68b	77.18±7.11
	10	1.94±0.47ab	66.38±9.92a	3.70±0.73a	78.42±10.62
	15	1.95±0.47a	65.41±8.97ab	3.82±0.86a	76.23±9.85
<i>p</i> -valve		<0.05*	<0.05*	<0.05*	>0.05

ค่าเฉลี่ยในแต่ละสดมภ์ที่ตามด้วยตัวอักษรที่แตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD

4.2.3 เปรียบเทียบค่าความเค้นเฉือนของการตัดในแต่ละข้อและปล้องของอ้อย

1) การตัดตรง (0 องศา)

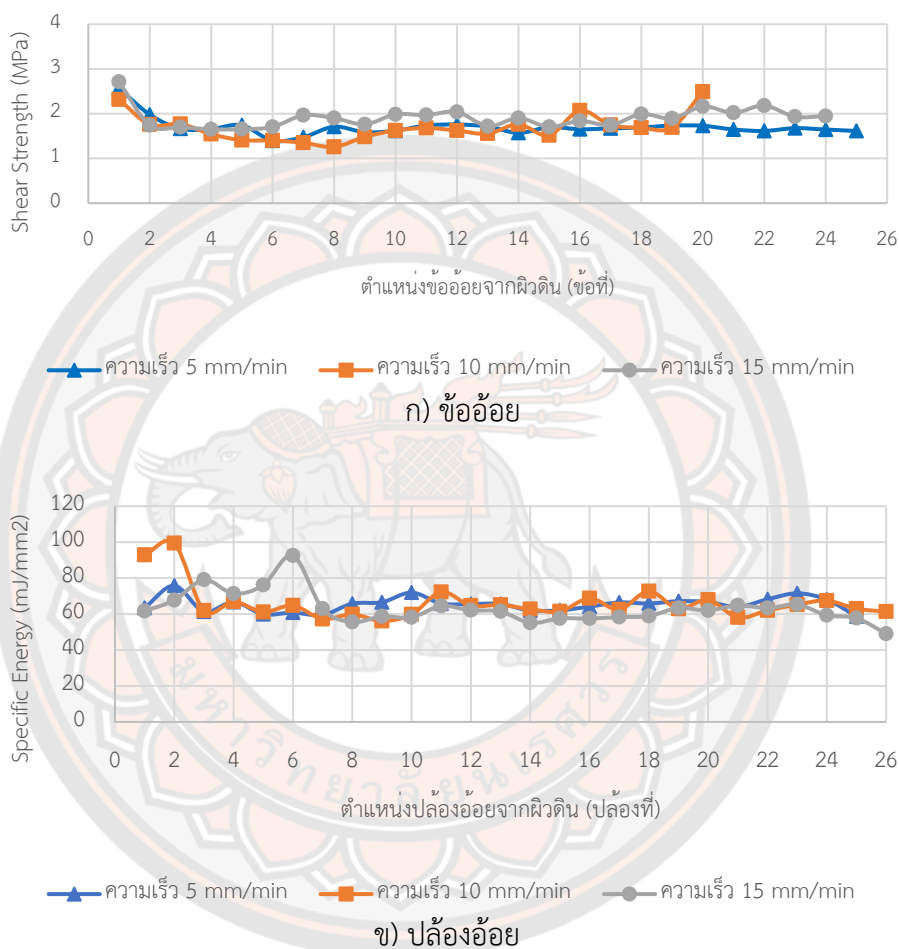
เมื่อพิจารณาข้อมูลดังแสดงในภาพ 57 ก พบว่า ความเค้นเฉือนมีค่าสูงที่สุดในตำแหน่งข้ออ้อยที่ 1 การตัดที่ข้ออ้อยด้วยความเร็ว 5 และ 10 มิลลิเมตรต่อนาที มีแนวโน้มของความเค้นเฉือนไม่แตกต่างกัน ขณะที่ความเร็ว 15 มิลลิเมตรต่อนาที มีแนวโน้มของความเค้นเฉือนต่ำกว่าอีก 2 ความเร็ว ส่วนการตัดที่ปล้องอ้อย (ภาพ 57 ข) ไม่พบแนวโน้มของความเร็วที่ส่งผลต่อความเค้นเฉือน เนื่องจากการมีรูปร่างของปล้องอ้อย



ภาพ 57 เปรียบเทียบความเค้นเฉือนของการตัดตรง (0 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

2) การตัดเฉียง (14 องศา)

เมื่อพิจารณาข้อมูลการตัดที่ข้ออ้อย (ภาพ 58 ก) พบว่า ความเค้นเฉือนมีค่าสูงที่สุดในตำแหน่งข้ออ้อยที่ 1 ส่วนการตัดที่ปล้องอ้อย (ภาพ 58 ข) ค่าความเค้นเฉือนไม่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งข้ออ้อย และการตัดทั้งที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย ไม่พบแนวโน้มของความเร็วที่ส่งผลต่อความเค้นเฉือน

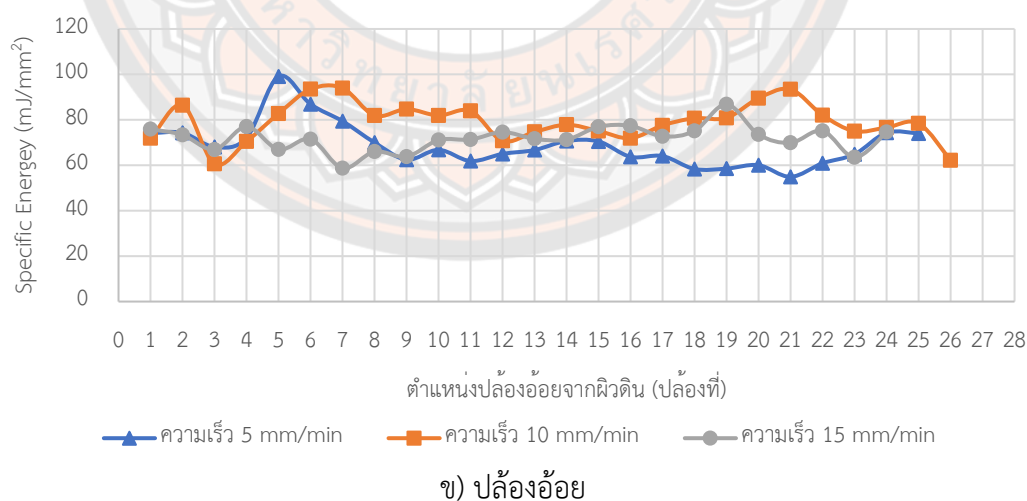
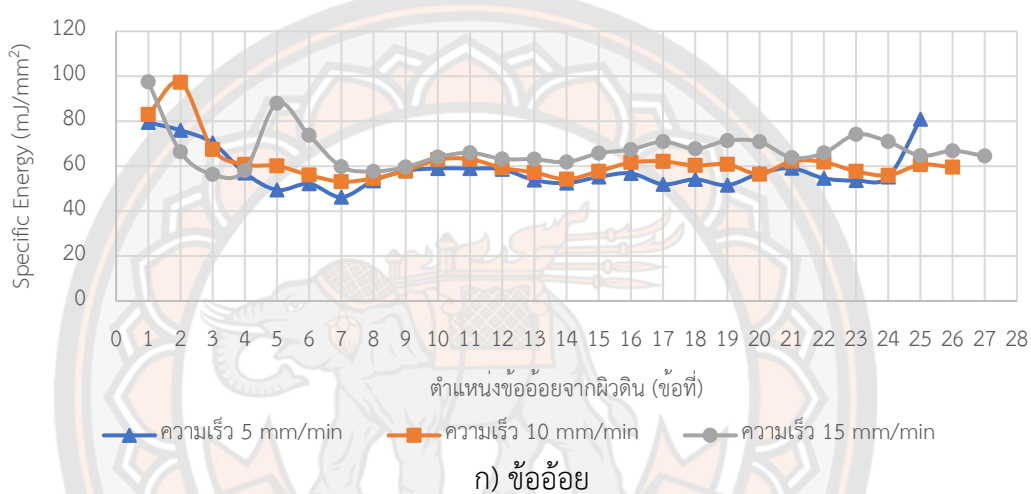


ภาพ 58 เปรียบเทียบความเค้นเฉือนของการตัดเฉียง (14 องศา) ที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วย
ความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

4.2.4 เปรียบเทียบค่าพลังงานจำเพาะของการตัดในแต่ละข้อและปล้องของอ้อย

1) การตัดตรง (0 องศา)

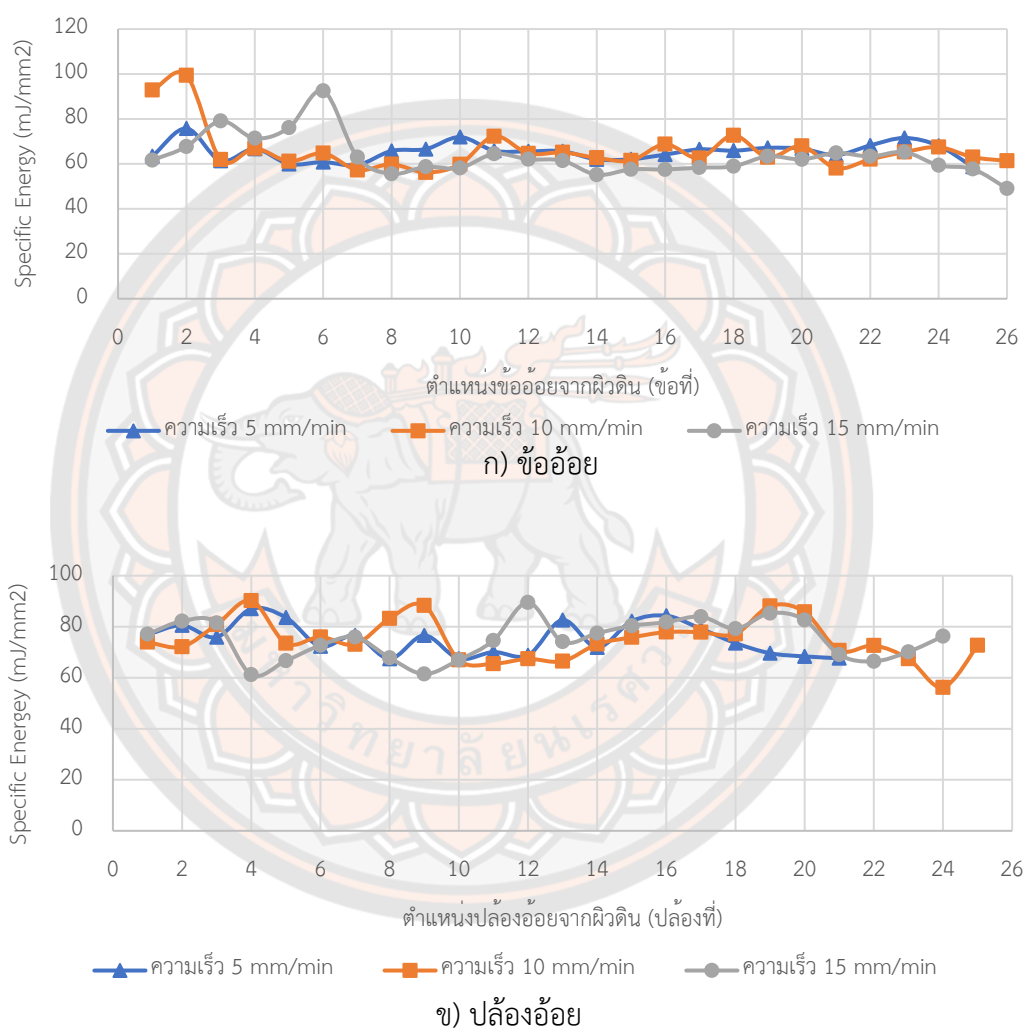
เมื่อพิจารณาค่าพลังงานจำเพาะในการตัดที่ข้ออ้อย (ภาพ 59 ก) พบว่า พลังงานจำเพาะในการตัดที่ข้ออ้อยมากที่สุดในช่วงโคนลำ พลังงานจำเพาะที่ใช้ในการตัดมีแนวโน้มมากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น สำหรับการตัดที่ปล้องอ้อย (ภาพ 59 ข) พบว่า หลังจากตำแหน่งที่ 10 พลังงานจำเพาะในการตัดที่ความเร็ว 5 มิลลิเมตรต่อวินาทีมีแนวโน้มน้อยกว่าอีก 2 ความเร็ว



ภาพ 59 เปรียบเทียบพลังงานจำเพาะของการตัดตรง (0 องศา) จากตำแหน่งชิดผิวดินในการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อวินาที

2) การตัดเฉียง (14 องศา)

เมื่อพิจารณาค่าพลังงานจำเพาะในการตัดที่ข้ออ้อย (ภาพ 60 ก) พบว่า พลังงานจำเพาะในการตัดมีค่าสูงที่โคนอ้อย (ตำแหน่งข้ออ้อยที่ 1 ถึง 2) สำหรับการตัดที่ปล้องอ้อย (ภาพ 60 ข) พบว่า พลังงานจำเพาะไม่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งปล้องอ้อย และไม่พบแนวโน้มของความเร็วที่ส่งผลต่อค่าพลังงานจำเพาะทั้งการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อย



ภาพ 60 เปรียบเทียบพลังงานจำเพาะของการตัดเฉียง (14 องศา) จากตำแหน่งขั้วผิวดินในการตัดที่ข้ออ้อยและปล้องอ้อยด้วยความเร็ว 5 10 และ 15 มิลลิเมตรต่อนาที

4.3 ผลของรูปแบบใบมีดตัดโคนอ้อย ความเร็วใบมีดและมุมของงานยึดใบมีดที่ใช้ในการตัดอ้อยต่ออ้อย

จากข้อมูลของชุดใบมีดตัดโคนอ้อยจากรถทั้ง 4 รุ่น ดังแสดงในตาราง 18 พบว่า ใบมีดที่ใช้ในการตัดเป็นใบมีดรูปแบบเดียวกัน มุมของใบมีดและงานยึดใบมีดมีค่าเท่ากัน แต่รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีจำนวนใบมีด 8 และ 10 ใบ ตามลำดับ

ตาราง 18 ข้อมูลความเร็วและข้อมูลจำเพาะของชุดใบมีดตัดโคนของรถตัดอ้อย

ข้อมูลจำเพาะ	ยี่ห้อ/รุ่น			
	MSH1	MSH2	LSH1	LSH2
ความเร็วเฉลี่ยของรถตัดอ้อย (เมตร/วินาที)	1.06	1.04	1.53	1.49
ความเร็วรอบใบมีดตัดโคนจากคู่มือ (รอบ/นาที)	-	-	-	640
เส้นผ่านศูนย์กลางงานยึดใบมีด (เมตร)	0.48	0.56	0.58	0.55
จำนวนใบมีดรวม (ใบ)	8	8	10	10
ระยะห่างระหว่าง ชุดใบมีดซ้าย-ขวา (เมตร)	0.58	0.60	0.62	0.63
ความยาวใบมีดที่ยื่นจากงานยึดใบมีด (เมตร)	0.11	0.08	0.09	0.10
มุมใบมีดกับงานยึดใบมีด (องศา)	0	0	0	0
มุมเอียงชุดใบมีดตัดโคนกับแนวระดับ (องศา)	19	17	17	20
ระยะห่างของขอบงานยึดใบมีดซ้าย-ขวา (เมตร)	0.095	0.045	0.040	0.080

เมื่อพิจารณาข้อมูลจำเพาะของชุดใบมีดตัดโคนของรถตัดอ้อยดังแสดงในตาราง 18 หากใช้ความเร็วรอบของชุดใบมีดตัดโคน 640 รอบต่อนาทีเท่ากันตามความเร็วรอบจากคู่มือของรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ LSH2 พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่จะมีความเร็วปลายใบมีดเฉลี่ย 23.8 และ 25.3 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เมื่อคำนวณระยะตัดของใบมีดจากความเร็วเฉลี่ยและจำนวนใบมีดของรถตัดอ้อยแต่ละรุ่น พบว่า รถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่มีระยะตัดของใบมีดตัดโคนเฉลี่ย 2.48 และ 2.83 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตาราง 19) เมื่อพิจารณาประกอบกับข้อมูลความเสียหายของรอยตัดที่ต่อและต่ออ้อย พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน แต่หากพิจารณาระยะการตัดของใบมีดกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำอ้อยจากการทดสอบประสิทธิภาพพรดัดอ้อย พบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยบริเวณโคนอ้อยมีค่าเฉลี่ย 2.73 เซนติเมตร ระยะการตัดอ้อยของใบมีดรถ

ตัดอ้อยขนาดกลางไม่สามารถตัดอ้อยขาดได้ในการตัดเพียงครั้งเดียว อาจทำให้รอยตัดและต่ออ้อยเกิดความเสียหายมากกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ที่สามารถตัดอ้อยขาดได้เพียงครั้งเดียว

ตาราง 19 ข้อมูลความเร็วปลายใบมีดและระยะการตัดของใบมีดของรถตัดอ้อย

ข้อมูลจำเพาะ	ยี่ห้อ/รุ่น			
	MSH1	MSH2	LSH1	LSH2
ความเร็วปลายใบมีด (เมตรต่อวินาที)	23.46	24.13	25.47	25.13
ระยะการตัดอ้อยของใบมีด (เซนติเมตร)	2.51	2.44	2.87	2.79

*หมายเหตุ คำนวณที่ความเร็วรอบ 640 รอบต่อนาที

บทที่ 5

บทสรุป

การศึกษาประสิทธิภาพของรถตัดอ้อยในเขตภาคเหนือตอนล่างในแปลงอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่า ความเร็วของรถตัดอ้อยขนาดกลางช้ากว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่และความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนักของรถตัดอ้อยขนาดกลางน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถตัดอ้อยจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของอ้อยในแปลง เวลาที่ใช้ในการเก็บเกี่ยวอ้อยและเวลารวมในการทำงานของรถตัดอ้อยขนาดกลางมากกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนเวลาที่สูญเสียไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของรถตัดอ้อย โดยรวมรถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH2 มีประสิทธิภาพในการทำงานเชิงพื้นที่และประสิทธิภาพในการทำงานเชิงเวลาสูงกว่ารถตัดอ้อย MSH1 LSH1 และ LSH2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความยาวของท่อนอ้อยจากรถตัดอ้อยขนาดกลางมีความยาวมากกว่าจากรถตัดอ้อยขนาดใหญ่ ส่งผลให้ปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อยของรถตัดอ้อยขนาดกลาง MSH1 มากกว่ารถรุ่นอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีปริมาณสิ่งเจือปนจากดินมากกว่าเนื่องจากดินติดไปกับใบอ้อย การสูญเสียท่อนอ้อยในแปลงมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกับปริมาณสิ่งเจือปนจากใบอ้อย การอัดแน่นของดินจากรถตัดอ้อยใหญ่มีความกว้างและความลึกในการกดอัดมากกว่ารถตัดอ้อยขนาดกลาง แต่มีค่าการกดอัดดินน้อยกว่า ส่วนรถบรรทุกทำให้เกิดการกดอัดแน่นของดินมากกว่ารถตัดอ้อย เมื่อวิเคราะห์ทางด้านเศรษฐศาสตร์ รถตัดอ้อยขนาดกลาง มีการใช้งานคุ้มทุน จุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุนน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ เนื่องจากราคาซื้อรถตัดอ้อยและค่าใช้จ่ายคงที่ต่ำกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่ อย่างไรก็ตามเกษตรกรส่วนใหญ่ในเขตภาคเหนือตอนล่างปลูกอ้อยโดยมีระยะห่างระหว่างแถว 1.50 เมตร ซึ่งรถตัดอ้อยขนาดกลางสามารถเก็บเกี่ยวได้โดยมีโอกาสเหยียบตออ้อยน้อยกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่

การศึกษาสมบัติทางกายภาพและแรงที่ใช้ฉีกอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 พบว่า ในตำแหน่งที่ 1-4 จากผิวดิน ข้ออ้อยและปล้องอ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่าตำแหน่งอื่น แต่มีความยาวปล้องอ้อยน้อยกว่าตำแหน่งอื่น ความเค้นฉีกและพลังงานจำเพาะในการตัดที่ข้ออ้อยน้อยกว่าการตัดที่ปล้องอ้อยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องมาจากการยุบตัวบริเวณปล้องอ้อยมากกว่าท่อนอ้อย ในการตัดตรง (0 องศา) เมื่อความเร็วในการตัดมากขึ้นทำให้ความเค้นฉีกในการตัดที่ข้ออ้อยลดลง แต่

ในการตัดที่ปล้องอ้อยความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะจะมากขึ้นเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนในการตัดเฉียง (14 องศา) เมื่อความเร็วในการตัดสูงขึ้นความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะจะมากขึ้น การตัดตรง (0 องศา) ที่ข้ออ้อยในตำแหน่งที่ 1-4 จากผิวดินมีความเค้นเฉือนและพลังงานจำเพาะในการตัดสูงกว่าในตำแหน่งอื่น การตัดที่ปล้องอ้อยไม่พบแนวโน้มของตำแหน่งกับความเค้นเฉือนและพลังงานที่ใช้ในการตัด

รูปแบบใบมีดและมุมของใบมีดตัดโคนกับจานยึดใบมีดของรถตัดอ้อยขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีค่าเท่ากัน ระยะการตัดอ้อยของใบมีดจากรถตัดอ้อยขนาดกลางน้อยกว่าจากรถตัดอ้อยขนาดใหญ่เมื่อใช้ความเร็วรอบเท่ากัน ส่งผลให้ใบมีดไม่สามารถตัดอ้อยที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 27.33 มิลลิเมตร ให้ขาดได้ภายในครั้งเดียว อาจส่งผลกระทบต่อความเสียหายของรอยตัดที่ต่ออ้อยและความเสียหายต่ออ้อยได้มากกว่ารถตัดอ้อยขนาดใหญ่



บรรณานุกรม

- กรมวิชาการเกษตร. (2561). อ้อยชีวมวล อีกหนึ่งทางเลือกของพืชพลังงาน. สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2562 จาก http://doa.go.th/pibai/pibai/n14/v_12-jan/borkor.html
- กลุ่มบริษัทน้ำตาลไทยรุ่งเรือง. (มปป.). รถตัดอ้อย TRM สืบค้นเมื่อ 3 กันยายน 2562 จาก http://www.trrsugar.com/group_machine.asp
- กิตติพล อาชาวราทร, ชวิน จิตพิพัฒน์พงศ์, ปฐวี ธานีโต, สรรพฤทธิ์ เพื่อนอัยกา และ สุรินทร์ พงศ์ศุภสิทธิ์. (มปป.). การออกแบบและผลิตใบมีดจอบหมุนต้นแบบพื้นที่สำหรับเกษตรกรรมในประเทศ.
- เกษม สุขสถาน. (2523). เรื่องที่ 3 อ้อย. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่มที่ 5.
- ชาติชาย ศิริพัฒน์. (2560). SD Tech รถตัดอ้อยไทยทำ. สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2562 จาก <https://www.thairath.co.th/news/local/1125940>
- ธนัชสิทธิ์ พูนไพบูลย์พัฒน์, วิภา หอมหวล, วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์ และ อนุพงศ์ วงศ์ดามี. (2561). การประเมินการผลิตอ้อยและการใช้เครื่องจักรกลพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง. รายงานการวิจัย. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ.
- บริษัท ไทยเอเย่นซี เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด. (2565). ตัดอ้อยสดด้วยรถตัดอ้อย ลดฝุ่น PM2.5 เพิ่มมูลค่าผลผลิต. สืบค้นเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2566 จาก <https://thaia.co.th/2022/11/30/ตัดอ้อยสดด้วยรถตัดอ้อย>
- บริษัท น้ำตาลมิตรผล จำกัด. (2562). เครื่องปลูกอ้อยแนวตั้งแบบจานคู่. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2567 จาก www.mitrpholmodernfarm.com
- รัตนา การุญบุญญานันท์, พิระศักดิ์ ฉายประสาธ, พิวัตร เกตุยิม และ เอกรัตน์ เก่งวิทยา. (2562). การวิจัยและพัฒนาเครื่องผ่ากออ้อยและการใช้สารควบคุมการเจริญเติบโตของอ้อยต่ออย่างแม่นยำ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานการวิจัยแห่งชาติและสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม.
- เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. (2565). พันธุ์อ้อยดีเด่นที่เหมาะสมกับแหล่งปลูกอ้อยทั่วประเทศ. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สืบค้นเมื่อ 11 พฤษภาคม 2567 จาก <https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=70858>
- วิชัย โอภาณุกุล, สันธาร นาควินานุกุล, คทาวิรุ จงสุขไว, มงคล ตุ่นเฮ้า, บาลทิพย์ ทองแดง, ดนัย ศารทูลพิทักษ์ และ สุชาติ สุขนิยม. (2555). ศึกษาการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวอ้อยในประเทศไทย. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่13,

- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุพรรณบุรี. (มปป.). *เกษตรดีที่เหมาะสมสำหรับอ้อยคั้นน้ำ*. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2562 จาก http://www.doa.go.th/ardc/suphan/sugarcane_GAP.htm
- สามารถเกษตรยนต์. (มปป.). *รถตัดอ้อย SM200 SUPERSPEED*. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2567 จาก <http://www.samartkasetyon.com/products-sm200giant.html>
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งประเทศไทย. (2566). *รายงานการผลิตอ้อยของประเทศไทยประจำปีการผลิต 2565/66*.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งประเทศไทย. (2567). *รายงานการผลิตน้ำตาลทรายของโรงงานน้ำตาลทั่วประเทศ ฉบับปิดหีบ ปีการผลิต 57/58- 66/67*.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2560). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมรถตัดอ้อย มอก. 2773 – 2560*.
- สิทธิพร เกษจ้อย, วรชาติ ทะสา, สัจจารักษ์ ไร่สงวน, สุดาทิพย์ เกษจ้อย, วรชาติ ทะสา, สัจจารักษ์ ไร่สงวน และ สุดาทิพย์ เกษจ้อย. (2564). *ผลกระทบจากการเผาใบอ้อยที่ก่อให้เกิดมลพิษ PM 2.5 ตำบลในเมือง อำเภอเวียงเก่า จังหวัดขอนแก่น*. Journal of Buddhist Education and Research: JBER 7(1), 16-25.
- Beckwith, C. A. (1995). *Whole stalk sugar cane harvester that tops, cuts, cleans and loads* (U.S. Patent No.5,463,856)
- Bundaberg mobile equipment and engineering private company limited. (n.d.) *Ax5000 sugarcane harvester series*. Australia.
- Case IH and CNH Industrial. *Sugarcane harvester A8000 series*. (n.d.) Retrieved 12 May 2567 from www.cnhindustrial.com
- Jena, P., Mahapatra, N., Khandai, S., & Behera, D. (2018). *Studies on the operational parameters of sugarcane harvesting blades*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 7, 1163-1172. doi:10.20546/ijcmas.2018.703.138
- Kaewkabthong, A., & Udompetai, V. (2017). *Influences of the field accessibility to the performance of mechanical sugarcane harvesting*. The 10th TSAE international conference: TSAE 2017.
- Kaewkabthong, A., & Udompetai, V. (2019). *Determination of field capacity for the sugarcane harvester using GNSS data*. IOP Conference Series: Earth Environment Science. 301. doi:10.1088/1755-1315/301/1/012016

- Ma, S., Karkee, M., Scharf, P., & Zhang, Q. (2014). *Sugarcane harvester technology: A critical overview*. *APPLIED ENGINEERING IN AGRICULTURE*, 30, 727-739. doi:10.13031/aea.30.10696
- Mechanical Engineering Site. (2021). *Centrifugal pump impeller tip speed calculation, significant, limitation*. Retrieved 8 May 2021 from www.mechanicalengineeringsite.com
- Momin, M. A., Wempe, P. A., Grift, T. E., & Hansen, A. C. (2017). *Effects of four base cutter blade designs on sugarcane stem cut quality*. *Transactions of the ASABE*, 60(5), 1551-1560. doi:10.13031/trans.12345
- Shinzato, Y., Uehara, K., & Ueno, M. (2013). *Performance of sugarcane harvesters in Okinawa*. *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 28.
- Taghijarah, H., Ahmadi, H., Ghahderijani, M., & Tavakoli, M. (2011). *Shearing characteristics of sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) stalks as a function of the rate of the applied force*. *Australian Journal of Crop Science*, 5, 630-634.
- Tuleu Consulting Company. (2014). 3520 sugarcane harvester.
- Usaborisut, P., & Sukcharoenvipharat, W. (2011). *Soil compaction in sugarcane fields Induced by mechanization*. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences*, 6(3). doi:10.3844/ajabssp.2011.418.422
- Viator, R. P., Richard, E. P., Viator, B. J., Jackson, W., Waguespack, H., & Birkett, H. S. (2007). *Sugarcane chopper harvester extractor fan and ground speed effects on yield and quality*. *Applied Engineering in Agriculture*, 23. doi:10.13031/2013.22327
- Wang, F., Yang, G., Ke, W., & Ma, S. (2018). *Effect of sugarcane chopper harvester extractor parameters on impurity removal and cane losses*. *IFAC-PapersOnLine*, 51-17, 292-297. doi:10.1016/j.ifacol.2018.08.178
- Yinggang, O., Wegener, M., Dantong, Y., Liu, Q., Dingke, Z., Wang, M., & Haochun, L. (2013). *Mechanization technology: The key to sugarcane production in China*. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 6. doi:10.3965/j.ijabe.20130601.001



ภาคผนวก

ตัวอย่างการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อย

1. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของรถตัดอ้อย MSH1 ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์มีดังต่อไปนี้

ราคาซื้อรถตัดอ้อย MSH1 (P) 8,000,000 บาท

มูลค่าซาก 10 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ (s) 800,000 บาท

อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ (i) 7 เปอร์เซ็นต์

จำนวนชั่วโมงการทำงานต่อวัน 8 ชั่วโมงต่อวัน

จำนวนวันในการทำงานต่อปี 90 วันต่อปี

ความหนาแน่นอ้อย 11.92 ต้นต่อไร่

ความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนัก MSH1 35.81 ต้นต่อชั่วโมง

ความสามารถในการทำงานเชิงน้ำหนัก MSH1 3.01 ไร่ต่อชั่วโมง

อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (ค่าประมาณจากการทดสอบ) ลิตรต่อตันอ้อย

ค่าซ่อมบำรุงรักษาต่อปี 170,000 บาทต่อปี

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 31 บาทต่อลิตร

ค่าจ้างคนขับรถตัดอ้อย 11 บาทต่อตัน

1.1 การคิดค่าใช้จ่ายคงที่

อายุการใช้งานของรถตัดอ้อย กำหนดไว้ที่ 10 ปี เมื่อสิ้นปีที่ 10 ราคาของรถตัดอ้อยเหลือ

10 เปอร์เซ็นต์ ของราคาซื้อ

$$\text{ราคาซากของรถตัดอ้อย} = (10/100) \times 8,000,000$$

$$= 800,000 \text{ บาท}$$

ค่าเสื่อมราคาของรถตัดอ้อย MSH1 คำนวณจากสมการที่ 3.8 คือ

$$DP = \frac{(P-S)}{L} \quad \dots (3.8)$$

$$= (8,000,000 - 800,000) / 10$$

$$= 720,000 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่} = \text{ค่าเสื่อมราคา} + \text{ค่าดอกเบี้ย} \quad \dots (3.8)$$

การคิดค่าดอกเบี้ย กำหนดให้เกษตรกรซื้อรถตัดอ้อย MSH1 ด้วยเงินกู้ ซึ่งมีดอกเบี้ยเงินกู้ 7 เปอร์เซ็นต์ต่อปี ดังนั้นค่าดอกเบี้ยของการซื้อรถตัดอ้อย MSH1 สามารถคำนวณได้ตามสมการที่ (3.9)

$$I = \frac{(P+S)}{2} \times \frac{i}{100} \quad \dots (3.9)$$

$$= (8,000,000 + 800,000) / 2 \times (0.7 / 100)$$

$$= 308,000 \text{ บาทต่อปี}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี} = 720,000 + 308,000$$

$$= 1,028,000 \text{ บาทต่อปี}$$

เนื่องจากรถตัดอ้อย MSH1 มีความสามารถในการทำงาน 35.81 ตันต่อชั่วโมง (286.48 ตันต่อวัน) (25,782.59 ตัน/ปี)

$$\text{รวมค่าใช้จ่ายคงที่} = 1,028,000 \text{ (บาทต่อปี)} / 25,783.59 \text{ (ตันต่อปี)}$$

$$= 39.87 \text{ บาทต่อตัน}$$

1.2 การคิดค่าใช้จ่ายผันแปร

ค่าใช้จ่ายนี้เกิดขึ้นเมื่อรถตัดอ้อยทำงาน ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานของรถตัดอ้อย MSH1 ค่าใช้จ่ายผันแปรสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3.10)

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายผันแปร} &= \text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} + \text{ค่าบำรุงรักษา} \\ &\quad + \text{ค่าจ้างแรงงาน} \quad \dots (3.10) \end{aligned}$$

$$\text{ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง} = 1.74 \text{ (ลิตรต่อตัน)} \times 31 \text{ (บาทต่อลิตร)}$$

$$= 53.94 \text{ บาทต่อตัน}$$

เปลี่ยนค่าบำรุงรักษาจากบาทต่อปีเป็นบาทต่อตัน

$$\text{ค่าบำรุงรักษา} = 170,000 \text{ (บาทต่อปี)} / 25,783.2 \text{ (ตันต่อปี)}$$

$$= 6.59 \text{ บาทต่อตัน}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายผันแปร} = 53.94 + 6.59 + 11$$

$$= 71.53 \text{ บาทต่อตัน}$$

1.3 ค่าใช้จ่ายรวม

$$\begin{aligned}\text{ค่าใช้จ่ายทั้งหมด} &= \text{ค่าใช้จ่ายคงที่} + \text{ค่าใช้จ่ายผันแปร} \\ &= 39.87 + 71.53 \\ &= 111.41 \text{ บาทต่อตัน}\end{aligned}$$

1.4 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

$$\begin{aligned}\text{กำไรที่ได้จากค่าจ้าง} &= \text{ค่ารับจ้าง} - \text{ค่าใช้จ่ายรวม} \\ &= 190 - 111.41 \\ &= 78.59 \text{ บาทต่อตัน}\end{aligned}$$

จากค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี 1,028,000 บาท และ ค่าใช้จ่ายผันแปร 71.53 บาทต่อตัน

$$\begin{aligned}\text{การใช้งานคุ้มทุนเชิงน้ำหนักร} &= \text{ค่าใช้จ่ายคงที่} / (\text{อัตราค่าจ้าง} - \text{ค่าใช้จ่ายผันแปร}) \\ &= 1,028,000 \text{ (บาทต่อปี)} / (190 - 78.59) \text{ (บาทต่อตัน)} \\ &= 8,677.57 \text{ ตันต่อปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{การใช้งานคุ้มทุนเชิงพื้นที่} &= \text{การใช้งานคุ้มทุนเชิงน้ำหนักร} / (\text{ความหนาแน่นอ้อย}) \\ &= 8,677.57 \text{ (ตันต่อปี)} / 11.92 \text{ (ตันต่อไร่)} \\ &= 728 \text{ ไร่ต่อปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{จุดคืนทุนเชิงน้ำหนักร} &= \text{ราคาซื้อรถตัดอ้อย} / \text{กำไรที่ได้จากค่าจ้าง} \\ &= 8,000,000 \text{ (บาท)} / 78.59 \text{ (บาทต่อตัน)} \\ &= 101,788.24 \text{ ตัน}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{จุดคืนทุนเชิงพื้นที่} &= \text{จุดคืนทุนเชิงน้ำหนักร} / \text{ความหนาแน่นอ้อย} \\ &= 101,788.24 \text{ (ตัน)} / 11.92 \text{ (ตันต่อไร่)} \\ &= 8,539 \text{ ไร่}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{กำไร (บาทต่อปี)} &= \text{กำไร (บาทต่อตัน)} \times \text{ความสามารถในการทำงาน (ตัน/ปี)} \\ &= 78.59 \text{ (บาทต่อตัน)} \times 25,783.2 \text{ (ตันต่อปี)} \\ &= 2,026,371.28 \text{ บาทต่อปี}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{ระยะเวลาคืนทุน} &= \text{ราคาซื้อรถตัดอ้อย} / \text{กำไรต่อปี} \\ &= 8,000,000 \text{ (บาท)} / 2,026,371.28 \text{ (บาทต่อปี)} \\ &= 3.95 \text{ ปี}\end{aligned}$$