รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาคุณลักษณะของกลไกการโรยท่อนของเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนบนเงื่อนไขการปลูกอ้อยในประเทศไทย

โดย ดร.ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์

มิถุนายน 2559

สัญญาเลขที่ TRG 5780090

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการการศึกษาคุณลักษณะของกลไกการโรยท่อนของเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนบนเงื่อนไขการปลูกอ้อยในประเทศไทย

ผู้วิจัย ดร.ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์
สังกัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยและต้นสังกัด

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย
สกว.และต้นสังกัดไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

เอกสารแนบหมายเลข 2

Abstract

Project Code : TRG 5780090

Project Title : The characteristic of discharging mechanism of the sugarcane billet planter based on planting condition in Thailand

Investigator : Dr.Khwantri Saengprachatanarug

Faculty of Engineering, Khonkaen University

E-mail Address : khwantri@kku.ac.th

Project Period : May 2, 2014 – May 1, 2016

The objective of this study was to find the discharge characteristic of the sugarcane billet planter related with the design of container bin and metering device. The laboratory tests and the field tests were conducted to compare the discharge consistency and the performance of the original and modified design, respectively. Khon kaen 3 cultiva of sugarcane was used for the experiments. Discharge index was recorded and used to analyze the precision index which represents the percentage of discharge distance that sugarcane billets were discharge within the desired range (6-9 billet/m). For the original container bin design, the lower part of the bin sides were inclined 60^{o} from ground level, while the upper part of the bin sides were vertical. For the modified container bin design, the bin sides were inclined 60^{o} from ground level. On the other hands, the original metering device (type 1) consists of the conveyer belt attached with the flat steel cleats which have their length equal to the conveyer width. While the modified metering device (type 2) use the angled cleats similar to the bucket conveyer. More over the cleats were shorten to 2/3 length of conveyor width and aligned in left-right alternation. The anther modified metering device (type 3) use the same arrangement and length with type 2 but use the flat steel cleats with the 20 degree inclined-edge. During the laboratory test, linear speed of the conveyor was controlled at 0.216 m/s. The result showed that the modified container bin design had a precision index of 42.01 which 6.49% higher than the original design. Refer to the consequent laboratory test, the metering device type 2 had the highest precision index which equal to 51.33%. More over the field test results show that the billet planter with the modified container bin and the modified metering device had the precision index of 39.29% which was 10.63% higher than the original metering device.

Keywords : sugarcane planter, discharge index, precistion index

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : TRG 5780090

ชื่อโครงการ : การศึกษาคุณลักษณะของกลไกการโรยท่อนของเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนบนเงื่อนไขการปลูกอ้อยในประเทศไทย

ชื่อนักวิจัย : ดร.ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
E-mail Address : khwantri@kku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 2 มิถุนายน พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2559

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณลักษณะของการโรยท่อนจากผลของ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ และชุดลำเลียงของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ โดยทำการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริงในดินทรายพื้นที่จังหวัดขอนแก่น เพื่อเปรียบเทียบความสม่ำเสมอในการโรยท่อน โดยกำหนดพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดสอบ คือ อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ในระหว่างการทดสอบอัตราการโรยท่อนพันธุ์จะถูกบันทึกด้วยกล้องวีดีโอและนำมาวิเคราะห์ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharge index) และค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร สำหรับรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ที่ทำการศึกษาและทดสอบประกอบด้วย 2 รูปแบบ คือ รูปแบบถังก่อนการปรับปรุง ซึ่งถังส่วนล่าง จะทำมุม 60 องศากับแนวระนาบในขณะที่ถังส่วนบนจะตั้งตรงในแนวดิ่ง และรูปแบบถังหลังการปรับปรุงซึ่งถังส่วนล่างและส่วนบน จะทำมุม 60 องศากับแนวระนาบเท่ากัน ส่วนรูปแบบชุดลำเลียงที่ทดสอบ ประกอบด้วย 3 รูปแบบ คือ รูปแบบก่อนการพัฒนา ซึ่งชุดลำเลียงประกอบด้วยใบสะพานลำเลียงที่มีลักษณะเป็นแผ่นราบและมีความยาวเต็มหน้าสายพาน รูปแบบที่ 2 ซึ่งมีการพับใบสะพานขึ้นลักษณะคล้ายกระพ้อลำเลียง มีความยาวเท่ากับ 2 ใน 3 ส่วนของหน้ากว้างสายพาน และเรียงใบสะพานในตำแหน่งสลับฟันปลาด้านซ้ายและด้านขวา และรูปแบบที่ 3 ซึ่งมีความยาวและการจัดเรียงใบสะพานเช่นเดียวกับรูปแบบที่ 2 แต่มีการดัดเฉพาะส่วนปลายของใบสะพานลำเลียงขึ้น 20 องศา ในการทดสอบแบบอยู่กับที่กำหนดความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 0.216 เมตรต่อวินาที พบว่า หลังการปรับปรุงถังบรรจุท่อนพันธุ์ ค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์เฉลี่ยร้อยละ 42.01 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุงคิดเป็นร้อยละ 6.49 จึงใช้รูปแบบถังที่บรรจุท่อนพันธุ์ที่ปรับปรุงแล้วในการทดสอบรูปแบบใบสะพานลำเลียงในลำดับต่อไป และพบว่า รูปแบบที่ 2 มีดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ที่ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 51.33 ส่วนในการทดสอบภาคสนาม หลังการพัฒนารูปแบบใบสะพาน โดยใช้แบบที่ 2 มีค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์เท่ากับ 39.29 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาเฉลี่ยร้อยละ 10.63

คำหลัก : เครื่องปลูกอ้อย ดัชนีการโรยท่อน ดัชนีความแม่นยำ

Executive Summary

เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อน (sugar cane billet planter) มีความนิยมเพิ่มมากขึ้น เนื่องจาก สามารถใช้ท่อนพันธุ์อ้อยที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อยได้ ทำให้ใช้แรงงานน้อยลงมาก และสามารถทำงานได้รวดเร็ว ทำให้เกษตรกรสามารถปลูกได้ทันฤดูกาล อย่างไรก็ตาม เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนที่ใช้ในประเทศไทยยังคงมีความสม่ำเสมอในการปลูกต่ำ เนื่องมาจากกลไกการลำเลียงท่อนพันธุ์ลงปลูกยังไม่เหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของท่อนพันธุ์ของประเทศไทย จึงต้องมีการศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะการโรยท่อนระหว่างรูปแบบถังบรรทุกท่อนพันธุ์ 2 รูปแบบ และรูปแบบชุดลำเลียง 3 รูปแบบ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีการโรยท่อน (Discharge index) และ ดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อน (Precision index)

วิธีการศึกษาประกอบด้วยการคุณสมบัติทางกายภาพและความทนทานของท่อนพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีความนิยมสูงในประเทศไทย ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย และการทดสอบการโรยท่อนแบ่งเป็นการทดสอบแบบอยู่กับที่ และการทดสอบทำงานในภาคสนาม ในการทดสอบแบบอยู่กับที่ มีการบันทึกจำนวนท่อนพันธุ์ที่โรยลงปลูกต่อวินาที และระดับของอ้อยในถังด้วยกล้องวิดีโอ พร้อมทั้งวัดการสั่นสะเทือนและค่าแรงบิดที่เพลาของชุดลำเลียง ส่วนในการทดสอบในภาคสนาม มีการบันทึกจำนวนท่อนพันธุ์ที่โรยลงปลูกต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของเครื่องปลูก พร้อมทั้งวัดการสั่นสะเทือนและอัตราการงอกของท่อนพันธุ์

ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบมุมเอียงของผนังถังบรรทุกและรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์มีผลต่อดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยรูปแบบมุมเอียงของผนังถังที่ดีที่สุดคือ รูปแบบที่ 2 ซึ่งมีมุมเอียงของผนังถังเท่ากับ 60 องศาจากแนวระดับ และรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ที่ดีที่สุดคือรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์แบบที่ 2 ซึ่งประกอบด้วยใบสะพานลำเลียงที่มีความยาว 2 ใน 3 ส่วนของหน้ากว้างสายพาน และมีการจัดเรียงใบสะพานแบบสลับฟันปลาด้านซ้ายและขวา ในขณะที่รูปแบบดังกล่าวมีการสั่นสะเทือนและแรงบิดที่เพลาชุดลำเลียงเฉลี่ยน้อยกว่าแบบอื่น โดยมีอัตราการงอกที่ไม่แตกต่างจากการปลูกโดยวิธีการปลูกด้วยเครื่องปลูกแบบเสียบลำตามวิธีปฏิบัติของเกษตรกร

ผลการศึกษาจากโครงการนี้ได้เผยแพร่ผ่านการฝึกอบรมเกษตรกรภายใต้โครงการบริการวิชาการสู่สังคม และผ่านการตีพิมพ์ในวารสารระดับชาติและนานาชาติ ได้แก่ บทความเรื่อง "Comparative discharge and precision index of a sugar cane billet planter" ได้รับการตอบรับการตีพิมพ์ในวารสาร Applied engineering in agriculture ในวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 ซึ่งอยู่ในฐานข้อมูล SCI index ในควอไทล์ที่ 2, บทความเรื่อง "Analysis of discharge consistency and performance of a sugarcane billet planter with side-conveyer concept" ได้รับการตีพิมพ์ในวารสาร KKU Engineering Journal ในเล่มที่ 43 ฉบับที่ 1 และบทความเรื่อง "Development and evaluation of metering devices for sugarcane billet planter" ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารจากการประชุมวิชาการระดับนานาชาติ the 8th TSAE International Conference (TSAE2015) ในเดือนมีนาคม พ.ศ.2558

เนื้อหางานวิจัย

1. ที่มาและความสำคัญ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย จากสถิติพื้นที่ปลูกอ้อยของไทยในปี 2554/55 มีพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 8.9 ล้านไร่ ให้ผลผลิตทั้งหมดประมาณ 97.8 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 10.8 ตันต่อไร่ ส่งผลให้ประเทศสามารถผลิตน้ำตาลทรายส่งออกได้เป็นอันดับ 2 ของโลก ซึ่งพบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดประมาณ 3.8 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 42.20 ของพื้นที่ปลูกทั้งประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย , 2555) การปลูกอ้อยปัจจุบันที่ส่วนใหญ่ใช้แรงงานคนมีค่าใช้จ่ายสูง และใช้แรงงานมากในขณะที่แรงงานหายากขึ้น โดยเฉพาะช่วงฤดูกาลปลูกและการเก็บเกี่ยว (รัตนา และคณะ , 2546) การแก้ไขปัญหาของเกษตรกรด้านการขาดแคลนแรงงานในส่วนของการปลูกได้มีการนำเครื่องปลูกเข้ามาใช้ทดแทนแรงงาน (บพิตร และคณะ , 2540) สำหรับเครื่องปลูกที่มีการใช้งานปัจจุบันมี 2 แบบ คือ เครื่องปลูกแบบป้อนเป็นลำ และเครื่องปลูกแบบโรยท่อนพันธุ์ ซึ่งเครื่องปลูกอ้อยแบบป้อนเป็นลำ ปัญหาที่พบ คือ ใช้แรงงานมากในการปลูก (4-5 คน) ประสิทธิภาพการทำงานไม่ถึงร้อยละ 50 เพราะสูญเสียเวลาและแรงงานจำนวนมากส่วนใหญ่ในการตัดพันธุ์อ้อย การนำอ้อยจากรถบรรทุกขนใส่เครื่องปลูก เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์มีความสามารถในการทำงานและประสิทธิภาพในการทำงานที่สูงกว่าเครื่องปลูกอ้อยชนิดป้อนเป็นลำ เนื่องจากสามารถใช้เครื่องจักรทดแทนแรงงานคนในขั้นตอนการลำเลียงท่อนพันธุ์ แต่การใช้เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ยังพบปัญหาในส่วนของการโรยท่อนพันธุ์ที่ยังไม่สม่ำเสมอ ซึ่งสาเหตุส่วนหนึ่งเกิดจากรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ และรูปแบบมุมเอียงของกระบะบรรทุกท่อนพันธุ์ ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาคุณลักษณะของกลไกการโรยท่อน เพื่อพัฒนาให้เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์มีความสม่ำเสมอในการโรยท่อนที่สูงขึ้น

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและความทนทานของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก

2.2 เพื่อศึกษาผลของรูปแบบของชุดลำเลียงและรูปแบบมุมของผนังของถังบรรทุกท่อนพันธุ์ที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อน โดยการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

2.3 เพื่อศึกษาผลของรูปแบบชุดลำเลียงที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อนภายใต้การสั่นสะเทือนในการทดสอบในภาคสนาม

2.4 เพื่อวัดและวิเคราะห์พฤติกรรมของแรงที่กระทำต่อชุดสายพานลำเลียง

2.5 เพื่อศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

<u>หมายเหตุ</u> มีการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ในข้อที่ 4 และ 5 จากการสร้างโมเดลจำลองการลำเลียงท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกและรูปแบบการกระจายความเค้นในถังบรรทุก และ การสร้างโมเดลจำลองความเสียหายของท่อนพันธุ์ภายในถังบรรทุก เป็น การวัดและวิเคราะห์พฤติกรรมของแรงที่กระทำต่อชุดสายพานลำเลียง และ การศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ตามลำดับเนื่องจากปัญหาการเข้าถึงโปรแกรมจำลอง PFC3D (FEM-DEM) ที่ติดตั้งอยู่ในเซอร์ฟเวอร์ที่มหาวิทยาลัยคิวชู ประเทศญี่ปุ่นที่ไม่เสถียรและจึงไม่สามารถใช้ในการคำนวนตามที่วางแผนไว้ได้ เนื่องจากต้องใช้คำนวณข้อมูลที่ปริมาณมากและต้องคำนวณอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงแนวทางการวิจัย เป็นหัวข้อใหม่ดังกล่าว ซึ่งยังคงมีความสืบเนื่องกับข้อมูลที่ได้จากผลการวิจัยในลำดับก่อนหน้า

3. วิธีทดลอง

3.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและความทนทานของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ปลูกมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขนาดและมิติของท่อนอ้อยที่ใช้ในการปลูก สัมประสิทธิ์ความเสียดทานของท่อนอ้อย มุมกองของท่อนอ้อย และความหนาแน่นของท่อนอ้อย เพื่อรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นมาใช้ในการออกแบบเครื่องปลูกให้เหมาะสมในสภาพพื้นที่การปฏิบัติงานจริงภาคสนาม ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

3.1.1 มิติของท่อนพันธุ์

เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย

1) เวอร์เนียคาลิปเปอร์ ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

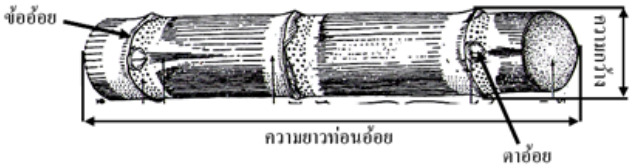
2) ตลับเมตร

3) เครื่องชั่ง

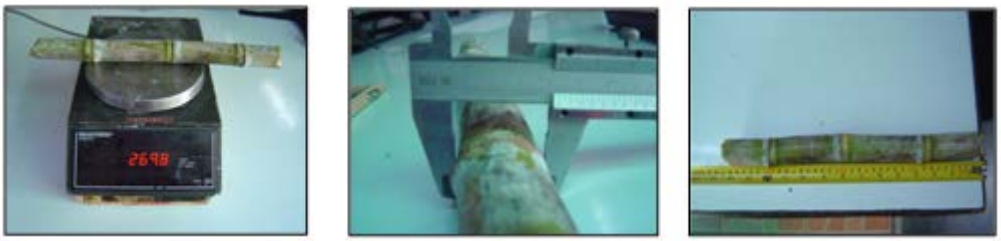
4) เครื่องมือสำหรับวัดมุมเสียดทาน

5) กล่องวัดความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อย

6) ท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมใช้ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเขตดินทราย



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งการวัดขนาดของท่อนอ้อยที่ได้จากรถตัดอ้อย



รูปที่ 3.2 การหาลักษณะทางกายภาพของท่อนพันธุ์อ้อย

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดขนาดของท่อนอ้อยจากการสุ่มมาหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ตามสูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum (X-\bar{X})^2}{N}}$$

เมื่อ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X = ค่าข้อมูลจากการวัด

$\bar{X}$ = ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

N = จำนวนข้อมูลที่ทำการวัด

3.1.2 สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์

การศึกษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์ของท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (รูปที่ 3.3) ใช้อุปกรณ์วัดมุมเสียดทานและใช้พื้นวัสดุในการทดสอบแตกต่างกัน ได้แก่ พื้นไม้ พื้นสแตนเลส พื้นเหล็ก พื้นสังกะสี และพื้นยาง โดยสุ่มตัวอย่างท่อนพันธุ์อ้อยที่ได้จากรถตัดอ้อยจำนวน 25 ตัวอย่าง วางวัสดุที่ปลายอุปกรณ์วัดมุมเสียดทาน ยกแผ่นกระดานขึ้นจนวัสดุเริ่มการไหลจากสภาวะหยุดนิ่ง แล้วอ่านมุมที่วัสดุเริ่มการไหล บันทึกข้อมูลและคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของวัสดุ

รูปที่ 3.3 การวัดมุมเสียดทานการลื่นไถลของท่อนพันธุ์อ้อย

3.1.3 มุมกองของท่อนพันธุ์อ้อย

การศึกษามุมกองของท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (รูปที่ 3.4) โดยใช้อุปกรณ์หาค่ามุมกองที่มีฐานเป็นวงกลมที่ทราบเส้นผ่าศูนย์กลาง ปล่อยวัสดุตกแบบอิสระและวัดความสูงจากฐานถึงปลายของกองวัสดุ และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่ามุมกอง

รูปที่ 3.4 การหามุมกองของท่อนพันธุ์อ้อย

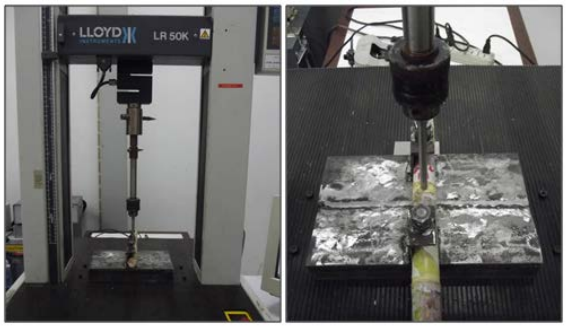
3.1.4 ความหนาแน่นรวมของท่อนพันธุ์อ้อ

การศึกษาความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 (รูปที่ 3. 5) การศึกษาขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อหาช่วงความถี่และความหนาแน่นโดยเฉลี่ยของท่อนพันธุ์ สำหรับเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาออกแบบขนาดของชุดถังบรรจุให้เหมาะสม โดยการเก็บตัวอย่างน้ำหนักของท่อนพันธุ์ที่นำไปบรรจุภายในถังเก็บตัวอย่างที่มีขนาด 1 x 1 x 1 เมตร และนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าความหนาแน่นดังสมการที่ 2.3

รูปที่ 3.5 การหาความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อย

3.1.4 ความทนทานของท่อนพันธุ์อ้อย

การศึกษาคุณสมบัติความแข็งแรงของตาอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 มีวิธีการศึกษาดังนี้ คือ ทดสอบหาค่าความแข็งแรงจากตาอ้อยโดยการใช้เครื่องกด UTM ในการกดหาค่าความแข็งแรงโดยการใส่ค่าโหลดของแรงกดที่จะส่งผลให้ตาอ้อยเริ่มเกิดความเสียหายจนถึงตาอ้อยเสียหาย โดยได้มีการกำหนดค่าแรงที่ใช้ในการกด คือ 400, 410, 420, 430, 440, 450, 460, 470, 480, 490, 500, 510, 520, 530, 540, 550, 560, 570, 580, 590 และ 600 นิวตัน มีการสุ่มตัวอย่างการทดสอบจำนวน 20 ซ้ำๆ ละ 10 ครั้ง จากนั้นนำข้อมูลที่บันทึกได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์ผลค่าความแข็งแรงของตาอ้อยที่เกิดความเสียหาย ดังแสดงในรูปที่ 3.6

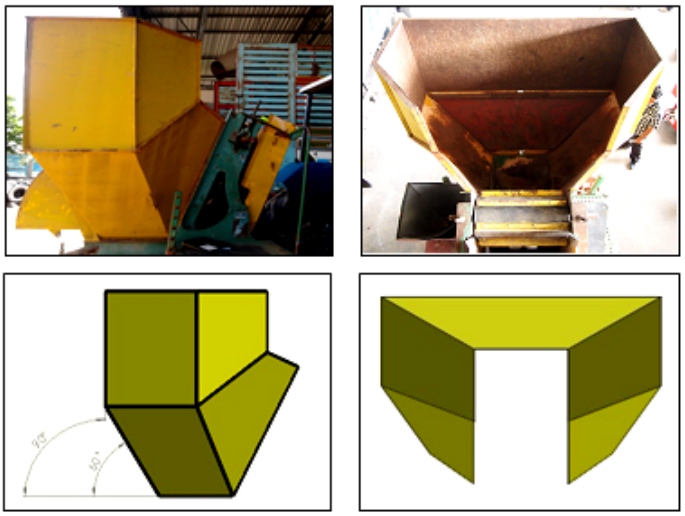


รูปที่ 3. 6 แสดงการทดสอบหาค่าความแข็งแรงของตาอ้อยที่จำทำให้เกิดความเสียหายด้วยเครื่อง UTM

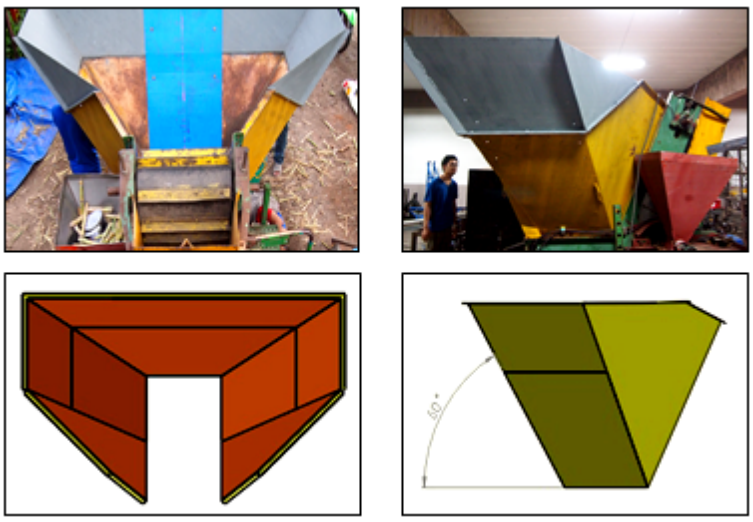
3.2 ศึกษาผลของรูปแบบของชุดลำเลียงและรูปแบบมุมของผนังของถังบรรทุกท่อนพันธุ์ที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อน โดยการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

3.2.1 การศึกษาผลของรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีต่อดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์

การพิจารณาปัจจัยที่ศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีผลต่อดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ มีการศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธ์ 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบก่อนการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์เดิม โดยมีมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ส่วนล่างถึงกลางถัง 60 องศา จากแนวระนาบ และส่วนกลางถังถึงส่วนบน 90 องศา จากแนวระนาบ ดังแสดงในรูปที่ 3.7 2) รูปแบบหลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์จากส่วนล่างถึงส่วนบนเท่ากับ 60 องศา จากแนวระนาบ ดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.7 รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง



รูปที่ 3.8 รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง

การเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง แสดงดังรายละเอียดในขั้นตอนการศึกษาดังต่อไปนี้

3.2.1.1 เครื่องมือวัด

1) กล้องวีดีโอ ยี่ห้อ Contour รุ่น plus 2 ความเร็วการถ่ายภาพ 120 Fps

2) ชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20

3) เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ AND รุ่น AD-5172

4) Hand counter

5) GPS

6) เทปวัดระยะขนาดความยาว 50 เมตร

7) ท่อ PVC ขนาดความยาว 1 เมตร ใช้สำหรับปักแนวเขตการทดสอบ

8) เครื่องวัดการสั่นสะเทือน

3. 2.1.2 อุปกรณ์การทดสอบ

1) รถแทรกเตอร์ Ford รุ่น 7840

2) เครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP

3) รถบรรทุกขนถ่ายท่อนพันธุ์อ้อย

4) ท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000

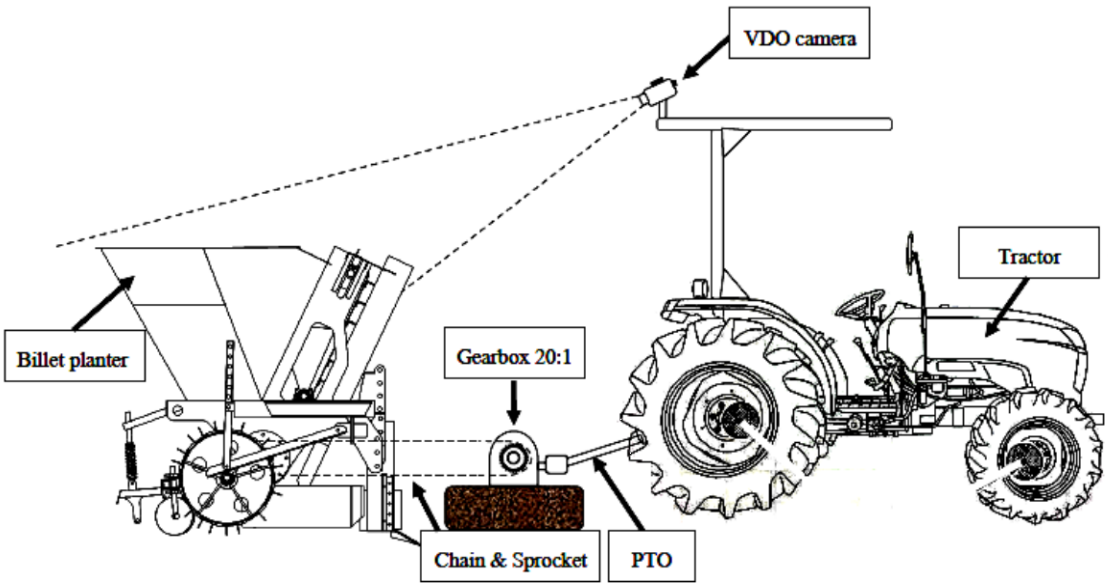
3. 2.1.3 วิธีดำเนินการศึกษา

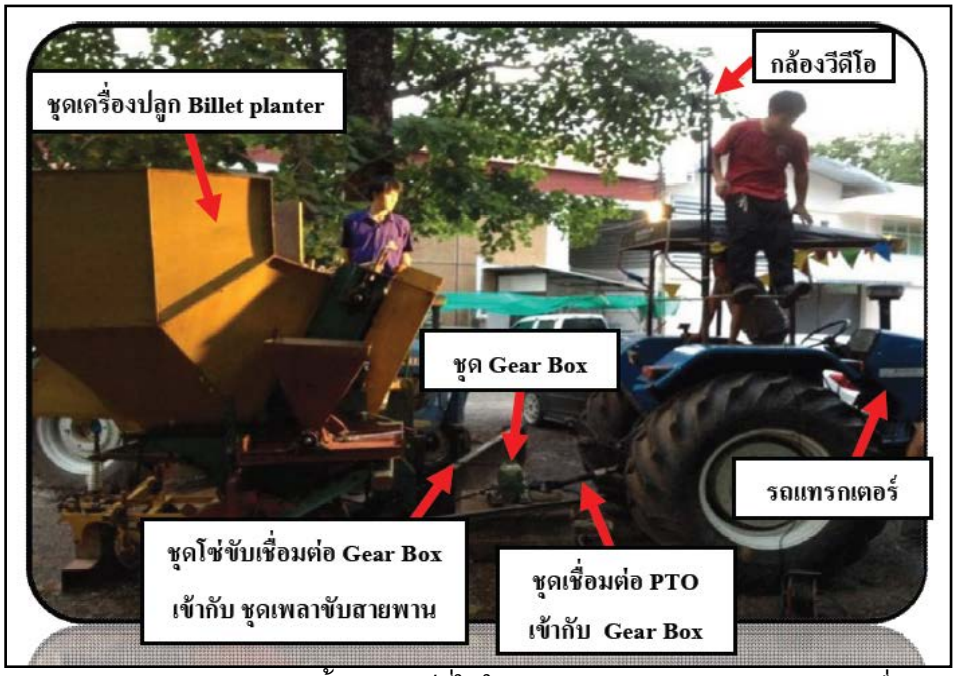
ทดสอบเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบของถังบรรจุท่อนพันธุ์ 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 คือ รูปแบบก่อนการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์เดิม (รูปที่ 3.7) โดยมีมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ส่วนล่างถึงกลางถัง 60 องศา จากแนวระนาบ และส่วนกลางถังถึงส่วนบน 90 องศา จากแนวระนาบ และรูปแบบที่ 2 คือ รูปแบบหลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ (รูปที่ 3.8) โดยมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ส่วนล่างถึงส่วนบนมีมุมเอียงเท่ากัน คือ 60 องศา จากแนวระนาบ โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

ขั้นตอนการทดสอบ

1) ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (รูปที่ 3. 9) โดยติดตั้งกล้องวีดีโอเพื่อบันทึกการเก็บข้อมูลดัชนีการโรยท่อน (discharge index) เข้ากับโครงหลังคารถแทรกเตอร์ จากนั้นเชื่อมต่อชุดเพลา PTO จากรถแทรกเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังเข้ากับชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20 ที่ได้ติดตั้งเข้ากับฐานราก และเชื่อมต่อโซ่เฟืองขับสายพานลำเลียงเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP เข้ากับชุด Gear Box

2) ชั่งน้ำหนักท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 ที่จะใช้ในการทดสอบ จำนวน 530 กิโลกรัม ร้อยละของสิ่งเจือปนเท่ากับ 0 และขนถ่ายใส่เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP ที่เตรียมไว้





รูปที่ 3. 9 ส่วนประกอบการติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

3) ทำการทดสอบโดยใช้ PTO ของรถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังเชื่อมต่อเข้ากับชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20 ที่ได้ติดตั้งเข้ากับฐานราก และใส่โซ่เฟืองขับสายพานลำเลียงเข้ากับชุด Gear Box กำหนดความเร็วรอบของเพลาขับสายพานลำเลียง 13 รอบต่อนาที ความเร็วเชิงเส้นของสายพานลำเลียง 0.216 เมตรต่อวินาที บันทึกการเก็บข้อมูลดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharge index) โดยกล้องวีดีโอ ยี่ห้อ contour รุ่น plus 2 ความเร็วการถ่ายภาพ 120 Fps โดยเก็บข้อมูลการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ

4) นำวีดีโอที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharg index) และนำการกระจายความถี่ของค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์มา วิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index)

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (Discharge index) คือ จำนวนท่อนพันธุ์ที่นับได้จากหน้าสายพานลำเลียงต่อระยะทางการเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกที่ใช้ในการนับท่อนพันธุ์อ้อย (ท่อนต่อเมตร) (Taghinezhad et al., 2013) ดังสมการที่ 1

$$\text{discharge index (ท่อนต่อเมตร)} = n / S \quad (1)$$

เมื่อ n คือ จำนวนท่อนพันธุ์ที่นับได้ (ท่อน)

S คือ ระยะทางเครื่องปลูกที่ใช้ในการนับท่อนพันธุ์อ้อย (เมตร)

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) คือ ร้อยละของจำนวนครั้งที่สายพานลำเลียงเกี่ยวท่อนพันธุ์ได้ตามอัตราที่กำหนดต่อจำนวนครั้งที่ได้เกี่ยวท่อนพันธุ์ทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์))Taghinezhad et al., (2013 ดังสมการที่ 2

$$\text{Precision index (\%)} = (Nn_{total}/N_{total}) \times 100 \quad (2)$$

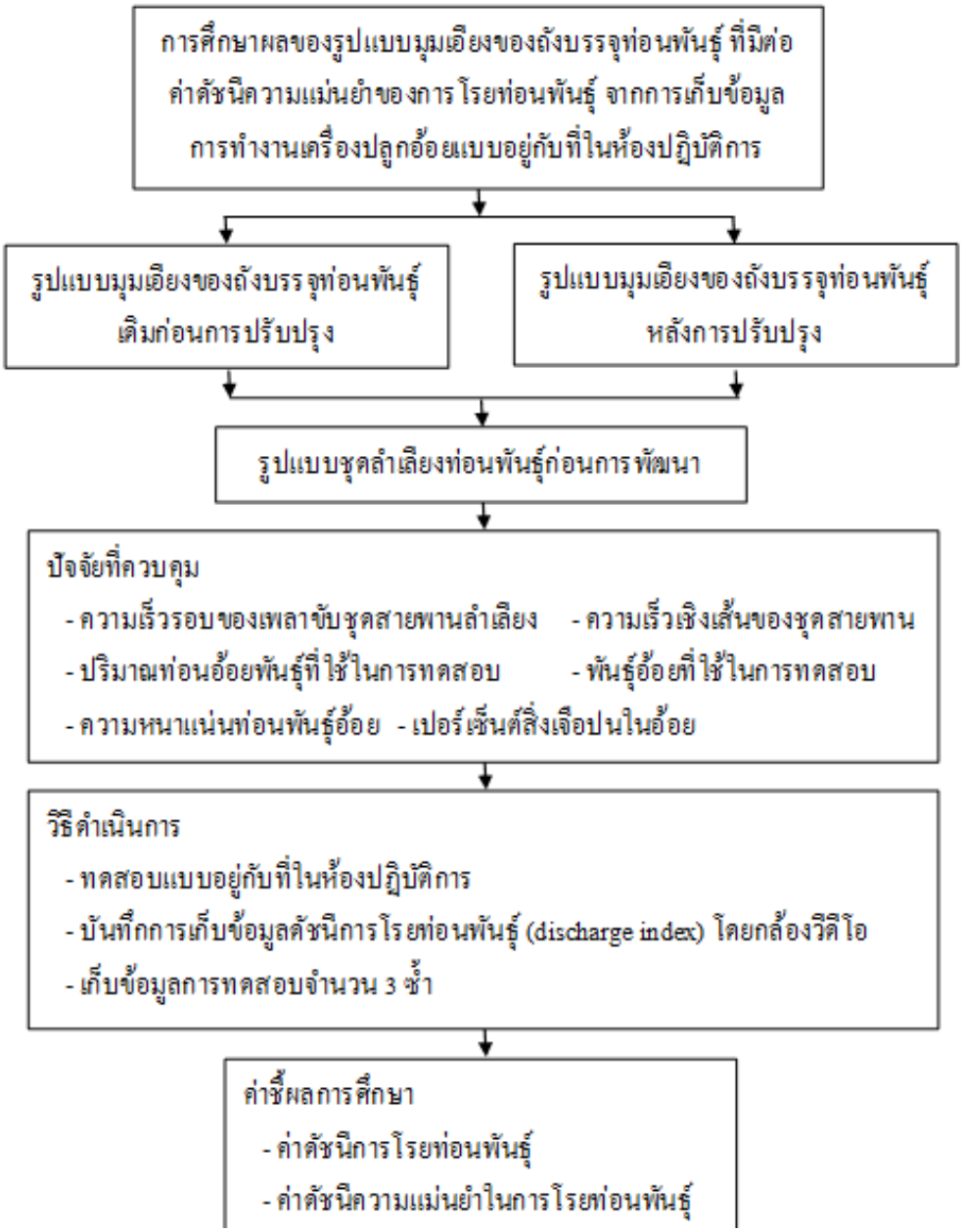
เมื่อ Nn_{total} คือ จำนวนครั้งที่เกี่ยวท่อนพันธุ์ได้ตามอัตราที่กำหนด (ครั้ง)

N_{total} คือ จำนวนครั้งที่เกี่ยวท่อนพันธุ์ทั้งหมด (ครั้ง)

5) วิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโรยท่อนด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่ ประกอบด้วย ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และการจัดการกระจายของข้อมูล ประกอบด้วย ค่าพิสัย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย

6) นำผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharg index) มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร เพื่อเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ก่อนการปรับปรุงรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์เดิม จากการเก็บข้อมูลการทำงานเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการโดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ในถัง

การดำเนินการศึกษาในหัวข้อนี้สามารถสรุปโดยย่อได้ตามแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 3.10

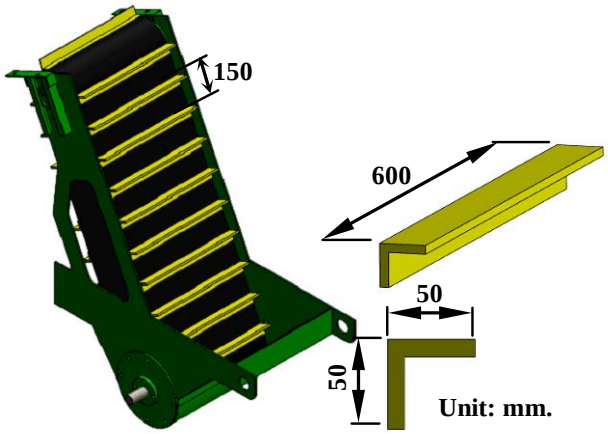


รูปที่ 3. 10 แผนภาพ (flow chart) แสดงวิธีการดำเนินงานการศึกษาผลของรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

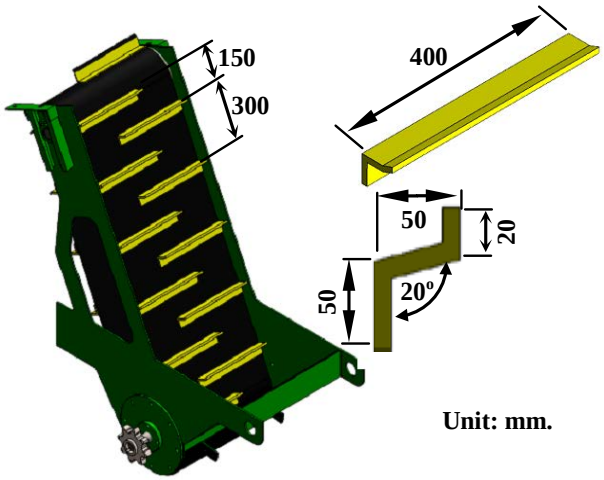
3.2.2 การศึกษาผลของรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อดัชนีการโรยท่อนพันธุ์และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์

การพิจารณาปัจจัยที่ศึกษา กรณีรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีผลต่อดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ มีการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียง 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีลักษณะของใบสะพานลำเลียง พับเป็นมุมฉาก 90 องศา จัดเรียงขวางตามยาวเต็มหน้าชุดสายพานลำเลียง มีระยะห่างระหว่างใบสะพาน 150 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.11 2) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการ

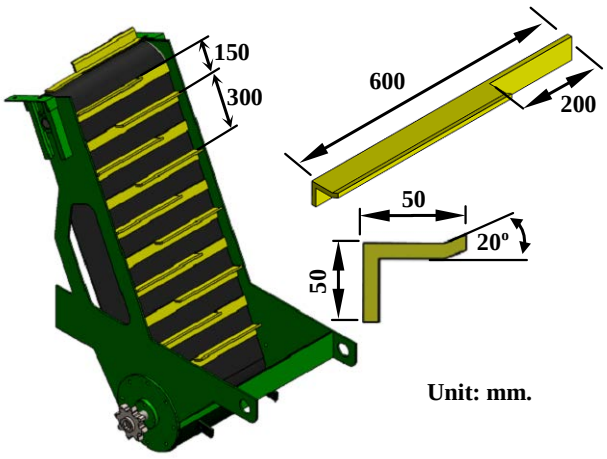
พัฒนา แบบที่ 1 มีลักษณะใบสะพานลำเลียงมีความยาวหน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมเอียง 105 องศา บริเวณด้านปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมฉาก 90 องศา สูง 20 มิลลิเมตร จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1 2 3) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีลักษณะใบสะพานลำเลียงส่วนบริเวณที่ยึดติดกับสายพานลำเลียงมีความยาวเท่ากับหน้ากว้างสายพานลำเลียง และมีความยาวบริเวณที่ใช้ลำเลียงท่อพันธุ์หน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมฉาก 90 องศา บริเวณปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมเอียงขึ้น 20 องศา กับแนวระนาบ จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3. 11 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา



รูปที่ 3.1 2 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1



รูปที่ 3.1 3รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2

3.2.2.1 เครื่องมือวัด

1) กล้องวีดีโอ ยี่ห้อ Contour รุ่น plus 2 ความเร็วการถ่ายภาพ 120 Fps

2) ชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20

3) เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ AND รุ่น AD-5172

4) Hand counter

5) GPS

6) เทปวัดระยะขนาดความยาว 50 เมตร

7) ท่อ PVC ขนาดความยาว 1 เมตร ใช้สำหรับปักแนวเขตการทดสอบ

8) เครื่องวัดการสั่นสะเทือน

3. 2.2.2 อุปกรณ์การทดสอบ

1) รถแทรกเตอร์ Ford รุ่น 7840

2) ชุดแท่นยึด Gear Box

3) เครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP

4) รถแทรกเตอร์ตักแบบบุ้งกี๋

5) รถบรรทุกขนถ่ายท่อนพันธุ์อ้อย

6) ท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000

3.2.2.3 วิธีดำเนินการศึกษา

ทำการทดสอบเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3. 11) มีลักษณะของใบสะพานลำเลียง พับเป็นมุมฉาก 90 องศา จัดเรียงขวางตามยาวเต็มหน้าชุดสายพานลำเลียง มีระยะห่างระหว่างใบสะพาน 150 มิลลิเมตร 2) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 (รูปที่ 3.1 2) มีลักษณะใบสะพานลำเลียงมีความยาวหน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมฉาก 90 องศา บริเวณด้านปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมเอียงขึ้น 20 องศา จัดเรียงเป็นแนว

สลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร 3) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.13) มีลักษณะใบสะพานลำเลียงส่วนบริเวณที่ยึดติดกับสายพานลำเลียงมีความยาวเท่ากับหน้ากว้างสายพานลำเลียง และมีความยาวบริเวณที่ใช้ลำเลียงท่อพันธุ์หน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมฉาก 90 องศา บริเวณกึ่งกลางถึงปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมเอียงขึ้น 20 องศา กับแนวระนาบ จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร ดำเนินการทดสอบโดยใช้ รูปแบบของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงมุมเอียง (รูปที่ 3.8) โดยมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ส่วนล่างถึงส่วนบนมีมุมเอียงเท่ากัน 60 องศา จากแนวระนาบ

ขั้นตอนการทดสอบ

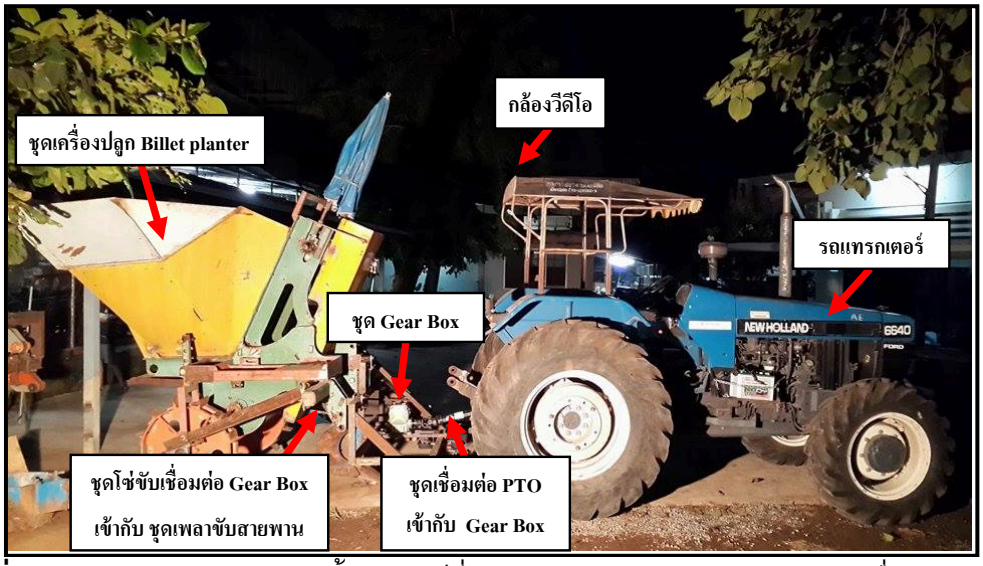
1) ทำชุดโครงสร้างสำหรับยึดแท่นชุด Gear Box และ ติดตั้งชุดเพลาสำหรับวัดค่าแรงบิดของชุดโซ่เพลาขับลูกกลิ้งชุดสายพานลำเลียงของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ที่มีการทดสอบแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ โดยติดตั้งชุดโครงสร้างเข้ากับจุดสามจุดบริเวณด้านหน้าของเครื่องปลูก ดังแสดงในรูปที่ 3.14

รูปที่ 3.1 4 โครงสร้างแท่นยึดชุด Gear Box และอุปกรณ์วัดค่าแรงบิด

2) ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (รูปที่ 3.1 5) โดยติดตั้งกล้องวีดีโอเพื่อบันทึกการเก็บข้อมูลดัชนีการโรยท่อน (discharge index) เข้ากับโครงหลังคารถแทรกเตอร์ จากนั้นเชื่อมต่อชุดเพลา PTO จากรถแทรกเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังเข้ากับชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20 ที่ได้ติดตั้งเข้ากับฐานราก และเชื่อมต่อโซ่เฟืองขับสายพานลำเลียงเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP เข้ากับชุด Gear Box

3) ชั่งน้ำหนักท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 ที่จะใช้ในการทดสอบ จำนวน 530 กิโลกรัม ร้อยละของสิ่งเจือปนเท่ากับ 0 และขนถ่ายใส่เครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP ที่เตรียมไว้ ดังแสดงในรูปที่ 3.16

4) ทำการทดสอบโดยใช้ PTO ของรถแทรกเตอร์เป็นต้นกำลังเชื่อมต่อเข้ากับชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20 ที่ได้ติดตั้งเข้ากับฐานราก และใส่โซ่เฟืองขับสายพานลำเลียงเข้ากับชุด Gear Box กำหนดความเร็วรอบของเพลาขับสายพานลำเลียง 13 รอบต่อนาที ความเร็วเชิงเส้นของสายพานลำเลียง 0.216 เมตรต่อวินาที บันทึกการเก็บข้อมูล



รูปที่ 3.1 5ส่วนประกอบการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

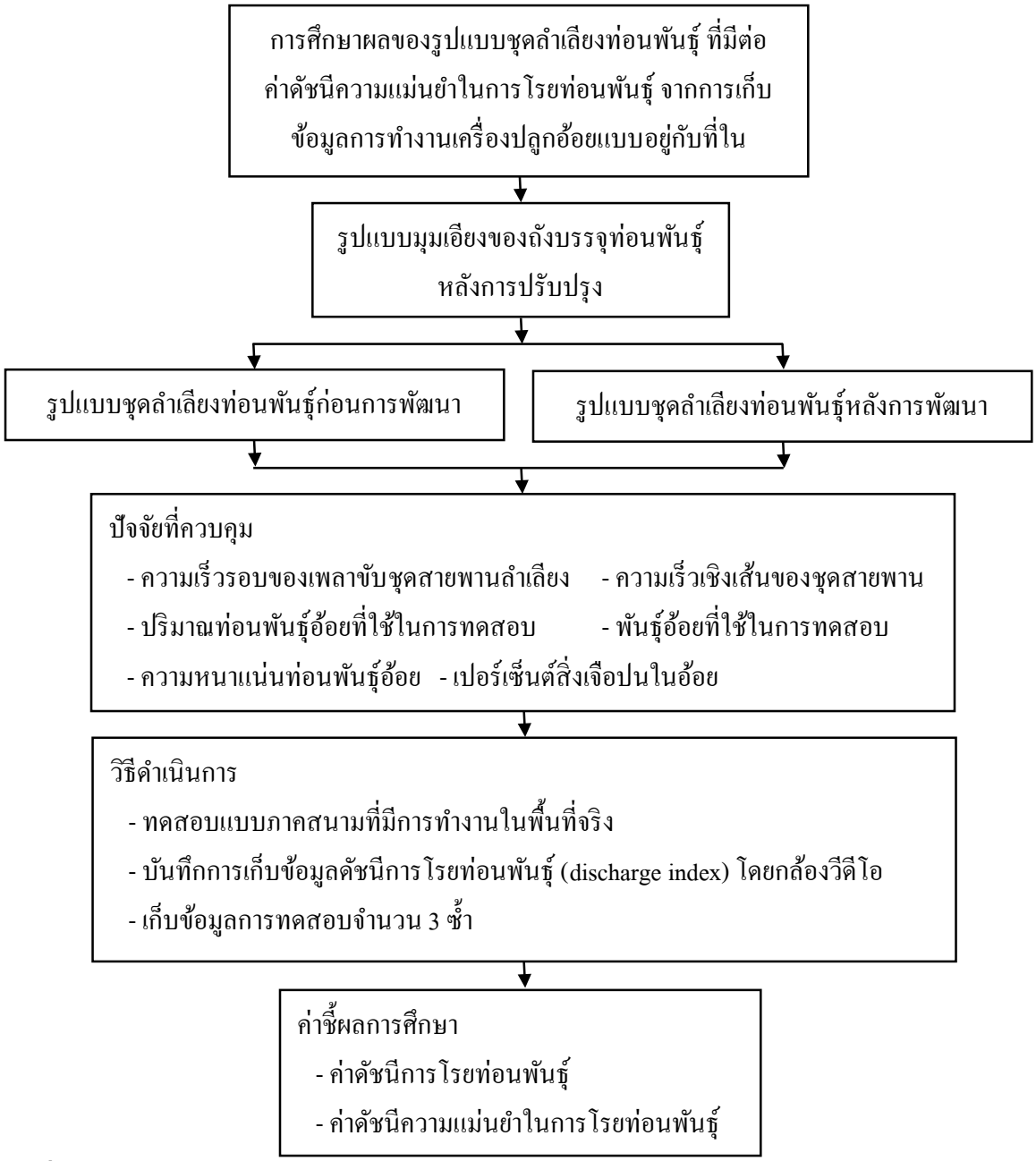
รูปที่ 3. 16 การเตรียมท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดสอบและขนถ่ายลงในเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharge index) โดยกล้องวีดีโอ ยี่ห้อ contour รุ่น plus 2 ความเร็วการถ่ายภาพ 120 ภาพต่อวินาที โดยเก็บข้อมูลการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ

5) นำวีดีโอที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharg index) ดังสมการที่ 1 และนำการกระจายความถี่ของค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์มา วิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ดังสมการที่ 2

6) วิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโรยท่อนด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่ ประกอบด้วย ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และการจัดการกระจายของข้อมูล ประกอบด้วย ค่าพิสัย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย

7) นำผลการวิเคราะห์ ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharg index) มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร เพื่อเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ก่อนการพัฒนารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์เดิม โดยมีลักษณะการวางรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ห่างกันเท่ากับ 150 มิลลิเมตร เรียงแบบขนานกัน จากการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

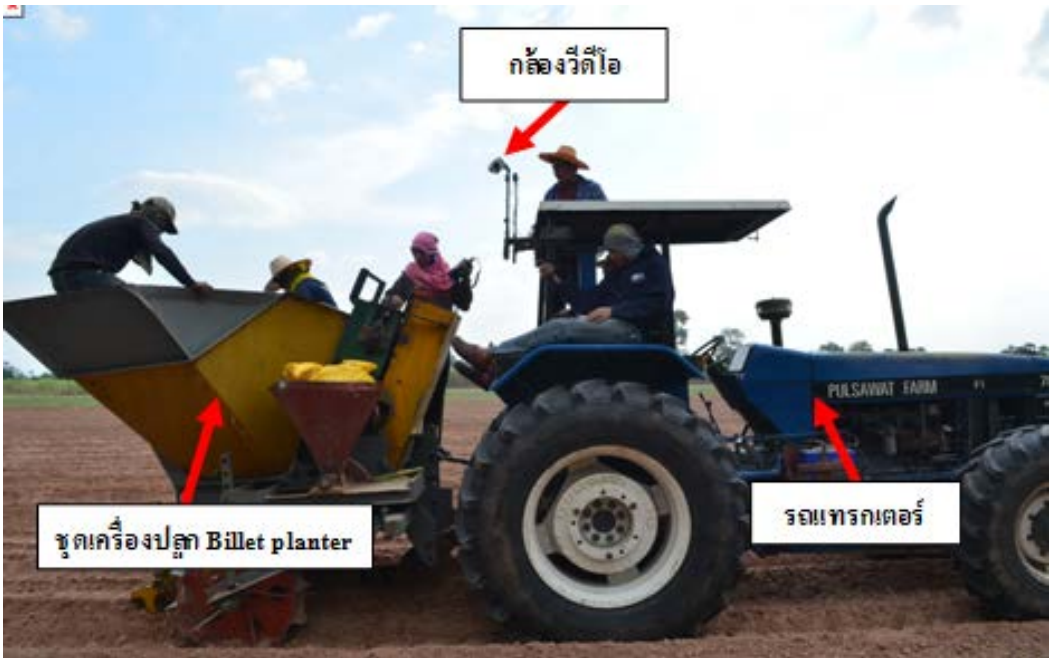


รูปที่ 3.17 แผนภาพ (flow chart) แสดงวิธีการดำเนินงานการศึกษาผลของรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

3.3 เพื่อศึกษาผลของรูปแบบชุดลำเลียงที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อนภายใต้การสั่นสะเทอนในการทดสอบในภาคสนาม

ดำเนินการทดสอบโดยใช้ชุดลำเลียงท่อนพันธุ์รูปแบบที่ 3 คือ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.11) โดยใช้ รูปแบบของถังบรรจุท่อนพันธุ์ หลังการปรับปรุงมุมเอียง (รูปที่ 3.8) ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ ทดสอบด้วยรถแทรกเตอร์ขนาด 120 แรงม้า ทำงานที่รอบเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลังในการลากดึง โดยมีขั้นตอนการทดสอบดังต่อไปนี้

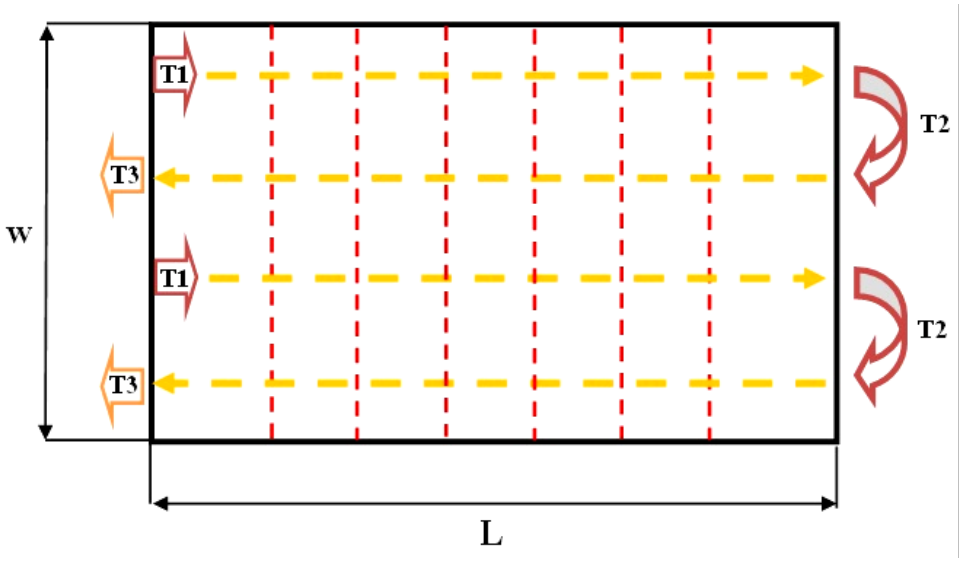
1) ติดตั้งอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ (รูปที่ 3. 18) โดยติดตั้งกล้องวีดีโอเพื่อบันทึกการเก็บข้อมูลดัชนีการโรยท่อน (discharge index) เข้ากับโครงหลังคารถแทรกเตอร์ และติดตั้งเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP เข้ากับรถแทรกเตอร์ Ford รุ่น 7840



รูปที่ 3. 18 ส่วนประกอบการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

2) การเตรียมแปลงที่จะใช้ในการเก็บข้อมูลดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharg index) ของเกษตรกรที่มีการเก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดในพื้นที่ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น แปลงปลูกมีความยาวแถวเฉลี่ย 300 เมตร และบันทึกผลด้วยกล้องวีดีโอ ยี่ห้อ Contour รุ่น plus 2 ความเร็วการถ่ายภาพ 120 ภาพต่อวินาที โดยเก็บข้อมูลการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.19 และรูปที่ 3.20

รูปที่ 3. 19 พื้นที่แปลงในการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น (พิกัด 16.221022, 102.767119)



กำหนดให้

W คือ ความกว้างของแปลงที่ทำการทดสอบ (เมตร)

L คือ ความยาวของแปลงที่ทำการทดสอบ (เมตร)

รูปที่ 3. 20 แผนผังการเตรียมแปลงทดสอบบันทึกเก็บข้อมูลดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharg index)

3) การขนถ่ายท่อนพันธุ์อ้อยที่เก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดจากรถบรรทุกท่อนพันธุ์ โดยใช้รถแทรกเตอร์ตักแบบบุ้งกี๋ ขนท่อนพันธุ์จากรถบรรทุกใส่ลงในถังบรรจุท่อนพันธุ์อ้อยของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.21

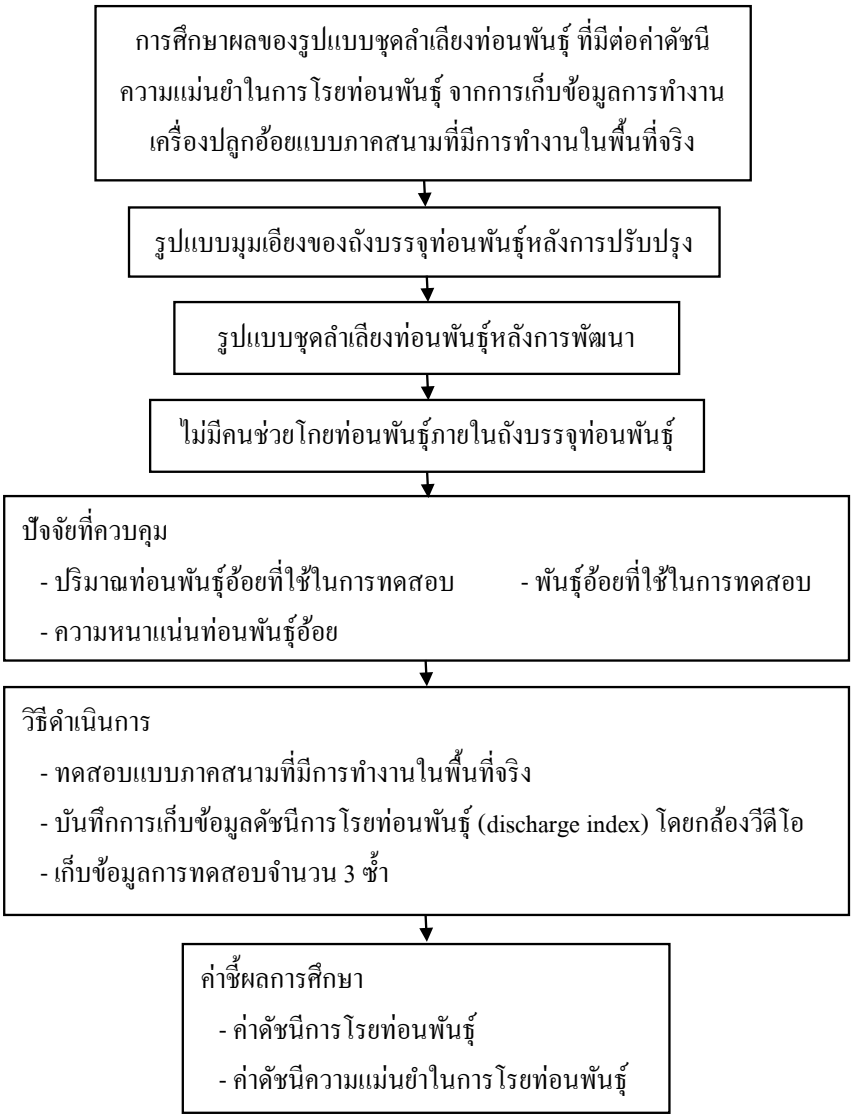
รูปที่ 3.2 1 การขนถ่ายท่อนพันธุ์อ้อยใส่ลงในถังบรรจุท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

4) นำวีดีโอที่บันทึกได้มาวิเคราะห์ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharge index) ดังสมการที่ 1 และนำการกระจายความถี่ของค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์มา วิเคราะห์ค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ดังสมการที่ 2

5) วิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโรยท่อนด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่ ประกอบด้วย ค่าความเบ้ ค่าความโด่ง และการจัดการกระจายของข้อมูล ประกอบด้วย ค่าพิสัย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย

6) นำผลการวิเคราะห์ ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (discharge index) มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร เพื่อเปรียบเทียบดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ (Precision index) รูปแบบที่ 3 คือ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.12) มีลักษณะใบสะพานลำเลียงส่วนบริเวณที่ยึดติดกับสายพานลำเลียงมีความยาวเท่ากับหน้ากว้างสายพานลำเลียง และมีความยาวบริเวณที่ใช้ลำเลียงท่อพันธุ์หน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมฉาก 90 องศา บริเวณกึ่งกลางถึงปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมเอียงขึ้น 20 องศา กับแนวระนาบ จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร (โดยไม่มีคนช่วยในการโกยท่อนพันธุ์)

การดำเนินการศึกษาในหัวข้อนี้สามารถสรุปโดยย่อได้ตามแผนภาพดังแสดงในรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แผนภาพ (flow chart) แสดงวิธีการดำเนินงานการศึกษาผลของรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

3.4 การศึกษาแรงบิด และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

การศึกษาแรงบิด และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ดำเนินการทดสอบโดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์มีรายละเอียดเครื่องมือ อุปกรณ์การทดสอบ และขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3. 4.1 เครื่องมือวัด

1) ชุดเครื่องมือวัดค่าแรงบิด ไมโครสเตนเกจ

2) ชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20

3) เครื่องวัดความเร็วรอบ ยี่ห้อ AND รุ่น AD-5172

4) เครื่องวัดการสั่นสะเทือน

3. 4.2 อุปกรณ์การทดสอบ

1) รถแทรกเตอร์ Ford รุ่น 7840

2) ชุดแท่นยึด Gear Box

3) เครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP

4) ท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000

3.4.3 วิธีดำเนินการศึกษา

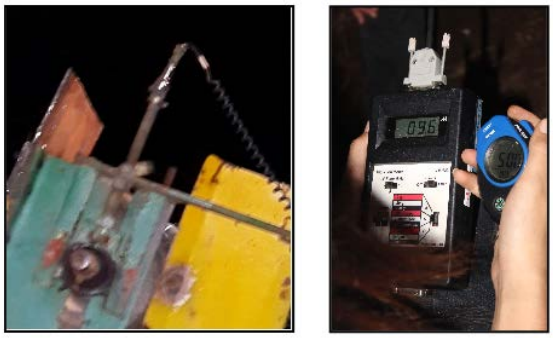
การดำเนินการศึกษาแรงบิด และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ โดยการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ มีรายละเอียดขั้นตอนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ขั้นตอนการติดตั้งชุด Gear Box CTA (ASS) Single Worm อัตราทด 1:20 เข้ากับชุดแท่นยึด ประกอบติดตั้งยังบริเวณด้านหน้าจุดต่อพ่วงสามจุดของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.23

รูปที่ 3.2 3การติดตั้งชุด Gear Box เข้ากับเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

2) ขั้นตอนการติดตั้งชุดเครื่องมือวัดค่าแรงบิด และชุดเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือนเข้ากับตัวเครื่องของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ เพื่อศึกษาค่าแรงบิดของเพลาลูกกลิ้งชุดสายพานลำเลียงจากแรงบิดของโซ่ชุดเพลาขับเคลื่อน และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกขณะมีการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 3.24 และดังแสดงรูปที่ 3.25

รูปที่ 3. 24 การติดตั้งชุดเครื่องมือวัดค่าแรงบิด



รูปที่ 3. 25 การติดตั้งชุดเครื่องมือวัดความสั่นสะเทือน

3) ทดสอบและบันทึกผลข้อมูลค่าแรงบิด และความสั่นสะเทือนจากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดสอบ

4) นำผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าแรงบิด และความสั่นสะเทือนจากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ เปรียบเทียบและอภิปรายผลการศึกษาจากผลการทดสอบ

3. 4.4 เงื่อนไขการทดสอบ

1) ความเร็วรอบของเพลาขับชุดสายพานลำเลียง

2) ช่วงเวลาในการบันทึกข้อมูล

3) ปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดสอบ

3. 4.5 ค่าชี้ผลการศึกษา

1) ค่าแรงบิด

2) ค่าความสั่นสะเทือน

3.5 การศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

การศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ในการทดสอบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง เพื่อให้ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์มีรายละเอียดขั้นตอนการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

3.5.1 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

3.5.1.1 เครื่องวัดและอุปกรณ์

1) ชุดอุปกณ์เก็บตัวอย่างดิน

2) พลั่วมือขุดดิน

3) ตลับเมตร

4) เครื่องชั่งดิจิตอล

5) กระบอกเก็บตัวอย่างดิน

6) ขวดวัดปริมาตร

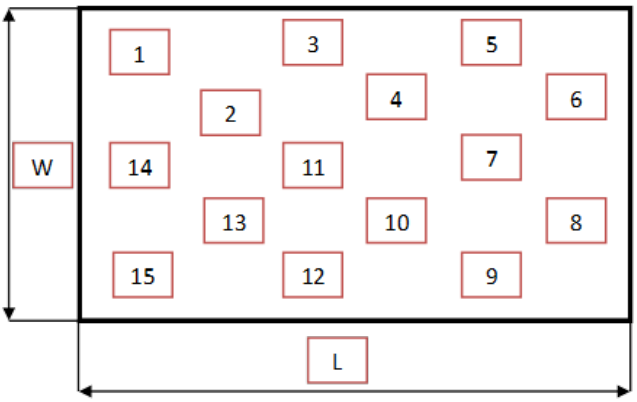
7) เครื่องวัดค่าความแข็งของดิน

8) ป้ายชื่อ ปากกา สำหรับบันทึกข้อมูลดิน

รูปที่ 3. 26 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน

3.5.1.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

1) แบ่งบริเวณพื้นที่แปลงที่จะเก็บตัวอย่างดินโดยการทำแผนผังแปลงที่เก็บตัวอย่างดิน แสดงตำแหน่งจุดเก็บตัวอย่างดินบนแผนผังแปลงปฏิบัติงาน ให้มีการกระจายจุดเก็บตัวอย่างดินแบบสลับฟันปลา ซึ่งเก็บตัวอย่างดินแบบการสุ่มแต่ทั่วถึงตลอดทั้งแปลงที่กำหนดไว้ จำนวนจุดที่ขุดเก็บตัวอย่างดิน ไม่ควรน้อยกว่า 15 ถึง 20 จุด ความลึกของดินที่ขุดไม่ควรเกิน 6 นิ้ว ดังแสดงในรูปที่ 3.27



กำหนดให้

ตัวอักษร W คือ ความกว้างของแปลงที่จะทำการทดสอบ (เมตร)

ตัวอักษร L คือ ความยาวของแปลงที่จะทำการทดสอบ (เมตร)

ตัวเลขที่ 1-15 คือ บริเวณจุดที่จะทำการเก็บตัวอย่างของดินเพื่อนำมาหาค่าความชื้น และ วัดค่าความแข็งของดินภายในแปลงทดสอบ

รูปที่ 3. 27 แผนผังการเตรียมแปลงในการเก็บข้อมูลตัวอย่างดิน

2) การใช้พลั่วขุดเพื่อเก็บตัวอย่างดิน ควรขุดหลุมเป็นรูปตัววี V แล้วใช้พลั่วเฉือนด้านข้างของหลุมหนาประมาณ ½ ถึง 1 นิ้ว ลึกลงไปจนสุดก้นหลุม แล้วใช้มือแบ่งเอาบริเวณตอนกลางของแผ่นของดินบนพลั่วใส่ถุงพลาสติก หรือใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดินแบบตอกลงไปภายในดินโดยต้องตั้งฉากกับผิวดินลึกลงไปประมาณ 15 เซนติเมตร โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน เมื่อนำดินขึ้นมาให้ปาดดินทั้งสองด้านให้เสมอเท่ากับกระบอกเก็บดินแล้วปิดฝาทั้งสองด้าน ดังแสดงในรูปที่ 3.28

รูปที่ 3. 28 การเก็บข้อมูลตัวอย่างดินภายในแปลงทดสอบ โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดิน

3.5.2 การวัดอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยภายในแปลงปลูก

3.5.2.1 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์

1.1) ตลับเมตร

1.2) เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ ความละเอียด 0.05 มิลลิเมตร

1.3) เทปวัดระยะขนาดความยาว 50 เมตร

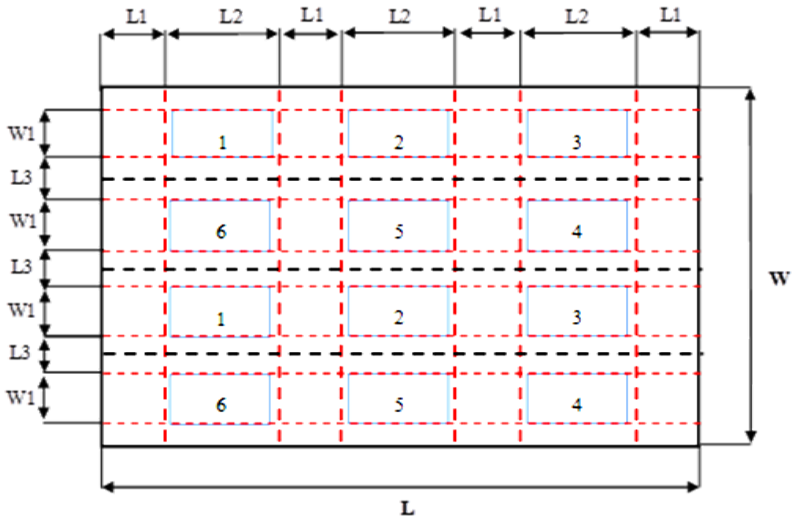
1.4) ท่อ PVC ขนาดความยาว 1 เมตร ใช้สำหรับปักแนวเขตการทดสอบ

3.5.2.2 ขั้นตอนและวิธีการในการวัดเก็บข้อมูลอัตราการงอก

1) การเตรียมแปลงที่จะใช้ในการทดสอบบันทึกเก็บข้อมูลอัตราการงอกของท่อนพันธุ์ที่ปลูกโดยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น 750 BP ในพื้นที่ตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น โดยเก็บข้อมูลการทดสอบจำนวน 3 ซ้ำ ดังแสดงในรูปที่ 3. 29

2) จากแผนผังการทดสอบ (รูปที่ 3. 29) ทำการขุดร่องปลูกเพื่อนับจำนวนท่อนพันธุ์ภายในร่องปลูกช่วงขุดที่ระยะ 4 เมตรโดยสุ่มขุดวัดจากปริมาณท่อนพันธุ์ภายในถัง 3 ระดับ คือ เมื่อปริมาณท่อนพันธุ์เติมถัง เมื่อปริมาณท่อนพันธุ์กลางถัง และเมื่อปริมาณท่อนพันธุ์อยู่ก้นถัง นำมาวัดความยาว เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนพันธุ์แต่ละท่อน นับจำนวนข้อ จำนวนตาอ้อยดี จำนวนตาอ้อยเสีย น้ำหนักของอ้อยแต่ละท่อน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลอัตราการงอก โดยนับจำนวนต้นอ้อยที่งอกขึ้นมาจากบริเวณที่ทำการสุ่ม และประเมินอัตราการงอกของผลผลิตที่จะได้รับจากการปลูก และความชื้นของดิน ณ บริเวณตำแหน่งปลูก ดังรายละเอียดในหัวข้อที่ 2.4.4 และดังแสดงในรูปที่ 3.30 และรูปที่ 3.31

3) วิเคราะห์ผลจากอัตราการงอกในการหาค่าเปอร์เซ็นต์การงอกของท่อนพันธุ์



กำหนดให้ ตัวอักษร W คือ ความกว้างของแปลงที่จะทำการทดสอบ (เมตร)

ตัวอักษร L คือ ความยาวของแปลงที่จะทำการทดสอบ (เมตร)

ตัวอักษร W1 คือ ความกว้างของร่องปลูก (เมตร)

ตัวอักษร L1 คือ ระยะห่างระหว่างความยาวของของร่องปลูกที่เว้นจากบริเวณที่สุ่มเก็บ ตัวอย่างอัตราการโรยท่อน (เมตร)

ตัวอักษร L2 คือ ระยะห่างระหว่างแถวของร่องปลูก (เมตร)

ตัวเลขที่ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 คือ บริเวณจุดที่จะทำการสุ่มเก็บตัวอย่างของปริมาณท่อนพันธุ์ภายในร่อง

รูปที่ 3.29 แผนผังการเตรียมแปลงทดสอบเก็บข้อมูลอัตราการงอกของท่อนพันธุ์ (ต่อ) ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

รูปที่ 3.30 การเก็บข้อมูลอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อย โดยการขุดเพื่อนับจำนวนบริเวณที่สุ่ม

รูปที่ 3.31 การเก็บข้อมูลอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยโดยการวัดจากการเจริญเติบโต

3. 5.2.3 รายการศึกษา

- เก็บข้อมูลจำนวนท่อนพันธุ์ในร่องปลูกที่ได้จากการสุ่มวัดจากปริมาณท่อนพันธุ์ภายในถัง 3 ระดับ ที่ได้จากการสุ่มขุดวัดความยาวแถวระยะ 4 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ
- เก็บข้อมูลจำนวนข้ออ้อย และจำนวนตาอ้อยดี ตาอ้อยเสีย ของอ้อยแต่ละท่อนพันธุ์
- เก็บข้อมูลความชื้นของดิน ณ ตำแหน่งปลูก
- บันทึกการเก็บข้อมูลการงอกของท่อนพันธุ์ในแต่ละช่วงอายุ 15 และ 30 วันหลังปลูก
- อายุของท่อนพันธุ์อ้อยในการทดสอบประมาณ 10 ถึง 11 เดือน

3.5.2.4 ค่าชี้ผลการศึกษา

- เปอร์เซ็นต์การงอกของท่อนพันธุ์ที่ปลูกภายในแปลง

4. ผลการทดลอง

4.1 ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและความทนทานของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก

4.1.1 ผลการศึกษาขนาดมิติของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก

ผลการศึกษาขนาดมิติของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก พันธุ์ขอนแก่น 3 เก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 จากการสุ่มตัวอย่างท่อนพันธุ์อ้อยที่ได้จากรถตัดอ้อย จำนวน 600 ตัวอย่าง พบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนอ้อยที่ตำแหน่งโคนเฉลี่ยเท่ากับ 28.54 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนอ้อยที่ตำแหน่งกลางเฉลี่ยเท่ากับ 28.36 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนอ้อยที่ตำแหน่งปลายเฉลี่ยเท่ากับ 28.11 มิลลิเมตร มีความยาวของท่อนพันธุ์ เฉลี่ยเท่ากับ 28.08 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อท่อนเท่ากับ 195.84 กรัม และมีจำนวนข้ออ้อยต่อท่อนเฉลี่ยเท่ากับ 3.07 ข้อ มีจำนวนตาอ้อยดีเฉลี่ย 2.23 ตาต่อท่อน ผลจากการศึกษา จึงนำมาใช้พิจารณารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงที่มีความเหมาะสมหรือใกล้เคียงที่จะสามารถลำเลียงท่อนพันธุ์ออกจากถังบรรจุได้โดยไม่ทำให้ท่อนพันธุ์อ้อยเกิดความเสียหาย และสามารถกำหนดขนาดรูปแบบของปล่องหย่อนท่อนพันธุ์อ้อยที่มีความเหมาะในการออกแบบไม่ให้เกิดการติดขัดบริเวณปล่องหย่อน ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ขนาดมิติของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก พันธุ์ขอนแก่น 3 เก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000

ขนาดมิติของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3	ผลการศึกษา			
	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าสูงสุด	ค่าต่ำสุด
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนอ้อยที่ตำแหน่งโคน (มิลลิเมตร)	28.54	4.76	43.22	9.68
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนอ้อยที่ตำแหน่งกลาง (มิลลิเมตร)	28.36	4.89	43.04	10.42
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนอ้อยที่ตำแหน่งปลาย (มิลลิเมตร)	28.11	5.12	43.86	10.36
ขนาดความยาวของท่อนพันธุ์ (เซนติเมตร)	28.08	3.07	35.00	14.00
น้ำหนักของท่อนอ้อย (กรัม)	195.84	63.66	375	50
จำนวนข้อของท่อนพันธุ์อ้อยต่อท่อน (ข้อ)	3.07	0.86	7	1
จำนวนของตาอ้อยดี (ตาต่อท่อน)	2.23	1.00	5.00	0.00
จำนวนของตาอ้อยเสีย (ตาต่อท่อน)	0.73	0.89	5.00	0.00

หมายเหตุ: จำนวนตาอ้อยที่เสียนั้นเกิดจากรถตัดอ้อยและเสียเองตามธรรมชาติ ไม่ได้เสียเนื่องมาจากการปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

4. 1.2 ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของท่อนพันธุ์อ้อย

ผลการศึกษาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 เก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 จากการสุ่มตัวอย่างท่อนพันธุ์อ้อยที่ได้จากรถตัดอ้อย จำนวน 25 ตัวอย่าง ดำเนินการทดสอบโดยใช้ชุดอุปกรณ์วัดมุมเสียดทานการลื่นไถลด้วยพื้นวัสดุที่แตกต่างกัน 5 แบบ พบว่า พื้นไม้มีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตสูงสุดเท่ากับ 0.414 พื้นสแตนเลสมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย์สูงสุดเท่ากับ 0.376 พื้นเหล็กมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตสูงสุดเท่ากับ 0.443 พื้นสังกะสีมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตสูงสุดเท่ากับ 0.416 และพื้นยางมีค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตสูงสุดเท่ากับ 0.879 จากผลการศึกษา จึงนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกวัสดุในการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ โดยใช้พื้นเหล็กในการสร้าง เนื่องจาก มีราคาที่ไม่แพงมากเกินไป ประกอบกับมีความแข็งแรงมากและสะดวกหากต้องมีการซ่อมบำรุงรักษา ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตสูงสุดของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 บนพื้นไม้ พื้นสแตนเลส พื้นเหล็ก พื้นสังกะสี และพื้นยาง

รายละเอียด	พื้นไม้ (μ)	พื้นสแตนเลส (μ)	พื้นเหล็ก (μ)	พื้นสังกะสี (μ)	พื้นยาง (μ)
ค่าเฉลี่ยสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิต	0.414	0.376	0.443	0.416	0.879

4. 1.3 ผลการศึกษามุมกองของท่อนพันธุ์อ้อยที่เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย

ผลการศึกษามุมกองของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 เก็บเกี่ยวโดยรถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 โดยการเทท่อนพันธุ์ลงแบบอิสระภายในอุปกรณ์การวัดเพื่อหาค่ามุมกองที่ได้จาการสุ่มจำนวน 10 ซ้ำ พบว่า มุมกองท่อนพันธุ์อ้อยที่ถูกเทลงในอุปกรณ์การวัดมุมกองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 23.10 องศา และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.34 องศา ดังนั้น จึงนำผลจากการศึกษา มาพิจารณาความเหมาะสมของท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุท่อนพันธุ์อ้อยของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ Austoft รุ่น750 BP หลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด มุมกองของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 เก็บ เกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อยAustoft รุ่น 7000-2000

ซ้ำที่	มุมกองท่อนพันธุ์อ้อย (องศา)	ซ้ำที่	มุมกองท่อนพันธุ์อ้อย (องศา)
1	26	2	25
3	25	4	19
5	23	6	25
7	20	8	25
9	22	10	21
ค่าเฉลี่ย			23.10
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน			2.34
ค่าสูงสุด			26
ค่าต่ำสุด			19

4. 1.4 ผลการศึกษาความหนาแน่นรวมของท่อนพันธุ์อ้อย

ผลการศึกษาความหนาแน่นรวมของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 โดยการเก็บตัวอย่างน้ำหนักของท่อนพันธุ์อ้อยที่นำไปบรรจุภายในถังเก็บตัวอย่างที่มีขนาด 1 x 1 x 1 เมตร จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า มีค่าความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อยเฉลี่ยเท่ากับ 334.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 20.94 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จากผลการศึกษาความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อยสามารถนำมาพิจารณาปริมาณความเหมาะสมของท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุที่มีผลต่อความแข็งแรงของถังบรรจุท่อนพันธุ์และโครงสร้างต่างๆ ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความหนาแน่นรวมของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 เก็บเกี่ยว

โดยใช้รถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000

ซ้ำที่	ความหนาแน่นรวม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
1	322.20
2	317.20
3	363.90
ค่าเฉลี่ย	334.43
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	20.94

4.1.5 ผลการศึกษาความทนทานของท่อนพันธุ์

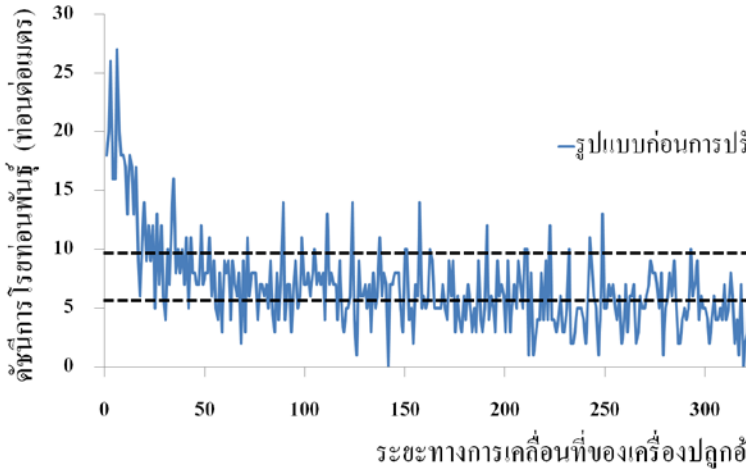
จากผลการทดสอบพบว่า ค่าเฉลี่ยของแรงกระทำที่ทำให้เกิดความเสียหายต่อตาอ้อย มีค่าเท่ากับ 583.54 นิวตัน

4.2 ผลของรูปแบบของชุดลำเลียงและรูปแบบมุมของผนังของถังบรรทุกท่อนพันธุ์ที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อน โดยการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

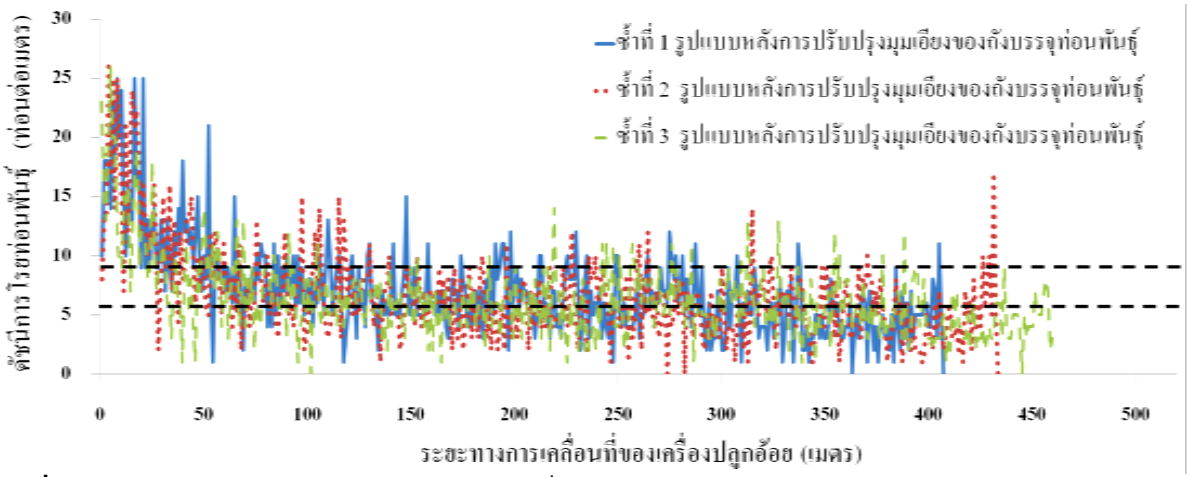
4. 2.1 ผลการศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ จากการศึกษาด้วยรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3.9) ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ กำหนดให้ความเร็วรอบของเพลาขับชุดสายพานลำเลียงเท่ากับ 13 รอบต่อนาที ความเร็วเชิงเส้นของชุดสายพานลำเลียงเท่ากับ 0.216 เมตรต่อวินาที ปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดสอบ 530 กิโลกรัม ความหนาแน่นของท่อนพันธุ์อ้อยเท่ากับ 334.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ปริมาณร้อยละของสิ่งเจือปนภายในท่อนพันธุ์อ้อยเท่ากับ 0 จากการศึกษาดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ได้มีการแปลงจากระยะทางการเคลื่อนที่ของชุดสายพานลำเลียงมาเป็นระยะทางการเคลื่อนที่ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

จากผลการศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง (รูปที่ 3.7) มีมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ส่วนล่างถึงกลางถัง 60 องศา จากแนวระนาบ และส่วนกลางถังถึงส่วนบน 90 องศา จากแนวระนาบ 2) รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง (รูปที่ 3.8) มีมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ส่วนล่างถึงส่วนบนมีมุมเอียงเท่ากัน คือ 60 องศา จากแนวระนาบ จากการศึกษาดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ที่บันทึกได้จากวีดีโอ ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบจนกระทั่งท่อนพันธุ์อ้อยถูกลำเลียงขึ้นมาจากถังบรรจุท่อนพันธุ์จนหมด โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถัง ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ มีค่าสูงในช่วงเริ่มต้นที่มีท่อนพันธุ์อ้อยเต็มถังบรรจุ และมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อปริมาณท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุลดน้อยลงทั้ง 2 รูปแบบ แต่ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง มีแนวโน้มลดลงมากกว่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง เมื่อปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุเหลือน้อยในช่วงท้ายหรือก้นถังบรรจุท่อนพันธุ์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.3 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

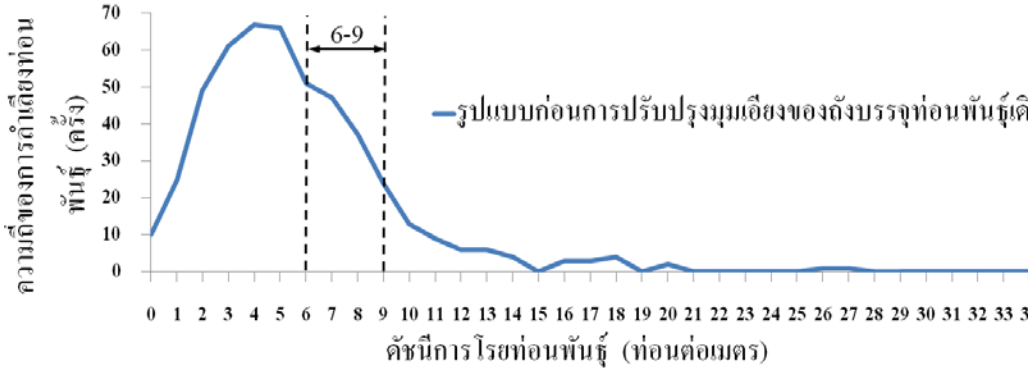


รูปที่ 4.4 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุ ท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

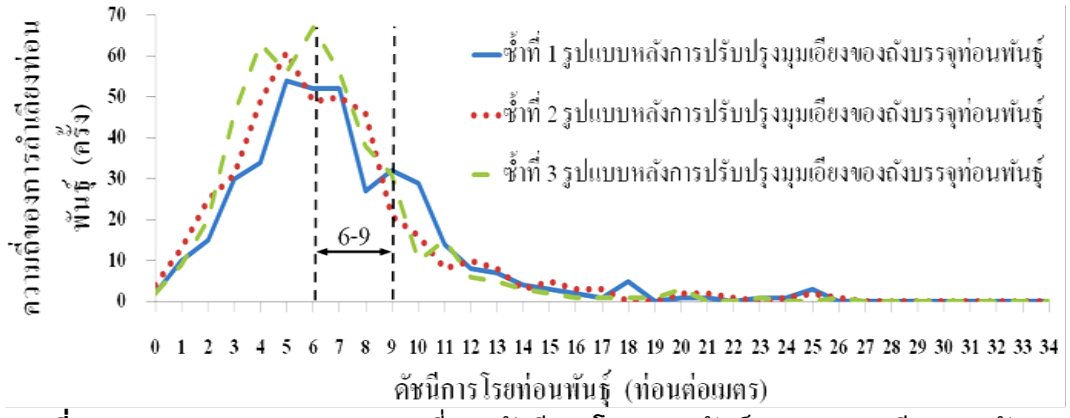
เพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ จากผลการศึกษาจึงนำดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ตลอดการทดสอบมาวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูล ซึ่งข้อมูลจากการทดสอบรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง จากการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ มีดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4 ถึง 7 ท่อนต่อเมตร เนื่องจากเกิดการอัดตัวของท่อนพันธุ์ ทำให้เกิดโพรงบริเวณหน้าสายพานลำเลียงท่อนพันธ์จึงไม่สามารถลำเลียงขึ้นมาได้ ทำให้การลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่สม่ำเสมอ และยังพบว่า การลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 10 ครั้ง ดังนั้น มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 10 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.5 เมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการทดสอบรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง จากการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร การลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per

mter) เป็นจำนวน 3 ครั้ง ดังนั้น มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 3 เมตร ซึ่งลดลงจากเดิมเป็นระยะทางถึง 7 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.6

ดังนั้น ผลจากการวิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์จากการกระจายความถี่ของการลำเลียงท่อนพันธุ์ ลักษณะกราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์อ้อยหลังการปรับปรุง ทดสอบทั้ง 3 ครั้ง มีลักษณะกราฟจะค่อนข้างมีความสม่ำเสมอและแม่นยำกว่ารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง เนื่องจากไม่ค่อยเกิดการอัดตัวของท่อนพันธุ์ บริเวณหน้าสายพาน ทำให้สายพายสามารถลำเลียงท่อนพันธุ์ได้สะดวก และเมื่อเปรียบเทียบจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย มีจำนวนครั้งที่ลดลงมากกว่าเดิมจึงส่งผลให้ปริมาณท่อนพันธุ์ที่ถูกลงปลูกมีระยะทางพื้นที่เพิ่มขึ้น นำไปสู่การงอกที่สมบูรณ์และผลผลิตที่เพิ่มจากเดิม



รูปที่ 4.5 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.6 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลัง การปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่ และการจัดการกระจายของข้อมูล ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4.6 พบว่า มี

ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ เท่ากับ 5.624 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.695 ค่าพิสัยเท่ากับ 27 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.707 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.110 ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ดังนั้น โค้งเบ้ทางขวาหรือเบ้ทางบวก และค่าความโด่งเท่ากับ 5.244 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0.220 ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง ลักษณะกราฟโค้งมากเป็นบวก เมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในตารางที่ 4.7 พบว่า มีค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ เท่ากับ 6.661 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.795 ค่าพิสัยเท่ากับ 26 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.650 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.120 ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ดังนั้น โค้งเบ้ทางขวาหรือเบ้ทางบวก และค่าความโด่ง เท่ากับ 4.809 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง เท่ากับ 0.239 ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง ดังนั้น ลักษณะกราฟโค้งมากมีลักษณะเป็นบวก

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าความเบ้ และความโด่ง จากการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ แสดงให้เห็นว่า ความเบ้ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง กราฟมีลักษณะการเบ้น้อยกว่ารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุงเท่ากับ 0.123 สังเกตได้ว่าความโค้งของกราฟมีลักษณะใกล้เคียงโค้งปกติมากกว่า แต่ยังพบว่าค่าความโด่งของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงมีความโด่งของข้อมูลลดน้อยลดลง เท่ากับ 0.9623 จากผลการศึกษาพบว่า กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบหลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง (รูปที่ 4.6) มีดัชนีการโรยท่อนพันธุ์เข้าใกล้ช่วงที่มีความต้องการในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร มากกว่ากราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง (รูปที่ 4.5) แต่จากลักษณะกราฟการกระจายความถี่ยังพบว่า ยังเกิดช่วงที่การโรยท่อนพันธุ์ไม่อยู่ในช่วงที่กำหนดมาก สาเหตุส่วนหนึ่งอาจเกิดจากความเร็วที่ไม่เหมาะสมของลูกกลิ้งชุดสายพานลำเลียง หากสามารถเพิ่มอัตราทดที่ชุดเฟืองเพลาขับชุดลูกกลิ้งสายพาน ก็อาจสามารถเพิ่มความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ตามช่วงที่กำหนดได้

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวน กลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1
จำนวน	489
ค่าพิสัย	27
ค่าต่ำสุด	0
ค่าสูงสุด	27
ผลรวม	2750
ค่าเฉลี่ย	5.6237
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.1671
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.6956
ค่าความแปรปรวน	13.6573
ค่าความเบ้	1.7075
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1104
ค่าความโด่ง	5.2437
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2204

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวน กลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวน	388	414	438	413
ค่าพิสัย	25	26	26	26
ค่าต่ำสุด	0	0	0	0
ค่าสูงสุด	25	26	26	26
ผลรวม	2750	2750	2740	2747
ค่าเฉลี่ย	7.0876	6.6425	6.2557	6.6619
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.2018	0.1975	0.1621	0.1871
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.9744	4.0184	3.3931	3.7953
ค่าความแปรปรวน	15.7959	16.1479	11.5134	14.4858
ค่าความเบ้	1.5842	1.7108	1.6570	1.6507
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1239	0.1200	0.1166	0.1202
ค่าความโด่ง	4.2814	4.7153	5.4308	4.8092
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2471	0.2393	0.2328	0.2397

ผลการกำหนดดัชนีการโรยท่อนที่พึงประสงค์ เนื่องจาก Thienyaem et al. (2014) กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4.3 แสดงให้เห็นว่า เกษตรกรมีความต้องการโรยท่อนพันธุ์อ้อยกับระยะทางการเคลื่อนที่ในการปลูกอยู่ในช่วง 6 ท่อนต่อเมตร ซึ่งมีระยะเกยท่อนพันธุ์ที่ใช้ในการปลูกอยู่ในช่วง 15 เซนติเมตร สำหรับผลในการทดสอบผู้ศึกษาจึงกำหนดการลำเลียงท่อนพันธุ์อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์พิจารณาที่เกษตรกรยอมรับ จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง มีค่าความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ในช่วงดัชนีการโรยท่อน 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร เท่ากับร้อยละ 32.52 ดังแสดงในตารางที่ 4.8 และรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง มีค่าดัชนีความแม่นยำเฉลี่ยของการโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง ในช่วงดังกล่าว เท่ากับร้อยละ 42.01 ดังแสดงในตารางที่ 4.9 ซึ่งเพิ่มขึ้นจากรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุงร้อยละ 9.49

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่ารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงมีค่าดัชนีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น จึงสามารถช่วยลดปัญหาจากการโรยท่อนพันธุ์ที่น้อยเกินไปได้ และยังสามารถช่วยลดความสูญเสียจากการปลูกซ่อมท่อนพันธุ์อ้อยภายในแปลงที่ไม่เกิดจากบริเวณไม่มีท่อนพันธุ์อ้อยถูกโรยลงปลูก

ตารางที่ 4.8 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการ

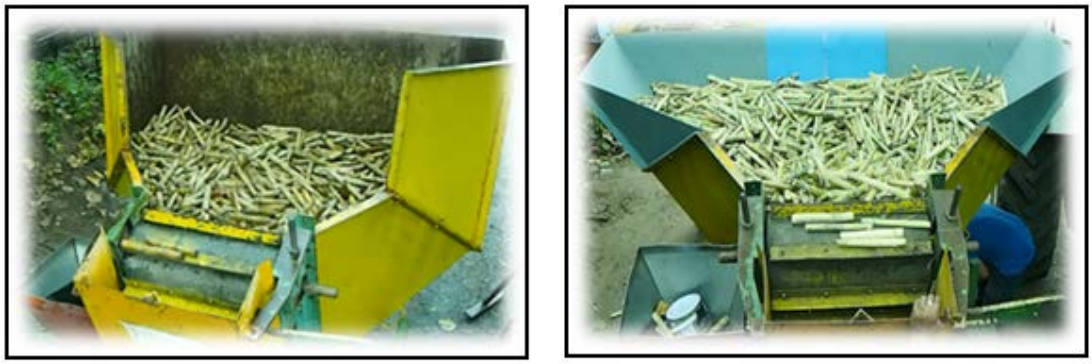
ปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) ทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง
6	10.43
7	9.61
8	7.57
9	4.91
รวม	32.52

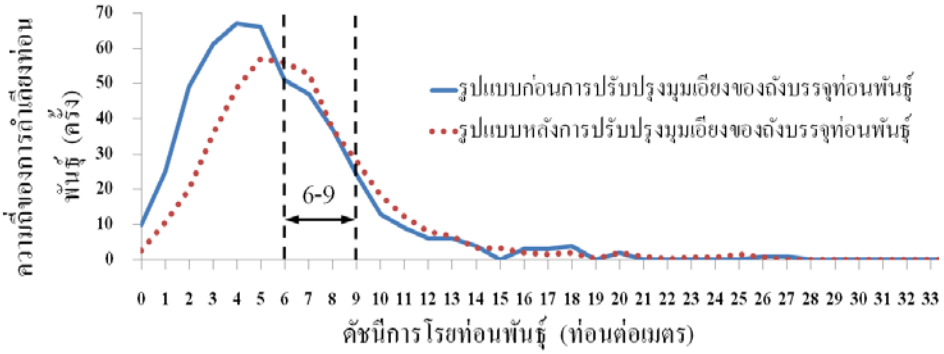
ตารางที่ 4.9 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการ
ปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) ทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
6	13.40	11.84	15.33	13.52
7	13.40	12.08	12.81	12.76
8	6.96	11.11	8.70	8.92
9	8.25	5.07	7.09	6.80
รวม	42.01	40.10	43.94	42.01

สรุปผลการศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ที่มีต่อดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ จากการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุง (รูปที่ 3.7) และหลังการปรับปรุง (รูปที่ 3.8) มีความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่เฉลี่ยของข้อมูล (รูปที่ 4.7 และรูปที่ 4.8) ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง มีมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์จากส่วนล่างถึงส่วนบนเท่ากับ 60 องศาจากแนวระนาบเท่ากัน มีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร มีค่าดัชนีความแม่นยำเพิ่มขึ้นจากก่อนการปรับปรุงรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ร้อยละ 9.49 และเมื่อเปรียบเทียบดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ทั้ง 2 รูปแบบ ยังพบว่า รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงมีค่าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.0382 หรือร้อยละ 18.46 ดังแสดงในตารางที่ 10



รูปที่ 4.7 รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุก่อนการปรับปรุง และรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุหลังการปรับปรุง



รูปที่ 4.8 กราฟการกระจายความถี่เฉลี่ยของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.10 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ก่อนการปรับปรุงและรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

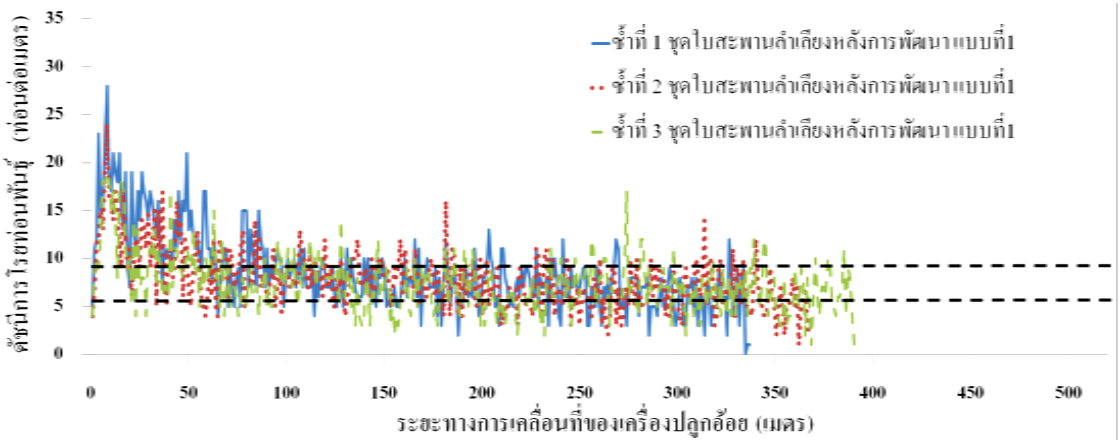
รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์	ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)		ค่าเฉลี่ยดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์)
	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย
ก่อนการปรับปรุง	5.6237	0.1671	32.52
หลังการปรับปรุง	6.6619	0.1871	42.01
ผลต่างหลังการปรับปรุงเปรียบเทียบก่อนการปรับปรุง	1.0382	0.020	9.49

ดังนั้น จากผลการศึกษาจึงนำรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงมีมุมเอียงของถังจากส่วนล่างถึงส่วนบนเท่ากับ 60 องศา จากแนวระนาบ มาใช้ในการทดสอบกับรูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ เพื่อให้ได้รูปแบบมุมเอียงของถังและรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงที่เหมาะสม ช่วยลดการอัดตัวของท่อนพันธุ์ภายในถัง และการเกิดโพรงบริเวณหน้าสายพานลำเลียง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริงต่อไป

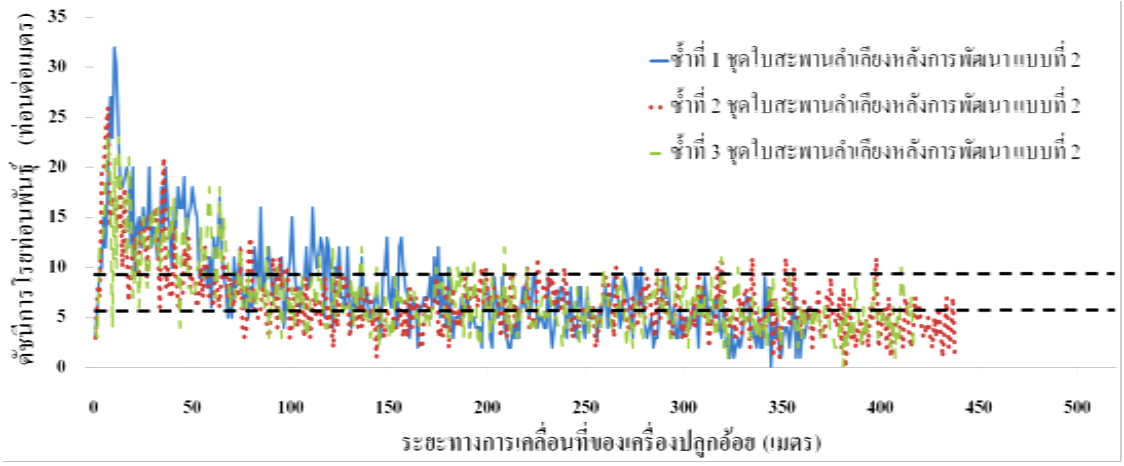
4.2.2 ผลการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ผลการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ จากรูปแบบ

ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อย 3 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3.9) มีลักษณะของใบสะพานลำเลียง พับเป็นมุมฉาก 90 องศา จัดเรียงขวางตามยาวเต็มหน้าชุดสายพานลำเลียง มีระยะห่างระหว่างใบสะพาน 150 มิลลิเมตร 2) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 (รูปที่ 3.10) มีลักษณะใบสะพานลำเลียงมีความยาวหน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมเอียง 105 องศา บริเวณด้านปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมฉาก 90 องศา สูง 20 มิลลิเมตร จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร 3) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.11) มีลักษณะใบสะพานลำเลียงส่วนบริเวณที่ยึดติดกับสายพานลำเลียงมีความยาวเท่ากับหน้ากว้างสายพานลำเลียง และมีความยาวบริเวณที่ใช้ลำเลียงท่อพันธุ์หน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมฉาก 90 องศา บริเวณกึ่งกลางถึงปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมเอียงขึ้น 20 องศา กับแนวระนาบ จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร ทดสอบโดยใช้รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง มีมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์จากส่วนล่างถึงส่วนบนเท่ากับ 60 องศา จากแนวระนาบ (รูปที่ 3.8) จากผลการศึกษาดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ของรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ทั้ง 3 รูปแบบ พบว่า ผลการศึกษาดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ที่บันทึกได้จากวีดีโอ ตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบจนกระทั่งท่อนพันธุ์อ้อยถูกลำเลียงขึ้นมาจากถังบรรจุท่อนพันธุ์จนหมด โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์มีค่าสูงในช่วงเริ่มต้นที่มีท่อนพันธุ์อ้อยเต็มถังบรรจุ และมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อปริมาณท่อนพันธุ์ในถังบรรจุลดน้อยลงทั้ง 3 รูปแบบ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 รูปที่ 4.9 และรูปที่ 4.10

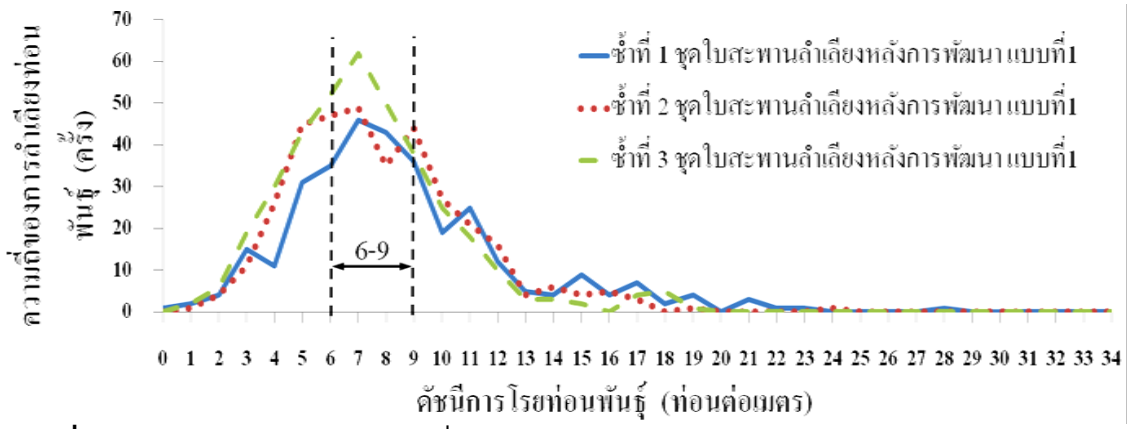


รูปที่ 4.9 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

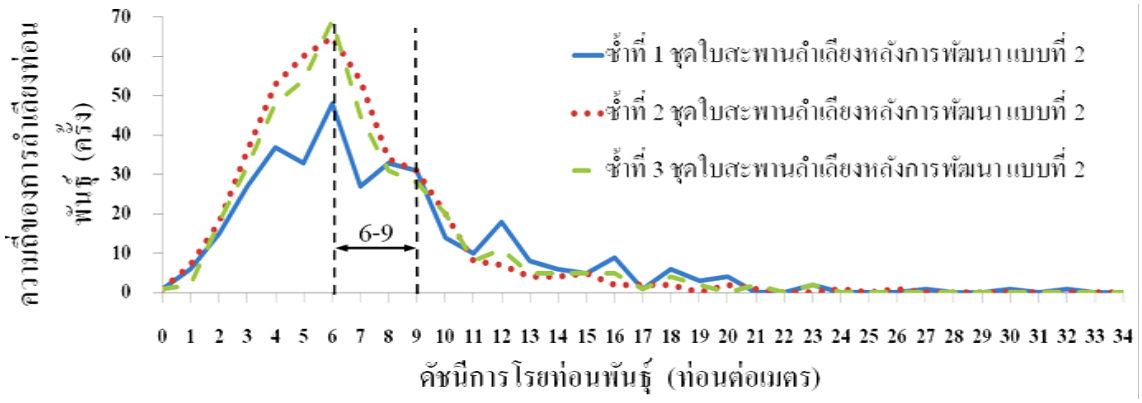


รูปที่ 4.10 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

เพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ จึงนำดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ตลอดการทดสอบมาวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูล จากผลการศึกษาข้อมูลจากการทดสอบโดยใช้รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีอัตราการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร การลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 3 ครั้ง นั่นคือ มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 3 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.6 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร การลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้ (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง นั่นคือ ไม่มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ปลูก ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีอัตราการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร การลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง นั่นคือ มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 0 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เมื่อเปรียบเทียบการกระจายความถี่จากลักษณะกราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงทั้ง 3 รูปแบบ ผลการศึกษาพบว่าลักษณะกราฟจะค่อนข้างมีความสม่ำเสมอ เนื่องจากไม่ค่อยเกิดการอัดตัวของท่อนพันธุ์บริเวณหน้าสายพาน ทำให้สายพายสามารถลำเลียงท่อนพันธุ์ได้สะดวก ซึ่งพบว่ารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 และแบบที่ 2 มีการลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เท่ากับศูนย์ เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา สามารถพิจารณาได้ว่าหลังการพัฒนารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงสามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการลำเลียงท่อนพันธุ์ได้



รูปที่ 4.11 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโยนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ



รูปที่ 4.12 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโยนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโยนด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่และการจัดการกระจายของข้อมูล ผลการศึกษาจากตารางที่ 4.7 พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการโยนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6.661 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.795 ค่าพิสัยเท่ากับ 26 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.6507 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.120 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ดังนั้น โค้งเบ้ทางขวาหรือเบ้ทางบวก และเมื่อเทียบค่าความโด่งเท่ากับ 4.809 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0.239 แสดงให้เห็นว่า ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง ดังนั้น ลักษณะกราฟโค้งมากมีลักษณะเป็นบวก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเบ้ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ผลการศึกษาจากตารางที่ 4.11 พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการโยนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.918 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.438 ค่าพิสัยเท่ากับ 23 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.095 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.1309 ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ดังนั้น โค้งเบ้ทางขวาหรือ

เบ้ทางบวก ค่าความโด่งเท่ากับ 2.170 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0.2610 แสดงให้เห็นว่า ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง ดังนั้น ลักษณะกราฟโค้งมากมีลักษณะเป็นบวก ดังแสดงในรูปที่ 4.11 และผลจากการศึกษาตารางที่ 4.12 พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.109 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.992 ค่าพิสัยเท่ากับ 27 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.564 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.124 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ดังนั้น โค้งเบ้ทางขวาหรือเบ้ทางบวก ค่าความโด่งเท่ากับ 3.849 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0.247 แสดงให้เห็นว่า ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง ดังนั้น ลักษณะกราฟโค้งมากมีลักษณะเป็นบวก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเบ้ ดังแสดงในรูปที่ 4.12

ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงทั้ง 3 รูปแบบ จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ พบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนามีความเบ้และความโด่งมากกว่า แต่เนื่องจากมีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตรน้อย เมื่อเทียบกับรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาทั้ง 2 รูปแบบ ซึ่งสามารถนำผลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการพิจารณาให้รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนามีความแม่นยำเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวนกลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวน	321	350	373	348
ค่าพิสัย	28	23	18	23
ค่าต่ำสุด	0	1	1	1
ค่าสูงสุด	28	24	19	24
ผลรวม	2750	2735	2750	2745
ค่าเฉลี่ย	8.5670	7.8143	7.3727	7.9180
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.2270	0.1708	0.1580	0.1853
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.0669	3.1951	3.0521	3.4380
ค่าความแปรปรวน	16.5400	10.2090	9.3151	12.0214
ค่าความเบ้	1.2401	0.9978	1.0474	1.0951
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1361	0.1304	0.1263	0.1309
ค่าความโด่ง	2.4414	2.0003	2.0705	2.1707
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2713	0.2600	0.2520	0.2611

ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวน กลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวน	347	418	398	388
ค่าพิสัย	32	26	23	27
ค่าต่ำสุด	0	0	0	0
ค่าสูงสุด	32	26	23	27
ผลรวม	2720	2750	2750	2740
ค่าเฉลี่ย	7.8386	6.5789	6.9095	7.1090
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.2559	0.1715	0.1857	0.2044
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.7677	3.5054	3.7047	3.9926
ค่าความแปรปรวน	22.7311	12.2875	13.7248	16.2478
ค่าความเบ้	1.5250	1.6869	1.4813	1.5644
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1309	0.1194	0.1223	0.1242
ค่าความโด่ง	3.5847	5.0060	2.9571	3.8493
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2611	0.2382	0.2440	0.2478

ผลการกำหนดดัชนีการโรยท่อนที่พึงประสงค์ จากผลการศึกษาของ Thienyaem et al. (2014) ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4.3 กล่าวว่า เกษตรกรมีความต้องการโรยท่อนพันธุ์อ้อยกับระยะทางการเคลื่อนที่ในการปลูกอยู่ในช่วง 6 ท่อนต่อเมตร ซึ่งมีระยะเกยท่อนพันธุ์ที่ใช้ในการปลูกอยู่ในช่วง 15 เซนติเมตร ดังนั้น สำหรับในการทดสอบจึงกำหนดท่อนพันธุ์อ้อยในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์พิจารณาที่เกษตรกรยอมรับ จากผลการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ ในช่วงดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร จากการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับร้อยละ 42.01 การทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับร้อยละ 40.10 และการทดสอบครั้งที่ 3 เท่ากับร้อยละ 43.94 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับร้อยละ 42.01 ดังแสดงในตารางที่ 4.9 จากผลการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ ในช่วงดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร จากการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับร้อยละ 49.84 การทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับร้อยละ 50.00 และการทดสอบครั้งที่ 3 เท่ากับร้อยละ 54.16 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับร้อยละ 51.33 ดังแสดงในตารางที่ 4.13 และจากผลการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ ในช่วงดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร จากการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับร้อยละ 40.06 การทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับร้อยละ 44.02 และการทดสอบครั้งที่ 3

เท่ากับร้อยละ 43.47 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับร้อยละ 42.51 ดังแสดงในตารางที่ 4.14

ดังนั้น เมื่อพิจารณาผลจาการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงทั้ง 3 รูปแบบ โดยใช้รูปแบบมุมเอียงของถังหลังการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ พบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 และ แบบที่ 2 มีค่าดัชนีความแม่นยำในการลำเลียงเท่ากับร้อยละ 51.33 และ 42.51 ซึ่งเพิ่มขึ้นทั้งสองรูปแบบเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการพัฒนารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียง

ตารางที่ 4.13 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบแบบอยู่กับที่			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
6	10.90	13.43	13.94	12.76
7	14.33	14.00	16.62	14.98
8	13.40	10.00	13.40	12.27
9	11.21	12.57	10.19	11.32
รวม	49.84	50.00	54.16	51.33

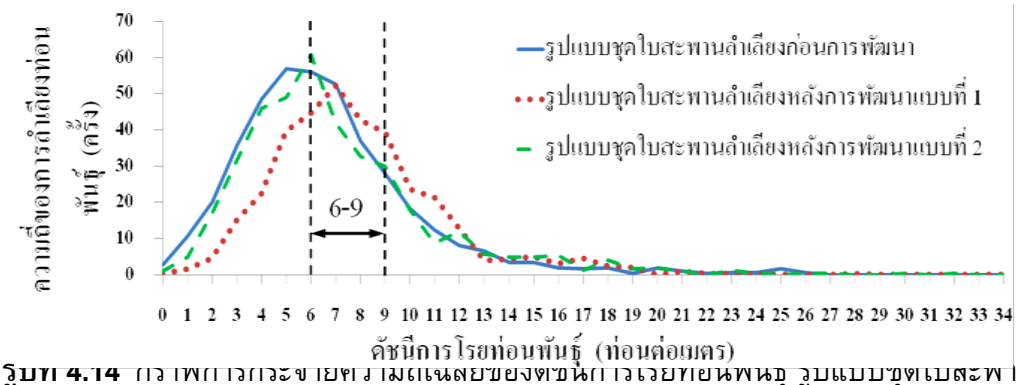
ตารางที่ 4.14 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
6	13.83	15.55	17.34	15.57
7	7.78	12.92	11.31	10.67
8	9.51	8.13	7.79	8.48
9	8.93	7.42	7.04	7.80
รวม	40.06	44.02	43.47	42.51

สรุปผลการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ จากการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ โดย

ใช้มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3.9) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันหลังการพัฒนา แบบที่ 1 (รูปที่ 3.10) และหลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.11) จากการศึกษาทั้ง 3 รูปแบบ มีความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่เฉลี่ยของข้อมูล (รูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14) ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนามีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์เพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนา โดยรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร มีค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ที่ดีที่สุดเท่ากับร้อยละ 51.33 และเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการพัฒนามีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์เท่ากับร้อยละ 18.85 และ 22.19 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 15 สำหรับการทดสอบแบบภาคสนามจึงใช้ถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงแล้ว เปรียบเทียบความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ระหว่างรูปแบบชุดใบสะพานก่อนการพัฒนาและหลังการพัฒนา แบบที่ 2 โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ ในส่วนการใช้ชุดใบสะพานหลังการพัฒนา แบบที่ 2 เปรียบเทียบเนื่องจากได้ออกแบบให้ใบสะพานมีหน้าสัมผัสที่ยึดติดกับสายพานได้เต็มแนว เพื่อช่วยลดการเกิดแรงตึงของสายพานไม่ให้สายพานขาดขณะทำงาน จึงต้องใช้รูปแบบดังกล่าว หากใบสะพานมีหน้าสัมผัสที่ยึดติดไม่เต็มหน้าสายพานสามารถส่งผลให้แรงตึงของสายพานทั้งสองข้างที่ใช้ในการลำเลียงไม่เท่ากันอาจทำให้สายพานขาดหรือเพลาลูกกลิ้งขับสายพานเสียหายได้

รูปที่ 4.13 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา หลังการพัฒนา แบบที่ 1 และหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ตามลำดับ



รูปที่ 4.14 กราฟการกระจายความถี่เฉลี่ยของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา หลังการพัฒนา แบบที่ 1 และหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.15 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา และหลังการพัฒนา ถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

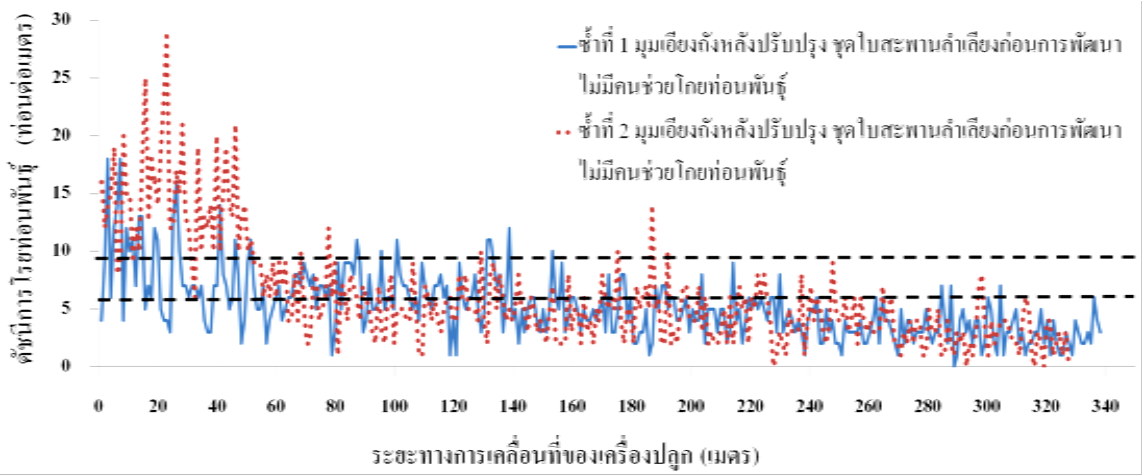
รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียง	ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)		ค่าเฉลี่ยดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์)
	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย
ก่อนการพัฒนา	6.6619	0.1871	42.01
หลังการพัฒนา แบบที่ 1	7.9180	0.1853	51.33
หลังการพัฒนา แบบที่ 2	7.1090	0.2044	42.51
ผลต่างหลังการพัฒนาแบบที่ 1 เปรียบเทียบก่อนการพัฒนา	1.2561	0.0018	9.32
ผลต่างหลังการพัฒนาแบบที่ 2 เปรียบเทียบก่อนการพัฒนา	0.4471	0.0173	0.50

4.3 ผลของรูปแบบชุดลำเลียงที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อนภายใต้การสั่นสะเทือนในการทดสอบในภาคสนาม

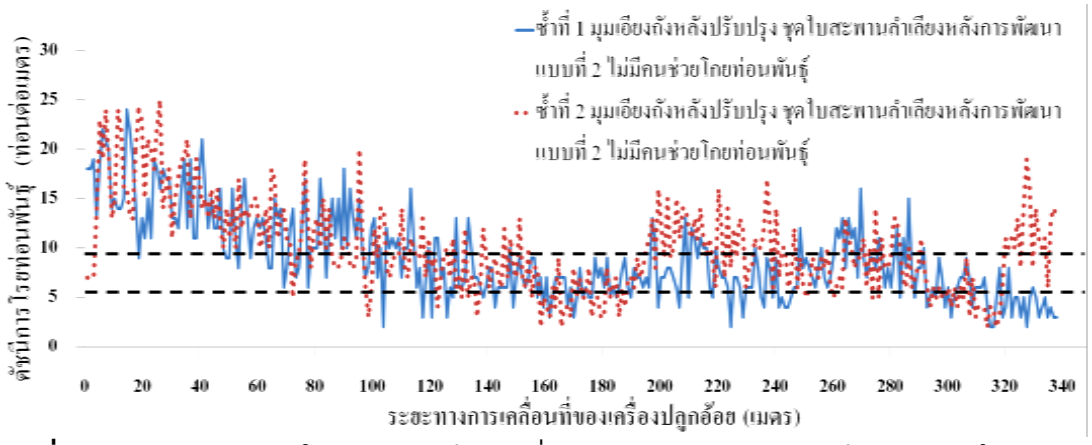
ผลการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ โดยเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง จากรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อย 2 รูปแบบ คือ 1) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3.9) มีลักษณะของใบสะพานลำเลียง พับเป็นมุมฉาก 90 องศา จัดเรียงขวางตามยาวเต็มหน้าชุดสายพานลำเลียง มีระยะห่างระหว่างใบสะพาน 150 มิลลิเมตร 2) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.11) มีลักษณะใบสะพานลำเลียงส่วนบริเวณที่ยึดติดกับสายพานลำเลียงมีความยาวเท่ากับหน้ากว้างสายพานลำเลียง และมีความยาวบริเวณที่ใช้ลำเลียงท่อพันธุ์หน้าชุดสายพานลำเลียง 400 มิลลิเมตร พับเป็นมุมฉาก 90 องศา บริเวณกึ่งกลางถึงปลายของใบสะพานลำเลียงพับทำมุมเอียงขึ้น 20 องศา กับแนวระนาบ จัดเรียงเป็นแนวสลับด้านซ้ายและด้านขวาของสายพาน มีการเกยกัน มีระยะห่างระหว่างชุดใบสะพานลำเลียง 150 มิลลิเมตร โดยใช้รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบด้วยรถแทรกเตอร์ขนาด 120 แรงม้า ทำงานที่รอบเครื่องยนต์ 2000 รอบต่อนาที เป็นต้นกำลังในการลากดึง ปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการทดสอบ 580 ถึง 620 กิโลกรัม ความหนาแน่นรวมของท่อนพันธุ์อ้อยเท่ากับ 334.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ร้อยละของสิ่งเจือปนภายในท่อนพันธุ์อ้อยเท่ากับ 6.2 โดยแบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 แบบ คือ 1)

ทดสอบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา เปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ 2) ทดสอบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ เปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1) จากการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา เปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ พบว่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์จากการศึกษาทั้ง 2 แบบ บันทึกดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ได้จากวิดีโอ ตั้งแต่เริ่มต้นทดสอบการปลูกจนกระทั่งพันธุ์อ้อยถูกลำเลียงขึ้นมาจากถังบรรจุท่อนพันธุ์แล้วปล่อยลงปล่องหย่อนท่อนพันธุ์จนตลอดทั้งแถว ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ตั้งแต่เริ่มต้นที่มีท่อนพันธุ์อ้อยอยู่เต็มถังบรรจุจนท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุเริ่มลดลงตามระยะทางการเคลื่อนที่ในการทดสอบปลูก ลักษณะกราฟมีแนวโน้มค่อนข้างมีความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ ตั้งแต่เริ่มต้นการปลูกจนสิ้นสุดแถวการปลูก และยังอยู่ในช่วงเกณฑ์การพิจารณาที่เกษตรกรยอมรับ ยังพบว่า ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์มีค่าสูงในช่วงเริ่มต้นที่มีท่อนพันธุ์อ้อยเต็มถังบรรจุ และมีค่าต่ำเมื่อปริมาณท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุลดลงใกล้หมดถัง ดังแสดงในรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16



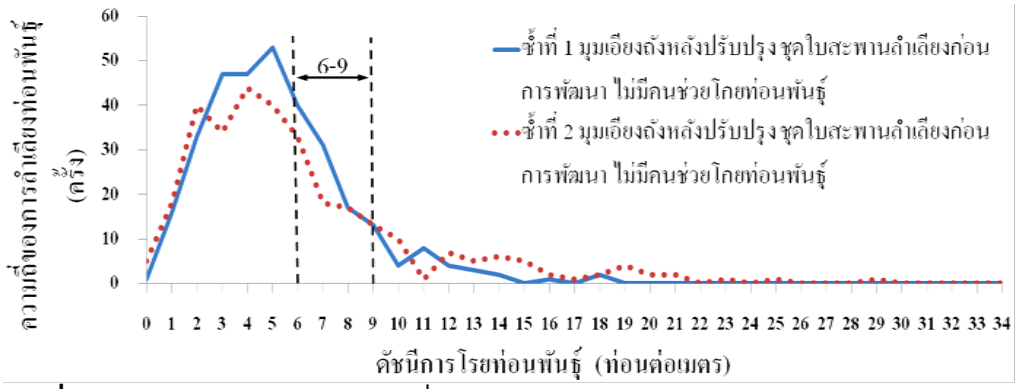
รูปที่ 4.15 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียง ก่อนการพัฒนา และมุมเอียงถังหลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง (ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ)



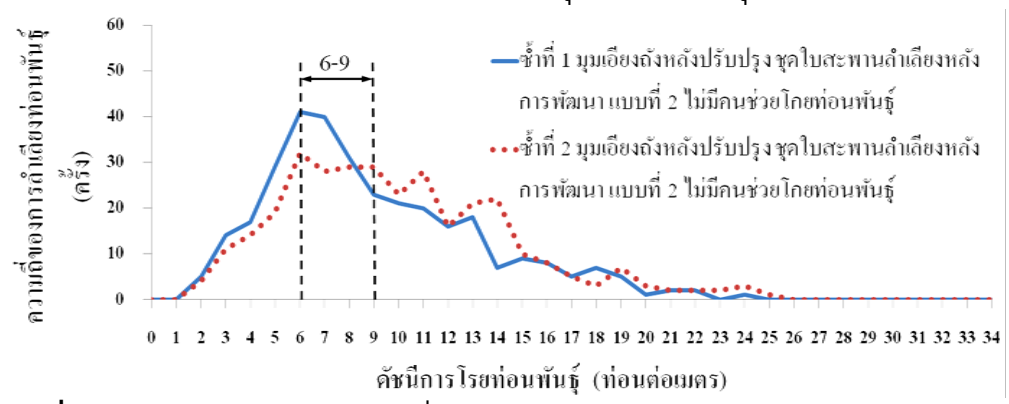
รูปที่ 4.16 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียง หลังการพัฒนา แบบที่ 2 และมุมเอียงถังหลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงาน ในพื้นที่จริง (ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ)

เพื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ จึงนำดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ตลอดการทดสอบมาวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูล จากผลการศึกษาข้อมูลการทดสอบโดยใช้รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 4 ถึง 7 ท่อนต่อเมตร เกิดการอัดตัวของท่อนพันธุ์ ทำให้เกิดโพรงบริเวณหน้าสายพานลำเลียงท่อนพันธุ์ จึงไม่สามารถลำเลียงขึ้นมาได้ ทำให้การลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่สม่ำเสมอ ยังพบว่า การลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 3 ครั้ง ดังนั้น มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 3 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.17 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร การลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้ (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง นั่นคือ ไม่มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ปลูก ดังแสดงในรูปที่ 4.18

ดังนั้นผลเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนากับรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ พบว่ารูปแบบชุดใบสะพานหลังการพัฒนา มีการลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้ (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง สามารถพิจารณาได้ว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ช่วยลดปัญหาที่เกิดจากการอัดตัวของท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุที่เป็นสาเหตุของการเกิดโพรงบริเวณหน้าชุดสายพานลำเลียง ส่งผลให้ชุดลำเลียงไม่สามารถลำเลียงท่อนพันธุ์ขึ้นมาได้หรือมีจำนวนในการลำเลียงที่น้อยขณะเครื่องทำงานภายในแปลง และยังช่วยลดอันตรายจากการปฏิบัติงานได้โดยไม่ต้องมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ



รูปที่ 4.17 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงาน ในพื้นที่จริง (ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ)



รูปที่ 4.18 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 2 มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงาน ในพื้นที่จริง (ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโรยท่อนด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่และการจัดการกระจายของข้อมูล ผลการศึกษาจากตารางที่ 4.16 พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.602 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.765 ค่าพิสัยเท่ากับ 24 ค่าความเบ้เท่ากับ 1.499 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.135 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ค่าความโด่งเท่ากับ 3.125 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0. 270 แสดงให้เห็นว่า ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง และผลการศึกษาจากตารางที่ 4.17 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 2 ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.625 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.193 ค่าพิสัยเท่ากับ 20 ค่าความเบ้เท่ากับ 0.704 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0.139 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเบ้มีค่าเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้

ดังนั้น โค้งเบ้ทางขวาหรือเบ้ทางบวก ค่าความโด่งเท่ากับ 1.068 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0.270 แสดงให้เห็นว่า ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง

ดังนั้น จากผลการวิเคราะห์ดัชนีการโยท่อนพันธุ์ของรูปแบบชุดใบสะพานก่อนการพัฒนาเปรียบเทียบกับชุดใบสะพานหลังการพัฒนา โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ ทดสอบแบบภาคสนาม ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์หลังการพัฒนาชุดใบสะพานมีค่าเท่ากับ 9.5062 เพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาเท่ากับ 3.9037 หรือดัชนีการโรยท่อนพันธุ์หลังการพัฒนามีค่าความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 69.68 จึงพิจารณาได้ว่า หลังพัฒนาใบสะพานมีการโรยท่อนพันธุ์จำนวนใกล้เคียงช่วงที่กำหนด 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตรเพิ่มขึ้น นั้นหมายความว่าการอัดตัวของท่อนพันธุ์ภายในถังขณะเครื่องทำงานไม่เกิดขึ้นหรือเกิดลดลง

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวน กลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคน ช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
จำนวน	322	322	322
ค่าพิสัย	18	29	24
ค่าต่ำสุด	0	0	0
ค่าสูงสุด	18	29	24
ผลรวม	1681	1927	1804
ค่าเฉลี่ย	5.2205	5.9845	5.6025
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.1622	0.2575	0.2098
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.9106	4.6205	3.7655
ค่าความแปรปรวน	8.4715	21.3487	14.9101
ค่าความเบ้	1.2246	1.7734	1.4990
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1359	0.1359	0.1359
ค่าความโด่ง	2.4467	3.8041	3.1254
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2709	0.2709	0.2709

ตารางที่ 4.17 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวน กลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มุม เอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริงไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
จำนวน	322	322	322
ค่าพิสัย	22	23	23
ค่าต่ำสุด	2	2	2
ค่าสูงสุด	24	25	25
ผลรวม	2899	3223	3061
ค่าเฉลี่ย	9.0031	10.0093	9.5062
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.2406	0.2572	0.2489
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	4.3165	4.6158	4.4661
ค่าความแปรปรวน	18.6324	21.3052	19.9688
ค่าความเบ้	0.8697	0.7684	0.8190
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1359	0.1359	0.1359
ค่าความโด่ง	0.3881	0.4756	0.4318
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2709	0.2709	0.2709

ผลการกำหนดดัชนีการโรยท่อนที่พึงประสงค์ จากการผลการศึกษา Thienyaem et al. (2014) ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4.3 กล่าวว่า เกษตรกรมีความต้องการโรยท่อนพันธุ์อ้อยกับระยะทางการเคลื่อนที่ในการปลูกอยู่ในช่วง 6 ท่อนต่อเมตร ซึ่งมีระยะเกยท่อนพันธุ์ที่ใช้ในการปลูกอยู่ในช่วง 15 เซนติเมตร ดังนั้น สำหรับในการทดสอบจึงกำหนดท่อนพันธุ์อ้อยในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์พิจารณาที่เกษตรกรยอมรับ จากผลการศึกษารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนาเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ พบว่า ก่อนการพัฒนาชุดใบสะพานมีค่าดัชนีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 28.66 ดังแสดงในตารางที่ 4.18 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าดัชนีความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ 39.29 เพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาร้อยละ 10.63 ดังแสดงในตารางที่ 4.19

ดังนั้น จากผลการกำหนดดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ที่พึงประสงค์ เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงโดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถัง จากรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนาและรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 พบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าดัชนีความแม่นยำเพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนา

ร้อยละ 10.63 สรุปได้ว่า หลังการพัฒนารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงโดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุช่วยเพิ่มความแม่นยำในการลำเลียงท่อนพันธุ์มากขึ้น

ตารางที่ 4.18 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนาทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) รูปแบบหลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์เดิม ทดสอบแบบภาคสนาม		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
6	12.42	10.58	11.50
7	9.63	5.77	7.70
8	5.28	5.45	5.36
9	4.04	4.17	4.10
รวม	31.37	25.96	28.66

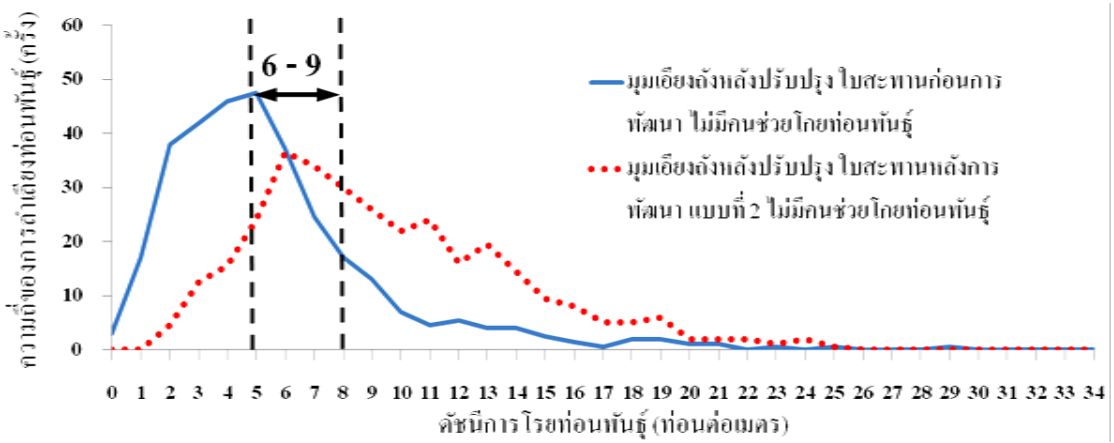
ตารางที่ 4.19 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 การทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบภาคสนาม		
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ค่าเฉลี่ย
6	12.73	9.94	11.34
7	12.42	8.70	10.56
8	9.63	9.01	9.32
9	7.14	9.01	8.07
รวม	41.93	36.65	39.29

สรุปผลการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ที่มีต่อดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ จากการเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง โดยใช้มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3.9) และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.11) จากการศึกษาทั้ง 2 รูปแบบ มีความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์จากการวิเคราะห์การกระจายความถี่เฉลี่ยของข้อมูล (รูปที่ 4.19 และรูปที่ 4.20) ผล

การศึกษาพบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนามีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์เพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนา โดยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร มีค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์เท่ากับร้อยละ 39.29 และเมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการพัฒนามีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์เพิ่มขึ้นเท่ากับ 3.9037 และ 10.63 หรือเท่ากับร้อยละ 69.68 และ 37.09 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.20 ซึ่งหลังจากการทดสอบเปรียบเทียบกันชุดใบสะพานหลังการพัฒนาสามารถช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ และความแม่นยำในการลำเลียงที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากช่วยลดปัญหาการอัดตัวของท่อนพันธุ์และการเกิดโพรงขณะลำเลียงท่อนพันธุ์ภายในถังได้

รูปที่ 4.19 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา และหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ตามลำดับ

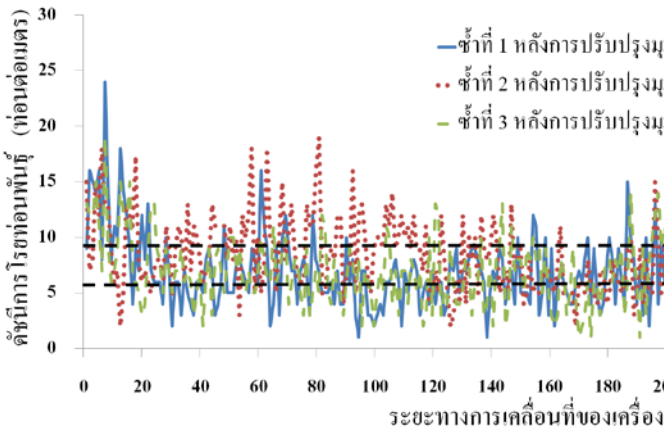


รูปที่ 4.20 กราฟการกระจายความถี่เฉลี่ยของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา และหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

ตารางที่ 4.20 สรุปผลการวิเคราะห์ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา และหลังการพัฒนา ถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการ ปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

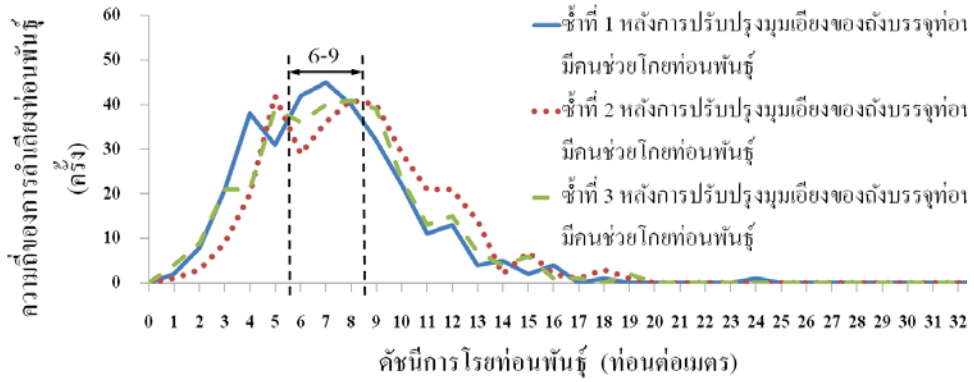
รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียง	ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)		ค่าเฉลี่ยดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์)
	ค่าเฉลี่ย	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าเฉลี่ย
ก่อนการพัฒนา	5.6025	0.2098	28.66
หลังการพัฒนา แบบที่ 2	9.5062	0.2489	39.29
ผลต่างหลังการพัฒนาแบบที่ 2 เปรียบเทียบก่อนการพัฒนา	3.9037	0.0391	10.63

เมื่อลองพิจารณาทดสอบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ผลการศึกษาพบว่า การใช้คนช่วยโกยหรือปัดท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุสามารถช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ และดัชนีความแม่นยำได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 กราฟดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง (มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ)

เมื่อวิเคราะห์ความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง โดยการนำดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ตลอดการทดสอบมาวิเคราะห์การกระจายความถี่ของข้อมูลจากกราฟ ผลจากการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับกราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ พบว่า ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ลักษณะกราฟจะค่อนข้างมีความสม่ำเสมอคล้ายกับไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ เนื่องจากเมื่อใช้คนช่วยแล้วไม่ค่อยเกิดการอัดตัวของท่อนพันธุ์บริเวณหน้าสายพาน ทำให้สายพานลำเลียงท่อนพันธุ์ได้สะดวก และการลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง ดังนั้น มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 0 เมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.22 แต่อย่างไรก็ตามการมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุนั้นอาจส่งผลอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ และยังเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายในส่วนนี้อีกด้วย เมื่อเทียบกับหลังการพัฒนารูปแบบชุดใบสะพาน แบบที่ 2 พบว่า ไม่ต้องใช้คนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีความสม่ำเสมอในการโรยท่อนพันธุ์ และความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ใกล้เคียงกันและยังไม่ต้องก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานและลดค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงานเพิ่มเติมได้อีกด้วย



รูปที่ 4.22 กราฟการกระจายความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลัง การปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง (มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ)

การวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีการโรยท่อนด้วยสถิติพรรณนาโดยการแจกแจงความถี่และการจัดการกระจายของข้อมูล ผลการศึกษาจากตารางที่ 4.21 พบว่า ค่าเฉลี่ยดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานก่อนการพัฒนาทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.625 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.193 ค่าพิสัยเท่ากับ 20 ค่าความเบ้เท่ากับ 0.704 ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้เท่ากับ 0. 139 แสดงให้เห็นว่า ค่าความเบ้มีค่าเกิน

สองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้ ค่าความโด่งเท่ากับ 1.068 ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่งเท่ากับ 0.270 แสดงให้เห็นว่า ค่าความโด่งเกินสองเท่าของค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง ดังนั้น ลักษณะกราฟโค้งมากมีลักษณะเป็นบวก ซึ่งมีความสัมพันธ์กับค่าความเบ้

ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ผลการศึกษาพบว่า มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุมีความเบ้และความโด่งจากลักษณะกราฟที่น้อยกว่า และมีความใกล้เคียงโค้งปกติ และเมื่อพิจารณารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 2 พบว่า ค่าความเบ้และความโด่งมีค่าน้อยกว่ารูปแบบก่อนการปรับปรุง แต่พบว่าลักษณะโค้งมีความใกล้เคียงเป็นโค้งปกติ ดังแสดงในรูปที่ 4.18 ผลจากการศึกษาสามารถพิจารณาได้ว่าข้อมูลยังมีการกระจายมาก หากต้องการให้ข้อมูลมีการกระจายในช่วงที่ศึกษา ควรมีการพัฒนาชุดเฟืองเพลาขับลูกกลิ้งสายพานให้มีอัตราการทดความเร็วรอบการลำเลียงที่เหมาะสมกับการเคลื่อนที่ตามระยะทางของเครื่องปลูกอ้อยภายในแปลง และพัฒนาชุดกันท่อนพันธุ์อ้อยล้น ก็สามารถช่วยให้กราฟมีการเคลื่อนเข้ามาใกล้ช่วงที่กำหนดเพิ่มมากขึ้น

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์การกระจาย ความโด่ง ความเบ้ ความถี่ จำนวนกลุ่มตัวอย่างของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง มีคนช่วยโกย ท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ

รายละเอียด	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
จำนวน	322	322	322	322
ค่าพิสัย	23	18	18	20
ค่าต่ำสุด	1	1	1	1
ค่าสูงสุด	24	19	19	21
ผลรวม	2318	2648	2400	2455
ค่าเฉลี่ย	7.1988	8.2236	7.4534	7.6253
ค่าความคลาดเคลื่อนค่าเฉลี่ย	0.1765	0.1785	0.1789	0.1780
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	3.1678	3.2024	3.2101	3.1934
ค่าความแปรปรวน	10.0351	10.2551	10.3047	10.1983
ค่าความเบ้	0.9828	0.5575	0.5728	0.7044
ค่าความคลาดเคลื่อนความเบ้	0.1359	0.1359	0.1359	0.1359
ค่าความโด่ง	2.3601	0.2871	0.5589	1.0687
ค่าความคลาดเคลื่อนความโด่ง	0.2709	0.2709	0.2709	0.2709

การกำหนดดัชนีการโรยท่อนที่พึงประสงค์ จากการผลการศึกษา Thienyaem et al. (2014) ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4.3 กล่าวว่า เกษตรกรมีความต้องการโรยท่อนพันธุ์อ้อยกับระยะทางการเคลื่อนที่ในการปลูกอยู่ในช่วง 6 ท่อนต่อเมตร ซึ่งมีระยะเกยท่อนพันธุ์ที่ใช้

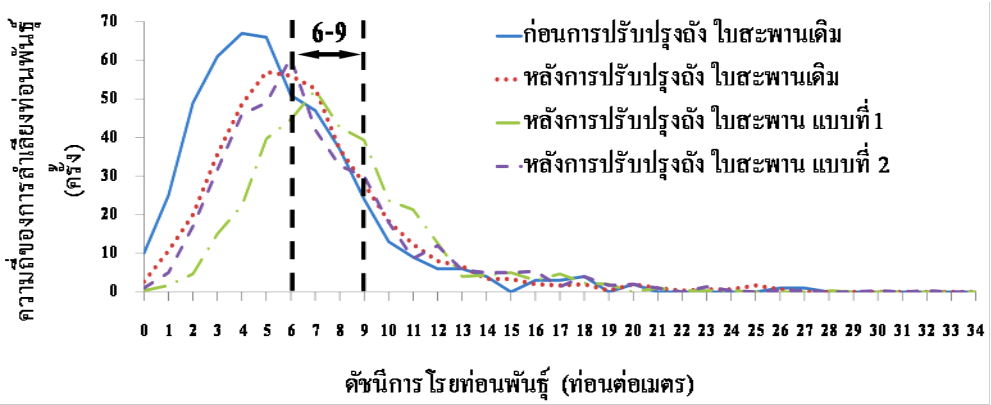
ในการปลูกอยู่ในช่วง 15 เซนติเมตร ดังนั้น สำหรับในการทดสอบจึงกำหนดท่อนพันธุ์อ้อยในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ซึ่งเป็นเกณฑ์พิจารณาที่เกษตรกรยอมรับ จากผลการศึกษาพบว่า รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ในช่วงดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร จากการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับร้อยละ 49.38 การทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับร้อยละ 45.34 และการทดสอบครั้งที่ 3 เท่ากับร้อยละ 48.45 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับร้อยละ 47.72 ดังแสดงในตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 ผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการ ปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริงมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถัง บรรจุ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์) รูปแบบหลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์เดิม ทดสอบแบบภาคสนาม			
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ค่าเฉลี่ย
6	13.04	9.01	11.18	11.08
7	13.98	11.18	12.42	12.53
8	12.42	12.73	12.73	12.63
9	9.94	12.42	12.11	11.49
รวม	49.38	45.34	48.45	47.72

สรุปผลการศึกษาดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ ในช่วงดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ที่พึงประสงค์ 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ (รูปที่ 3.7) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา (รูปที่ 3.9) มีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์เฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 32.52 หลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ (รูปที่ 3.8) รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา พบว่า มีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์เฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 42.01 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 (รูปที่ 3.10) มีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์เฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 51.33 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 (รูปที่ 3.11) มีค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์เฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 42.51 ซึ่งจากข้อมูลดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ พบว่า รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง โดยใช้ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ในช่วง 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร ดีที่สุด เนื่องจากหลักการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์และพัฒนารูปแบบชุดใบสะพานท่อนพันธุ์ โดยทดสอบแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ พบว่าการลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยออกจากถังบรรจุมีความสม่ำเสมอและแม่นยำมากขึ้น โดยไม่เกิดการ

อัดตัวของท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุและการขัดตัวของท่อนอ้อยได้ลดลงโดยมีการลำเลียงท่อนพันธุ์ที่ขึ้นมาในรูปแบบแนวนอนและแนวตั้งได้มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.23 และตารางที่ 4.23



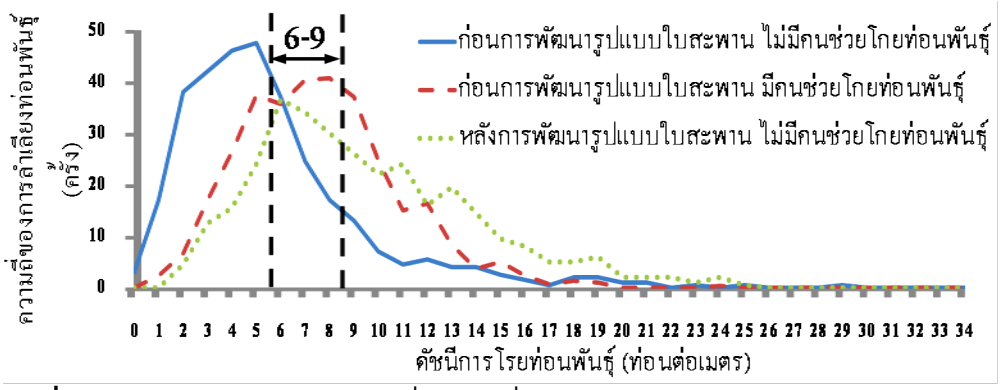
รูปที่ 4.23 กราฟการกระจายค่าเฉลี่ยความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ตารางที่ 4.23 สรุปค่าเฉลี่ยผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์)			
	ก่อนการปรับปรุงถัง ใบสะพานเดิม	หลังการปรับปรุงถัง ใบสะพานเดิม	หลังการปรับปรุงถัง ใบสะพานแบบที่ 1	หลังการปรับปรุงถัง ใบสะพานแบบที่ 2
6	10.43	13.52	12.76	15.57
7	9.61	12.76	14.98	10.67
8	7.57	8.92	12.27	8.48
9	4.91	6.80	11.32	7.80
รวม	32.52	42.01	51.33	42.51

สรุปผลการศึกษาดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ในช่วงดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ที่พึงประสงค์ 6 ถึง 9 ท่อนต่อเมตร จากการศึกษาเปรียบเทียบดัชนีการโรยท่อนพันธุ์และดัชนีความแม่นยำของการโรยท่อนพันธุ์ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนาและรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 โดยไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ พบว่า รูปแบบใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาดังกล่าว มีดัชนีความแม่ยำเท่ากับ 39.29 เพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนารูปแบบชุดใบสะพานเดิมร้อยละ 10.63 จากผลการศึกษา

ดังกล่าวสรุปได้ว่าหลังการพัฒนาชุดใบสะพานค่าดัชนีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น ลดการอัดตัวของท่อนพันธุ์อ้อยภายในถัง ช่วยลดอันตรายจากผู้ปฏิบัติงานได้ และลดค่าจ้างแรงงานในการช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังได้ ดังแสดงในรูปที่ 4.24 และตารางที่ 4.24



รูปที่ 4.24 กราฟการกระจายค่าเฉลี่ยความถี่ของดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

ตารางที่ 4.24 สรุปค่าเฉลี่ยผลของดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการ พัฒนา ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

ค่าดัชนีการโรยท่อนพันธุ์ (ท่อนต่อเมตร)	ค่าดัชนีความแม่นยำ (เปอร์เซ็นต์)		
	หลังการปรับปรุงถังใบสะพานเดิม ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถัง	หลังการปรับปรุงถังใบสะพานเดิม มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถัง	หลังการปรับปรุงถัง ใบสะพาน แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถัง
6	11.50	11.08	11.34
7	7.70	12.53	10.56
8	5.36	12.63	9.32
9	4.10	11.49	8.07
รวม	28.66	47.72	39.29

ข้อเสนอแนะ ในการเพิ่มความสม่ำเสมอต้องลดช่วงที่มีการโรยท่อนพันธุ์มากเกินไปจากการลำเลียงของชุดสายพานลำเลียงในการลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยออกจากถังบรรจุท่อนพันธุ์ โดยเฉพาะในช่วงที่มีท่อนพันธุ์อ้อยเต็มถังต้องใช้แรงงานช่วยปัดท่อนพันธุ์ หรือพัฒนาชุดอุปกรณ์สำหรับปัดท่อนพันธุ์และกันท่อนพันธุ์ที่ถูกลำเลียงออกมามากเกินไป

4.4 ผลการศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

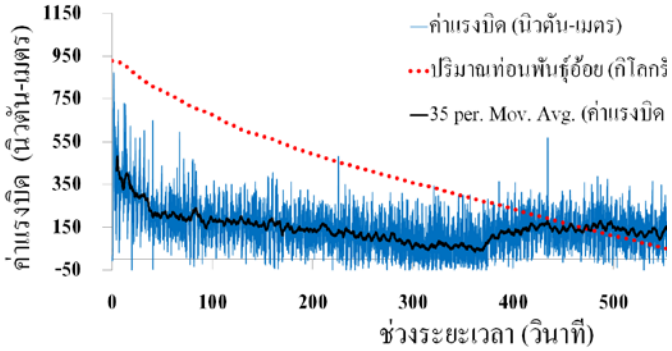
ผลการศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 หมวด คือ 1) ศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และกำลังที่ใช้ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ 2) ศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง โดยแบ่งผลการศึกษาดังต่อไปนี้

4.4.1 ผลการศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และกำลังที่ใช้ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ภายในห้องปฏิบัติการ

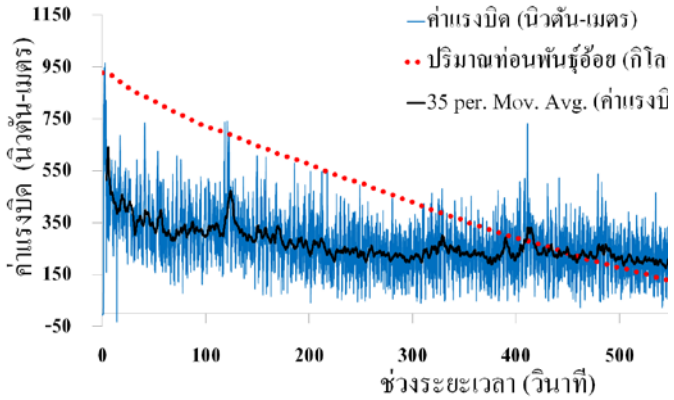
ผลการศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และกำลังที่ใช้ของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ โดยมีรูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง โดยใช้รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่1 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) ผลการศึกษาความสัมพันธ์พฤติกรรมแรงบิดกับปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ 2) ผลการศึกษาแรงบิด และกำลังจากการทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ มีรายละเอียดผลการศึกษาดังนี้

1) ผลการศึกษาความสัมพันธ์พฤติกรรมแรงบิดกับปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ ประกอบด้วย รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.25 รูปที่ 4.26 และรูปที่ 4.27 รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.28 รูปที่ 4.29 และรูปที่ 4.30 จากผลการศึกษาความสัมพันธ์พฤติกรรมของแรงบิดและปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุท่อนพันธุ์ ด้วยรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง ผลจากการศึกษาพบว่า เกิดแรงบิดสูงในช่วงเริ่มต้นที่ชุดสายพานลำเลียงเริ่มเคลื่อนที่ลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยจากถังบรรจุท่อนพันธุ์และแรงบิดเริ่มลดลงเมื่อปริมาณท่อนพันธุ์อ้อยที่อยู่ภายในถังบรรจุมีปริมาณลดลง แต่ยังพบว่า แรงบิดที่เกิดขึ้นสูงเป็นบางช่วงในการลำเลียงท่อนพันธุ์ เกิดจากขณะลำเลียงท่อนพันธุ์เมื่อปริมาณท่อนพันธุ์ภายในถังลดลงชุดสายพานลำเลียงจึงมีการเกี่ยวกระตุกท่อนพันธุ์เป็นบางช่วงที่ท่อนพันธุ์ไม่ถูกพังลงมาหรือถูกอัดแน่นจนไม่สามารถพังได้ เมื่อเทียบความสัมพันธ์ลักษณะกราฟพฤติกรรมแรงบิดกับรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 จากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะพฤติกรรมของแรงบิดเกิดขึ้นคล้ายกับรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 แต่ผลการศึกษามีช่วงที่เกิดแรงบิดสูงเกิดขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ชัดในการทดสอบครั้งที่ 1 ในช่วงระยะเวลา 100 วินาที และการทดสอบครั้งที่ 2 ในช่วงระยะเวลา 750 วินาที เนื่องมาจากเกิดแรงที่กระตุกชุดโซ่เพลาขับลูกกลิ้งสายพาน และท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ

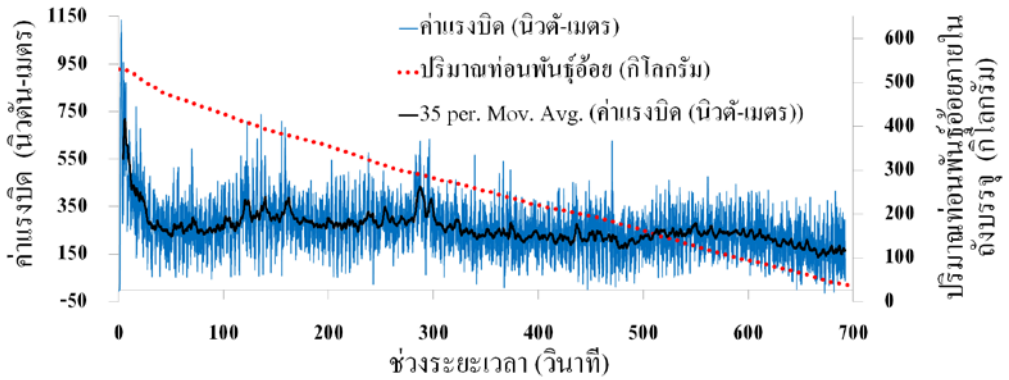
1.1) กราฟแสดงพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ หลังการปรับมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1



รูปที่ 4.25 กราฟพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 1

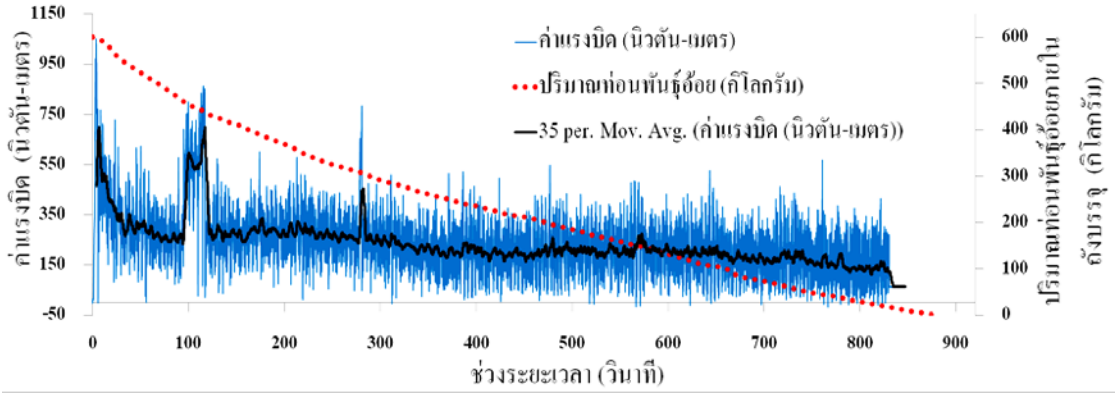


รูปที่ 4.26 กราฟพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 2

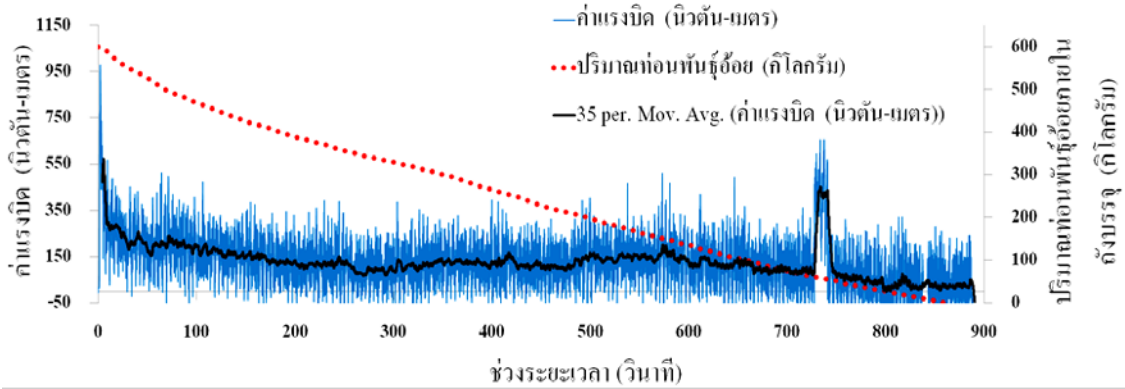


รูปที่ 4.27 กราฟพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 ทดสอบครั้งที่ 3

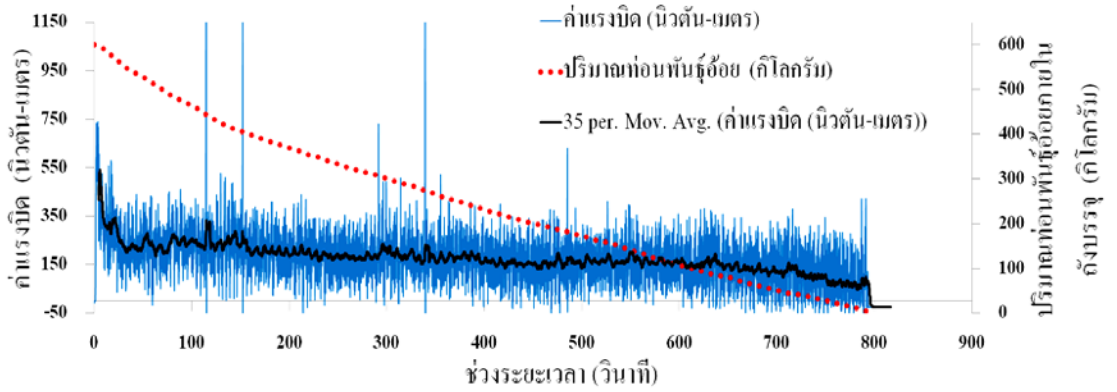
1.2) กราฟแสดงพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ หลังการปรับมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2



รูปที่ 4.28 กราฟพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 1



รูปที่ 4.29 กราฟพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 2



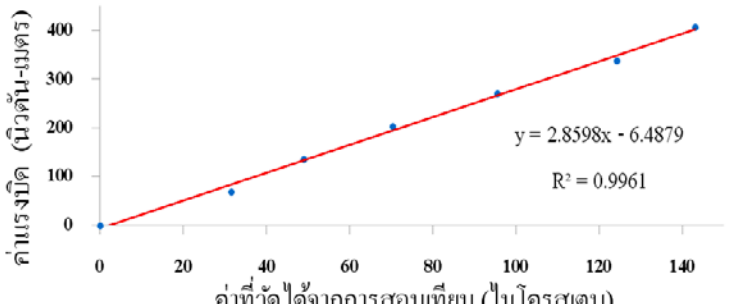
รูปที่ 4.30 กราฟพฤติกรรมแรงบิด จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ทดสอบครั้งที่ 3

2) ผลการศึกษาแรงบิด และกำลังที่ใช้ในการลำเลียงจากการทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการศึกษาพฤติกรรมแรงบิด ในการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ หลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 2 ผลจากการศึกษา โดยการสร้างสมการสอบเทียบเครื่องมือวัด ดังแสดงในรูปที่ 4.31ตารางที่ 4.25 ได้สมการ คือ $Y = 2.8598 (X) – 6.4879$ จากนั้นนำสมการที่ได้จากการสอบเทียบไปแทนค่าที่วัดได้จากการทดสอบ จึงได้ค่าแรงบิด และกำลังจากการทดสอบรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าเฉลี่ยแรงบิดการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับ 136.4654 นิวตัน กำลังที่ใช้ในการลำเลียง เท่ากับ 0.2491 แรงม้า ค่าเฉลี่ยแรงบิดทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 248.0424 นิวตัน กำลังที่ใช้ในการลำเลียง เท่ากับ 0.4528 แรงม้า ค่าเฉลี่ยแรงบิดทดสอบครั้งที่ 3 เท่ากับ 258.0384 นิวตัน กำลังที่ใช้ในการลำเลียง เท่ากับ 0.4711 แรงม้า เมื่อเปรียบเทียบกับรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยแรงบิดการทดสอบครั้งที่ 1 เท่ากับ 232.9375 นิวตัน กำลังที่ใช้ในการลำเลียง เท่ากับ 0.4253 แรงม้า ค่าเฉลี่ยแรงบิดทดสอบครั้งที่ 2 เท่ากับ 122.9431 นิวตัน กำลังที่ใช้ในการลำเลียง เท่ากับ 0.2244 แรงม้า ค่าเฉลี่ยแรงบิดทดสอบครั้งที่ 3 เท่ากับ 171.4257 นิวตัน กำลังที่ใช้ในการลำเลียง เท่ากับ 0.3130 แรงม้า พบว่า ค่าเฉลี่ยแรงบิดของรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ลดลงเมื่อเทียบกับ แบบที่ 1 เท่ากับ 38.4133 นิวตัน เมื่อเทียบกับกำลังที่ใช้ในการขับเพลาขับชุดลูกกลิ้งสายพาน พบว่า มีกำลังที่ใช้ในการลำเลียงลดลง เท่ากับ 0.0701 แรงม้า รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.26 ตารางที่ 4.27 ตารางที่ 4.28 และตารางที่ 4.29

ดังนั้น ผลจากการศึกษาสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาออกแบบชุดเพลาล้อขับ ชุดโซ่ และชุดเพลาขับลูกกลิ้งสายพานให้มีความสามารถในการรับแรงบิดที่เกิดจากการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยที่จะออกแบบพัฒนาให้มีความแข็งแรงเพิ่มมากขึ้นต่อไป

ตารางที่ 4.25 ค่าแรงบิดจากการสอบเทียบเครื่องมือวัด

ลำดับที่	ค่าแรงบิดการสอบเทียบเครื่องมือวัด (ฟุต-ปอนด์)	(นิวตัน-เมตร)	ค่าที่วัดได้จากการสอบเทียบ (ไมโครสเตรน)
1	0	0.0	0
2	50	67.8	31.50
3	100	135.6	49.01
4	150	203.4	70.38
5	200	271.2	95.54
6	250	339.0	124.26
7	300	406.8	143.06



รูปที่ 4.31 กราฟแสดงสมการการสอบเทียบเครื่องมือวัดแรงบิด

ตารางที่ 4.26 ค่าแรงบิด จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการ พัฒนา แบบที่ 1

รายละเอียด	ทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ แบบที่ 1							
	ค่าที่วัดได้จากการทดสอบ (ไมโครสเตรน)			ค่าเฉลี่ย	ค่าแรงบิดจากการทดสอบ (นิวตัน-เมตร)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ค่าเฉลี่ย	49.99	89.00	92.50	77.16	136.47	248.04	258.04	214.18
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	37.99	40.81	38.83	39.21	108.65	116.71	111.05	112.14
ค่าสูงสุด	307.42	339.59	398.01	348.34	872.66	964.68	1131.73	989.69
ค่าต่ำสุด	-31.68	-3.93	-1.49	-12.37	-97.10	-17.74	-10.74	-41.86

ตารางที่ 4.27 ค่าแรงบิด จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการ พัฒนา แบบที่ 2

รายละเอียด	ทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ แบบที่ 2							
	ค่าที่วัดได้จากการทดสอบ (ไมโครสเตรน)			ค่าเฉลี่ย	ค่าแรงบิดจากการทดสอบ (นิวตัน-เมตร)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ค่าเฉลี่ย	83.72	45.26	62.21	63.73	232.94	122.94	171.43	175.77
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	45.41	40.23	39.05	41.56	129.86	115.04	111.67	118.86
ค่าสูงสุด	369.79	344.55	606.92	440.42	1051.04	978.84	1729.18	1253.02
ค่าต่ำสุด	-4.95	-37.62	-74.25	-38.94	-20.65	-114.08	-218.83	-117.85

ตารางที่ 4.28 ค่ากำลังที่ใช้ในการลำเลียง จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ ในห้องปฏิบัติการ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงรูปแบบชุดใบสะพาน ลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1

รายละเอียด	ทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1							
	กำลังที่ใช้ในการลำเลียง (วัตต์)			ค่าเฉลี่ย	กำลังที่ใช้ในการลำเลียง (แรงม้า)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ค่าเฉลี่ย	185.78	337.67	351.28	291.58	0.25	0.45	0.47	0.39
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	147.91	158.88	151.18	152.66	0.20	0.21	0.20	0.20
ค่าสูงสุด	1188.00	1313.27	1540.69	1347.32	1.59	1.76	2.07	1.81
ค่าต่ำสุด	-132.18	-24.15	-14.62	-56.98	-0.18	-0.03	-0.02	-0.08

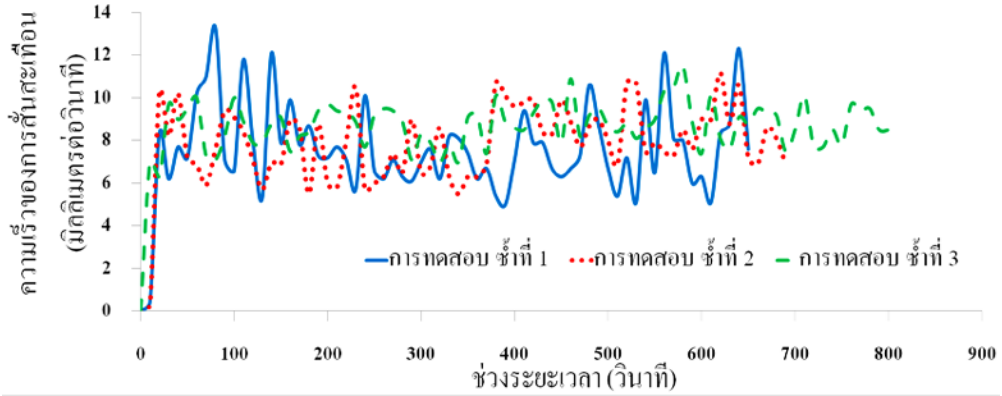
ตารางที่ 4.29 ค่ากำลังที่ใช้ในการลำเลียง จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ ในห้องปฏิบัติการ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2

รายละเอียด	ทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2							
	กำลังที่ใช้ในการลำเลียง (วัตต์)			ค่าเฉลี่ย	กำลังที่ใช้ในการลำเลียง (แรงม้า)			ค่าเฉลี่ย
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
ค่าเฉลี่ย	317.11	167.37	233.37	239.28	0.43	0.22	0.31	0.32
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	176.78	156.62	152.02	161.81	0.24	0.21	0.20	0.22
ค่าสูงสุด	1430.84	1332.56	2354.03	1705.81	1.92	1.79	3.16	2.29
ค่าต่ำสุด	-28.11	-155.30	-297.91	-160.44	-0.04	-0.21	-0.40	-0.22

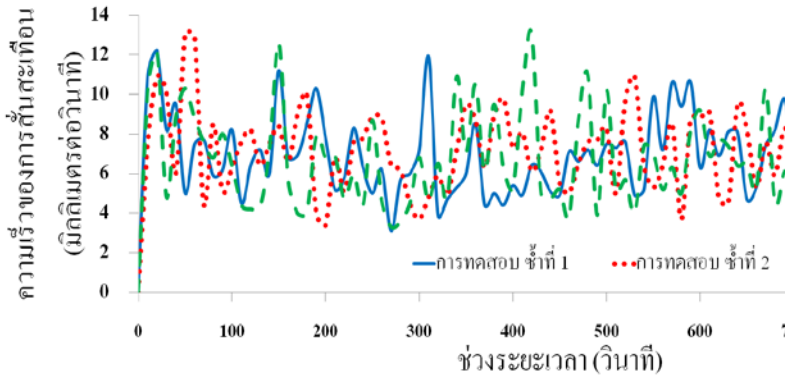
4.4.2 ผลการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการ ทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของ เครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง

จากผลการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง มีรายละเอียดผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1) ผลการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ หลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 ดังแสดงในรูปที่ 4.32 ตารางที่ 4.30 และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 4.33 ตารางที่ 4.31 จากผลการศึกษาลักษณะกราฟความสั่นสะเทือนจากการทดสอบทั้ง 2 แบบ พบว่า ลักษณะความสั่นสะเทือนของกราฟจากการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการมีความสั่นสะเทือนสม่ำเสมอ โดยค่าความสั่นสะเทือนจะอยู่ในช่วง 6 ถึง 10 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งผลจากการสั่นสะเทือนจากการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการอาจยังไม่สามารถเป็นข้อมูลตัวแทนที่เกิดจากการทดสอบแบบภาคสนามได้จึงต้องมีการทดสอบแบบภาคสนามเพื่อเปรียบเทียบ โดยผลการศึกษาทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 8.10 มิลลิเมตรต่อวินาที และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.05 มิลลิเมตรต่อวินาที



รูปที่ 4.32 กราฟความสั่นสะเทือน จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลัง การปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1



รูปที่ 4.33 กราฟความสั่นสะเทือน จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลัง การปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2

ตารางที่ 4.30 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทด สอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 1

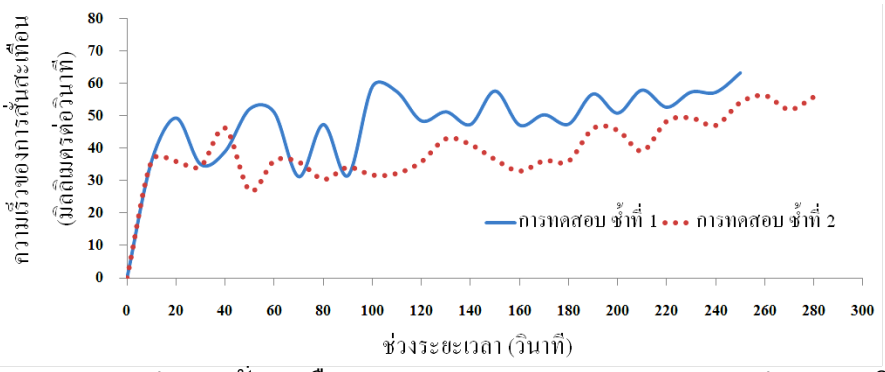
รายละเอียด	ค่าความสั่นสะเทือน (มิลลิเมตรต่อวินาที) ทดสอบแบบอยู่กับที่ ชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1			
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ค่าเฉลี่ย	7.64	7.92	8.74	8.10
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	2.08	1.76	1.00	1.61
ค่าสูงสุด	13.30	11.20	11.50	12.00
ค่าต่ำสุด	0.46	0.32	6.3	2.36

ตารางที่ 4.31 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทด สอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุงรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 2

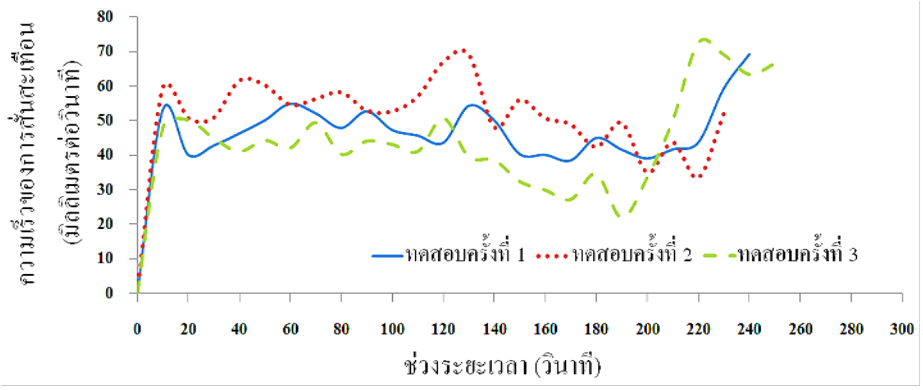
รายละเอียด	ค่าความสั่นสะเทือน (มิลลิเมตรต่อวินาที) ทดสอบแบบอยู่กับที่ ชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2			
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ค่าเฉลี่ย	6.91	7.25	6.99	7.05
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	1.99	2.02	2.46	2.16
ค่าสูงสุด	12.20	13.10	13.10	12.80
ค่าต่ำสุด	3.10	3.40	3.30	3.27

2) ผลการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง หลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุและมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ จากการศึกษาพบว่า ลักษณะกราฟจะค่อนข้างมีความสั่นสะเทือนสม่ำเสมอ ซึ่งรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุและมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุมีค่าความสั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 30 ถึง 50 มิลลิเมตรต่อวินาที (รูปที่ 4.34 และรูปที่ 4.35) แต่พบว่ารูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุมีค่าความ

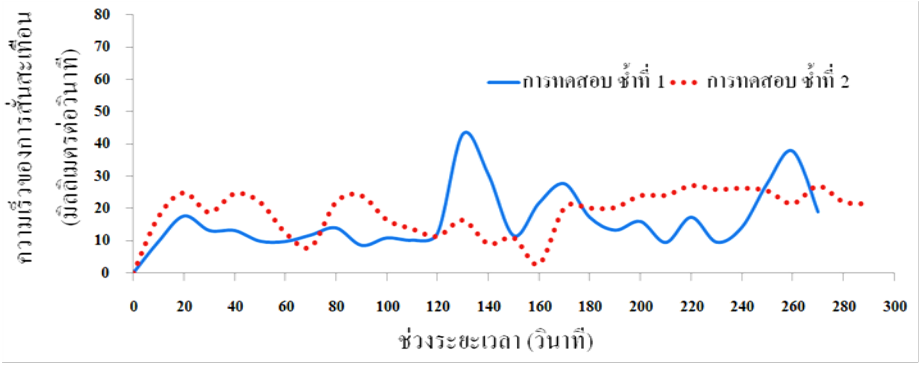
สั่นสะเทือนอยู่ในช่วง 10 ถึง 30 มิลลิเมตรต่อวินาที (รูปที่ 4.36) เนื่องมาจากสภาพการเตรียมดินภายในแปลงช่วยลดการเกิดความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกขณะทำงานได้



รูปที่ 4.34 กราฟความสั่นสะเทือน จากการทดสอบแบบภาคสนาม รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ



รูปที่ 4.35 กราฟความสั่นสะเทือน จากการทดสอบแบบภาคสนาม รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ



รูปที่ 4.36 กราฟความสั่นสะเทือน จากการทดสอบแบบภาคสนาม รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ

ผลการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากตารางที่ 4.32 ตารางที่ 4.33 และตารางที่ 4.34 จากการทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุและมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ และชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยหลังการพัฒนา แบบที่ 2 จากการศึกษาพบว่าความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุมีค่าเท่ากับ 44.93 มิลลิเมตรต่อวินาที ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังมีค่าเท่ากับ 48.28 มิลลิเมตรต่อวินาที และชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.15 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งมีค่าความสั่นสะเทือนลดลงจากทั้ง 2 รูปแบบ ประมาณ 28.45 มิลลิเมตรต่อวินาที อาจเกิดจากสภาพพื้นที่แปลงที่มีการเตรียมดินเพื่อปลูกอ้อยในสภาพที่แตกต่างกัน จึงทำให้ความสั่นสะเทือนภายในแปลงลดลงหรือเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.32 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ

รายละเอียด	ค่าความสั่นสะเทือน (มิลลิเมตรต่อวินาที) ทดสอบแบบภาคสนาม ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ค่าเฉลี่ย	49.35	40.51	44.93
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.61	8.03	8.32
ค่าสูงสุด	63.20	56.20	59.70
ค่าต่ำสุด	31.20	26.90	29.05

ตารางที่ 4.33 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ

รายละเอียด	ค่าความสั่นสะเทือน (มิลลิเมตรต่อวินาที) ทดสอบแบบภาคสนาม ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ			
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ค่าเฉลี่ย	47.48	52.63	44.74	48.28
ค่าความเบี่ยงเบน	7.21	8.50	12.43	9.38

มาตรฐาน

ตารางที่ 4.33 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ (ต่อ)

รายละเอียด	ค่าความสั่นสะเทือน (มิลลิเมตรต่อวินาที) ทดสอบแบบภาคสนาม ชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ			
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ทดสอบครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ค่าสูงสุด	69.20	69.10	72.50	70.27
ค่าต่ำสุด	38.50	33.50	21.90	31.30

ตารางที่ 4.34 ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนาแบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ

รายละเอียด	ค่าความสั่นสะเทือน (มิลลิเมตรต่อวินาที) ทดสอบแบบภาคสนาม ชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์อ้อยภายในถังบรรจุ		
	ทดสอบครั้งที่ 1	ทดสอบครั้งที่ 2	ค่าเฉลี่ย
ค่าเฉลี่ย	16.96	19.33	18.15
ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.85	6.28	7.56
ค่าสูงสุด	43.10	27.10	35.10
ค่าต่ำสุด	8.60	2.80	5.70

4.5 ผลการศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

ผลการศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง จากการเก็บข้อมูลอัตราการงอก พื้นที่แปลงตำบลหนองบัว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา จากตารางที่ 4.35 พบว่า ค่าเฉลี่ยท่อนพันธุ์อายุได้ 30 วันหลังการปลูก มีเปอร์เซ็นต์การงอกร้อยละ 65.97 มีจำนวนต้นอ้อยต่อเมตรเท่ากับ 3.83 ต้น จำนวนลำต่อไร่จากการประมาณเฉลี่ย 9,764.09 ลำ คิดเป็นผลผลิตจากการประมาณที่ได้เฉลี่ย 15.62 ตันต่อไร่ และจากการเก็บข้อมูลพื้นที่แปลงตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 จากตารางที่ 4.36พบว่า ค่าเฉลี่ยเมื่อท่อนพันธุ์อายุได้ 30 วันหลังการปลูก

มีเปอร์เซ็นต์การงอกร้อยละ 69.71 มีจำนวนต้นอ้อยต่อเมตรเท่ากับ 4.03 ต้น จำนวนลำต่อไร่จากการประมาณเฉลี่ย 9,492.29 ลำ คิดเป็นผลผลิตจากการประมาณที่ได้เฉลี่ย 15.19 ตันต่อไร่

ตารางที่ 4.35 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก จากการสุ่มวัดข้อมูล บริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง พื้นที่แปลงตำบลหนองบัว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น

บริเวณที่เก็บข้อมูล	จำนวนท่อนพันธุ์ต่อเมตร (ท่อน)	จำนวนต้นอ้อยที่งอก 30 วันหลังการปลูก (ต้นต่อเมตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก อายุ 30 วันหลังปลูก (%)	จำนวนลำต่อไร่ (ลำ)$_{1*}$	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน) $_{2*}$
หัวแปลง	7.38	4.13	55.93	10507.00	16.81
กลางแปลง	5.00	3.94	78.75	10029.45	16.05
ท้ายแปลง	5.44	3.44	63.22	8755.83	14.01
ค่าเฉลี่ย	5.94	3.83	65.97	9764.09	15.62

หมายเหตุ: 1* หมายถึง จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 10,507 ลำต่อไร่ อ้างอิงจาก พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2552), พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2555)

2* หมายถึง น้ำหนักต่อลำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 1.60 กิโลกรัม อ้างอิงจาก พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2552), พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2555)

ตารางที่ 4.36 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การงอก จากการสุ่มวัดข้อมูล บริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง พื้นที่แปลงตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น

บริเวณที่เก็บข้อมูล	จำนวนท่อนพันธุ์ต่อเมตร (ท่อน)	จำนวนต้นอ้อยที่งอก 30 วันหลังการปลูก (ต้นต่อเมตร)	เปอร์เซ็นต์การงอก อายุ 30 วันหลังปลูก (%)	จำนวนลำต่อไร่ (ลำ)$_{1*}$	ผลผลิตต่อไร่ (ตัน)$_{2*}$
หัวแปลง	5.92	3.67	61.97	8641.18	13.83
กลางแปลง	5.54	4.46	80.45	10507.00	16.81
ท้ายแปลง	5.88	3.96	67.38	9328.68	14.93
ค่าเฉลี่ย	5.78	4.03	69.71	9492.29	15.19

หมายเหตุ: 1* หมายถึง จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 10,507 ลำต่อไร่ อ้างอิงจาก พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2552), พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2555)

2* หมายถึง น้ำหนักต่อลำของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เฉลี่ย 1.60 กิโลกรัม อ้างอิงจาก พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2552), พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ (2555)

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน จากการเก็บข้อมูลอัตราการงอกของท่อนพันธุ์โดยการปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ที่มีการทำงานในพื้นที่จริง พบว่า 1) คุณสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่แปลงตำบลหนองบัว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น มีลักษณะเป็นดินทราย มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินเท่ากับ 6.49 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่นของดินเท่ากับ 1.45 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความถ่วงจำเพาะของดินเท่ากับ 7.77 และมีค่า

ความพรุนของดินเท่ากับ 81.04 ดังแสดงในตารางที่ 4.37 2) คุณสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่แปลงตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น มีลักษณะเป็นดินทราย มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินเท่ากับ 9.87 เปอร์เซ็นต์ ค่าความหนาแน่นของดินเท่ากับ 1.61 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความถ่วงจำเพาะของดินเท่ากับ 7.66 และมีค่าความพรุนของดินเท่ากับ 78.88 ดังแสดงในตารางที่ 4.38 ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่า ลักษณะดินทั่วไปในพื้นที่แปลงปลูกทั้ง 2 แปลงมีลักษณะเป็นดินทราย และมีความชื้นในดินที่ต่างกัน พื้นที่แปลงปลูกแปลงตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น มีเปอร์เซ็นต์ความชื้นของดินมากกว่าแปลงปลูกที่ตำบลหนองบัว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น เท่ากับ 3.38 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.37 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ณ ตำแหน่งปลูก บริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้ายแปลง พื้นที่แปลงตำบลหนองบัว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น

บริเวณที่เก็บข้อมูล	น้ำหนักดินก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ (กรัม)	ค่าความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ซม.^{3})	ความถ่วงจำเพาะของดิน	ความพรุนของดิน
หัวแปลง	186.64	176.31	5.86	1.28	7.48	82.92
กลางแปลง	186.21	174.89	6.47	1.51	7.48	79.76
ท้ายแปลง	190.32	177.67	7.13	1.56	8.34	80.46
ค่าเฉลี่ย	187.72	176.29	6.49	1.45	7.77	81.04

ตารางที่ 4.38 ค่าเฉลี่ยคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ณ ตำแหน่งปลูก บริเวณหัวแปลง กลางแปลง และท้าย แปลง พื้นที่แปลงตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น

บริเวณที่เก็บข้อมูล	น้ำหนักดินก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักดินหลังอบ (กรัม)	ค่าความชื้นของดิน (เปอร์เซ็นต์)	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัม/ซม.^{3})	ความถ่วงจำเพาะของดิน	ความพรุนของดิน
หัวแปลง	159.83	144.82	9.05	1.62	7.45	78.12
กลางแปลง	161.58	142.84	11.47	1.60	7.86	79.50
ท้ายแปลง	158.15	143.24	9.09	1.60	7.68	79.02
ค่าเฉลี่ย	159.85	143.63	9.87	1.61	7.66	78.88

5. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและความทนทานของท่อนพันธุ์อ้อยที่ใช้ในการปลูก

ผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของท่อนพันธุ์อ้อย พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่เก็บเกี่ยวโดยใช้รถตัดอ้อย Austoft รุ่น 7000-2000 จากเกษตรกรชาวไร่อ้อยอำเภอบ้านไผ่ จังหวัดขอนแก่น ของคุณกิตติพิชญ์ อึงสถิตถาวร ผลจากการศึกษาพบว่า ขนาดมิติของท่อนพันธุ์อ้อยที่ได้จากรถตัดมีเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อนพันธุ์อ้อยเฉลี่ย 28.33 มิลลิเมตร ความยาวท่อนพันธุ์อ้อยเฉลี่ย 28.08 เซนติเมตร น้ำหนักเฉลี่ยต่อท่อน 195.84 กรัม มีจำนวนตาอ้อยดีเฉลี่ย 2.23 ตาต่อท่อน โดยมีความหนาแน่นรวมของท่อนพันธุ์เฉลี่ย 334.43 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ดังนั้น ผลจากการศึกษาจึงนำมาใช้เป็นข้อมูลพิจารณาในการออกแบบลักษณะรูปแบบของถังบรรจุท่อนพันธุ์ และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ที่มีความเหมาะสม

5.2 การศึกษาผลของรูปแบบของชุดลำเลียงและรูปแบบมุมของผนังของถังบรรทุกท่อนพันธุ์ที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อน โดยการทดสอบแบบอยู่กับที่ใน

จากการศึกษารูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 0.216 เมตรต่อวินาที ปริมาณสิ่งเจือปนภายในอ้อยร้อยละ 0 ผลการศึกษาพบว่า ก่อนการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 32.52 เปอร์เซ็นต์ และหลังการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์ มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 42.01 เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 6.49 ดังนั้น หลังจากการปรับปรุงมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์สามารถช่วยเพิ่มความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ และช่วยลดการอัดตัวของท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุที่ทำให้เกิดโพรงจนไม่สามารถลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยขึ้นมาได้

จากการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ ความเร็วเชิงเส้นของสายพาน 0.216 เมตรต่อวินาที ปริมาณสิ่งเจือป นภายในอ้อยร้อยละ 0 ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 42.01 เปอร์เซ็นต์ ชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 51.33 เปอร์เซ็นต์ และชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 42.51 เปอร์เซ็นต์ สรุปได้ว่าหลังการพัฒนาชุดใบสะพานลำเลียง แบบที่ 1 มีค่าดัชนีความแม่นยำในการโรยท่อนพันธุ์ดีที่สุด และพบว่าภายหลังที่มีการพัฒนาชุดใบสะพานลำเลียงไม่เกิดการอัดตัวของท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ และยังพบว่าการลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง ดังนั้น มีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 0 เมตร ส่งผลให้ดัชนีการโรยท่อนพันธุ์มีความสม่ำเสมอและแม่นยำเพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนา

5.3 การศึกษาผลของรูปแบบชุดลำเลียงที่มีต่อความสม่ำเสมอในการโรยท่อนภายใต้การสั่นสะเทือนในการทดสอบในภาคสนาม

จากการศึกษารูปแบบชุดลำเลียงท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ปริมาณสิ่งเจือปนอ้อยภายในถังร้อยละ 6.2 ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 28.66 เปอร์เซ็นต์ และมีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 47.72 เปอร์เซ็นต์ และรูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุ มีค่าดัชนีความแม่นยำเท่ากับ 39.29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่ง เพิ่มขึ้นจากก่อนการพัฒนาร้อยละ 10.63 แสดงให้เห็นว่า เมื่อใช้ชุดใบสะพานหลังการพัฒนา มีความสม่ำเสมอแม่นยำจากเดิมในการลำเลียงท่อนพันธุ์อ้อยขึ้นจากถัง โดยการลำเลียงท่อนพันธุ์มีจำนวนครั้งที่ลำเลียงท่อนพันธุ์ไม่ได้เลย (discharge index = 0 billet per meter) เป็นจำนวน 0 ครั้ง หรือมีช่วงที่ไม่มีท่อนพันธุ์ลงปลูกเลยเป็นระยะทาง 0 เมตร เนื่องจากสามารถช่วยลดปัญหาการอัดตัวของท่อนพันธุ์ที่เกิดขึ้นภายในถังที่มีสาเหตุเกิดจากการสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกที่เกิดจากการปฏิบัติงานภายในแปลง รวมถึงประมาณสิ่งเจือปนภายในอ้อยที่เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ท่อนพันธุ์ภายในถังไม่พังทลายจนเกิดโพรง

5.4 การศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

จากการศึกษาพฤติกรรมแรงบิด และกำลังที่ใช้ในการลำเลียงของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ จากการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า ชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าเฉลี่ยแรงบิดจากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับ 214.18 นิวตัน-เมตร มีค่าแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 989.69 นิวตัน-เมตร ใช้กำลังในการขับเคลื่อนชุดลำเลียง เท่ากับ 0.39 แรงม้า และชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าเฉลี่ยแรงบิดจากการทดสอบจากการทดสอบทั้ง 3 ครั้ง เท่ากับ 175.77 นิวตัน-เมตร มีค่าแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 1253.02 ใช้กำลังในการขับเคลื่อนชุดลำเลียง เท่ากับ 0.32 แรงม้า ดังนั้น ผลจากการศึกษาค่าเฉลี่ยแรงบิดของชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 1 เท่ากับ 38.4133 นิวตัน และมีกำลังที่ใช้ในการขับเคลื่อนชุดลำเลียงลดลงเท่ากับ 0.0701 แรงม้า แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าแรงบิดสูงสุดพบว่ามีค่ามากกว่าเท่ากับ 263.33 นิวตัน-เมตร จากผลการศึก ษาดังกล่าวสามารถนำมาใช้พิจารณาในการออกแบบสร้างชุดเพลาล้อขับเคลื่อน ชุดเพลาขับลูกกลิ้งสายพานลำเลียง และขนาดชุดโซ่เฟืองขับ เพื่อให้มีความเหมาะสมในการสามารถรับแรงที่เกิดขึ้นได้

จากการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติการ และทดสอบเก็บข้อมูลการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง ผลจากการศึกษาพบว่า ความสั่นสะเทือนจากการทดสอบแบบอยู่กับที่ในห้องปฏิบัติ รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์

หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 1 มีค่าเท่ากับ 8.10 มิลลิเมตรต่อวินาที และชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2 มีค่าเท่ากับ 7.05 มิลลิเมตรต่อวินาที ผลจากการศึกษาความสั่นสะเทือนของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์จากการทดสอบแบบภาคสนาม รูปแบบมุมเอียงของถังบรรจุท่อนพันธุ์หลังการปรับปรุง ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังบรรจุมีค่าเท่ากับ 44.93 มิลลิเมตรต่อวินาที ชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์ก่อนการพัฒนา มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังมีค่าเท่ากับ 48.28 มิลลิเมตรต่อวินาที และชุดใบสะพานลำเลียงท่อนพันธุ์หลังการพัฒนา แบบที่ 2ไม่มีคนช่วยโกยท่อนพันธุ์ภายในถังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 18.15 มิลลิเมตรต่อวินาที ซึ่งมีค่าความสั่นสะเทือนลดลงจากทั้ง 2 รูปแบบ ประมาณ 28.45 มิลลิเมตรต่อวินาที อาจเกิดจากสภาพพื้นที่แปลงที่มีการเตรียมดินเพื่อปลูกอ้อยในสภาพที่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาดังกล่าวสามารถนำมาพิจารณาในการออกแบบชุดล้อขับเคลื่อนที่มีความเหมาะสมในการทำงานลดความสั่นสะเทือน หรือออกแบบชุดอุปกรณ์ที่จะเข้ามาช่วยลดความสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นได้

5.5 การศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์

ผลการศึกษาอัตราการงอกของท่อนพันธุ์อ้อยที่ปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ทดสอบแบบภาคสนามที่มีการทำงานในพื้นที่จริง จากการเก็บข้อมูลอัตราการงอก พื้นที่แปลงตำบลหนองบัว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงก่อนการพัฒนา ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยท่อนพันธุ์อายุได้ 30 วันหลังการปลูก มีเปอร์เซ็นต์การงอกร้อยละ 65.97 ปริมาณความชื้นของดิน 6.49 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนต้นอ้อยต่อเมตรเท่ากับ 3.83 ต้น จำนวนลำต่อไร่จากการประมาณการเฉลี่ย 9,764.09 ลำ คิดเป็นผลผลิตที่ได้จากการประมาณเฉลี่ย 15.62 ตันต่อไร่ และจากการเก็บข้อมูล พื้นที่แปลงตำบลบ้านแฮด อำเภอบ้านแฮด จังหวัดขอนแก่น รูปแบบชุดใบสะพานลำเลียงหลังการพัฒนา แบบที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยเมื่อท่อนพันธุ์อายุได้ 30 วันหลังการปลูก มีเปอร์เซ็นต์การงอกร้อยละ 69.71 ปริมาณความชื้นของดิน 9.87 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนต้นอ้อยต่อเมตรเท่ากับ 4.03 ต้น จำนวนลำต่อไร่จากการประมาณการเฉลี่ย 9,492.29 ลำ คิดเป็นผลผลิตที่ได้จากการประมาณการเฉลี่ย 15.19 ตันต่อไร่ ดังนั้น จึงพบว่าจากการทดสอบปลูกทั้ง 2 แปลง การปลูกด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ไม่ส่งผลเสียหายต่อท่อนพันธุ์อ้อยในการปลูกจึงทำให้การงอกของท่อนพันธุ์และผลผลิตมีความใกล้เคียงกัน

6. ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

6.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาต่อ

เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ ได้ศึกษาเฉพาะการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ทดสอบแบบอยู่กับที่ และแบบภาคสนาม จากพื้นที่แปลงทดสอบเพียง 2 แปลง โดยใช้ท่อนพันธุ์อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 เท่านั้น ดังนั้น จึงควรมีการศึกษาสภาพพื้นที่แปลงอื่นเพิ่มเติม และควรมีการศึกษากับพันธุ์อ้อยอื่นเพิ่มเติม โดยควรมีการศึกษาและพัฒนาส่วนที่ช่วยกันท่อนพันธุ์อ้อยลำเลียงเกิน ศึกษาเรื่องแรงบิดที่ส่งผลต่อการเกิด shock load และเกิดความสั่นสะเทือนขณะทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์ ควรศึกษาพฤติกรรมของท่อนพันธุ์อ้อยจากการลำเลียงภายในถังบรรจุเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาให้เครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนพันธุ์มีความสามารถและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นต่อไป

6.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงการทำวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ได้ทดสอบการทำงานของเครื่องปลูกอ้อยแบบภาคสนาม ซึ่งพบปัญหาและอุปสรรคในการทดสอบ เช่น การเก็บข้อมูลภายในแปลงยังไม่สามารถเก็บข้อมูลได้ครบ จึงควรมีการแก้ไขขั้นตอนในการเก็บข้อมูลผลการทดสอบ และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูลให้มีความเหมาะสมกับการปฏิบัติงานเพิ่มมากขึ้น ในการทดสอบและพัฒนางานวิจัยต่อไป

7. เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. **อ้อย เอกสารวิชาการ เล่มที่ 1**. กรุงเทพฯ: ธนประดิษฐ์การพิมพ์; 2523.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. **เคมีน้ำตาล การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาล.** กรุงเทพฯ: ซูการ์คอนซัลแทนซ์; 2538.

กิตติพิชญ์ อึงสถิตถาวร. **การปลูกอ้อยด้วยเครื่องปลูกอ้อยแบบเป็นท่อน (Billet Planter).** เอกสารประกอบการฝึกอบรมเทคโนโลยีการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย ; 8-10 สิงหาคม 2555; ขอนแก่น.

ชัชวาล เรืองประพันธ์. **การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม SPSS.for.Windows.**.ขอนแก่น : โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2554.

ฐิติมา วีระศิลปะ. **คู่มือ การทำไร่อ้อยจากพืชเศรษฐกิจสู่พืชพลังงาน**..กรุงเทพฯ: เกษตรการพิมพ์; 2554.

ณัฐกฤษฎ์ วีรกุลวัฒนา, สุริยะ อนุตรพงษ์พันธ์. **การปรับปรุงกลไกการลำเลียงและถังของเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อน** [รายงานโครงการวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิชา วิศวกรรมเกษตร หมายเลข AE 13- 03] ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.

ทิตินัย เทียนแย้ม , ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์, ณัฐกฤษฎ์ วีรกุลวัฒนา , สุริยะ อนุตรพงษ์พันธ์ . **การศึกษาเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องปลูกอ้อยแบบป้อนเป็นลำและแบบโรยท่อนพันธุ์ในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น** . เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 14 ; 1-4 เมษายน 2556; ประจวบคีรีขันธ์.

เทวรัตน์ ทิพยวิมล, ปริศนา แสงรุ้ง, ปัตตะนี สุตตะนา. **สมบัติทางกายภาพและความร้อนของข้าวขาวดอกมะลิ 105.** นครราชสีมา : สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโรยีสุรนารี ; 2555.

ธีระพัศท์ ศิลปะสมบูรณ์, สุภัทรา วิลามาส, อรุณี คงสอน . **เอกสารประกอบการสอนปฏิบัติการวิชาปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** พระนครศรีอยุธยา : สาขาวิชาพืชศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ; 2555.

บพิตร ตั้งวงศ์กิจ, พูลประเสริฐ ปิยะอนันต์, รัตนา ตั้งวงศ์กิจ. **การพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ.** เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53 ; 3-5 กุมภาพันธ์ 2540 ; กรุงเทพฯ.

บพิตร ตั้งวงศ์กิจ, รัตนา ตั้งวงศ์กิจ, สมบัติ ขาวประทีป, นนทวัชร์ ชัยณรงค์, พงศ์ศักดิ์ ชลธนสวัสดิ์. **การปรับปรุงรถตัดอ้อยเพื่อใช้ในการตัดท่อนพันธุ์อ้อย.** เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47; 17-20 มีนาคม 2552; กรุงเทพฯ.

บัณฑิต จริโมภาส. **สมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เกษตร** . นครปฐม : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ; 2555.

ประดิษฐ์ หมู่เมืองสอง, สุชญาน หรรษสุข. **การวิเคราะห์การสั่นสะเทือน.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2550.

พีระศักดิ์ ศรีนิเวศน์. **การประเมินสายพันธุ์อ้อนดีเด่นที่มีศักยภาพในแหล่งปลูกอ้อยทั่วประเทศ** . รายงานความก้าวหน้าโครงการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 5 ; 17 กรกฎาคม 2555 ; ขอนแก่น.

ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์. **การทดสอบสมรรถนะเครื่องมือไถจานชนิดใช้กำลังขับ** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิชาวิศวกรรมเกษตร]..นครปฐม :.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2546.

ยรรยง ศรีสม. **การคำนวณกำลังและแรงดึงของสายพานลำเลียง 1.** กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ; 2545.

รัตนา ตั้งวงศ์กิจ , พูลประเสริฐ ปิยะอนันต์ , บพิตร ตั้งวงศ์กิจ . **การออกแบบและพัฒนาเครื่องปลูกอ้อยแบบไม่เตรียมดิน แบบ กว .44 (วช.-มก.).** เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 41 ; 3–7 กุมภาพันธ์ 2546; กรุงเทพฯ.

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์, ชาญ ถนัดงาน. **การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 2**. กรุงเทพฯ: นำอักษรการพิมพ์; 2536.

ศุภชัย ตระกูลทรัพย์ทวี, สถาพร วังฉาย. **ข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบไซโล.** กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ; 2547.

เศรษฐพงษ์ ลุนสำโรง. **รายงานโครงการศึกษาความงอกและการเจริญเติบโตของอ้อยที่ปลูกอ้อยโดยวิธีการต่างๆ ในสภาพดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** ขอนแก่น: สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.

สมชาย ชวนอุดม. **เครื่องเก็บเกี่ยวเมล็ดพืช**. ขอนแก่น: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.

สมนึก บุญพาไสว. **การวัดและเครื่องมือวัด.** กรุงเทพฯ: ท้อป; 2550.

สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. **อ้อย** [ออนไลน์] 2523 [อ้างเมื่อ 20 กรกฎาคม 2557]. จาก http://www.saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=5&chap=

3&page=chap3.htm

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. **รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 255 6/2557** [ออนไลน์] 2556 [อ้างเมื่อ 5 กรกฎาคม 2557]. จาก http://www.ocsb.go.th/th/cms/detail.php

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. **เรื่องราวว่าด้วยพันธุ์อ้อย.** กรุงเทพฯ: [ม.ป.พ.]; 2556.

สันติ์ ฉายตระกูล. **เทคนิคการดำเนินกระบวนการผลิตน้ำตาลและประโยชน์ของอ้อย.** กรุงเทพฯ: ซูเทค; 2536.

สุดสาคร จันทร์หอม. **การออกแบบและประเมินผลการทำงานของกลไกการป้อนของเครื่องปลูกอ้อย** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขา วิชา วิศวกรรมเครื่องกล]. ขอนแก่น :.บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2545.

สุทิติ ขัตติยะ, วิไลลักษณ์ สุวจิตตานนท์. **แบบแผนการวิจัยและสถิติ.** กรุงเทพฯ: ประยูรวงศ์พริ้นท์ติ้ง; 2554.

สุพรรณ ยั่งยืน. **การศึกษาและพัฒนากระบวนการคัดแยกดินและทรายออกจากอ้อยก่อนเข้าหีบเพื่อลดปริมาณการปนเปื้อนดินและทรายในกระบวนผลิตน้ำตาล** [วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขา วิชา วิศวกรรมเกษตร]. ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2551.

หทัยเทพ วงศ์สุวรรณ. **การตรวจสอบความสั่นสะเทือนเครื่องจักร.** กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น; 2552.

อภิพงศ์ ทองยุทธ , ไอลดา วิลัยวรรณาวงษ์. **การศึกษาและวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนอุปกรณ์ของเครื่องปลูกอ้อยแบบโรยท่อนด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์** [รายงานโครงการวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร หมายเลข AE 13-22]. ขอนแก่น: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น; 2556.

อรรถสิทธิ์ บุญธรรม. การเปรียบเทียบวิธีการเตรียมดินที่เหมาะสมในการปลูกอ้อยข้ามแล้ง. **ว.แก่นเกษตร** 2555; 40(3): 96-102.

อารีย์ ทิมินกุล. **การออกแบบเครื่องกะเทาะเมล็ดทานตะวัน** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร]. กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2547.

อิสระพงศ์ บุตรจันทร์. **การคัดเลือกและการเปรียบเทียบพันธุ์อ้อยในพื้นที่ปลูกอ้อยจังหวัดขอนแก่น** [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่]. นครปฐม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ; 2550.

Hoy J.W. **Planting Sugarcane: Whole Stalks versus Billets** [Online] 2001 [cited 2013 August 6]. Available from: http://www.suagcenter.com/en/communications/publications/agmag/Archive/2001/Fall/Planting+Sugarcane+Whole+Stalks+Versus+Billets.htm

Humbert R.P. **The Growing of Sugar Cane.** New York: Elsevier Publishing; 1968.

King N.J. **Manual of cane-growing.** 2nd ed. Australia: Angus & Robertson; 1965.

Razavi J.L., Namjoo M.J. **Determination of Forward Speed Effect on Planting Uniformity in a Sugarcane Billet Planter**. Paper presented at the XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR); 2010 June 13-17; Congress – Québec City, Canada.

Regional Network for Agricultural Machinery (RNAM). **Test Codes & Procedures for Farm Machinery Technical Series No. 12.** Pasay: Economic and Social Comission for Asia and Pacific (ESCAP); 1983.

Salassi M.E., Breaux J.B., Hoy J.W. Estimated Cost Differences Between Whole-Stalk and Billet Sugarcane Planting Methods in Louisiana. **Journal American Society Sugar Cane Technologists** 2004; 24(1): 250-257.

Sharma M.P., Kishan S.G. Design and Development of a Tractor – Drawn Automatic Sugarcane Planter. **AMA Journal** 1990; 21(3): 83-85.

Taghinezhad J.V., Alimardani R.Z., Jafari A.L. Optimization cane traction output from hopper in full-automatic.sugarcane.planters.by.using.response.surface.modeling.and.analytical.hierarchy.process. **Journal Agric Eng Int: CIGR** 2013; 15(2): 138-147.

Thienyaem T.N., Saengprachatanarug K.T., Wongpichet S.R. **The influence of the metering device arrangement to the discharging consistency of the sugarcane billet planter**. Paper Presented at the KKU 5th International Engineering Conference (KKU-IENC); 2014 Mach 27-29; Khon Kaen, Thailand. [in Thai].

Viator, R.P., Garrison D.D., Dufrene E.O., Tew T.L., Richard E.P. **Planting method and timing effects on sugarcane yield** [Online] 2005 [cited 2005 June 21] Available from: http://naldc.nal.usda.gov/naldc/download.xhtml?id=11891&content=PDF

Woodcock C.R., Mason J.S. **Bulk Solids Handling An Introduction to the Practice and Technology.** New York: St Edmundsbury Press; 1987.

<u>เอกสารแนบหมายเลข 3</u>

ผลลัพธ์ที่ได้จากโครงการ (Output)

1. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ (ระบุชื่อผู้แต่ง ชื่อเรื่อง ชื่อวารสาร ปี เล่มที่ เลขที่ และหน้า) หรือผลงานตามที่คาดไว้ในสัญญาโครงการ

1. สิ่งพิมพ์ หรือสื่อทั่วไป

√ จัดประชุม/อบรม

มีการจัดแสดงผลการศึกษาในรูปแบบโปสเตอร์และการบรรยายให้แก่ เกษตรกรและผู้เกี่ยวข้องจำนวน 100 คน ที่ ศูนย์การเรียนรู้และบริการ บริษัท คูณทวีแทรกเตอร์ จำกัด สาขาหนองเรือ ในวันที่ 24 เมษายน 2559 ภายใต้โครงการบริการวิชาการสู่สังคม เรื่อง เพิ่มกำไรให้ชาวไร่อ้อยด้วยการบริหารจัดการรถแทรกเตอร์และเครื่องจักรกลเกษตร

2. สิ่งพิมพ์ทางวิชาการ *(วารสาร , การประชุม ให้ระบุรายละเอียดแบบการเขียนเอกสารอ้างอิง เพื่อการค้นหาซึ่งควรประกอบด้วยชื่อผู้แต่ง ชื่อเรื่อง แหล่งพิมพ์ ปี พ .ศ. (ค.ศ.) ฉบับที่ หน้า)*

Saengprachatanarug, K., Wongpichet, S., Ueno, M., & Eizo, T. **(2016).** Comparative discharge and precision index of a sugar cane billet planter. Applied engineering in agriculture, Accepted on May 31, 2016.

Thienyaem, T., Saengprachatanarug, K., Ueno, M., & Eizo, T. **(2016)**. Analysis of discharge consistency and performance of a sugarcane billet planter with side-conveyer concept. *KKU Engineering Journal , 43* (1), 9-12.

Chaloemthoi, C., Saengprachatanarug, K., Wongpichet, S., Thaveesaeng, K., & Laopukdee, N. **(2015)**. Development and evaluation of metering devices for sugarcane billet planter, Proceedings of the 8th TSAE International Conference (TSAE2015), March 17-19, 2015; Bangkok, Thailand, 49-53

2. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

ด้านชุมชนและพื้นที่ โดย *เกษตรกรไร่อ้อย จ.ขอนแก่น*

มีการนำผลการศึกษาไปใช้ในการปรับปรุงเครื่องปลูกอ้อยแบบท่อนเพื่อใช้งานในพื้นที่ไร่อ้อย จ.ขอนแก่น และ จ.ชัยภูมิ ทำให้สามารถปลูกได้ทันฤดูกาลและช่วยลดต้นทุนในการปลูกและเตรียมท่อนพันธุ์ให้แก่เกษตรกร

ภาคผนวก

Gmail

Khwan Saeng <khwantri@gmail.com>

Manuscript MS-11073-2014.R4 accepted for Applied Engineering in Agriculture

1 message

randy.taylor@okstate.edu <randy.taylor@okstate.edu> Tue, May 31, 2016 at 7:55 PM
To: Khwantri@kku.ac.th, Khwantri@gmail.com, serwon@kku.ac.th, ruenom@agr.u-ryukyu.ac.jp, e-taira@agr.u-ryukyu.ac.jp

31-May-2016
Dear Dr. Khwantri Saengprachatanarug:

I am pleased to advise you that your manuscript MS-11073-2014.R4 "COMPARATIVE DISCHARGE AND PRECISION INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER" is accepted for publication in Applied Engineering in Agriculture as a Full-length article.

You will have the opportunity to review both an edited proof copy and page proofs of your article before it is published. Generally edited proof copy is sent to you within 10 weeks (articles in a collection or in our quarterly journal, J. Agr. Safety & Health, may well take longer). You will receive a notice of the total page charges due along with your final page proof (http://www.asabe.org/publications/authors/submit-journal-manuscript.aspx).

If you have questions please contact Ms. Pat Howard at ASABE Publications (pfhoward@asabe.org or 269-932-7008).

Thank you for your contribution to the literature of the profession.

Sincerely,

Dr. Randal Taylor
Editor, ASABE, 1 - Power & Machinery Division Community

Transactions of the ASABE, Applied Engineering in Agriculture, and the Journal of Agricultural Safety and Health are published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE).

Associate Editor's comments, if any, to the author (also look for files at your Author Center):

Reviewer's comments, if any, to the author (also look for files at your Author Center):

American Society of Agricultural and Biological Engineers

Dashboard

- To submit a **NEW** manuscript, click on "Click here to submit a new manuscript" below.
- Clicking on the various manuscript status links under "My Manuscripts" will display a list of all the manuscripts in that status at the bottom of the screen.
- To submit a **REVISED** manuscript, click on the "Manuscripts with Decisions" or the "Revised Manuscripts in Draft" link below and find it in the list. **If it is not on the list** please contact admin (ManuscriptCentral@asabe.org). Probably it's at a co-author's site, but admin can move it.
- **To see files from reviewers:** Hit "Manuscripts with Decisions" so you see them listed below. Scroll to the manuscript listing and look to the right side. Click on View Decision Letter. Scroll down to the end of the letter. There are links to any review files. The letter looks very much like what you see elsewhere, but the links are only at this place.
- To continue a submission already in progress, click the "Unsubmitted and Manuscripts in Draft" list.
- **Awaiting Recommendation** means that the minimum number of reviews are complete and thus you will probably hear from the editors within 2 weeks. Sometimes additional reviews are done, and that takes more time.
- After you submit a manuscript you will only be able to see your main document, not the response to to review or other extra files.

- **Need a copyright form?**www.asabe.org/SubmitJournalManuscript

- **Problems?** Go to Get Help Now (top) or email ManuscriptCentral@asabe.org

My Manuscripts

0 Unsubmitted and Manuscripts in Draft
0 Revised Manuscripts in Draft
0 Submitted Manuscripts
5 Manuscripts with Decisions
0 Manuscripts I Have Co-Authored
0 Withdrawn Manuscripts
0 Invited Manuscripts

Author Resources

Click here to submit a new manuscript

Click here to send a manuscript to AJE for English-language editing. Note: this service is provided by an outside vendor. You will be responsible for any fees. There is no guarantee that your manuscript will be accepted by the ASABE journals after editing.

This section lists the subjects of the five most recent e-mails that have been sent to you regarding your submission(s). To view an e-mail, click on the link. To delete an e-mail from this list, click the delete link.

Manuscript MS-11073-2014.R4 -- Request for Invoicing Information (31-May-2016)	Delete
Manuscript MS-11073-2014.R4 -- Request for Invoicing Information (31-May-2016)	Delete
MS-11073-2014.R4--Funding to report? (31-May-2016)	Delete
MS-11073-2014.R4--Funding to report? (31-May-2016)	Delete
About reviewing for ASABE journals (31-May-2016)	Delete

Manuscripts with Decisions

Manuscript ID	Manuscript Title	Date Submitted	Date Decisioned	Status	Actions
MS-11073-2014.R4	COMPARATIVE DISCHARGE AND PRECISION INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER	27-May-2016	31-May-2016	ED: Taylor, Randal ADM: McCann, Peg ADM: Howard, Patricia Accept Revision (31-May-2016)	

	[View Submission]			view decision letter	
MS-11073-2014.R3	COMPARATIVE DISCHARGE AND PRECISION INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER [View Submission]	25-Apr-2016	26-May-2016	ED: Taylor, Randal ADM: McCann, Peg • Further Revision Needed (26-May-2016) • a revision has been submitted view decision letter	a revision has been submitted (MS-11073-2014.R4)
MS-11073-2014.R2	COMPARATIVE DISCHARGE INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER [View Submission]	03-Jan-2016	21-Apr-2016	ED: Taylor, Randal ADM: Buckingham, Melissa • Further Revision Needed (21-Apr-2016) • a revision has been submitted view decision letter	a revision has been submitted (MS-11073-2014.R3)
MS-11073-2014.R1	COMPARATIVE DISCHARGE INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER [View Submission]	15-Apr-2015	16-Dec-2015	ED: Thomson, Steven ADM: McCann, Peg • Further Revision Needed (16-Dec-2015) • a revision has been submitted view decision letter	a revision has been submitted (MS-11073-2014.R2)
MS-11073-2014	COMPARATIVE DISCHARGE INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER [View Submission]	20-Nov-2014	06-Apr-2015	ED: Thomson, Steven ADM: McCann, Peg • Major Revision (06-Apr-2015) • a revision has been submitted view decision letter	a revision has been submitted (MS-11073-2014.R1)

top

© Thomson Reuters | © ScholarOne, Inc., 2015. All Rights Reserved.
ScholarOne Manuscripts and ScholarOne are registered trademarks of ScholarOne, Inc.
ScholarOne Manuscripts Patents #7,257,767 and #7,263,655.

@ScholarOneNews | System Requirements | Privacy Statement | Terms of Use

THIS PAGE IS FOR INDEXING PURPOSES AND WILL NOT BE PRINTED.

For additional details please see the ASABE Guide for Authors.

Author

First Name or initial	Middle Name or initial	Surname	Role (ASABE member, professor, etc.)	E-mail (and phone for contact author)	Contact author? yes or no
Khwantri		Saengprachatanarug	Assistant professor	khwantri@kku.ac.th (+66) 043362149	Yes

Affiliation

Organization	Address	Country	URL or other info.
Faculty of Engineering, Khon Kaen University	123 Naimaung, Maung, Khon Kaen, 40002	Thailand	

Author

First Name or initial	Middle Name or initial	Surname	Role (ASABE member, professor, etc.)	E-mail (and phone for contact author)	Contact author? yes or no
Saree		Wongpichet	Assistant Professor	serwon@kku.ac.th	No

Affiliation

Organization	Address	Country	URL or other info.
Faculty of Engineering, Khon Kaen University	123 Naimaung, Maung, Khon Kaen, 40002	Thailand	

Author

First Name or initial	Middle Name or initial	Surname	Role (ASABE member, professor, etc.)	E-mail (and phone for contact author)	Contact author? yes or no
Masami		Ueno	Professor	ruenom@agr.u-ryukyu.ac.jp	No

Affiliation

Organization	Address	Country	URL or other info.
Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus	1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0129	Japan	

Author

First Name or	Middle Name	Surname	Role (ASABE	E-mail (and phone for	Contact

initial	or initial		member, professor, etc.)	contact author)	author? yes or no
Taira		Eizo	Associate Professor	e-taira@agr.u-ryukyu.ac.jp	No

Affiliation

Organization	Address	Country	URL or other info.
Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus	1 Senbaru, Nishihara, Okinawa, 903-0129	Japan	

COMPARATIVE DISCHARGE AND PRECISION INDEX OF A SUGAR CANE BILLET PLANTER

Khwantri Saengprachatanarug[1*], Saree Wongpichet[1], Masami Ueno[2], Taira Eizo[2]

Faculty of Engineering, Khon Kean University, Thailand. Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus, Japan

Corresponding author: Khwantri Saengprachatanarug, Faculty of Engineering, Khon Kean University, 123 Maung, Khon Kaen 40002, Thailand;

phone: (+66) 043362149 ; e-mail: khwantri@kku.ac.th

ABSTRACT.

The discharge consistency of a conventional sugarcane billet planter is low. A study examined the performance of an original and modified billet planter. The planter was modified by changing the inclination of the sides of the container bin. Both laboratory and field testing was done. Results from the laboratory test showed that within the desired billet discharge range of 6-9 billet m^{-1}, the precision index of the modified design was 43.3%, or 9.2 percentage points greater than the original design of 34.1%. Because of this, the modified container bin was further tested in the field and operated with a precision index of 62.5%. In addition, the effective field capacity and field efficiency of the modified billet planter was 7.1% and 6.9 percentage points higher than the original billet planter, respectively.

Keywords. *Sugarcane billet planter, Precision index, Discharge index*

INTRODUCTION

Sugarcane is an important economic crop in Thailand. In 2012/2013, there were approximately 1.51 million ha of sugarcane in Thailand, with an average yield of 70.75 Mg ha^{-1} and total sugarcane production of 107 million Mg (Office of the Cane and Sugar Board, 2013). A major problem for sugar cane cultivation is the shortage of labor, especially during planting. Hence, a semi-automatic sugarcane planter was developed, and became widely used by middle to large scale farmers in Thailand (Tangwongkit, 2003). However, the seed cane used by this kind of planter still needs to be prepared by large numbers of laborers, including processes such as cutting the stalks, removing leaves, gathering, and conveying the seed cane to the semi-automatic planter (Figure 1). Moreover, due to the time required for conveying, the field efficiency of the semi-automatic planter is lower than 50% (Salassi et al., 2004). Thus, as labor costs have increased, additional cost is required to finish planting in time, otherwise farmers have to delay planting (Garrison et al., 2000). Groups of farmers

are interested in using the fully-automatic billet planter, which uses the seed cane harvested by the combined harvester; to solve the labor shortage and problems with delayed planting (Figure 1). Moreover, the fully-automatic billet planter has a higher field capacity and efficiency (Thienyaem et al., 2013).

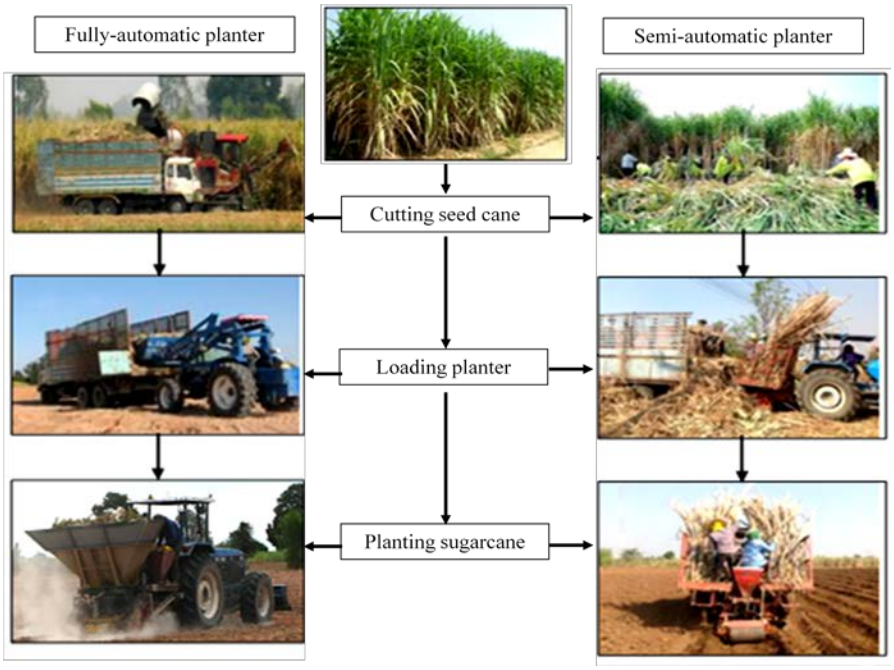


Figure 1. A comparison of fully-automatic billet planter and semi-automatic planter

However, a major problem of the fully automatic billet planter is that the consistency of the planting rate (discharge rate) is low and this results in loss of sugarcane yield (Johnson et al., 2011). Significant research has been conducted in order to improve the precision of the metering device. A new metering mechanism was developed that consisted of a double cleated conveyer (Chanhorm, 2006). However, this mechanism was too heavy and required too much space in the planter. Factors such as linear conveying speed and the inclination of the conveyor belts were studied and modeled (Jalil, et al., 2010; Javad et al., 2013). The flow of billets was affected by the shape of the billet container bin. The undesirable stress distribution in the container caused arching and formation of a cavity in front of the metering device. This problem has not been thoroughly studied. The objective of this study was to determine how the discharge consistency of the billets is influenced by the inclination of the sides of the billet planter container bin. The study consisted of three parts: laboratory testing, field testing for determining the discharge consistency of the modified container bin, and the comparison of field capacity and efficiency.

MATERIALS AND METHODS

The comparative laboratory tests and the field tests were done using a modified Austoft 750 BP (Austoft Industries

Limited, Queensland, Australia) billet planter. The experiments were done as follows.

TEST MATERIALS

The seed cane was prepared for use in both the laboratory and field test. A Khon Kaen 3 cultivar was chosen as it is currently the most prevalent cultivar harvested by combine in Thailand at present (Office of the Cane and Sugar Board, 2013). Eleven month old seed cane planted in the Banhad district, Khon Kaen province, Thailand, was harvested by an Austoft model 7000-2000 harvester. Three hundred samples of sugarcane billets were collected, and their physical properties determined. The billet average length and diameter was 264 and 30.8 mm, respectively. The average weight of the billets was 197.1 g.

Since the laboratory test aimed to determine the effect of the shape of the container bin to the discharge consistency, the physical conditions of the test billets were controlled and checked before each replication. The billets prepared for the laboratory test were kept in a storage room conditioned at 25º C and 55% R.H; they were used within 18 hours. The trash content was kept at 0% to keep the material uniform for all replications, thus trash materials such as leaves and soil were separated manually from the harvested sugarcane by laborers before the test. The test billets had a bulk density of 322.2 kg m^{-3} and were replaced when the bulk density decreased by more than 3%.

The billets in the field test were used at local atmospheric conditions. The sugarcane cultivar and age were the same as used in the laboratory test. The trash content averaged 6% and the bulk density was 308.1 kg m^{-3}.

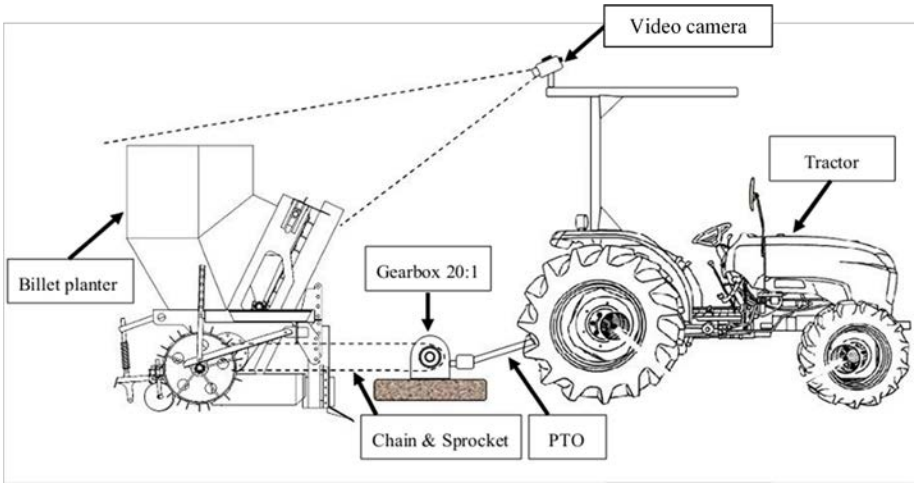


Figure 2. Schematic of laboratory tests (original design)

EXPERIMENTAL METHOD

The experiments consisted of three parts: the discharge precision comparative laboratory test, the discharge precision field test of the modified container bin, and the performance test of the billet planter with the modified and original container bins. Descriptive statistics of the measured discharge index of original and modified design from the first test

were calculated. Then, t-test analysis was performed with SPSS statistics version 11.5 for the discharge index comparison. The completely randomized design (CRD) analysis was done using one-way ANOVA with the same software to determine whether there was a significant difference between the field performance of the original and modified design from the third test results.

Discharge precision comparative laboratory test

The laboratory tests compared the discharge precision between the original and modified design of the container bin on the billet planter (Figure 2). In the original design, the lower part of the bin sides were inclined 60^{o} from ground level, while the upper part of the bin sides were vertical (Figure 3). For the modified design, both the lower and upper parts of the bin sides were inclined 60^{o} from ground level (Figure 4). The billet planter was placed and leveled on a concrete floor, and loaded with 530 kg of sugarcane billets as described in the material section. The billet conveyer was driven by a 90kW tractor through a single worm PTO gear box (CTA ASS model, CPMI INC., Taiwan)with a 1:20 ratio. Since the cleated conveyer that brings sugarcane billets to the discharge channel was driven by the ground wheel of the planter, the conveyer speed was related to the planter forward speed. The recommended operating speed of this type of billet planter was 4 km h^{-1} (Theinyaem et al., 2013), thus the linear conveying speed was 0.187 m s^{-1}. Billet discharge was recorded by a video camera using a framing rate of 120 frame s^{-1} (CONTOUR ROAM+2, ION America, LCC., USA) attached to the tractor roof. The billet discharge rate (billet s^{-1}) was determined manually from the recorded video at 5 sec intervals from the beginning of discharge until the container was empty (Theinyaem et al., 2016). The billets fell into a tray placed under the planter and removed manually during the test. Three replications were performed for each design. Considering the ratio of the linear conveying speed to the planter's forward speed (0.187:1.1 in the actual field operation), the discharge index (billet m^{-1}) was calculated from the discharge rate (billet s^{-1}) using equation 1. Referring to previous research (Jalil et al., 2010), the overlap of billets in the planting row should be one-half of a billet's length. As the average length of billets was 264 mm, the desired discharge was 7.5 billets m^{-1}. Considering a ±20% coefficient of variation as acceptable, the desired range of discharge index was 6-9 billets m^{-1} (Theinyaem et al., 2014). Consequently, the precision index, which represents percentage of discharge accuracy, was calculated using equation 2 (Javad et al., 2013). The inclination pattern of the container bin that gave the best precision index in the laboratory test was used for the field test.

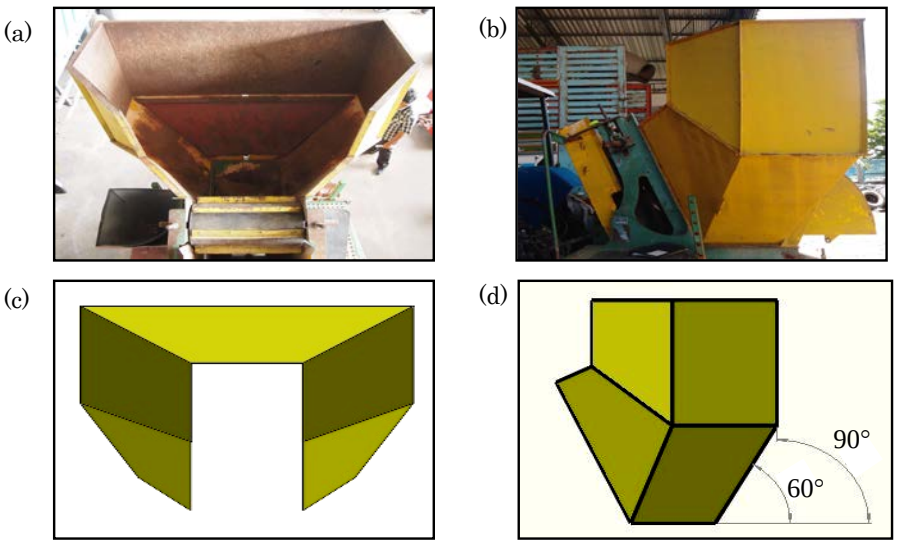


Figure 3. The original container bin: photo top view (a), photo side view (b), drawing top view (c) and drawing side view (d)

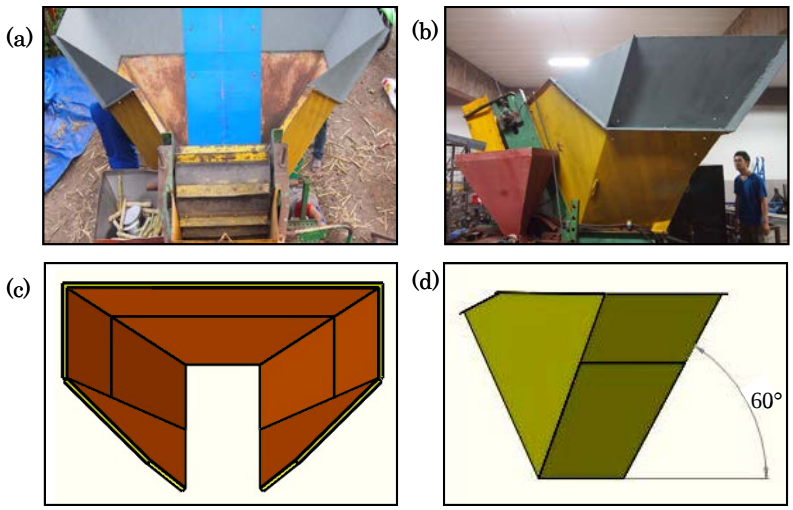


Figure 4. The modified container bin: photo top view (a), photo side view (b), drawing top view (c) and drawing side view (d)

Discharge index was calculated as follows:

Discharge index (billet m^{-1}) = (n /t) * (R/v) (1)

where n = number of discharged billets during observed time duration (no.)

t = time duration (sec)

v = linear conveyer speed (m s^{-1})

R = ratio of the linear conveyer speed to the forward speed

Precision index was calculated as follows:

Precision index (%) = (Nn_{total}/N_{total}) x 100 (2)

where Nn_{total} = Total distance that billets were discharged within the desired discharge index range (m)

N_{total} = Total distance of discharge from beginning until container became empty (m)

Discharge precision field test of modified container bin

The field test was done in a sandy loam soil in the Banhad district, Khon Kaen province, Thailand. The field length was 300 m and the row spacing was 1.65 m. The container bin of the billet planter was modified according to the best results of the laboratory test. The modified billet planter was attached to a 90 kW tractor and filled with 530 kg of billets. During the test, the forward and engine speeds were controlled at 4 km h^{-1} and 2000 rpm, respectively. The container bin was refilled and the field test repeated for three replications. The discharge index and precision index were recorded and calculated as in the laboratory test.

Performance field test

The performance test was done on the same field as the discharge precision field test. The times required for each field activity (planting and loading billets) were collected. Figure 5 shows the schematic of the field which was 20 m wide and 300 m long. The field width was separated into six plots equally for both the original and the modified container bin with three replications per treatment. The plots were selected randomly for the operations of the original and modified design planter. Billets were loaded by a separate tractor equipped with a front-end loader. Five data points were taken for the planter forward speed per replication, V_1-V_5, every 20 m at the middle of the field length. The total planting time *Ts* was the sum of the planting time in each row (*T1* and *T3)*. The total time consumed T was the sum of the planting time, time loss for turning the planter at the end of rows *(T2)* and billet loading time, which includes moving time to the rows (*T4)*. The effective field capacity C_{ef} (equation 3) and field efficiency E_f (equation 4) were calculated, fuel consumption was measured, and ripper depth was sampled at 30 locations at the positions shown in Fig.5.

Effective field capacity was calculated as follows:

$$C_{ef} = \frac{A}{T} \quad (3)$$

where

C_{ef} = effective field capacity (ha h^{-1})

A = planting area (ha)

T = total time consumed (h)

Field efficiency was calculated as follows:

$$E_f = \frac{T_s}{T} \times 100 \quad (4)$$

where

E_f = field efficiency (%)

T_s = total planting time (h)

T = total time consumed (h)

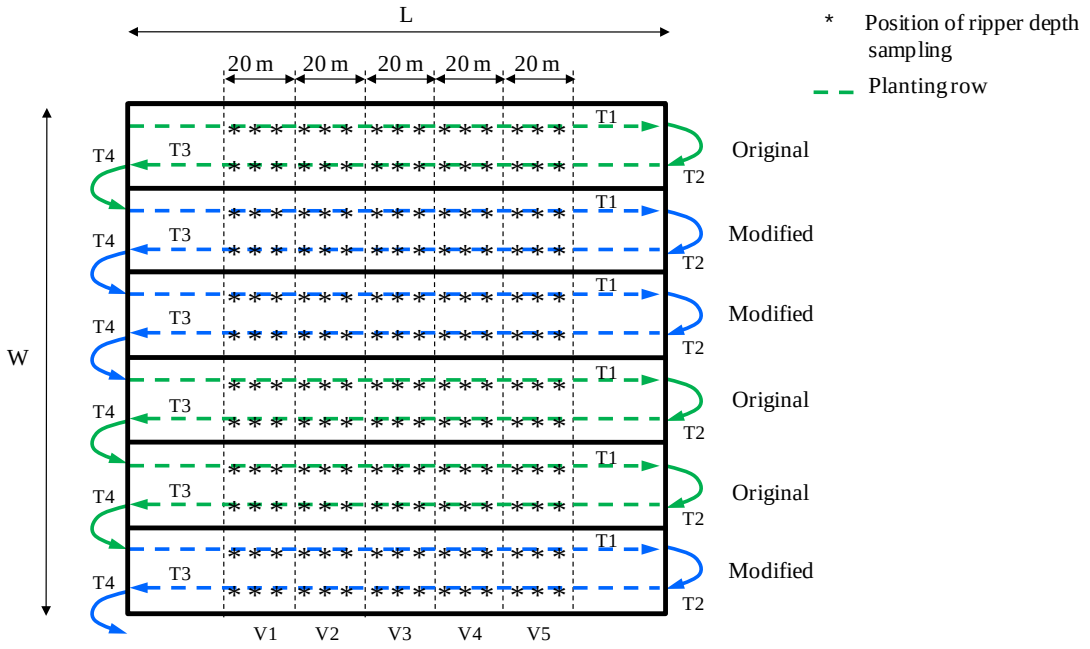


Figure 5. Schematic of planting plots in the performance field test. The same schematic was used for the original and modified container bins.

RESULTS AND DISCUSSION

DISCHARGE PRECISION COMPARATIVE LABORATORY TEST

Figure 6 shows the discharge index resulting from the laboratory test. The dashed line and solid line represents the results of the original and modified designs of the container bin, respectively. The discharge index was high at the beginning of the test while the container bin was fully loaded. The discharge index decreased with the amount of billets in the container. Considering the logarithmic trend line for each inclination pattern, the discharge index of the original design decreased at a higher rate than that of the modified design over the first 50 m.

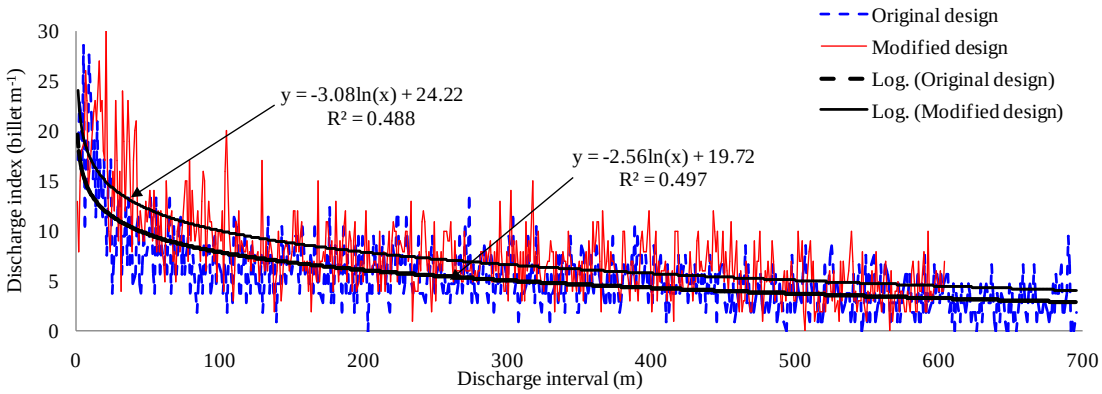


Figure 6. Billet discharge index from the laboratory test comparing the original and modified container bin.

Descriptive statistics of discharge index showed that the modified design had a slightly smaller range and a higher mean (6.7 versus 5.6) than the original design (Table 1). Discharge index was significantly different between container designs (t=-4.69, p≤0.01). The frequency distribution of discharge index seen in figure 7 shows that the most frequent discharge index of the original container bin was 4 billets m^{-1}, less than the desired range of 6-9 billets m^{-1}. Moreover, due to the arch doming in front of the conveyer, zero discharges indices were observed on average at 10 different time intervals per replication, while the total number of discharge intervals was 700 times per replication. Using these observations, sugarcane billets were not applied for 1.4% of the planting distance. On the other hand, the modified design had a most frequent discharge index of 7 billets m^{-1}, which was within the desired range; this was due to less compaction in the container bin.

Table 1. Descriptive statistics of discharge index (billet m^{-1}) from the laboratory test comparing the original and modified design of the container bin (average values of 3 replications).

Descriptive Statistics	Original design	Modified design
N	695	603
Range	0-27	0-26
Mean	5.6237	6.6619**
Std. Deviation	3.6956	3.7953
Mean Std. Error	0.1671	0.1871

** significant at 1%

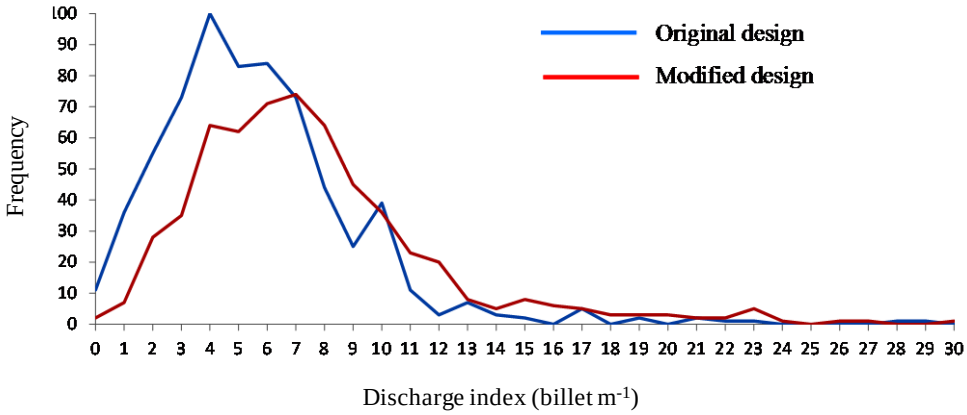


Figure 7. Frequency distribution of discharge index from the laboratory test comparing the original and modified design of the container bin

The average value of precision index in the desired range of 6-9 billets m^{-1} was calculated for each design. Table 2 shows that the modified design had a precision index 9.2 percentage points greater than the original design. To interpret these results, we can describe this difference in terms of planting distance. For every 100 m planting distance, sugarcane billets are discharged at the desired rate for 34 m with the original design. However, with the modified design, billets are discharged at the desired rate for 43 m, or an additional 9 m.

Table 2. Calculated precision index within the desired range from the laboratory tests.

Discharging index (billets m^{-1})	Precision index (%)	
	Original design	Modified design
6	12.69	12.12
7	11.03	12.63
8	6.65	10.92
9	3.78	7.68
Total	34.14	43.34

FIELD TEST OF THE MODIFIED CONTAINER BIN FOR DISCHARGE PRECISION INDEX

Because the modified design gave better precision results in the laboratory test, it was used for field testing. Figure 8 shows that discharge index ranged from 2-14 billets m^{-1}. Descriptive statistics of discharge index from the field test are shown in Table 3. Considering the standard deviation, the discharge behavior was more stable compare to the laboratory test; however, it was found that variances caused by billet loading could affect the discharge behavior. For example, if the loading resulted in a pile of billets near the conveyer upper drum, as occurred in the second replication, the discharge index increased at the beginning. Thus, loading method should be examined in further studies.

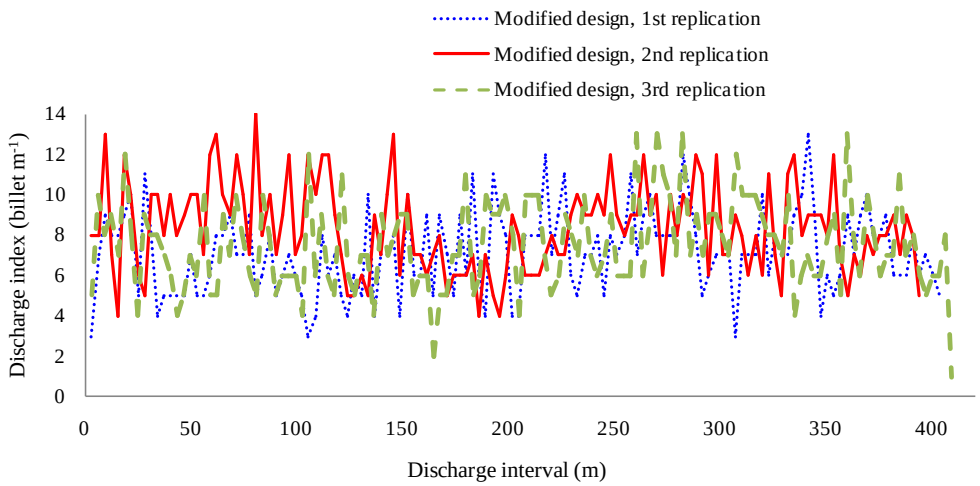


Figure 8. Billet discharge index from field testing using the modified container bin (3 replications).

Table 3. Descriptive statistics of discharge index (billet m^{-1}) from the field test of the modified container bin (average values of 3 replications).

Descriptive Statistics	Modified design
N	402
Range	2-14
Mean	7.8101
Std. Deviation	2.1900
Mean Std. Error	0.3582

Figure 9 shows the frequency distribution of the discharge index from the field tests using the modified billet container for all three replications. The discharge index was within the desired range of 6-9 billet m^{-1} over 60% of time. A zero discharge did not occur during field testing. The precision index within the desired range of the discharge index was 63.9%, 61.4% and 62.1% for the 1st, 2nd, and 3rd replication, respectively (Table 4). These results confirmed that the billet planter using the modified container bin was able to operate at an average discharge index of 7.8 billet m^{-1} (Table 4) with a precision index of 62.5% on average.

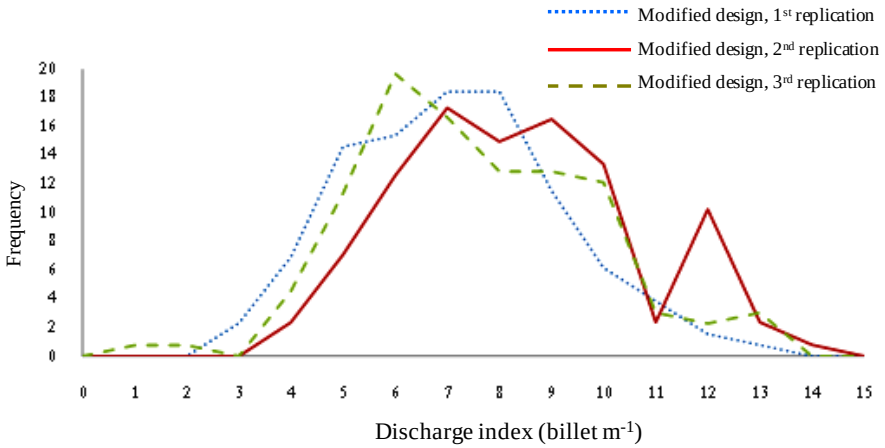


Figure 9 Frequency distribution of discharge index from the field test using the modified billet container.

Table 4. Comparative precision index collected from field tests

Discharge index (billets m^{-1})	Modified container bin precision index (%)		
	Rep 1	Rep 2	Rep 3
6	15.38	12.60	19.70
7	18.46	17.32	16.67
8	18.46	14.96	12.88
9	11.54	16.54	12.88
Total	63.85	61.42	62.12

PERFORMANCE FIELD TEST

Results for the performance field test are shown in Table 5. Because the time lost for releasing the billet compaction in the container by an operator was eliminated, field efficiency increased by 6.9 percentage points after modifying the container bin. The effective field capacity for the modified billet planter was 7.1% higher than the original planter, and the forward speed of the modified billet planter also increased due to better flow of the sugarcane billet in the container. Ripper depth and fuel consumption were not different between container bin and averaged 13 cm and 10.8 L ha^{-1} for the original and modified container bin, respectively.

Table 5. Performance field test results of the original and modified container bin.

Performance	Original design	Modified design	F-value	p-value
Effective field capacity, (ha hr^{-1})	0.42	0.45	10.93	≤0.05*
Field efficiency, (%)	65.36	72.24	23.51	≤0.01**
Forward speed, (km h^{-1})	3.88	4.47	50.94	≤0.01**
Ripper depth (cm)	13.01	13.03	0.01	ns
Fuel consumption (L ha^{-1})	11.43	10.15	4.01	ns

ns = non significant; *,** , significant at 5 and 1% respectively.

CONCLUSION

A study examined the performance of a modified container bin on a billet planter. The original design consisted of a 60^{o} and 90^{o} inclination for the lower and upper part of the container bin, respectively, while, the modified design had a 60^{o} inclination for both of the lower and upper part of the container bin. Results from a laboratory test showed that within the desired billet discharge range of 6-9 billet m^{-1}, the precision index of the modified design was 9.2 percentage points greater than the original design. Because of this, the modified container bin was further tested in the field, and operated with a precision index of 62.5%. In addition, the effective field capacity increased 7.1% and the field efficiency was 6.9 percentage points higher for the modified billet planter, compared to the original billet planter.

ACKNOWLEDGEMENTS

This study was financially supported by the Thailand Research Fund and Khon Kaen University. The authors are responsible for the content of this article, which may not reflect the view or opinion of the Thailand Research Fund or Khon Kaen University. The authors are grateful to the Applied Engineering for Important Crops of the North East research group, Khon Kaen University who provided the implements for this study. The authors are also grateful to Mr.Kittiphit Eungsathitthaworn, the sugarcane farmer in Khon Kaen province who supported the facility and gave guidance for the experimental practices.

REFERENCES

Chanhorm, C. (2006). *A design and evaluation of sugarcane planting mechanism.* Khon Kean University, Department of Mechanical Engineering. Khon Kean, Thailand: Khon Kean University.

Garrison, D., Dufrene, E., & Legendre, B. (2000). Effect of planting date on yields of sugarcane varieties grown in Louisiana. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists , 20*, 115-120.

Jalil, R., & Moslem, N. (2010). Determination of forward speed effect on planting uniformity in a sugarcane billet planter. *XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR)* (pp. 1-11). Québec City, Canada: Canadian Society for Bioengineering.

Javad, T., Reza, A., & Ali, J. (2013). Optimization cane traction output from hopper in full-automatic sugarcane planters by using response surface modeling and analytical hierarchy process. *Agric Eng Int: CIGR Journal , 15* (2), 138-147.

Johnson, R., Viator, R., & Richard, E. (2011). Effects of Billet Planting Rate and Position on Sugarcane Yields in Louisiana. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists , 31*, 79-90.

Office of the cane and Sugar Board. (2013). *Annual report.* Retrieved 12 22, 2013, from Office of the cane and Sugar

Board: http://www.ocsb.go.th/upload/production/fileupload/4783-. 9053. Pdf

Salassi, M., Breaux, J., & Hoy, J. (2004). Estimated cost differences between whole-stalk and billet sugarcane planting methods in Louisiana. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists , 24*, 250-257.

Tangwongkit, R., Phulprasert, P., & Tangwongkit, B. (2003). Design and development of a no-tilled sugarcane planter model FM.44 (NRCT-KU). *41th Kasetsart University Annual Conference* (pp. 1-11). Bangkok, Thailand: Kasetsart University publishing.

Thienyaem, T., Saengprachatanarug, K., Ueno, M., & Eizo, T. (2016). Analysis of discharge consistency and performance of a sugarcane billet planter with side-conveyer concept. *KKU Engineering Journal , 43* (1), 9-12.

Thienyaem, T., Saengprachatanarug, K., Veerakulwat, N., & Anutpongpan, S. (2013). Performance of Sugarcane billet planter and traditional ground wheel planter used in Khon Kaen area. *14th TSAE national conference* (pp. 259-262). Bangkok, Thailand: TSAE publishing.

Thienyaem, T., Saengprachatanarug, K., Wongpichet, S., Eizo, T., & Thongrak, P. (2014). The influence of the metering device arrangement to the discharging consistency of the sugarcane billet planter. *Advanced Materials Research* , 1561-1567.

KKU Engineering Journal

https://www.tci-thaijo.org/index.php/kkuenj/index

Analysis of discharge consistency and performance of a sugarcane billet planter with side-conveyer concept

Titinai Thienyaem[1)], Khwantri Saengprachatanarug[*1)], Masami Ueno[2)] and Taira Eizo[2)]

[1)] Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.
[2)] Faculty of Agriculture, University of the RyuKyus, Okinawa 903-0213, Japan.

Received July 2015
Accepted September 2015

Abstract

Sugarcane is an important economic crop of Okinawa Prefecture. The sugarcane billet planter has been widely used in Okinawa due to high labor costs and planting time limits. Most of them were powered by hydraulic systems to avoid ground wheel drive problems when working under high moisture heavy clay conditions. This study aimed to evaluate the performance and discharge consistency of the sugarcane billet planter, YABIKU B600, operated in Minami Daito Island, Okinawa Prefecture. The Ni28 cultivar seed cane was harvested and chopped to an average length of 21.8 cm by Austoft TM2008 harvester. The field experiment was done with 3 replications. A video camera with GPS logger was positioned over the hopper of the planter during the tests to examine the performance and planting consistency of the planter. The numbers of discharged billets at each frame were recorded to calculate the discharge index or planting rate. Moreover, the speed, GPS position and time of each activity were collected to obtain the field capacity and field efficiency of the planter. The results showed that the average traveling speed of the planter was 0.97 m/s. The field capacity was 0.24 ha/hr with a field efficiency of 45.66%. The average discharge index was 7.2 billet/m. Considering a discharge index range of 8-10 billet/m, the precision index averaged 24.63%.

Keywords: Discharge index, Precision index, Field capacity, Field efficiency, Sugarcane planter

1. Introduction

Sugarcane is a major crop in southern Japan, particularly in Okinawa Prefecture, where about 50 percent of all cultivated land area and more than 70 percent of farmers are engaged in it. Sugarcane is regarded as indispensable to the area because of the economic benefits it provides to the rural society, particularly in the smaller islands, as well as because of its tolerance to typhoons and drought [1].

Most of the sugarcane cultivation process has been based on mechanization to decrease production costs and increase the yield of the sugarcane. The farmers who did not have their own machines have contracted farm mechanization companies to perform important work such as soil preparation, planting and harvesting. The planting process is one of the most important processes since it will affect the production yield of the planted cane and ratoon cane [2]. The sugarcane billet planter is widely used in Okinawa as this type of planter can use seed cane harvested by sugarcane combined harvester, which requires labor and incurs lower harvesting costs [3]. Since the planting season in Okinawa mostly coincides with the period when the soil moisture is still high, the ground wheel drive planters cannot work due to high slip. Hydraulic powered billet planters have become more popular than ground wheel drive planters among local farmers and farm mechanization companies. However, the billet planters had the problem that the discharge consistency is low. Too high a discharge of sugarcane billet caused high production costs; on the other hand, too low a discharge of sugarcane billet resulted in decreased yield. In order to improve the planter and planting practice, the information about performance and discharge rate at each state of planting must be obtained and analyzed. Thus, this study aims to evaluate the performance and discharge consistency of sugarcane billet planters in Okinawa.

2. Research methodology

The field experiments were set at Minami Daito Island, Okinawa Prefecture, Japan. Seed cane of Ni28 cultivar harvested by Austoft TM2008 was used for the experiments. The average length of billets was 21.84 cm. The Yabiku B600 billet planter equipped with Iseki 100 hp tractor was tested. It consisted of a left side L shape cleated conveyer powered by hydraulic motor (Figure 1). The cleat space and conveyer width were 300 mm and 600 mm, respectively. Row distance was set at 1.5 m. During the field experiment, the video camera Contour+2, (120fps) with GPS logger (sampling rate of 1 Hz), was attached at the top of the hopper of the billet planter. The experiments were done with 3 replications. Two types of measurement and analysis were performed as follows.

*Corresponding author. Tel.: +6687 668 9270
Email address: khwantri@kku.ac.th
doi: 10.14456/kkuenj.2016.2

2.1 Performance of the billet planter

All of the activities of the planter were recorded by the video camera mentioned above. The billet planter started to work by traveling to the side of the loading bin, then the operator would raise the hydraulic powered bin to load the seed cane in to the planter hopper (Figure 2) and load the fertilizer. Then the planter would travel to the planting row and start planting until the hopper became empty and it was necessary to return to the loading spot again. Figure 3 shows the traveling route of the planter. The time consumed at each activity was obtained from the recorded videos. Moreover, the speed and distance of planting were recorded by GPS logger in coutour+2 cameras at frequency of 1 Hz. The row length was calculated using recorded forward speed and planting time. Thus the field capacity, field efficiency and percentage of time loss in each activity were calculated by following equation.

Field Capacity (Ha/hr) = A / T (1)

Where, A = Total planting area (Ha)
T = Total time consumed (hr)

Field Efficiency (%) = (Tw /T) x 100 (2)

Where, Tw = Planting time (hr)
T = Total time (hr)

$L_{u\text{-}turn}$ (%) = (Tu /T) x 100 (3)

Where, T_u = Time loss of U-turning in farm (hr)
T = Total time (hr)

$L_{loading}$ (%) = (Tu /T) x 100 (4)

Where, T_L = Time loss of loading seed cane and fertilizer (hr)
T = Total time (hr)

$L_{traveling}$ (%) = (Tu /T) x 100 (5)

Where, T_m = Time loss of on-farm traveling (hr)
T = Total time (hr)

2.2. Discharge consistency of the billet planter

Since the video camera was attached at the top of the billet planter (Figure 4), the discharging behavior was monitored from the full hopper until empty. The recorded file was replayed frame by frame and the numbers of discharged billets per second were counted. Then the discharge rate (billet/s) was used to calculate the discharge index (billet/m) using equation 6 [4]. To specify the discharge consistency, the precision index was calculated using equation 7 [4]. The linear speed of conveyer belt was controlled by hydraulic motor at 0.3 m/s, which is the appropriate speed referred from the former study [5].

Discharge index (billet/m) = n / s (6)

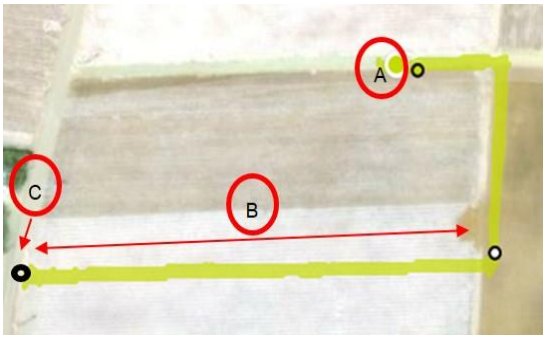
Where, n = number of billets discharged (billet)
s = monitoring duration of planting (m)

Precision index (%) = (Nn_{total}/N_{total}) x 100 (7)

Where, Nntotal = The number of accurate discharg as specified (Time)
Ntotal = The total number of discharg in each simulation (Time)

Figure 1 Yabiku B600 billet planter

Figure 2 Seed cane loading



A : Position of loading seed cane and fertilizer.
B : Planting rows.
C : U-turning position in farm.

Figure 3 Traveling route of the billet planter

To calculate the precision index, the acceptable range of the discharge index was considered. Since the average length of the billet was 21.84 cm, with reference to equation 8 Figure 5 [5] the appropriate overlap distance between each billet should be equal to 10.92 cm. Thus the appropriate discharge index should be 9 billet/m. Considering an acceptable error of ± 10%, the acceptable range of discharge index in this test was equal to 8-10 billet/m.

$$Pi = (X2)i - (X1)(i+1) \quad (8)$$

Where, Pi = Overlap length between billets (cm)

$(X_2)_I$ = End position of the billets i (cm)

$(X_1)_{(i+1)}$ = Beginning position of the billets i+1(cm)

Figure 4 (a) Video mounting position (b) Recorded frame

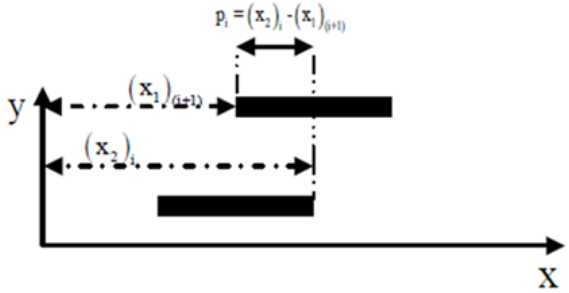


Figure 5 Overlap distance calculation [5]

3. Research Results and Discussion

3.1. Performance of the billet planter

The average row length and average row distance were 168 m and 1.5 m respectively (Table 1). Figure 6 shows the traveling speed of the billet planter during planting. The first half of the recorded speed was higher than the second half due to the tilt angle of the ground level. However, the traveling speed was steady at each turn. The average traveling speed of the planter was 0.97 m/s.

The field capacity of the billet planter was 0.24 ha/hr. The field efficiency was calculated based on the time efficiency and equal to 45.66%. The activities during the operation were examined and divided in to 4 kinds of time loss activities; loading seed cane, loading fertilizer, traveling on the farm, and making u-turns on the farm (Figure 7). The greatest time loss was caused by traveling on farm because the loading spot was far from the planting rows. Loading seed cane by this hydraulic powered bin can be done quickly, however, due to its large size and low mobility, this resulted in time lost on traveling instead.

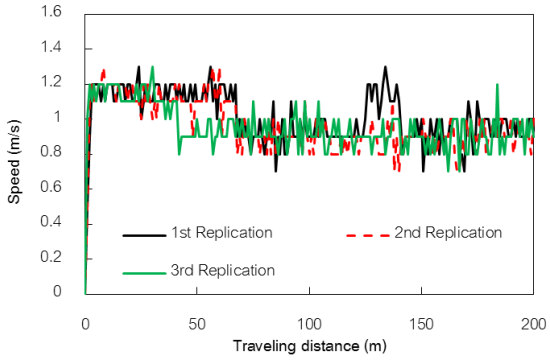


Figure 6 The traveling speed of the billet planter during planting

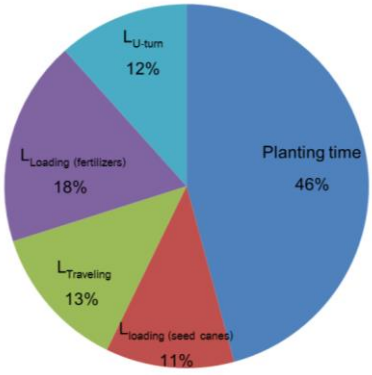


Figure 7 Time variation of sugarcane planting activities

Table 1 Results performance of the billet planter

Measurement list	Measured value
Average speed in farm	0.97 ± 0.04 m/s
Row space	1.50 m
Average row length	168.09 ± 10.6 m
Field capacity	0.24 ± 0.02 ha/hr
Field efficiency	45.66± 4.99 %

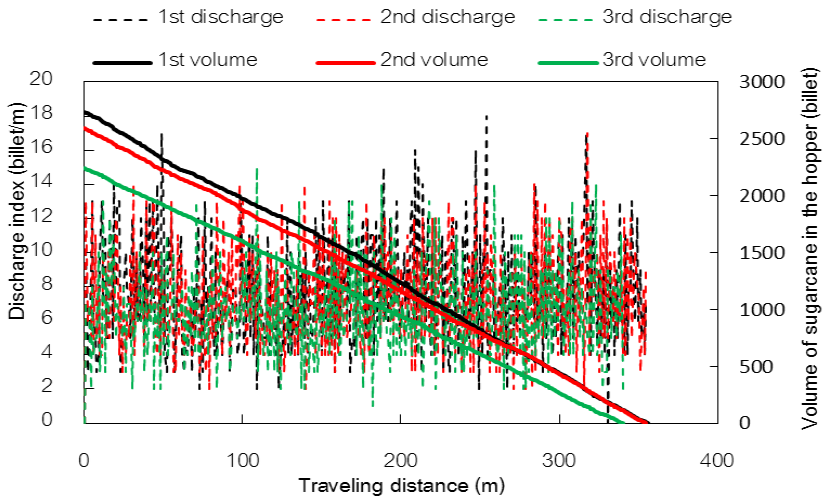


Figure 8 The discharge index during planting

3.2. Discharge consistency of the billet planter

Figure 8 shows the discharge index during the planting in 3 replications. The discharge index mostly fluctuated between 6-10 billet/m. The average discharge index was 7.2 billet/m. The L shape of the conveyer made the overflow of sugarcane billet fall back into the hopper, so that the planting rate was quite steady after the quantity of billets in the hopper became low.

The frequency polygon of the discharge index was used to analyze the consistency of planting (Figure 9). A high frequency of discharge was observed at 4-6 billet/m, which was lower than the appropriate range of 8-10 billet/m.

Considering the appropriate discharge range, the precision index at the discharge index of 8, 9 and 10 billet/m were 7.36%, 8.54% and 8.73% respectively (Table 2).

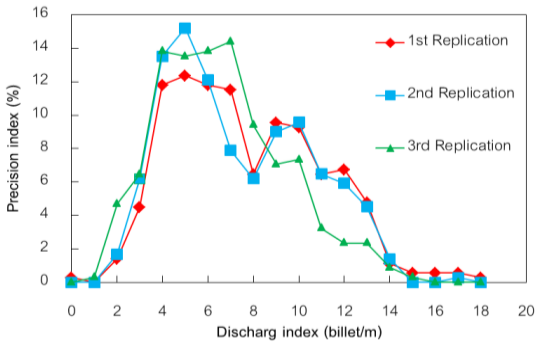


Figure 9 The frequency polygon of discharge index

Table 2 Results performance of the billet planter

Discharging index (billet/m)	Precision index (%)
8	7.36
9	8.54
10	8.73
total	24.63

The total precision index averaged from the 3 replications was 24.63%. This referred to the average discharge rate of 7.2 billet/m. The accuracy of planting can be raised by increasing the linear conveyor speed or decreasing the traveling speed by approximately 25%.

4. Conclusion

The performance and discharge consistency of the billet planter was evaluated through the field experiment in Minami Daito Island, Okinawa Prefecture, Japan. The average traveling speed of the planter was 0.97 m/s. The field capacity and field efficiency were 0.24 Ha/hr and 45.66% respectively. The greatest time loss was caused by traveling long distances to the cane loading spot, as the loading bin was large and had low mobility. The average discharge index was 7.2 billet/m. The precision index of the appropriate range of 8-10 billet/m was 24.63%. The linear conveyer speed should be increased or the traveling speed should be decreased by 25% to raise the planting accuracy.

5. Acknowledgements

The authors are grateful to Daitou Tougyou Corp in Minami Daito Island and Mr. Thanunkorn Jaiphong, the Applied Engineering for Important Crops of the North East Research Group, Khon Kaen University who supported the facility and implements for the experiment. This study was financially supported by the University of the Ryukyus, the Thailand Research Fund and Khon Kaen University.

6. References

[1] Taira E, Ueno M, Furukawa N, Tasaki A, Komaki Y, Nagai J, Saengprachatanarug K. Networking system employing near infrared spectroscopy for sugarcane payment in Japan. Journal of near infrared spectroscopy 2013;21(6):477-483. (In Japan).

[2] Eungsathitthaworn K. Sugarcane billet planter. Proceedings of training for the transfer of technology in sugarcane production; 2012 Aug 8-10; Khonkaen, Thailand; 2012.

[3] Thienyaem T, Saengprachatanarug K, Wongpichet S, Taira E, Thongrak P. The influence of the metering device arrangement to the discharging consistency of the sugarcane billet planter. Advanced Materials Research 2014;931-932:1561-1567. (In Thai).

[4] Taghinezhad J, Alimardani R, Jafari A. Optimization cane traction output from hopper in full-automatic sugarcane planters by using response surface modeling and analytical hierarchy process. Journal Agric Eng Int: CIGR 2013;15(2):138-147.

[5] Razavi J, Namjoo M. Determintion of forward speed effect on planning uniformity in a sugarcane billet planter. Canadian Society for Bioengineering 2010;13-17:1-11. (In Canada).

AM-02

DEVELOPMENT AND EVALUATION OF METERING DEVICES FOR SUGARCANE BILLET PLANTER

Choochart DHALOEMTHOI[1], Khwantri SAENGPRACHATANARUG[1], Saree WONGPICHET[1]
Khanittha THAVEESAENG[1] and Nopphasin LAOPUKDEE[1]
[1]*Department of Agricultural Engineering Faculty of Engineering Khonkean University*
123 Moo 16 Mittapap Rd., Nai-Muang, Muang District, Khon Kaen 40002,Thailand

Corresponding author: Khwantri SAENGPRACHATANARUG E-mail: khwantri@kku.ac.th

ABSTRACT

At present, sugarcane billet planter is become more interested by farmers who own the sugarcane harvester, since lack of agricultural labors become more severe. However, the planting consistency of this kind of planter is still low. Thus the metering device of the sugarcane billet planter is needed to be improved. The objective of this study was to develop the shape and arrangement of the metering device of the billet planter and evaluate it. The original billet metering device consists of the rubber conveyor belt attached with the flat steel cleats which have their length equal to the conveyer width. While the developed metering device use the flat steel cleats with the 20 degree inclined-edge. More over the cleats were shorten to 2/3 length of conveyer width and aligned in left-right alternation. Then, the developed metering device was evaluated compared to the original device by considering the precision of billet discharging during the stationary tests. The container inclination was 60 degree from horizontal level. Sugarcane variety of Khon Kaen 3 harvested by the Austoft 7000-2000 harvester was used for the experiments. Linear speed of the conveyor was controlled at 0.189 m/s. The testing results showed that the developed metering devices gave the precision index of 50.67% which is 9.66% higher compare to that of the original one.

Keywords: Sugarcane billet planter; Metering device; Precision index

INTRODUCTION

Sugar cane (Saccharum officinarum L.) is an important economic crop of Thailand. Referring to 2013-2014 reports, there are approximately 1.62 million ha in Thailand, with an average yield of 70.25 tons/ha and total sugarcane production of 113.3 million tons (OCSB, 2014). A major problem for sugar cane cultivation is the shortage of labor, especially in the harvesting and planting seasons (Tangwongkit et.al, 2003). Hence, the semi-automatic sugarcane planter was developed, and became widely used by middle to large scale farmers in Thailand (Tangwongkit et.al, 2007). However, the seed cane used by this kind of planter is still needed to be prepared by large numbers of labors, whose preparation processes include: cutting the stalks, removing leaves, gathering, and conveying the seed cane to the semi-automatic planter. Thus, as the labor cost was raised, most of farmers have to bear a very expensive cost in order to finish plantation in time, otherwise they need to delay the planting (Garrison et al., 2000). The full-automatic billet planter which uses the seed cane harvested by the combined harvester was introduced in order to solve the labor shortage and delay planting problem in United state (Hoy. J.W., 2001). Moreover, the billet planter has the higher field capacity and efficiency. However, the major problem of the billet planter is the low consistency of the planting rate (discharging rate) which in turn resulting in a lower sugarcane yield. In order to improve the precision of the metering device, many researches were carried out. Factors such as linear conveying speed and the inclination of the conveyor belts were studied and modeled (Jalil et al., 2010 and Javad et al., 2012). Refer to the former study (Choochart et al., 2014); the discharge consistency was raised by improving the inclination of the planter container bin. Nevertheless, the conveying behavior of the sugarcane billet planter was

dependent upon the arrangement of the cleats conveyer. Researches results of this dependency factor are rarely. Thus, this study aims to develop the metering device for sugarcane billet planter through the modification of the arrangement of the cleats conveyer. Then the discharge index and consistency of the developed and original metering device were evaluated and compared.

MATERIALS AND METHODS

2.1 Test materials

The Khon Kaen 3 variety was chosen as it is the most suitable variety to be harvested by the combined harvester in Thailand at present (Office of the Cane and Sugar Board, 2014). The 11 months old seed cane planted in the Banhad district, Khon Kaen province, Thailand, was harvested by Austoft model 7000-2000 harvester. The 300 samples of sugarcane billets were taken to measure its physical properties. The billet average length and diameter was 279.3 mm and 27.52 mm respectively. The average weight of the billet was 184.31 g, while the bulk density was 322.2 kg/m3. The trash percentage was controlled at 0%. The prepared billets were kept in the room temperature of about 25°C and 55% air relative humidity approximately. The experiment condition was shown in table 1

Table 1 Experimental condition

Cultivar of sugarcane	Khon Kaen-3
Total weight of sugarcane	600 kg
Linear conveying speed	0.189 m/s
Conveyor inclination angle	60 °
Width of conveyor	0.6 m
Diameter of conveyor drum	0.28 m
Number of metering device arrangements	2 case
Number of replications of each arrangement	3 replications

2.2 Experimental procedure

The modified billet planter Austof 750 BP with the developed container bin from the former study (Choochart et al., 2014) was used for the experiment (Fig.1). The stationary tests were done to compare the discharge precision between the original metering device and the developed metering device. The original metering device consists of the flat cleats attached on the 60 degree inclined conveyer belt. The length of all cleats was the same with the conveyer width which equal to 60 cm (Fig. 2). On the other hands, in the developed metering device, the original full width flat cleats were replaced by the new cleats, while keeping the same cleat space at 150 mm. The edges of the new cleats were bended to be 20 degree inclined. The cleats were shorten to 2/3 length of conveyer width and aligned in left-right alternation (Fig. 3). The other geometries of the planter except for the shape and the arrangement of the cleats were kept the same for the comparative tests.

Fig. 1 The modified billet planter Austoft 750 BP that used for the experiment

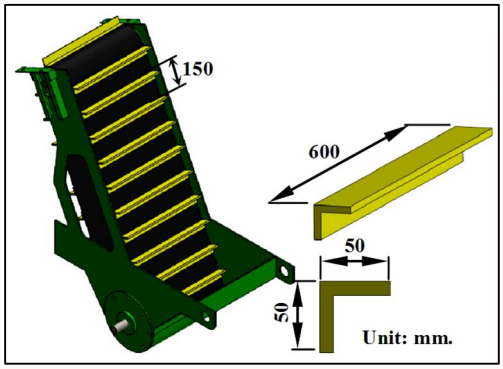


Fig. 2 The geometry of the original metering device

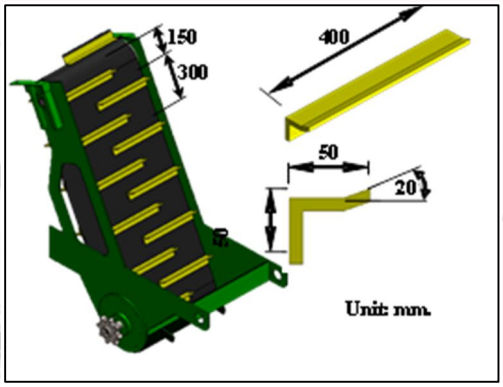


Fig. 3 The geometry of the developed metering device

Fig. 4 shows the schematic of the stationary tests. The billet planter was place on the leveled concrete floor. Then 600 kg of controlled sugarcane billets were loaded into the

container. The billet conveyer was driven by 100 hp tractor PTO through gear box CTA (ASS) single worm with 1:20 ratio. Since the actual forward speed of this type of billet planter was 5.54 km/hr (Thitinai et al., 2013),which resulted in the linear conveying speed of 0.189 m/s. Thus, during the test, the linear conveying speed was controlled at 0.189 m/s by controlling tractor engine speed and randomly checked using digital tachometer (Tachometer Laser AND model AD-5172). The numbers of discharge billets were recorded by the VDO camera contour roam plus 2 (120 Fps) that attached to the tractor roof (Fig.5). The instant discharge rate (billet/sec) was calculated at each 1 sec from the beginning of discharge until the container became empty. The experiments were done in 3 replications for each case. Considering the ratio of the linear conveying speed to the planter's forward speed, R which was 0.17:1 in the actual field operation, the discharge index (billet/m) was calculated from the discharge rate (billet/sec) using equation 1. Consequently, the precision index which represents percentage of discharge accuracy was calculated using equation 2 (Javad et al., 2013).

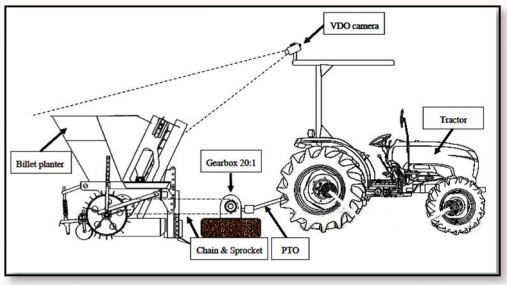


Fig. 4 The schematic of stationary test

Fig. 5 Sample of recorded frame during the stationary test of a) the original metering device and b) the developed metering device

$$\text{Discharge index (billet/m)} = \frac{n}{t} \times \frac{R}{v} \quad \ldots(1)$$

Where

n = numer of discharged billets during observed time duration (billet)

t = time duration (sec)

v = linear conveyer speed (m/s)

R= ratio of the linear conveyer speed to the forward speed

$$\text{Precision index (\%)} = \frac{Nn_{total}}{N_{total}} \times 100 \quad \ldots(2)$$

Where

Nn_{total} = total distance that billets were discharged within the desired discharge index range (m)

N_{total} = total distance of discharge from beginning until container became empty (m)

RESULTS AND DISCUSSION

Fig. 6 shows the discharge index during the stationary test. The dash line and solid line represents the results of the original and the developed metering device of the container bin, respectively. The discharge index was high at the beginning of the test which the container bin was fully loaded. Then the discharge index decreased. Considering declination trend of the discharge index for each metering device, the discharge index of the original metering device tended to decrease with the higher rate than that of the developed metering device. To compare the discharge consistency, the frequency polygons of the discharge index were plotted as shown in Fig. 7.

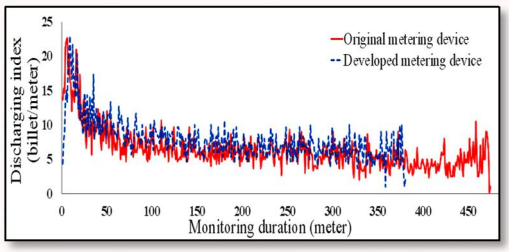


Fig. 6 The comparative discharge index during the stationary test

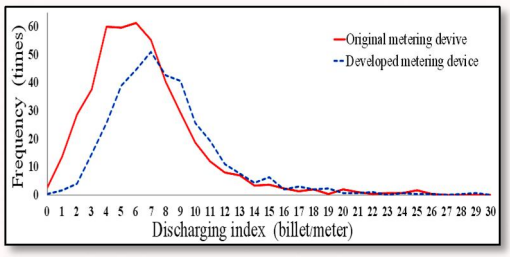


Fig.7. Frequency polygon of discharge index from the stationary test comparing between the original and the developed metering device

Refer to the former research (Jalil et al., 2010), the overlap length of the billet in the planting row should be 15 cm. As the average length of billets was 279.3 mm, the desire discharge index was 7.5 billets/m. Considering ±20% acceptable error, the desire range of discharge index was 6-9 billets/m (Thitinai et al., 2014). Considering the frequency polygon of the discharge index, the original metering device of the container bin had a peak during 4-7 billets/m which was less than the desire range. More over, zero discharges were observed for 3 times, while the total number of discharge was 454 times per replication. That is, there was about 0.66% of the planting distance that the sugarcane billet was not applied. On the other hands, the developed metering device had a peak during 6-9 billets/m which was within the desire range, and totally had no zero discharges. That is; the developed metering device caused more turbulence inside the container bin and allowed wider alignment angle of the sugarcane billet to be conveyed than the original one. Thus, the sugarcane billets that align in horizontal and vertical direction were both conveyed by the developed metering device.

Precision index of the discharge index in desire range was calculated for each metering device as shown in table 2 and table 3. Considering the average results from 3 replications for each case, first metering device had the total precision index of 41.01%, while the developed metering device had the total precision index of 50.67%. The developed metering device had 9.66% total precision index in the desire ranged higher than the original one. To interpret these results, we can describe in term of planting distance. For the original metering device, there was about 41 m length of the total 100 m length that the sugarcane billets were discharged within the desired numbers. While, there was about 50 m length of the total 100 m in case of the developed metering device which was longer than those of the first pattern.

Table 2 Precision index under the stationary tests of the original metering device

Discharging Index (billet/meter)	Original metering device Precision index (%)			
	Test 1	Test 2	Test 3	Average
6	12.18	13.20	15.01	13.46
7	13.58	11.90	11.21	12.23
8	6.79	10.39	9.30	8.83
9	7.49	5.41	6.55	6.49
Total	**40.05**	**40.91**	**42.07**	**41.01**

Table 3 Precision index under the stationary tests of the developed metering device

Discharging Index (billet/meter)	Original metering device Precision index (%)			
	Test 1	Test 2	Test 3	Average
6	10.98	13.43	13.42	12.61
7	13.72	14.00	15.53	14.42
8	13.11	10.00	13.16	12.09
9	11.59	12.57	10.53	11.56
Total	**49.39**	**50.00**	**52.63**	**50.67**

CONCLUSION

The discharge precision comparative station-ary tests were carried out to find the better shape and arrangement of the cleated conveyer as a metering device of the sugarcane billet planter. The original billet metering device used the flat steel cleats which their lengths were equal to the conveyer width. While the developed metering device use inclined-edge cleat. More over the cleats were shorten to 2/3 length of conveyer width and aligned in left-right alternation. The results showed that the developed metering device had no zero-discharge index. Considering the desire range of discharge index between 6-9 billet/m, the average precision index of the developed metering device was 50.67% which was 9.66% higher than those of the original metering device. Thus, the sugarcane billet

planter equipped with the developed metering device can plant with higher precision.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was financially supported by The Thailand research fund and Khon kaen University. The discussions shown in this article belong to the authors, which The Thailand research fund and Khonkaen University do not need to agree with. This study was also supported by Applied Engineering for Important Crops of the North East research group, Khon Kaen University. The conference attendance of this paper was financially supported by Agricultural Machinery and postharvest technology research center, Khon Kean University, Khon Kean 40002, Thailand. The authors are graceful to Mr.Kittiphit Eungsathitthaworn, the sugarcane farmer in Khon Kaen province who support the facility and gave the guidance for the experiment practices.

REFERENCE

[1] Choochart Chaloemthoi, Saengprachatanarug K.and Wongpicher S. Comparison of discharge index of sugarcane billet planter in khon kaen province. The 15th TSAE national conference, Thailand, pp.364-371 (2014)

[2] Garrison, D.D., E.O. Dufrene, and B.L. Legendre. Effect of planting date on yields of sugarcane varieties grown in Louisiana. Abstr. J. Amer. Soc. Sugar Cane Technol. 20:115, 2000.

[3] Hoy. J.W. 2001. Planting Sugarcane: Whole Stalks versusbillets.Availableat:http://www.-lsuagcenter.com/en/communications/publications/agmag/Archive/2001/Fall/Planting+Sugarcane+Whole+Stalks+Versus+Billets. htm. Acce-ssed on 6 August 2013.

[4] Jalil Razavi ,Moslem Namjoo. Determination of forward speed effect on planning uniformity in a sugarcane billet planter. Canadian Society for Bioengineering (CSBE/SCGAB) Québec City, Canada. June 13-17, 2010.

[5] Javad Taghinezhad, Alimardani R. and Jafari A. Optimization cane traction output from hopper in full-automatic sugarcane planters by using response surface modeling and analytical hierarchy process. Journal Agric Eng Int: CIGR July Vol.15, No. 2: 138-147 (2013)

[6] Office of the cane and Sugar Board [Internet].-2014 [update 2014 Nov 20]. Available from: http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9193.pdf

[7] Tangwongkit B et. al, Improvement of sugarcane chopper harvester for sugarcane seed cutting, Proceedings of 47th Kasetsart Univer-sity Annual Conference: (2007)

[8] Tangwongkit R et.al, Design and development of a no-tilled sugarcane planter model FM.44 (NRCT-KU). Proceedings of 41th Kasetsart University Annual Conference: Engineering and Architecture (2003)

[9] Thitinai Tianyam, Khwantri Saengprachata-narug, Nattangrit Veerakulwattana, Suriya Anutara-pongpan. Performance of Sugarcane billet planter and traditional ground wheel planter used in Khon kaen area (in Thai). The 14th TSAE national conference. 2013.

[10] Titinai Thienyaem, Saengprachatanarug K., Wong-pichet S., Eizo T., Thongrak P. The influence of the metering device arrangement to the discharging consistency of the sugarcane billet planter. The 5th KKU International Conference March 27-29 Khon Kaen, Thailand (2014)