การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนักและแรงกดอัดบนพื้นดินของเครื่องเกี่ยวนวด ENG-MJU-003

พนธกร เหลี่ยมเคลือบ

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนักและแรงกดอัดบนพื้นดินของเครื่องเกี่ยวนวด ENG-MJU-003

พนธกร เหลี่ยมเคลือบ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2564

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนักและแรงกดอัด
บนพื้นดินของเครื่องเกี่ยวนวด ENG-MJU-003

พนธกร เหลี่ยมเคลือบ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญโญใหญ่)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเนตร สืบค้า)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี ปฏิบัติการแทน
อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนักและแรงกดอัดบนพื้นดินของเครื่องเกี่ยวนวด ENG-MJU-003
ชื่อผู้เขียน นายพนธกร เหลี่ยมเคลือบ
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์เสมอขวัญ ตันติกุล

บทคัดย่อ

ปัจจุบันเกษตรกรไทยเริ่มนำเครื่องจักรกลเกษตรสำหรับการเก็บเกี่ยวเข้ามาทดแทนแรงงานคนซึ่งมีจำนวนลดลงมาก แต่การใช้งานยังมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก และมีราคาแพง ทำให้เกษตรกรไม่สามารถรวมกลุ่มซื้อหามาใช้งานได้ ทีมงานวิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวต้นแบบขึ้น (รุ่น ENG-MJU-003) ซึ่งเป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็ก เครื่องยนต์ขนาด 30 แรงม้า ขับเคลื่อนด้วยล้อยางแบบไฮโดรสแตติกส์ จากการประเมินเมื่อนำไปทดสอบใช้งานจริงในพื้นที่พบปัญหาความแข็งแรงของเสื้อเพลาขับหน้าเกิดการโก่งงอ เนื่องจากเสื้อเพลาขับหน้าทำหน้าที่เป็นคานรองรับน้ำหนักของรถเกี่ยวนวด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของเสื้อเพลาขับหน้าเครื่องเกี่ยวนวดรุ่น ENG-MJU-003 โดยใช้วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเสื้อเพลาขับหน้ารองรับน้ำหนักก่อนและหลังการพัฒนาปรับปรุง ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงแสดงให้เห็นว่าความเค้นสูงสุดของเสื้อเพลาขับหน้ารองรับน้ำหนักก่อนและหลังการพัฒนาปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 200.4 MPa และ 65.4 MPa ตามลำดับ การโก่งตัวมีค่า 0.33 mm และ 0.13 mm ตามลำดับ ค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.2 และ 3.8 ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ ทำให้ทราบว่าการพัฒนาปรับปรุงเสื้อเพลาขับหน้ารองรับน้ำหนักมีทิศทางที่เหมาะสมมากขึ้น ภายหลังการปรับปรุงดังกล่าวค่าความแข็งแรงเสื้อเพลาขับหน้าสูงขึ้นและใช้งานได้จริงโดยไม่เกิดการโก่งงอ และผลการทดสอบหาค่าพื้นที่หน้าสัมผัสล้อยางทั้ง 2 กรณี คือ กรณียางเดี่ยว (4 ล้อ) แสดงให้เห็นว่าที่ความดันลม 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่ากันทุกล้อ มีค่าพื้นที่หน้าสัมผัสเฉลี่ย 92,157.78 ตารางมิลลิเมตร มีแรงกระทำต่อพื้นดิน 290.01 กิโลพาสคัล และกรณียางคู่ (6 ล้อ) มีพื้นที่หน้าสัมผัส 111,994.22 ตารางมิลลิเมตร ทำให้แรงกระทำต่อพื้นดิน 238.64 กิโลพาสคัล ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่ายางคู่มีพื้นที่สัมผัสมากกว่ากรณียางเดี่ยว 19,836.44 ตารางมิลลิเมตร มีความแตกต่างของแรงที่กระทำต่อพื้นดินถึง 17.71 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ล้อคู่ยังช่วยในการยึดเกาะการตะกุย ซึ่งมีผลต่อการทำงานในพื้นที่ดินอ่อนได้ดีมากขึ้น

คำสำคัญ : เครื่องเกี่ยวนวดข้าว, เสื้อเพลาขับ, วิธีไฟไนต์เอลิเมนต์, แรงกระทำต่อพื้นดิน

Title STRUCTUAL STRENGTH ANALYSIS OF SUPPORTING SYSTEMS AND GROUND CONTRACT PRESSURE OF COMBINE HARVESTER ENG-MJU-003

Author Mr. Phontakorn Liam-kloub

Degree Master of Engineering in Agricultural Engineering

Advisory Committee Chairperson Associate Professor Samerkhwan Tantikul

ABSTRACT

Nowadays, Thai farmers have started to use agricultural machinery for harvest as a substitute for human labor, which has greatly reduced. However, the use of these machines is quite limited and expensive. For these reasons, many groups of farmers could not afford them. So, our research team has designed and built a prototype combine harvester prototype (model ENG-MJU-003), which is the small combine harvester. It has a 30 hp engine and is driven by the four wheel drive rubber tires hydrostatic transmission driven. The research team found a problem with the strength of the front axle housing, where it was deflected after the test, as the front axle housing acts as a support housing for the combine harvester. Therefore, this research aimed to determine the strength of the front axle housing of the ENG-MJU-003 harvester by using the finite element method by comparing the front axle housing supporting the weight before and after improvement. The results of the strength analysis showed that the maximum stress of the beams before and after the improvement was 200.4 MPa and 65.4 MPa, the deflection was 0.33 mm and 0.13 mm, the safety factor is 1.2 and 3.8 respectively The results of the strength analysis by finite element method allowed the research team to develop a more appropriate directional support beam. After such improvements, the strength of the front axle housing is higher and is more practical without deflection. The findings of the surface area determination of two types of tire indicated that for single tires (four wheel) with 50 psi air pressure of all tire, the average of the surface area is 92,157.78 mm^2

with 290.01 kg/cm^2 of ground action force. And for double tires (six wheel) the average of the surface area is 111,994.22 mm2 with 290.01kg/cm^2 of ground action force. The analysis showed that the pair tire has the surface area more than the single one 19,836.44 mm^2 that cause the 17.71 percents difference of the ground action force. And the pair tire can also help about the grip and scraping that make the working in the soft soil easier.

Keywords : Rice combine harvester, Axle housing, Finite element method, Ground Pressure

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์อนุญาตให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ สำหรับทดสอบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวต้นแบบ และสนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี อาทิเช่น

รองศาสตราจารย์ เสมอขวัญ ตันติกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุเนตร สืบค้า กรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนศิษฏ์ วงศ์ศิริอำนวย และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นำพร ปัญโญใหญ่ และบุคคลอื่นๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่าน ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้ทางด้านวิศวกรรมให้กับผู้วิจัย ในสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร ขอขอบพระคุณกลุ่มเกษตรกร ที่ให้ข้อมูลและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัย จนประสบความสำเร็จอย่างดียิ่ง ท้ายสุดนี้ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจทั่วไป ส่วนข้อบกพร่องผู้วิจัยขอน้อมรับด้วยความยินดีเป็นอย่างยิ่ง

พนธกร เหลี่ยมเคลือบ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

ข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น 3

กรอบแนวคิดและสมมติฐานงานวิจัย 6

ขอบเขตของการทำงานวิจัย 7

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 8

เครื่องเกี่ยวนวดที่พัฒนาในประเทศไทย 8

ลักษณะสำคัญของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศไทย 16

การทำงานของผู้ขับเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 23

การอัดตัวแน่นของดิน 25

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 34

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 40

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ 40

วิธีการดำเนินการวิจัย 41
โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม 41
การวัดภาระที่กระทำบนโครงช่วงล่าง 42
สถานที่ทำการวิจัย 46
บทที่ 4 ผลการทดสอบและการวิเคราะห์ 47
การตรวจสอบความแข็งแรง 47
การปรับปรุงและพัฒนาโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น ENG-MJU-003 48
ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 50
การบันทึกผลพื้นที่สัมผัสล้อยาง 54
บทที่ 5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ 62
สรุปผลการวิจัย 62
ภาคผนวก ก 64
ภาคผนวก ข 68
บรรณานุกรม 70
ประวัติผู้วิจัย 73

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง 6

ตารางที่ 2 Material property for FEM analysis. 44

ตารางที่ 3 ตารางพื้นที่สัมผัสล้อยาง 59

ตารางที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณทางสถิติ 61

ตารางที่ 5 การคำนวณทางสถิติโดยโปรแกรม Microsoft Excel 2019 61

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลัง 16

ภาพที่ 2 ชุดช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 17

ภาพที่ 3 ระบบส่งกำลังแบบขับตรง 18

ภาพที่ 4 ระบบขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน 18

ภาพที่ 5 ล้อโน้มข้าว 19

ภาพที่ 6 ชุดใบตัด (Cutter Bar) 19

ภาพที่ 7 คอลำเลียงเข้าไปสู่ระบบนวด 20

ภาพที่ 8 ส่วนประกอบหลักของเครื่องเกี่ยวนวดที่ผลิตในประเทศไทย 21

ภาพที่ 9 ระบบนวด 21

ภาพที่ 10 ลูกนวดและแผ่นตะแกรงโค้ง 22

ภาพที่ 11 ระบบคัดแยกทำความสะอาด 23

ภาพที่ 12 รูปแสดงของคานประเภทดีเทอร์มิเนต 28

ภาพที่ 13 แสดงรูปของ คานประเภทอินดีเทอร์มิเนต (IndeterminateBeam) 29

ภาพที่ 14 แสดงผลรวมทางพีชคณิตที่กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงที่หน้าตัดใด ๆ ของคาน 30

ภาพที่ 15 Element model 31

ภาพที่ 16 เครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น ENG-MJU-003 40

ภาพที่ 17 วิเคราะห์การสูญเสียรูปร่างด้วยวิธีการไฟไนท์อิลิเมนต์ 41

ภาพที่ 18 โปรแกรม SolidWork 41

ภาพที่ 19 ชั่งน้ำหนักเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้ง 4 ล้อ 42

ภาพที่ 20 เพลาขับหน้าก่อนการพัฒนาได้รับความเสียหาย 42

ภาพที่ 21 เพลาขับหน้าหลังการพัฒนา 43

ภาพที่ 22 เพลาขับหน้าก่อนการพัฒนา 43
ภาพที่ 23 เพลาขับหน้าหลังการพัฒนา 43
ภาพที่ 24 ยางเดี่ยว (Single wheel) 45
ภาพที่ 25 ยางคู่ (Double wheel) 45
ภาพที่ 26 นำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวชั่งน้ำหนัก 47
ภาพที่ 27 ความแตกต่างของแรงที่กระทำบนเพลาหน้า-หลัง 48
ภาพที่ 28 เสื้อเพลาขับหน้าก่อนการพัฒนา 48
ภาพที่ 29 ชิ้นส่วนคดงอเสียรูปเมื่อผ่านการทำงานในสภาพพื้นที่จริง 49
ภาพที่ 30 เหล็กคานเสริมความแข็งแรง 49
ภาพที่ 31 เสื้อเพลาขับหน้าหลังการพัฒนา 50
ภาพที่ 32 เสื้อเพลาขับหน้าก่อนการพัฒนา 52
ภาพที่ 33 เสื้อเพลาขับหน้าหลังการพัฒนา 53
ภาพที่ 34 ลายดอกยางล้อหน้า 54
ภาพที่ 35 ลายดอกยางล้อหลัง 55
ภาพที่ 36 ทดสอบกดจากสภาวะปกติ (ยางหน้า) 55
ภาพที่ 37 ทดสอบกดจากสภาวะปกติ (ยางหลัง) 56
ภาพที่ 38 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหน้า 56
ภาพที่ 39 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหลัง 57
ภาพที่ 40 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหน้า (คู่นอก) 57
ภาพที่ 41 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหน้า (คู่ใน) 58
ภาพที่ 42 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหลัง 58
ภาพที่ 43 กราฟผลการทดสอบของแรงกระทำต่อพื้นที่สัมผัส 59
ภาพที่ 44 กราฟผลการทดสอบพื้นที่สัมผัสหน้ายาง 60

บทที่ 1
บทนำ

ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวอันดับหนึ่งของโลกติดต่อกันมานานหลายปี จากสถิติในปี 2548 ประเทศไทยมีผล ผลิตข้าวประมาณ 23 ล้านตันข้าวเปลือก มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดทั้งประเทศประมาณ 57 ล้านไร่ ผลผลิตดังกล่าวใช้สำหรับบริโภคภายในประเทศและเก็บสำรองประมาณ 13 ล้านตันข้าวเปลือก ส่วนที่เหลือจะส่งออกในรูปข้าวสาร ทำรายได้ประมาณเก้าหมื่นกว่าล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) อย่างไรก็ตามแม้ว่าประเทศไทยจะเป็นประเทศผู้ส่งออกข้าวอันดับต้นๆ ของโลกก็ไม่ได้หมายความว่าประเทศไทยประสบความสำเร็จในการทำนาผลผลิตที่มากมาจากปริมาณพื้นที่ค่อนข้างมากนั่นเอง

การใช้แรงงานคน สัตว์ ในการเก็บเกี่ยวนั้นช้ามีค่าแรงค่อนข้างสูง และผู้รับจ้างหายากขึ้น ส่งผลให้ไม่ทันต่อการเก็บเกี่ยวในพื้นที่ขนาดใหญ่จึงจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีเครื่องเกี่ยวนวดเข้ามาช่วยในการทำงานของเกษตรกรเพื่อให้มีระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวที่รวดเร็วขึ้น ทันต่อสภาพอากาศที่แปรปรวนอย่างรวดเร็วในปัจจุบัน และลดการใช้แรงงานคนในการทำงานเพื่อลดต้นทุนการผลิต โดยทั่วไปเกษตรกรจะว่าจ้างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดใหญ่มาเก็บเกี่ยวในพื้นที่ของตน

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวในปัจจุบันถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยมีหลากหลายค่ายที่เป็นผู้ผลิตที่เป็นโรงงานผู้ประกอบการแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ เป็นโรงงานกลุ่มที่มีการจดทะเบียนอย่างเป็นทางการ (โรงงานขนาดใหญ่) และกลุ่มที่ไม่มีการจดทะเบียนอย่างเป็นทางการ (โรงงานขนาดเล็ก หรืออู่) กลุ่มที่มีการจดทะเบียนอย่างเป็นทางการ คือกลุ่มโรงงานที่มีการจดทะเบียนเป็นบริษัทจำกัด โรงงานในกลุ่มนี้มีอยู่ 5 โรงงานด้วยกัน คือบริษัทเกษตรพัฒนาอุตสาหกรรมจำกัด บริษัทเครื่องจักรกลเกษตรไทยจำกัด บริษัทศักดิ์พัฒนาการเกษตร จำกัด บริษัทไทยเส็งยนต์การเกษตร จำกัด และบริษัทสยามคูโบต้า จำกัด ทั้งหมดเป็นโรงงานขนาดใหญ่ใช้เงินลงทุนสูง มีการจ้างแรงงานจำนวนมาก มีผลิตภัณฑ์หลากหลายขายสินค้าทั้งในและต่างประเทศ กลุ่มที่ไม่มีการจดทะเบียนอย่างเป็นทางการ (โรงงานขนาดเล็ก) กลุ่มนี้ไม่มีการจดทะเบียนเป็นบริษัทจำกัด เป็นโรงงานที่ผู้ประกอบการพัฒนาตัวเองขึ้นมาจากลูกจ้างในโรงงานผลิตรถเกี่ยวนวดข้าว เป็นพี่น้อง หรือลูกของโรงงานเดิม ที่แยกออกมา หรือเป็นผู้รับจ้างเกี่ยวนวดข้าวและพัฒนามาทำรถเกี่ยวนวดข้าวเอง เป็นกิจการประเภทเจ้าของคนเดียว ไม่สามารถประมาณการได้ว่ามีจำนวนเท่าใดแน่ ภาคกลางน่าจะมีโรงงานประเภทนี้มากที่สุด มีการประมาณการว่ามีโรงงานขนาดเล็กทั้งหมดมากกว่า 380 โรง ตัวอย่างโรงงานผลิตรถเกี่ยวนวดข้าวในกลุ่มนี้ มีอาทิ รถเกี่ยวข้าววรพจน์การช่าง พรกินรีการช่าง รถ

เกี่ยวข้าวปานเจริญการช่าง เป็นต้น (โครงการอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าว และการประกอบการรับจ้างเกี่ยวนวดข้าว ในเขตภาคกลางของประเทศไทย, 2559) ซึ่งมีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ทำตามความต้องการของตลาด ซึ่งเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดใหญ่มีน้ำหนักมากจะส่งผลทำให้ชั้นดินอัดตัวแน่น เมื่อทำงานในแปลงขนาดเล็กหรือพื้นที่ลาดชันทางภาคเหนือตอนบน ทำให้การใช้เครื่องเกี่ยวนวดมีลักษณะไม่เหมาะสมกับพื้นที่แปลง ส่งผลให้การทำงานไม่ได้เต็มประสิทธิภาพ จากปัญหาดังกล่าวจึงควรรณรงค์ให้มีการพัฒนาเครื่องเกี่ยวข้าวขนาดเล็กให้เหมาะสมกับพื้นที่ อีกทั้งสนับสนุนส่งเสริมให้มีการรวมกลุ่มการใช้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็ก ราคาประหยัด และใช้เชื้อเพลิงต่ำ ตลอดจนใช้งานง่าย ง่ายต่อการบำรุงรักษา (กรมการข้าว, 2009)

แนวทางการแก้ไขปัญหา

รถเกี่ยวนวดข้าวที่มีใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่จะมีขนาดใหญ่ ใช้ระบบเคลื่อนที่แบบตีนตะขาบและมีน้ำหนักมาก ทำให้ขาดความคล่องตัว ไม่สามารถวิ่งบนท้องถนนทั่วไปได้ (ต้องใช้รถขนย้าย) ที่สำคัญไม่สามารถทำงานในแปลงนาขนาดเล็กโดยเฉพาะในเขตภาคเหนือตอนบนและตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่รถเกี่ยวข้าวขนาดเล็กมักนำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นซึ่งเมื่อนำมาใช้พบว่ามีข้อจำกัดในเรื่องระบบขับเคลื่อนที่เป็นแบบตีนตะขาบยาง (ปีนข้ามคันนาไม่ได้และเกิดการชำรุดเสียหาย) อีกทั้งมีปัญหาเรื่องความทนทาน ข้าวถือว่าเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญมากและเพาะปลูกกันทั้งประเทศและเป็นความมั่นคงทางอาหาร เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นและลดหารนำเข้าเครื่องจักรกลการเกษตรจากต่างประเทศ เพื่อตอบสนองภาคการผลิตสาขายุทธศาสตร์โดยส่งเสริมงานที่วิจัยที่เป็นนวัตกรรมหรือต้นแบบ ทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศไปต่อยอดใช้งานจริง ด้วยการพัฒนาด้วยการพัฒนารถเกี่ยวนวดขนาดเล็กที่มีระบบขับเคลื่อนแบบล้อยางซึ่งเหมาะกับแปลงปลูกขนาดเล็กในเขตพื้นที่เพาะปลูกภาคเหนือตอนบน มีความคล่องตัวในการทำงานสูง ใช้เครื่องยนต์สูบเดียวที่ประหยัดเชื่อเพลิง (ลดต้นทุนการผลิต) สามารถลดการปนเปื้อนพันธุ์ข้าว (กรณีของการผลิตข้าวอินทรีย์) โดยจะกำหนดราคาไว้ที่ประมาณ 450,000 บาท ซึ่งเป็นราคาที่เกษตรกรสามารถซื้อหามาใช้งานได้หรืออาจรวมกลุ่มของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว มีผลทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น มีชีวิตที่ดีขึ้นอย่างยั่งยืน สอดรับกับแผนเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเกี่ยวกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าว
2. เพื่อวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนัก
3. เพื่อวิเคราะห์เกี่ยวกับแรงกดอัดบนพื้นดิน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กที่ผ่านการยอมรับในมาตรฐานอุตสาหกรรมเครื่องเกี่ยวนวดข้าว
2. สามารถนำเครื่องเกี่ยวนวดไปใช้งานในพื้นที่ขนาดเล็กในพื้นที่เป้าหมายภาคเหนือตอนบนและกลุ่มเกษตรกรขนาดเล็ก
3. การเข้าถึงกลุ่มเกษตรกรที่ต้องการเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กไว้ใช้งานในพื้นที่ของตนเอง

ข้อมูลพื้นฐานเบื้องต้น

ประเทศไทยพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดมาจากเครื่องของต่างประเทศ ชุดหัวเกี่ยวและระบบลำเลียงพัฒนามาจากเครื่องเกี่ยวนวดของประเทศทางแถบตะวันตก โดยนำชิ้นส่วนทั้งของเครื่องเกี่ยวนวด รถยนต์หรือเครื่องจักรกลต่างๆ มาดัดแปลง ส่วนชุดนวดและชุดทำความสะอาดดัดแปลงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของไทยซึ่งเป็นการพัฒนาและปรับปรุงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) ประเทศไทยได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจนเหมาะกับสภาพการทำงานในประเทศได้เป็นอย่างดี โดยเกือบทั้งหมดเป็นเครื่องที่พัฒนาและผลิตขึ้นในประเทศไทย และใช้งานในลักษณะของการรับจ้างเกี่ยวนวดแบบเหมาจ่ายต่อหน่วยพื้นที่ มีขนาดหน้ากว้างของหัวเกี่ยวประมาณ 3 เมตร สามารถเกี่ยวนวดข้าวได้ประมาณ 20 ถึง 40 ไร่ต่อวัน ทั้งยังสามารถเก็บเกี่ยวข้าวได้ทั้งข้าวสภาพต้นตั้งและสภาพต้นล้ม และสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งพันธุ์ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กต้นแบบที่ศึกษามีส่วนประกอบที่สำคัญ 7 ส่วน คือ

1. เครื่องยนต์ต้นกำลัง

เครื่องยนต์ต้นกำลัง เป็นเครื่องยนต์ดีเซลสูบเดียวและมีกำลังอยู่ที่ 30 แรงม้า (โดยมีกำลังต่อเนื่องที่ 30 แรงม้า และแรงบิดสูงสุดที่ 65 นิวตันเมตร)

2. ระบบช่วงล่าง

ระบบช่วงล่าง ทำหน้าที่รองรับส่วนต่างๆ ของเครื่องเกี่ยวนวดทั้งหมด และยังเป็นส่วนที่ยึดเกาะกับพื้นเพื่อให้เกิดการเคลื่อนที่ ช่วงล่างที่ออกแบบเป็นแบบคานแข็งมีลักษณะเป็นล้อเช่นเดียวกับรถไถเดินตาม และออกแบบใส่ล้อคู่เพื่อช่วยในการรับน้ำหนัก และมีการขับเคลื่อนเป็นแบบ 4 ล้อ โดยในการออกแบบช่วงล่างต้องมีคำนวณในส่วนของ แรงกดการคำนวณแรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม หรือ มอก. โดยที่สูตรที่มีจะเป็นการคำนวณของตีนตะขาบ ซึ่งจะมีสูตรการหาพื้นที่ของล้อยางอีกสูตรหนึ่งที่มีลักษณะการกดลงบนพื้นเป็นวงรี เพื่อมาประกอบกับการใช้สูตรคำนวณการหาแรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่

สูตรการหาพื้นที่ผิวสัมผัสดินของการขับเคลื่อนด้วยล้อยาง

$$A = 0.78bl$$

เมื่อ b = ความกว้างหน้ายางที่สัมผัสพื้น (มิลลิเมตร)

l = ความยาวหน้ายางที่สัมผัสพื้น (มิลลิเมตร)

แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ = $(1.01 \times 9.8M)/(A)$ MPa

เมื่อ M = มวลเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (กิโลกรัม)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสดินของล้อยาง

โดยที่ น้ำหนักที่แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต้องไม่เกิน 2.94 เมกะพาสคาล

3. ระบบถ่ายทอดกำลังและขับเคลื่อน

ระบบถ่ายทอดกำลังและขับเคลื่อน ทำหน้าที่ถ่ายทอดกำลังจากเครื่องยนต์ไปยังระบบขับกลไกต่างๆ การขับอุปกรณ์ส่วนใหญ่ใช้พูเล่ย์กับสายพาน ส่วนการขับเคลื่อนเครื่องเกี่ยวนวดปัจจุบันนิยมใช้ระบบขับเคลื่อนด้วยน้ำมันหรือระบบที่ถ่ายทอดกำลังไปยังชิ้นส่วนต่างๆ โดยใช้น้ำมันไฮดรอลิคเป็นตัวกลางหรือระบบไฮโดรสแตติกส์ ในการถ่ายทอดกำลังผ่านมอเตอร์ไฮดรอลิค ไปยังชุดเกียร์กลางเพื่อเลือกความเร็วและระบบการขับเคลื่อน (2H, 4H, 4L) และส่งกำลังไปหมุนล้อขับเพื่อให้เครื่องเกี่ยวนวดเคลื่อนที่ ส่งผลให้การควบคุมความเร็วของส่วนต่างๆ เป็นอีสระต่อกัน ทำให้มีความคล่องตัวในการทำงานสูง

4. ระบบหัวเกี่ยว

ระบบหัวเกี่ยว เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ตัด รวบรวม และลำเลียงต้นพืชส่งเข้าชุดป้อนลำเลียง เพื่อส่งต่อไปยังชุดนวด ประกอบด้วยล้อโน้ม ทำหน้าที่ยกต้นพืชที่ล้มและหรือโน้มต้นพืชที่ตั้งให้เข้ามาหาชุดใบมีด ชุดใบมีดตัดต้นพืชและถูกล้อโน้มผลักส่งต่อเข้ามายังเกลียวลำเลียงที่ด้านหน้าหัวเกี่ยวเพื่อรวบรวมต้นพืชมายังส่วนกลางของชุดหัวเกี่ยว สำหรับส่งเข้าชุดป้อนลำเลียงเพื่อกวาดพาต้นพืชที่เกลียวลำเลียงส่งต่อไปยังชุดนวด ในปัจจุบันได้มีการนำระบบไฮโดรสแตติกส์มาเป็นต้นกำลังในการขับชุดหัวเกี่ยวเพื่อให้สามารถปรับความเร็วของชุดหัวเกี่ยวให้มีความสัมพันธ์กับลักษณะของต้นข้าวและความเร็วในการขับเคลื่อน รวมถึงปรับการหมุนย้อนกลับของหัวเกี่ยวเพื่อใช้งานตอนเกิดการ อัดของต้นข้าวที่แน่นเกินไปทำให้หัวเกี่ยวหยุดการทำงาน

5. ระบบนวด

ระบบนวด เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการแยกเมล็ดให้ออกจากรวง ฝัก หรือจากต้น การนวดเป็นการทำให้เมล็ดพืชหลุดออกจากรวง ดังนั้นการนวดจึงมีความสำคัญทั้งต่อคุณภาพและปริมาณของผลผลิต ถ้าการนวดที่รุนแรงเกินไปจะทำให้เมล็ดแตกหักเสียหายมาก แต่ถ้าการนวดเบาเกินไปก็จะทำให้มีเมล็ดบางส่วนไม่ถูกนวดและอาจทำให้ความสูญเสียมีค่าสูง เครื่องเกี่ยวนวดในประเทศไทยส่วนใหญ่ใช้ชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน มีลักษณะการทำงานแบบเดียวกับชุดนวดของเครื่องนวดข้าว ประกอบด้วยลูกนวด ตะแกรงนวดล่างและตะแกรงนวดบน ส่วนใหญ่นิยมใช้ชุดนวดขนาดความยาว 4 ฟุต เนื่องจากมีความสามารถในการนวดสูงรองรับกับการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดที่เกือบทั้งหมดใช้งานในลักษณะของการรับจ้างเกี่ยวนวด ผู้ประกอบการรับจ้างเกี่ยวนวดมักรีบเร่งทำงานเพื่อให้ได้พื้นที่เก็บเกี่ยวมากที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ เนื่องจากอัตราค่าจ้างเกี่ยวนวดเป็นแบบเหมาจ่ายต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งอาจส่งผลต่อความสูญเสียจากระบบการนวดที่เพิ่มขึ้นจากอัตราการป้อนที่สูงจากการรีบเร่งเกี่ยวนวด นอกจากนี้ผู้ประกอบการมักปรับแต่งเครื่องเกี่ยวนวดโดยเฉพาะมุมครีบวงเดือนจากแนวเพลาเพื่อให้ชุดนวดสามารถทำงานได้อย่างรวดเร็วโดยไม่คำนึงถึงความสูญเสียที่จะเกิดขึ้น ดังนั้นเห็นได้ว่าการทำงานของชุดนวดนอกจากส่งผลต่อความสูญเสียแล้วยังส่งผลต่อความสามารถในการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดอีกด้วย

6. ระบบทำความสะอาด

ระบบทำความสะอาด ประกอบด้วย ตะแกรงทำความสะอาด ทำหน้าที่แยกเศษหรือท่อนฟางหลังการนวดให้ออกจากเมล็ดทำงานรวมกับชุดพัดลมที่อยู่ใต้ตะแกรงทำความสะอาด โดยชุดพัดลมทำหน้าที่เป่าเศษฝุ่น เมล็ดลีบ เศษฟาง และสิ่งเจือปนอื่นๆ ให้แยกจากเมล็ดออกไปท้ายเครื่อง ส่วนรวงที่ถูกนวดไม่หมดหรือท่อนฟางถูกเขย่าจนหลุดออกไปจากตะแกรงทำความสะอาดลงสู่เกลียวลำเลียงเพื่อลำเลียงกลับไปนวดซ้ำ ส่วนเมล็ดที่ผ่านตะแกรงและพัดลมทำความสะอาดร่วงลงไปยังเกลียวลำเลียงผลผลิตเพื่อนำผลผลิตไปบรรจุกระสอบหรือถังเก็บเมล็ดต่อไป

7. ระบบลำเลียง

ระบบลำเลียง มีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ ชุดป้อนลำเลียง มีโซ่ลำเลียง และครีบสำหรับลากหรือกวาดต้นข้าวที่ถูกตัดจากชุดหัวเกี่ยวส่งเข้าไปยังชุดนวด ส่วนชุดเกลียวลำเลียงผลผลิต ใช้ลำเลียงข้าวเปลือกที่ผ่านการนวดและทำความสะอาดแล้วไปบรรจุกระสอบหรือลงถังเก็บเมล็ด และชุดเกลียวลำเลียงกลับไปนวดซ้ำทำหน้าที่ลำเลียงรวงที่นวดไม่สมบูรณ์ให้วนกลับเข้าไปยังชุดนวดเพื่อทำการนวดซ้ำต่อไป

กรอบแนวคิดและสมมติฐานงานวิจัย

ตารางที่ 1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
- น้ำหนักที่กดลงบนระบบโครงสร้างรองรับน้ำหนัก - น้ำหนักที่กดลงบนพื้นดิน	- ค่าความเค้น ค่าความเครียดและการเสียรูปของช่วงล่าง - ค่าแรงที่กดอัดลงบนพื้นดินต่อหน่วยพื้นที่	- ความชื้นดินในแปลง - น้ำหนักเครื่องเกี่ยวนวดข้าว - ความหนาเหล็กทำโครงสร้างรองรับน้ำหนัก

ขอบเขตของการทำงานวิจัย

1. ทดสอบการใช้งานจริงรถเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กต้นแบบ
2. รถเกี่ยวนวดข้าวต้นแบบใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังขนาด 30 แรงม้าเป็นเครื่องยนต์ 1 สูบ
3. เครื่องต้นแบบมีขนาดหน้ากว้างหัวเกี่ยว 1.7 เมตร ขนาดความยาวลูกนวด 1.2 เมตร (4 ฟุต)
4. เครื่องต้นแบบมีระบบการขับเคลื่อนแบบล้อยางแบบขับเคลื่อน 4 ล้อ
5. ระบบการขับเคลื่อนแบบไฮโดรสแตติกส์ (Fully Hydrostatic Drive)

มหาวิทยาลัยแม่โจ้ MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

รายละเอียดของเนื้อหาบทที่ 2 ได้กล่าวถึงประวัติและลักษณะสำคัญของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว รวมถึงบทบาทหน้าที่ของแต่ละส่วนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

เครื่องเกี่ยวนวดที่พัฒนาในประเทศไทย

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาในประเทศไทยเป็นแบบเกี่ยวนวดข้าวทั้งต้นมีส่วนประกอบที่สำคัญดังนี้

1. ต้นกำลัง ใช้เครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังเครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ใช้แล้วหรือเครื่องยนต์มือสองจากต่างประเทศ ขนาดประมาณ 75-110 แรงม้า โดยมีการเพิ่มอุปกรณ์ปรับความเร็วเพื่อควบคุมอัตราการเร่งของเครื่องยนต์และปัจจุบันนี้มีโรงงานได้สั่งเครื่องใหม่มาจากต่างประเทศ

2. ระบบเกี่ยว ซึ่งประกอบด้วยใบมีดตัดล้อโน้มข้าว และเกลียวลำเลียง ล้อโน้มข้าวมีลักษณะเป็นโครงรูปหกเหลี่ยม และมีซี่เหล็กติดอยู่ทำหน้าที่โน้มต้นข้าวเข้าหาหัวเกี่ยว

3. ระบบนวดและทำความสะอาด มีลักษณะเดียวกับเครื่องนวดข้าวตามแนวแกนที่มีใช้กันอยู่อย่างแพร่หลายในประเทศไทย

เครื่องจักรกลการเกษตรกับการพัฒนาการเกษตรในประเทศไทย

พัฒนาการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรในประเทศไทยเป็นลักษณะค่อยเป็นค่อยไป เนื่องจากสถิติ ปีเพาะปลูก 2554/55 รายงานว่า อัตราถือครองพื้นที่ทางการเกษตรต่อครอบครัว โดยเฉลี่ยของประเทศ เท่ากับ 24.96 ไร่ต่อครัวเรือน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) ซึ่งเป็นขนาดพื้นที่ถือครองที่น้อยมาก จึงมีผลต่อ การพัฒนาการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร เพราะการลงทุนซื้อเครื่องจักรเป็นการลงทุนที่สูงเมื่อเทียบกับผลผลิต ที่ได้ หากการขาดแคลนแรงงานไม่ถึงขั้นวิกฤติ เกษตรกรก็ยังไม่เห็นความจำเป็นในการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร อย่างไรก็ตาม มีการใช้เครื่องจักรกลการเกษตรกับการพัฒนาการเกษตรของไทยโดยตลอด สรุปโดยสังเขป ดังนี้

พ.ศ. 2453 หน่วยงานราชการนำรถแทรกเตอร์ เครื่องเกี่ยวนวดเมล็ดพืช และเครื่องจักรกลเกษตรอื่นๆเข้ามาเผยแพร่ในงานแสดงนิทรรศการเกษตรระดับชาติ แต่ไม่มีการนำไปใช้งานใดๆ พ.ศ. 2495 บริษัทแองโกลไทยมอเตอร์ จำกัด ได้มีการนำเข้ารถแทรกเตอร์ Fordson Power Major

และไถ Polly ของบริษัท Ransomes Sims & Jefferies จำกัด ในราคา 49,500 บาท เป็นครั้งแรก ต่อจากนั้นได้มีการนำเข้ารถไถเดินตาม (Power Tiller) จากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งต่อมาเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายพอสมควร เพราะราคาไม่สูงมาก และมีขนาดพอเหมาะกับพื้นที่ปลูกข้าว ตลอดจนสามารถทำงานแทนคนและสัตว์ได้รวดเร็ว

พ.ศ. 2500 กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้ส่งเสริมให้มีการใช้ปั๊มน้ำพญานาค (Axial Flow Pump)

พ.ศ. 2501 กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ได้ออกแบบรถแทรกเตอร์ 4 ล้อ ที่เรียกว่า “ควายเหล็ก (Iron Buffalo)” ซึ่งมีราคาค่อนข้างแพง

พ.ศ. 2503 รถแทรกเตอร์ที่นำเข้าจากต่างประเทศเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้น ได้แก่ รถแทรกเตอร์ฟอร์ด และแมสซี่เฟอร์กูสัน

พ.ศ. 2507-2508 โรงงานเครื่องจักรกลการเกษตรต่างก็ได้พัฒนาดัดแปลงและประกอบรถไถเดินตามที่นำเข้าจากต่างประเทศ ให้สามารถทำงานได้ในแต่ละพื้นที่ของประเทศ ซึ่งมีโรงงานเครื่องจักรกลการเกษตร 5 โรงงานที่ประสบผลสำเร็จในปี พ.ศ. 2510

พ.ศ. 2512 บริษัทอยุธยาแทรกเตอร์ได้เริ่มผลิตรถแทรกเตอร์ 4 ล้อเล็กเป็นโรงงานแรก

พ.ศ. 2518 โรงงานผลิตเครื่องจักรกลการเกษตร 3 แห่ง สามารถดัดแปลงและผลิตเครื่องนวดข้าว (Axial Flow Thresher) ซึ่งเป็นแบบของ IRRI

พ.ศ. 2521 มีการนำเข้าเครื่องปักดำข้าว (Rice Transplanter) โดยบริษัทเอกชน

พ.ศ. 2523 มีการนำเข้าเครื่องเกี่ยวข้าววางราย (Reaper Harvester) จากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนหลังจากนั้นได้มีการนำเครื่องจักรกลการเกษตรต่างๆเข้ามาเพื่อทดแทนแรงงานคนและสัตว์ อีกหลายชนิด ซึ่งประสบผลสำเร็จบ้าง ไม่สำเร็จบ้างตามแต่ละกรณี

เครื่องเกี่ยวข้าวในประเทศไทย

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 รัฐบาลเริ่มเห็นความสำคัญและมุ่งพัฒนางานวิจัยด้านการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว เพื่อนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่มีประสิทธิภาพไปส่งเสริมแนะนำให้เกษตรกรนำไปปฏิบัติ เพื่อลดการสูญเสียของข้าวและปรับปรุงคุณภาพข้าวให้ดีขึ้น เครื่องเกี่ยวข้าวจึงมีบทบาทสำคัญตั้งแต่นั้นมา ระยะแรกมีการนำเข้าเครื่องนวดข้าวมาจากประเทศญี่ปุ่น แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จ

ในเชิงพาณิชย์ ต่อมากองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ปรับปรุงจนสามารถจำหน่ายได้ (กรมวิชาการเกษตร, 2552) หลังจากนั้นมีการนำเข้าเครื่องเกี่ยวข้าวหลายแบบเข้ามาส่งเสริมให้เกษตรกรใช้ แต่ยัง ไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร เนื่องจากแต่ละเครื่องมีปัญหาที่แตกต่างกันออกไป เครื่องเกี่ยวนวดข้าวสามารถแบ่งได้ 4 ประเภท คือ

1. เครื่องเกี่ยวข้าววางราย และเครื่องเกี่ยวข้าวมัดฟ่อน

เครื่องเกี่ยวข้าววางราย

ปี พ.ศ. 2521-2524 กองเกษตรวิศวกรรมได้ทดสอบพัฒนาเครื่องเกี่ยวข้าววางรายแบบของประเทศญี่ปุ่นและอินเดีย โดยเครื่องเกี่ยววางรายของญี่ปุ่นเป็นเครื่องเกี่ยวแบบมัดฟ่อน ยี่ห้อมามิโตร่า มีแนวโน้มว่าจะใช้งานได้ดีมีโรงงานนำต้นแบบมาทดลองผลิต กองเกษตรวิศวกรรมกำลังจะส่งเสริมให้ผลิตขึ้นเพื่อจำหน่ายในประเทศ แต่โครงการต้องชะงักลง เนื่องจากมีการนำเข้าเครื่องเกี่ยวข้าววางรายจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนเข้ามา ที่เรียกกันทั่วไปว่า “เครื่องเกี่ยวข้าวจีนแดง” ในปี พ.ศ. 2524

ปี พ.ศ. 2524-2525 เกษตรกรหลายรายลงทุนซื้อเครื่องเกี่ยวข้าววางรายที่นำมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน (เครื่องเกี่ยวข้าวจีนแดง) มีข้อดี คือ ทำงานได้รวดเร็ว ราคาไม่แพง ซ่อมบำรุงง่ายและง่ายต่อการผลิต กองเกษตรวิศวกรรมได้นำต้นแบบที่ปรับปรุงดัดแปลงโดยสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (อีรี่) ที่ฟิลิปปินส์มาทดสอบปรับปรุงเผยแพร่ และโรงงานหลายแห่งในประเทศนำไปดัดแปลงผลิตออกจำหน่าย 2-3 แบบ ข้อมูลกองเกษตรวิศวกรรมกล่าวว่า เครื่องเกี่ยวแบบนี้มีเกษตรกรซื้อไปใช้งานประมาณ 3,000 เครื่อง แต่หลังจากที่เกษตรกรซื้อไปใช้งานได้ระยะหนึ่งก็ประสบปัญหา คือ การเก็บมัดรวมเป็นฟ่อนทำได้ยาก และเมื่อนำไปใช้ในดินอ่อนจะจม ประมาณปี พ.ศ. 2526 ความนิยมในเครื่องเกี่ยวข้าววางรายแบบจีนแดงจึงหมดไป ทั้งนี้ ในปี พ.ศ. 2525 มีการนำเข้าเครื่องเกี่ยววางรายที่มีน้ำหนักเบา มีความคล่องตัวสูงเข้ามาจำหน่าย แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร จึงเลิกการนำเข้ามาจำหน่าย อาจถือได้ว่าเป็นการสิ้นสุดยุคเครื่องเกี่ยววางรายด้วยเช่นกัน ทั้งนี้ สามารถสรุปปัญหาและอุปสรรคในการใช้เครื่องเกี่ยววางรายที่นำมาจากสาธารณรัฐประชาชนจีน (เครื่องเกี่ยวข้าวจีนแดง) ได้ดังนี้

1. เครื่องเกี่ยววางรายใช้งานได้ดีในสภาพข้าวต้นตั้งตรงหรือเอียงเล็กน้อย ถ้าเอียงมากหรือข้าวล้ม เครื่องจะเกี่ยวไม่ดีหรือเกี่ยวไม่ได้เลย

2. เครื่องเกี่ยววางรายทำงานได้ดีกับข้าวพันธุ์ต้นตั้ง มีความสูงประมาณ 1 เมตร เช่น พันธุ์ กข 7 ถ้าใช้กับข้าวพันธุ์ต้นสูงที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมปลูก จะตัดได้ฟางยาวเกินไป ทำให้เกิดเป็นปัญหาในการมัดฟ่อนและขนย้าย

3. เกษตรกรผู้ใช้เครื่องยังขาดความรู้ความชำนาญในการใช้และปรับแต่งเครื่อง ทำให้ใช้งานไม่ถูกต้องตามวัตถุประสงค์ที่ออกแบบไว้

4. เครื่องเกี่ยววางรายมีขีดจำกัดในการใช้งานมาก จึงทำให้ใช้งานได้ดีเฉพาะกับข้าวนาปรังเป็นผลให้ชั่วโมงการใช้งานต่อปีน้อย ประกอบกับผู้ซื้อเครื่องเก็บเกี่ยวในตอนแรกต้องเสียเงินไปกับอุปกรณ์ เตรียมดิน โดยเครื่องเกี่ยวมีลักษณะเป็นรถไถเดินตามและนำชุดตัดมาประกอบด้านหน้า ดังนั้น จึงสามารถใช้ได้ 2 วัตถุประสงค์ในเครื่องเดียวกัน ใช้ไถเตรียมดินได้ ใช้เกี่ยวข้าวได้ และดัดแปลงเป็นแบบนั่งได้ ทำให้ราคาเครื่องสูงเกินกว่าที่ควร เพราะเจ้าของเครื่องส่วนใหญ่มีเครื่องมือเตรียมดินที่ผลิตในประเทศใช้งานอยู่แล้ว ทำให้ค่าใช้จ่ายของการใช้เครื่องเก็บเกี่ยวต่อหน่วยผลผลิตสูง ไม่คุ้มค่าในแง่การลดค่าใช้จ่าย

เครื่องเกี่ยวข้าวมัดฟ่อน

เครื่องเกี่ยวข้าวแบบมัดฟ่อนเป็นเครื่องที่ได้พัฒนาขึ้นในประเทศญี่ปุ่นตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2508 ต่างจากเครื่องเกี่ยวแบบเดินตามหรือเครื่องเกี่ยววางราย โดยเพิ่มอุปกรณ์ในการผูกมัดให้เป็นฟ่อนขึ้นมา เริ่มแรกใช้ลวดในการมัด ก่อนปรับปรุงมาใช้เชือกมัด เครื่องที่เคยมีการนำเข้ามาจากประเทศญี่ปุ่น คือ ยี่ห้อ คูโบต้า รุ่น HA-50 จากการสำรวจพบว่าไม่มีเกษตรกรซื้อมาใช้งานเลย อาจจะเป็นสาเหตุที่ว่ามีราคาแพง และ ทำงานได้ช้า นอกจากนี้ฟ่อนข้าวมีขนาดเล็กเกินไป เชือกที่ใช้มัดต้องสั่งจากต่างประเทศ ทั้งนี้ สามารถสรุปปัญหาและอุปสรรคในการใช้เครื่องเกี่ยวแบบมัดฟ่อน ได้ดังนี้

1. ราคาสูง เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพในการทำงาน เครื่องมือชนิดนี้มีความสามารถในการทำงานได้วันละประมาณ 2 ไร่

2. ยังไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่นาในประเทศไทย เครื่องมือชนิดนี้ทำงานได้ดีในสภาพพื้นดินค่อนข้างแห้ง

3. ส่วนใหญ่ใช้ได้ผลกับนาดำที่ปักดำกล้าเป็นแถวเป็นแนว ไม่เหมาะกับนาหว่านหรือนาดำ ที่ปักดำอย่างไม่เป็นระเบียบ

4. ความสูงของการตัดเมื่อวัดจากโคนต้นมีระยะต่ำเกินไป เครื่องมือชนิดนี้สามารถปรับให้ตัดต้นข้าวได้เพียง 8-15 เซนติเมตร จากโคนต้น ทำให้ได้ฟ่อนข้าวยาวเกินไป ซึ่งมีปัญหาในการนวด โดยเฉพาะเครื่องนวดแบบไหลตามแกน (Axial Flow) นวดทั้งต้น จะทำให้เครื่องนวดมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ มีการสูญเสียสูง

5. อุปกรณ์เกี่ยวกับการมัดฟ่อนมีราคาสูง ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ โดยเฉพาะเชือกสำหรับมัดฟ่อน ต้อง สั่งจากบริษัทผู้ผลิต

6. เกษตรกรขาดการเรียนรู้เกี่ยวกับการใช้การบำรุงรักษาที่ดีพอต่อมา บริษัท พี.ซี.เอส.แมชีน (ไทยแลนด์) จำกัด จังหวัดนครสวรรค์ นำเข้าเครื่องเกี่ยวข้าวมัดฟ่อน ยี่ห้อนากาโน่ (Nagano) รุ่น BM2 โดยสั่งชิ้นส่วนหลักจากประเทศญี่ปุ่นมาประกอบในประเทศไทย ซึ่งสามารถเกี่ยวข้าวได้สูงจากพื้น 30 เซนติเมตร เกี่ยวได้สูงกว่าเครื่องรุ่นแรกๆ แต่ก็ยังไม่เป็นที่ต้องการของเกษตรกร จนกระทั่งวิศวกรโรงงานปรับปรุงขึ้นมาใหม่ สามารถเกี่ยวข้าวได้สูงจากพื้น 50 เซนติเมตร ซึ่งเหมาะกับนาแห้ง สามารถลดแรงงานใช้คนเกี่ยวได้ 15 คนต่อวัน ใช้เชือกป่านมัด ราคาของเครื่องประมาณ 110,000 บาท โดยในปี 2552 หลังจากเปิดกิจการได้เกือบครึ่งปี มีการจำหน่ายเครื่องเกี่ยวข้าวมัดฟ่อน ยี่ห้อนากาโน่ ไปแล้ว 32 เครื่อง

2. เครื่องเกี่ยวนวดแบบญี่ปุ่นที่ใช้งานในประเทศไทย

ปี พ.ศ. 2520 มีการนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจากประเทศญี่ปุ่นมาสาธิตเผยแพร่ แต่ไม่ประสบผลสำเร็จเนื่องจากมีปัญหาในเรื่องของสภาพพื้นที่ที่เป็นหล่ม ต้นข้าวล้ม เครื่องจักรมีน้ำหนักมาก และราคาแพง ทำให้ชาวนาไม่สามารถซื้อใช้ได้ ทำให้เครื่องเกี่ยวข้าวไม่เป็นที่นิยม โรงงานในประเทศไทยจึงได้เริ่มทำการดัดแปลง ปรับปรุงเครื่องเกี่ยวข้าวให้มีความเหมาะสมในการใช้กับสภาพพื้นที่ของประเทศไทย แต่ยังมีข้อจำกัดในการใช้งานของเครื่อง คือ ไม่สามารถที่จะเกี่ยวข้าวล้มได้ อีกทั้งยังต้องใช้แรงงานจำนวนมากในการเก็บรวบรวมต้นข้าวที่ถูกตัดแล้วไปทำการนวด

ปี พ.ศ. 2523 บริษัทเอกชนสั่งซื้อเครื่องเกี่ยวนวดแบบญี่ปุ่นเข้ามาจำหน่าย ผู้ที่ซื้อไปล้วนซื้อไปรับจ้างเก็บเกี่ยวข้าว บางบริษัทมีโครงการร่วมลงทุนกับผู้ซื้อ รวมทั้งการขายในลักษณะการเช่าซื้อ จากการสำรวจของศูนย์ส่งเสริมเครื่องจักรกลการเกษตร จังหวัดชัยนาท พบว่า จนถึงปี พ.ศ. 2528 มีเครื่องเกี่ยวนวดแบบญี่ปุ่นใช้งานอยู่ในพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง ภาคตะวันออก รวมทั้งสิ้น 42 เครื่อง

3. เครื่องเกี่ยวนวดแบบตะวันตกที่ใช้งานในประเทศไทย

จากการสำรวจพบว่ามีเพียงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพียงแบบเดียวที่มีผู้นำเข้ามาจำหน่ายและมีผู้นำไปรับจ้างในพื้นที่หลายจังหวัด คือ John Deere รุ่น 995R แต่ข้อมูลจากบริษัทผู้นำเข้า ระบุว่า มีการนำเข้ามาจำหน่ายทั้งสิ้นประมาณ 10 เครื่องเท่านั้น อย่างไรก็ตาม เครื่องเกี่ยวนวดรุ่นนี้ถือได้ว่าเป็นแม่แบบของการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาขึ้นในประเทศไทยอย่างแท้จริง สาเหตุที่มีการใช้เครื่องเกี่ยวนวดแบบตะวันตกน้อย เนื่องจากเครื่องมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก ติดหล่มง่าย เพราะใช้ล้อยางและต้องซ่อมบ่อย อะไหล่มีราคาแพง ประสิทธิภาพในการทำงานต่ำเมื่อใช้กับสภาพน้ำขัง ลักษณะการทำงานไม่สอดคล้องกับพื้นที่ ในลักษณะที่เป็นแปลงนาหรือเป็นแปลงเล็กแปลงน้อย อีกทั้งเครื่องดังกล่าวยังมีราคาแพง ทำให้เกษตรกร ไม่สามารถจัดซื้อหามาใช้ได้

4 เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2530 คุณวิชาญ พิมพ์เจริญ เกษตรกรอำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม ผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศเป็นครั้งแรก โดยเลียนแบบจากเครื่องเกี่ยวนวดจากประเทศตะวันตก โดยเฉพาะส่วนหัวเกี่ยวและระบบลำเลียง จากนั้นได้นำมาประกอบเข้ากับเครื่องนวดข้าวแบบไหลตามแกน ที่มีจำหน่ายอยู่ทั่วไป สาเหตุที่เลือกต้นแบบจากเครื่องเกี่ยวข้าวแบบตะวันตกเนื่องจากชิ้นส่วนการทำงาน ไม่ยุ่งยาก เครื่องสามารถเกี่ยวข้าวล้มได้ แม้ว่าจะล้มราบกับพื้น และสามารถทำงานได้รวดเร็ว เครื่องเกี่ยวนวดข้าวรุ่นแรกๆ เป็นเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบรองกระสอบซึ่งต้องมีคนคอยรองเมล็ดข้าวเปลือกจากเครื่อง การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวยังมีประสิทธิภาพการทำงานต่ำ เมล็ดเสียหายมาก อย่างไรก็ตาม เริ่มมี การนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวออกไปรับจ้างเกี่ยวข้าวให้กับเกษตรกรด้วย

ปี พ.ศ. 2531-2532 เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่พัฒนาและผลิตในประเทศ เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรกว้างขวางมากขึ้น มีโรงงานในเชิงพาณิชย์เพิ่มมากขึ้น

ปี พ.ศ. 2534 มีโรงงานผลิต พวกอู่ซ่อมเครื่องจักรกล และโรงงานผลิตเล็กๆ ประมาณ 30 แห่ง และเริ่มมีการผลิตและนำเข้าเครื่องเกี่ยวข้าวแบบวางราย เพื่อเผยแพร่และจำหน่ายอีกครั้งหนึ่ง แต่ก็ไม่ประสบผลสำเร็จ

ปี พ.ศ. 2535-2536 กองเกษตรวิศวกรรมได้นำแบบเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบเกี่ยวเฉพาะ คอ รวงและเมล็ด โดยไม่ตัดต้น จากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (International Rice Research Institute : IRRI) เข้ามาดำเนินการทดสอบและพัฒนา แต่ไม่มีการนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์

ปี พ.ศ. 2538 เป็นต้นมา เริ่มมีการพัฒนาเครื่องเกี่ยวนวดข้าวให้ทันสมัยยิ่งขึ้น ให้มีถังเก็บข้าวเปลือกภายในเครื่อง มีการพัฒนาชุดหัวเกี่ยวและระบบลำเลียงจากเครื่องเกี่ยวนวดของประเทศตะวันตก โดยนำชิ้นส่วนทั้งของเครื่องเกี่ยวนวด รถยนต์หรือเครื่องจักรกลต่างๆ มาดัดแปลง ส่วนชุดนวดและชุดทำความสะอาดดัดแปลงมาจากเครื่องนวดแบบไหลตามแกนของไทยซึ่งเป็นการพัฒนาและปรับปรุงมาจากเครื่องนวด

แบบไหลตามแกนของ IRRI ประเทศไทย ซึ่งได้พัฒนาและปรับปรุงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจนเหมาะกับสภาพการทำงานในประเทศได้เป็นอย่างดี แล้วยังส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศอีกด้วย

ข้อดีและข้อเสียของเครื่องเกี่ยวนวดแบบญี่ปุ่นที่ใช้งานในประเทศไทยกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย

ปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่นิยมใช้ในประเทศไทย มี 2 ประเภท คือ เกี่ยวนวดแบบญี่ปุ่นที่ใช้งานในประเทศไทย ได้แก่ ยี่ห้อคูโบต้า ยันมาร์ และชิบูร่า และเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย ได้แก่ เครื่องเกี่ยวนวดข้าวของบริษัทเกษตรพัฒนา ศักดิ์พัฒนาการเกษตร ไทยเส็ง บางไทรการช่าง ติยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งสามารถกล่าวถึงข้อดี และข้อเสียได้ดังต่อไปนี้ (นัย บำรุงเวช, 2553)

เครื่องเกี่ยวนวดแบบญี่ปุ่นที่ใช้งานในประเทศไทย

ข้อดี

1.1 เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีขนาดเบา เนื่องจากใช้ล้อตีนตะขาบยาง จึงไม่ทำลายคันนา

1.2 มีความคล่องตัวในการเคลื่อนย้ายในระยะทางใกล้ๆ หรือพื้นที่ติดต่อกัน ไม่ทำความเสียหายกับผิวถนน เส้นทาง เนื่องจากเป็นล้อตีนตะขาบยางและน้ำหนักไม่มาก สะดวกต่อการเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่งที่เป็นพื้นที่เดียวกัน และไม่กีดขวางเส้นทาง

1.3 เมล็ดข้าวไม่หลุดร่วงมาก

1.4 มีทีมงานซ่อมบำรุง ดูแลรักษาเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ให้บริการในพื้นที่

1.5 อะไหล่จากศูนย์บริการ สามารถหาซื้อง่าย

ข้อเสีย

1.1 รถมีขนาดเล็ก ทำงานได้ช้า เกี่ยวข้าวสั้นได้ดี แต่เกี่ยวข้าวล้มหรือข้าวแฉะได้ไม่ดีเท่าที่ควร

1.2 เครื่องมีแรงม้าน้อย ทำให้ลุยหล่มกับพื้นที่นาได้ไม่มากเท่าที่ควร ล้อตีนตะขาบยางสามารถทำงานได้ดีแต่ในสภาพดินแห้ง

1.3 เมื่อเกี่ยวข้าวต้นสูง ข้าวที่มีกอหนาแน่นมาก ทำให้สายพานขับล้อโน้มต้นข้าวขาดได้

1.4 อะไหล่มาจากต่างประเทศ ทำให้มีราคาแพง

เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตขึ้นในประเทศไทย

ข้อดี

2.1 เครื่องมีความทนทาน สามารถทำงานในที่หล่มได้ เก็บเกี่ยวข้าวได้ทั้งข้าวสภาพต้นตั้งและสภาพต้นล้ม และสามารถเก็บเกี่ยวได้ทั้งพันธุ์ข้าวเจ้าและข้าวเหนียว (วินิต ชินสุวรรณ, 2555)

2.2 ทำงานได้มาก ยกตัวอย่างเช่น เครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดใหญ่ (หัวเกี่ยว 3 เมตร) สามารถเกี่ยวข้าวได้ประมาณวันละ 30 ไร่ หากกระทงนามีขนาดใหญ่ และมีพื้นที่ติดต่อกันเป็นพื้นที่กว้าง แต่ถ้าขนาดของนาเป็นกระทงนาเล็ก ก็ต้องเสียเวลาเลี้ยว และเสียเวลาข้ามคัน ทำให้ประสิทธิภาพในการเกี่ยวข้าวลดลง

2.3 หากเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเสีย สามารถซ่อมแซมโดยการตัดต่อเชื่อมต่อได้ง่าย

ข้อเสีย

2.1 เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศไทย โดยทั่วไปมีน้ำหนักประมาณ 3-4 ตัน ซึ่งยังมีน้ำหนักมากอยู่ เมื่อต้องทำงานกับสภาพพื้นที่ที่เป็นดินอ่อนในนาข้าวซึ่งมีน้ำอยู่ การกดอัดลงพื้นดินจึงมีมาก การทรุดตัวเกิดขึ้นมาก ทำให้พื้นที่นาและคันนาบางพื้นที่เสียหาย อาจเกิดหลุมหรือหล่ม โดยเฉพาะขณะเลี้ยว หากเครื่องติดหล่มจะเกิดเป็นหลุมลึก หลุมและหล่มที่เกิดเป็นอุปสรรคต่อเกษตรกรที่ใช้รถไถเดินตามในการเตรียมดิน ทำให้ยากต่อการบังคับรถไถเดินตาม บางครั้งรถเอียงมาก

หรือพลิกคว่ำ ถ้าเป็นแอ่งลึกรถไถเดินตามจะจมลงมาก ทำงานไม่ได้ในพื้นที่ตรงนั้น น้ำหนักที่มากของเครื่องเกิดการกดอัดแน่นกับดินเมื่อใช้ต่อเนื่องนานๆ จะเกิดชั้นดินดานได้เร็ว

2.2 ความกว้างของชุดตัดยื่นออกนอกกระบะบรรทุกรถสิบล้อ ผิดกฎหมายจราจร มักถูกตรวจจับจากเจ้าหน้าที่

ลักษณะสำคัญของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศไทย

สถาบันวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมอุตสาหกรรมการผลิต (สสว.) ร่วมกับสภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2554) รายงานว่า ในช่วงปี พ.ศ. 2550-2553 ประเทศไทยมีปริมาณส่งออกเครื่องจักรกลการเกษตรเพิ่มขึ้นเฉลี่ยต่อปี ร้อยละ 26.25 แต่มูลค่าลดลงเฉลี่ยต่อปี ร้อยละ 0.31 แสดงให้เห็นว่าไทย มีศักยภาพในการผลิตเครื่องจักรกลการเกษตรเพื่อส่งออกมีปริมาณเพิ่มขึ้น เครื่องจักรกลการเกษตรที่ส่งออก ที่สำคัญ ได้แก่ แทรกเตอร์เดินตาม แทรกเตอร์เพื่อการเกษตรขนาดเล็ก เครื่องสูบน้ำ เครื่องสีและขัดธัญพืช และเครื่องเกี่ยวนวดข้าว เฉพาะเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่มีอัตราการส่งออกไปยังประเทศอินเดียสูงขึ้นอย่างเป็นที่น่าสังเกต ทั้งนี้ เครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตในประเทศไทย มีส่วนประกอบที่สำคัญ (บพิตร ตั้งวงศ์กิจ และ รัตนา ตั้งวงศ์กิจ, 2550) ดังนี้

1. เครื่องยนต์ต้นกำลัง (Engine Power) เนื่องจากเครื่องจักรกลเกษตรเป็นเครื่องที่ต้องทำงานหนักต่อเนื่องอยู่ตลอดเวลา จึงใช้เครื่องยนต์ดีเซล ส่วนใหญ่เป็นเครื่องที่ใช้แล้วจากต่างประเทศ ขนาดตั้งแต่ 80-110 แรงม้า เครื่องเกี่ยวนวดข้าวบางยี่ห้อใช้เครื่องยนต์ต้นกำลังแรงม้าสูงเกินความจำเป็น ทำให้มีน้ำหนักเพิ่มขึ้น สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง

ภาพที่ 1 เครื่องยนต์ที่ใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลัง

2. ระบบช่วงล่าง (Suspension system) เป็นส่วนของเครื่องจักรที่อยู่ต่ำกว่าตัวรถลงไปถึงสัมผัสดิน ระบบเครื่องล่างของเครื่องเกี่ยวนวดที่ผลิตในประเทศไทย เหมือนกับเครื่องล่างของแทรกเตอร์ตีนตะขาบ มีบางโรงงานใช้เครื่องล่างของแทรกเตอร์ตีนตะขาบขนาดเล็กทั้งชุดมาใช้งาน ส่วนประกอบทั่วไปประกอบด้วยสายพานตีนตะขาบ ซึ่งมีวงโซ่สองแถวร้อยต่อกันด้วยบูชและสลัก บนข้อโซ่มีแผ่นตีนตะขาบ ทำด้วยไม้เนื้อแข็งขนาด 80 ซม. x 250 ซม. นอกจากนี้ยังประกอบด้วยล้อเฟือง ล้อนำ ลูกรอกบน และลูกรอกล่าง

ภาพที่ 2 ชุดช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

ที่มา : https://www.facebook.com/pichai.boy

3. ระบบถ่ายทอดกำลังและบังคับเลี้ยว (Transmission and Steering System) เป็นระบบถ่ายทอดกำลังระหว่างเครื่องยนต์ไปยังระบบขับเคลื่อน ที่นิยมใช้มี 2 แบบ คือ

3.1 ระบบขับตรง (Direct Drive) เป็นระบบถ่ายทอดกำลังที่มีการตัดต่อกำลังจากเครื่องยนต์โดยผ่านคลัชท์ และใช้ห้องเกียร์แบบเลื่อนคันเกียร์โดยตรง

ภาพที่ 3 ระบบส่งกำลังแบบขับตรง

ที่มา : https://www.yanmar.com/th/agri/products/combine_harvester/

3.2 ระบบขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน (Hydrostatic Drive) เป็นระบบขับเคลื่อนที่ใช้น้ำมันเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดกำลัง โดยกำลังของเครื่องยนต์จะเปลี่ยนเป็นกำลังไฮโดรลิก แล้วเปลี่ยนเป็นกำลังกลไปใช้ในการหมุนอีกครั้งหนึ่ง

ภาพที่ 4 ระบบขับเคลื่อนด้วยน้ำมัน

4. ระบบทำหน้าที่ตัด (Cutting System) ชุดส่วนหัวเกี่ยว (Header) ของเครื่องเกี่ยว จะทำหน้าที่ตัดลำต้นพืชและลำเลียงเข้าสู่ระบบนวดต่อไป (รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, 2554) ประกอบด้วย

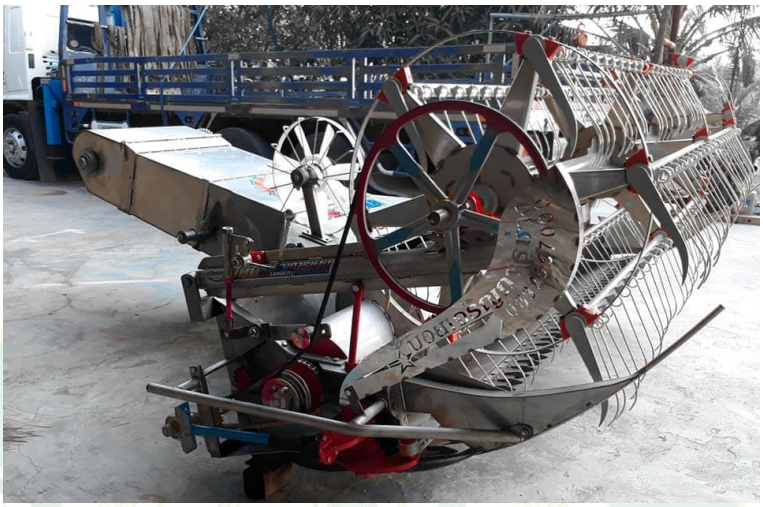
4.1 ชุดล้อโน้ม (Reel) ทำหน้าที่ปัดต้นพืชให้เอนเข้าหาใบมีด ความยาวของล้อโน้มเท่ากับความยาวของชุดใบตัดติดตั้งอยู่เหนือและเยื้องไปด้านหน้าของชุดใบตัดเล็กน้อย ล้อโน้มจะหมุนด้วยความเร็วที่สัมพันธ์กับความเร็วของตัวรถ

ภาพที่ 5 ล้อโน้มข้าว

4.2 ชุดใบตัด (Cutter Bar) ทำหน้าที่ตัดโคนต้นพืชที่เอนเข้ามาโดยการป้อนของล้อโน้ม ขนาดหน้ากว้างของใบมีดโดยทั่วไปประมาณ 3 เมตร ลักษณะเป็นแบบใบมีดชัก (Reciprocuting Knife Mover)

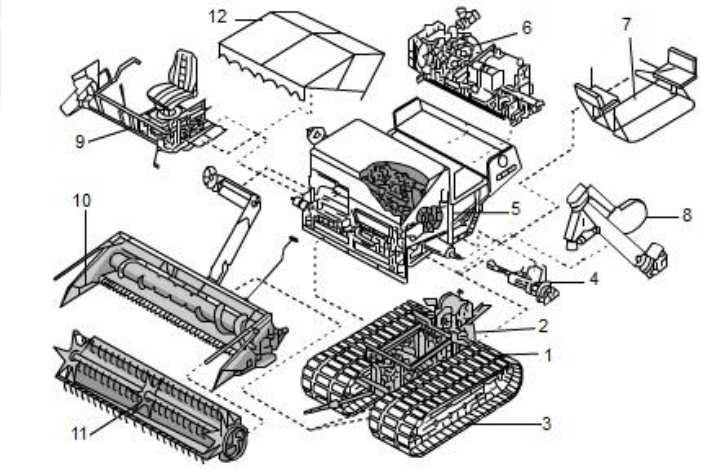
ภาพที่ 6 ชุดใบตัด (Cutter Bar)

5. ระบบทำหน้าที่ป้อน (Feeding System) เป็นกลไกส่วนที่ทำหน้าที่ลำเลียงต้นพืชที่ถูกตัดแล้วเข้าสู่ระบบการนวดของรถเกี่ยวข้าว พืชที่ถูกตัดแล้วจะถูกรีดส่งมารวมกันที่บริเวณส่วนกลางของเกลียวลำเลียง เพื่อส่งต่อไปยังสายพานลำเลียง ซึ่งหมุนเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน นำส่วนของต้นพืชที่ถูกรีดจากเกลียวลำเลียงเข้าสู่ระบบนวดต่อไป



ภาพที่ 7 คอลำเลียงเข้าไปสู่ระบบนวด

ที่มา : https://www.facebook.com/pichai.boy



1.ระบบเครื่องล่าง (Undercarriage Frame) 2.การส่งกำลังเฟืองโซ่และโซ่ (Sprocket and Chain Transmission) 3.โซ่แทรค (Track Chain)4.การส่งกำลังระบบเกียร์ (Transmission Gear Box) 5.ชุดนวด (Threshing Unit) 6.ต้นเครื่องกำลัง (Prime

Mover) 7.Packing Seat 8.เกลียวลำเลียงเมล็ดแนวระดับ (Grain Auger Elevator) 9.ที่ควบคุมคันโยก (Lever Control) 10.หัวเกี่ยว (Header) 11.ล้อโน้ม (Reel) 12.หลังคา (Roof)

ภาพที่ 8 ส่วนประกอบหลักของเครื่องเกี่ยวนวดที่ผลิตในประเทศไทย

ที่มา : บริษัทเกษตรพัฒนา จำกัด อ้างถึงใน รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ (2554)

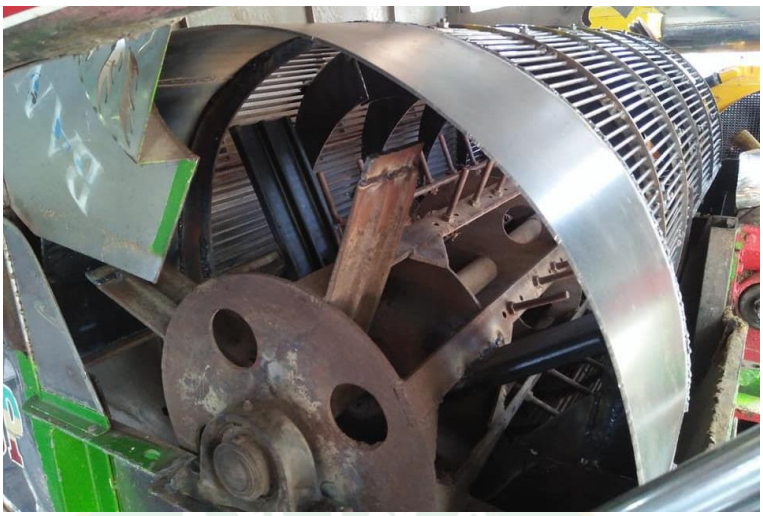
6. ระบบทำหน้าที่นวด (Threshing System) ระบบการนวด เป็นระบบที่มีความสำคัญที่สุดของเครื่องเกี่ยวนวด เป็นกลไกที่จะนวดให้เมล็ดหลุดออกจากรวง ในระบบนวด ร้อยละ 90 ของเมล็ดจะถูกนวดให้หลุดออกจากต้นพืช ถ้าการปรับตั้งไม่เหมาะสมในระบบนวด จะทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของ เครื่องเกี่ยวนวดต่ำ มีส่วนประกอบสำคัญ คือ

ภาพที่ 9 ระบบนวด

ที่มา : https://www.facebook.com/pichai.boy

6.1 ลูกนวด (Threshing Cylinder) ทำหน้าที่ขัดหรือถูเมล็ดให้หลุดออกจากรวงตกลงสู่ถาดรับเมล็ด (Grain Pan) ผ่านตะแกรงนวด ส่วนเมล็ดที่หลุดออกมาจากฟางแล้ว แต่ยังปนอยู่กับฟาง จะถูกส่งไปแยกต่อไป

6.2 แผ่นตะแกรงโค้ง (Concave) ขนาดของซี่ตะแกรงขึ้นอยู่กับชนิดของพืชที่จะทำการนวด และสิ่งสำคัญในการนวดคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงกับลูกนวดจะต้องเหมาะสมกับพืชชนิดนั้น ถ้าระยะห่างแคบเกินไปจะทำให้เมล็ดแตกเสียหายได้ง่าย แต่ถ้าระยะห่างมีมากเกินไปจะทำให้นวดได้ไม่หมดและเศษฟางอาจจะพันรอบลูกนวดทำให้เกิดการอัดแน่นและติดขัดขึ้น



ภาพที่ 10 ลูกนวดและแผ่นตะแกรงโค้ง

ที่มา : https://www.facebook.com/pichai.boy

การคัดแยกเมล็ด (Seed separation)ที่ยังติดอยู่กับฟาง จะทำการแยกโดยลูกตี (Beater) และฟันโยก (Straw Walker) ซึ่งการทำงานของลูกตี จะทำให้การเคลื่อนที่ของวัสดุช้าลง เมื่อออกจากลูกนวดและตะแกรงนวด และเป็นตัวทำให้ฟางที่ออกจากลูกนวดตกลงส่วนหน้าฟันโยก ซึ่งจะโยกไปมาและเขย่าตลอดเวลา เมื่อเมล็ดปนฟางเคลื่อนที่มาถึงส่วนนี้จะถูกเขย่าเมล็ดจะหล่นลงไปยังถาดรับเมล็ดและฟันโยกก็จะพาฟางออกไปทิ้งด้านหลังของเครื่องเกี่ยวนวด

7. ระบบทำความสะอาด (Cleaning System) ได้แก่ พัดลมและตะแกรงโยกซึ่งวางเป็นชั้นแต่ละชั้นมีช่องขนาดต่างๆ เพื่อที่ให้เมล็ดลอดผ่านช่องเหล่านี้ก่อนที่จะตกลงสู่ถาดรับเมล็ด เมล็ดจะถูกโยกพร้อมกับถูกเป่าเอาเศษฟางและสิ่งที่ไม่ต้องการออกไปทิ้งด้านหลังของเครื่องเกี่ยวนวด เมล็ดที่สะอาดแล้วจะไปรวมกันที่ถาดรับเมล็ด เกลียวส่งเมล็ดออกไปสู่ด้านนอกของเครื่องเกี่ยวนวด บรรจุลงในกระสอบหรือรถบรรทุกที่รองรับอยู่ ส่วนเมล็ดที่ยังไม่ได้นวดจะถูกนำขึ้นไปนวดใหม่อีกครั้งหนึ่ง โดยเกลียวส่งที่อยู่ข้างหลังเครื่องเกี่ยวนวด

ภาพที่ 11 ระบบคัดแยกทำความสะอาด

ที่มา : https://www.facebook.com/pichai.boy

การทำงานของผู้ขับเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

ทักษะการควบคุมเครื่องเกี่ยวนวด มีความสำคัญต่อสมรรถนะในการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด รวมทั้งคุณภาพของงาน ผู้ขับขี่ที่ไม่มีความชำนาญ ไม่เข้าใจการปรับตั้งเครื่องจักร จะก่อให้เกิดการสูญเสียของเมล็ดมากเกินกว่าค่าที่จะยอมรับได้ ทั้งนี้ เพราะสภาพการเก็บเกี่ยวในแต่ละพื้นที่ มีความแตกต่างกัน ดังนั้น จะต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักร เพื่อให้มีความเหมาะสมในการทำงานมากที่สุด การอ่านเพียงแค่คู่มือการขับขี่ จะไม่สามารถเป็นผู้ควบคุมเครื่องจักรที่มีคุณภาพได้ ประการสำคัญ คือต้องมีประสบการณ์ ในการเป็นผู้ควบคุมเครื่องจักรที่ดี ควรจะต้องมีความรู้ในเรื่องต่อไปนี้ (รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, 2554)

1. การออกแบบระบบต่างๆ ของเครื่องเกี่ยวนวด (Functional Design of the Combine)

2 หลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องเกี่ยวนวด (Basic Principle of Operation)

3. การปรับตั้งที่เหมาะสม (How to Make Proper Adjustment)

4. การวิเคราะห์หาความสูญเสียขณะปฏิบัติงาน (How to Identify Harvesting Losses)

5. การรักษาคุณภาพงานในการเก็บเกี่ยว (How to Maintain Efficient Operation)

ประการสำคัญที่ผู้ขับต้องคำนึงอยู่เสมอคือ ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเครื่องเก็บเกี่ยวกับการสูญเสียเมล็ด ถึงแม้ว่าได้ทำการปรับตั้งถูกต้องแล้ว แต่อาจมีการสูญเสียเมล็ดเกิดขึ้นได้ เนื่องมาจากการใช้ความเร็วสูงเกินไป ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานจะต้องวางแผนการเก็บเกี่ยว โดยใช้ความเร็วในการ

ขับเคลื่อนต่ำ ให้ใช้เกียร์ต่ำ เพิ่มความเร็วทีละน้อยและสังเกตการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวด ว่ามีปัญหาหรือไม่ ปรับตั้งเครื่องเกี่ยวนวดให้เหมาะสมกับพื้นที่ เป็นต้น

การวางแผนและการเตรียมการ

ก่อนทำการเก็บเกี่ยวผู้ควบคุมเครื่องจักรควรวางแผนในการเก็บเกี่ยว การรู้จักควบคุมเครื่องเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอ ผู้ควบคุมเครื่องควรจะพิจารณาปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. วิธีการเก็บเกี่ยว

2. เวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยว

3. ผลกระทบต่อผลผลิตเมื่อทำการเก็บเกี่ยวในช่วงเวลาต่างๆ

4. สมรรถนะการทำงานของเครื่องเก็บเกี่ยว

5. สภาพของเครื่องเก็บเกี่ยว

ช่วงเวลาในการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดการสูญเสียเมล็ดพืชในระหว่างการเก็บเกี่ยว แบ่งได้เป็น 2 ประเภทPremature Harvesting: การเก็บเกี่ยวก่อนที่พืชจะสุก ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้ ผลผลิตที่ได้จะลดลง คุณภาพของเมล็ดด้อยลง การนวดทำได้ลำบาก ทำให้ประสิทธิผลในการนวดลดต่ำลง Delayed Harvesting: การเก็บเกี่ยวจะเริ่มเมื่อพืชสุกเต็มที่แล้ว เมล็ดพืชจะร่วงหล่นมากขึ้น ต้นพืชจะนอนราบกับพื้น ทำให้การเก็บเกี่ยวเป็นไปได้ด้วยความยากลำบาก เกิดการสูญเสียมาก เนื่องจากชุดหัวเกี่ยวไม่สามารถเก็บเกี่ยวพืชได้อย่างทั่วถึง

ผลของการปรับตั้งเครื่องเกี่ยวนวดที่ไม่เหมาะสม

การปรับตั้งเครื่องเกี่ยวนวดที่ไม่เหมาะสมจะก่อให้เกิดการสูญเสียเมล็ดในขณะทำการเก็บเกี่ยว และคุณภาพของการเก็บเกี่ยวลดลง ผลของการปรับตั้งที่ไม่เหมาะสมของเครื่องเกี่ยวนวด ได้แก่

1. เมล็ดสูญเสียบนพื้นที่เก็บเกี่ยว

2. เมล็ดที่ไม่ถูกนวดติดอยู่กับต้นพืช

3. ฟางถูกตีละเอียด

4. เมล็ดตกค้างที่รางฟาง

5. เมล็ดมากที่เกลียวลำเลียง

6. เมล็ดแตกหักในถังเก็บเมล็ด

7. ฟางและเศษพืชในถังเก็บเมล็ด

8. คุณภาพของเมล็ดต่ำ

การอัดตัวแน่นของดิน

สาเหตุของการเกิดดินดาน โดยดินดานนั้นเกิดขึ้นจาก 2 กรณี อาจเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ โดยเกิดจากการสะสมของดินเหนียวธรรมชาติ หรืออีกสาเหตุหนึ่งคือ เกิดจากการทำกิจกรรมทางการเกษตรที่ไม่เหมาะสม เช่นมีการไถพรวนที่ระดับความลึกเดิมซ้ำ ๆ การใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่ลงไปทำงานในแปลงเพาะปลูกขณะที่ดินมีความชื้นเหมาะสมกับการบดอัดเนื้อดินให้แน่น กิจกรรมเหล่านี้เมื่อดำเนินการติดต่อกันเป็นเวลานาน และขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ลักษณะนี้จะทำให้ดินเกิดสภาพดินดานโดยเฉพาะในพื้นที่ที่ดินมีโครงสร้างที่เหมาะสมหรือมีศักยภาพสูงต่อการเกิดสภาพดินดาน ในทางวิชาการเรามีวิธีตรวจค่าความหนาแน่นรวมของดิน โดยตรวจที่ระดับความลึกประมาณ 40-50 เซนติเมตร ถ้ามีความหนาแน่นเกินกว่า 1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงว่ามีชั้นดาน สำหรับเกษตรกรสามารถตรวจสอบได้จากการสังเกต เวลาฝนตกลงมาถ้าเป็นพื้นที่ราบน้ำจะแช่ท่วมขังอยู่นาน เนื่องจากน้ำไม่สามารถซึมลงไปในดินชั้นล่างได้ ถ้าเป็นพื้นที่ลาดเอียงฝนตกลงมาน้ำจะไม่ซึมลงไปดินชั้นล่าง แต่จะไหลบ่าบนผิวดิน ซึ่งจะทำให้เกิดการชะล้างพังทลายบนผิวดิน

ผลของดินดานจะทำให้พืชเจริญเติบโตผิดปกติ โดยพืชที่ปลูกในดินที่มีชั้นดานนั้นจะมีระบบรากตื้นๆ อยู่เหนือชั้นดาน ทำให้พืชดูดกินธาตุอาหารและน้ำได้น้อย เกิดการแคระแกรน เน่าเสีย ผลผลิตลดลง จึงต้องใช้ปุ๋ยมากขึ้นเพื่อให้ได้ผลผลิตดี และเมื่อฝนทิ้งช่วงพืชก็จะเหี่ยวและตายเร็วกว่าปกติเนื่องจากขาดแคลนน้ำ นอกจากนี้การที่ดินมีความแน่นทึบทำให้น้ำไม่สามารถซึมลงไปในดินได้ลึก เมื่อฝนตกหนักจึงเกิดการไหลบ่าชะล้างเอาผิวหน้าดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงและปุ๋ยออกไป ดินบริเวณที่เป็นดานหน้าดินจะอิ่มตัวได้ง่ายเมื่อฝนตกมากขึ้นการไหลบ่าก็มากขึ้น ซึ่งทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินมากขึ้น และทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินตามมาซึ่งโดยทั่วไปแนวทางการจัดการบนพื้นที่ดินดานมีวิธีการดังต่อไปนี้ (ดินสำหรับเยาวชน ,2552)

1. การปลูกพืชทำลายชั้นดาน

พืชหลายชนิดมีระบบรากที่แข็งแรง สามารถเติบโตไชชอนผ่านชั้นดานที่พืชทั่วไปไม่สามารถทำได้ พืชเหล่านี้ได้แก่ หญ้าบาเฮีย (bahiagrass) หญ้าแฝก (vetiver Grass) (ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน, 2008)

2. การควบคุมการใช้เครื่องจักรกล

ปัญหาการเกิดชั้นดานในดินล่างอาจลดลงได้ หากมีการควบคุมการการใช้เครื่องจักรกลในพื้นที่เกษตรให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น และในขณะที่ดินไม่ชื้นเกินไป โดยเฉพาะการควบคุมเครื่องจักรกลในการไถพรวนดิน กำจัดวัชพืช การให้น้ำและเก็บเกี่ยวผลผลิตของพืช สำหรับพืชที่ปลูกเป็นแถวบนดินเกิดดานใต้ชั้นไถพรวนได้ง่าย การควบคุมให้แนวทางเดินของเครื่องจักรกลให้ซ้ำทางเดิมอย่างเคร่งครัดและวางแถวปลูกพืชให้อยู่ระหว่างแนวล้อของเครื่องจักรกลเป็นสิ่งจำเป็นซึ่งจะทำให้เกิดดานเฉพาะแนวล้อรถเครื่องจักรกล ส่งผลกระทบต่อการเติบโตของพืชโดยตรงน้อยกว่าดานที่เกิดทั่วทั้งพื้นที่รวมทั้งใต้แถวปลูกพืชด้วย และเมื่อพิจารณาจากโครงสร้างดินควรมี การไถพรวนดินเมื่อดินมีความชื้นที่เหมาะสมไม่แห้งหรือเปียกเกินไป ซึ่งจะส่งผลเสียต่อโครงสร้างดินน้อยที่สุด คือ การไถพรวนดินจะทำให้ก้อนดินแตกตามรอยแยกระหว่างเม็ดดินตามธรรมชาติมากที่สุด ระดับความชื้นที่เหมาะสมกับการไถพรวนนี้ในดินทั่วไปมีค่าต่ำกว่าระดับความชื้นที่ความจุสนามเล็กน้อย โดยปกติระดับความชื้นที่ความจุในสนามมักเกิดขึ้นภายใน 1-3 วันหลังจากดินได้รับน้ำจนอิ่มตัว สำหรับดินที่ระบายน้ำดี ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าสำหรับดินที่ระบายน้ำดี การไถพรวนควรกระทำหลังจากฝนตกหนักแล้ว 3-5 วัน

3. การไถระเบิดดินดาน

การไถระเบิดชั้นดานทำได้โดยการไถด้วยไถที่มีลักษณะพิเศษที่สามารถเจาะและทำให้ดินชั้นดานแตกกระจายได้ คือ ไถลึก (deep plowing)หรือไถทำลายดินดาน (subsoiling) ควรไถที่ระดับความลึกประมาณ 75 เซนติเมตร โดยระยะห่างรอยละ 50 เซนติเมตร การไถตัดดานจะให้ผลเต็มที่ก็ต่อเมื่อทำการไถขณะที่ดินมีชั้นดานค่อนข้างแห้ง ซึ่งจะทำให้ชั้นดานถูกทำลายโดยการเกิดรอยแตกแยกได้ง่าย แต่การไถเมื่อดินแห้งเช่นนี้ต้องใช้รถไถที่มีกำลังมาก ถ้าไถเมื่อดินชื้นเกินไปรอยแตกแยกในดินจะมีเฉพาะร่องที่เกิดจากตัวไถเท่านั้น ดินจะจับตัวเป็นก้อนโต ในพื้นที่ปลูกพืชไร่ทั่วไปในการไถระเบิดดานอาจไถเป็นแนวเดียวห่างกันตั้งแต่ระยะ 40-80 เซนติเมตร หรืออาจไถเป็นสองแนวตัดกันเป็นตารางก็ได้ เมื่อชั้นดานถูกทำลายก็จะทำให้การแทรกซึมของน้ำเข้าสู่ดินมากขึ้น ช่วยให้

น้ำมีโอกาสถูกเก็บกักไว้ในดินชั้นล่างมากขึ้นและขณะเดียวกันก็เปิดโอกาสให้รากพืชได้ชอนไชเข้าในดินล่างด้วย จึงมีผลช่วยให้การเติบโตและให้ผลผลิตของพืชดีขึ้น

4. การควบคุมความชื้นดิน

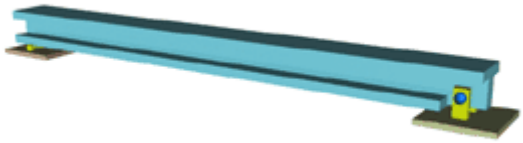
ชั้นดานในดินล่างจะแข็งจนกระทั่งเป็นอุปสรรคต่อการแพร่กระจายของรากพืชก็ต่อเมื่อแห้งถึงระดับหนึ่งเท่านั้น เมื่อมีความชื้นพอเหมาะรากพืชทั่วไปก็สามารถไชชอนเข้าไปในชั้นดานได้มากขึ้น ดังนั้น การรักษาความชื้นในดินชั้นดานให้พอเหมาะจึงสามารถลดผลกระทบของชั้นดานต่อการแพร่กระจายของรากพืชได้ระดับหนึ่ง การควบคุมความชื้นให้พอเหมาะนี้กระทำได้เฉพาะในพื้นที่ที่มีระบบชลประทานที่ดีเท่านั้น ซึ่งในกรณีเช่นนี้ปัญหาที่พืชจะขาดแคลนน้ำ โดยเหตุที่รากพืชถูกจำกัดด้วยชั้นดานก็มีปัญหาอยู่แล้ว การส่งเสริมให้รากพืชแพร่กระจายลงในชั้นดานโดยการควบคุมความชื้นของชั้นดานให้เหมาะสมจึงเป็นการส่งเสริมให้พืชได้ใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารพืชในดินชั้นดานและใต้ดาน

5. การเพิ่มอินทรียวัตถุ

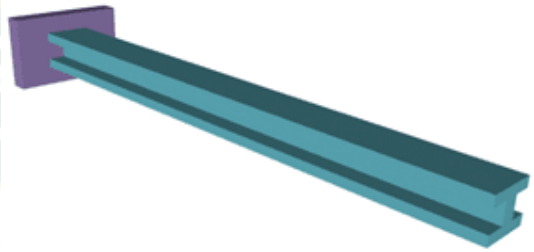
การเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินสามารถทำได้หลายแนวทาง เช่น การใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก การไถกลบพืชปุ๋ยสดหรือเศษซากพืชลงไปในดิน การไถกลบเศษวัสดุเหลือใช้หรือการจัดการวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในไร่นาให้เกิดประโยชน์สูงสุดหรือการใช้เป็นวัสดุคลุมดิน เป็นต้น ซึ่งอินทรียวัตถุเหล่านี้ช่วยให้ดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ช่องว่างในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น และมีเสถียรภาพของเม็ดดินเพิ่มขึ้นซึ่งช่วยลดปัญหาการจับก้อนของเม็ดดินเมื่อดินแห้ง ทำให้โครงสร้างของดินดีขึ้น มีความร่วนซุย อากาศถ่ายเทได้สะดวกและระบายน้ำได้ดี เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งยังช่วยสลายตัวให้ธาตุ (กองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2563)

ประเภทของคาน

คานประเภทดีเทอร์มิเนต (Determinate Beam) เป็นคานที่เราสามารถหาค่าแรงปฏิกิริยาที่ไม่รู้ค่าได้โดยการใช้สมการของการสมดุลย์ ก็สามารถหาค่าได้ซึ่งคานประเภทนี้ ได้แก่ คานที่จุดรองรับแบบง่าย (Simple Support) คานปลายยื่น (Cantilever Beam) และคานแขวน (Overhanging Beam)



คานที่จุดรองรับแบบง่าย (Simple Support)



คานปลายยื่น (Cantilever Beam)

คานแขวน (Overhanging Beam)

ภาพที่ 12 รูปแสดงของคานประเภทดีเทอร์มิเนต

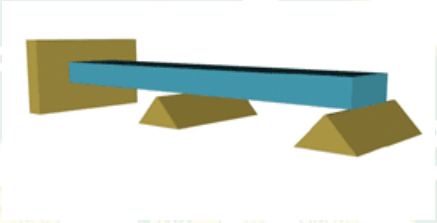
ที่มา : หนังสือเรียนวิชาทฤษฎีโครงสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดย ผศ.ดร.เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์

1.2 คานประเภทอินดีเทอร์มิเนต (IndeterminateBeam)

เป็นคานประเภทที่เราไม่สามารถหาค่าแรงปฏิกิริยาของคานได้ จากการใช้สมการของการสมดุลย์ แต่สามารถหาได้จากการใช้ทฤษฎีของสามโมเมนต์ (Three Moment) หรือใช้วิธีการหาแรงปฏิกิริยาจากค่าของระยะโก่งและมุมลาดชันของคานแล้วนำไปสู่ค่าของแรงปฏิกิริยาของคาน ซึ่ง

คานประเภทนี้ ได้แก่ คานที่มีจุดยึดทั้งสองข้าง (Double End Fixed)หรือ คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น (Restrain Beam) และคานต่อเนื่อง (Continuous Beam)

คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลายยื่น (Restrain Beam)



คานปลายยื่นแต่มีจุดรับที่ปลาย 2 จุด (Restrain Beam)

คานต่อเนื่อง (Continuous Beam)

คานที่มีจุดยึดทั้งสองข้าง (Double End Fixed)

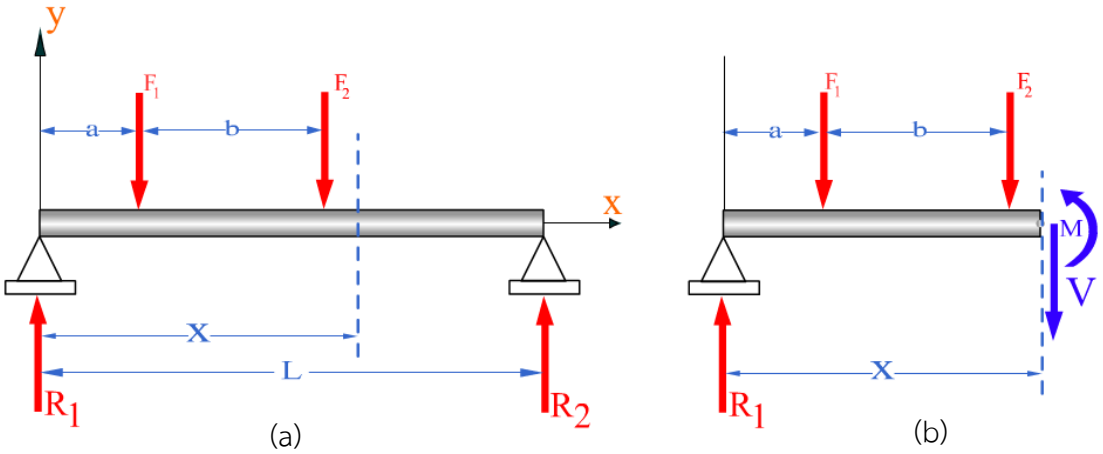
ภาพที่ 13 แสดงรูปของ คานประเภทอินดีเทอร์มิเนต (IndeterminateBeam)

ที่มา : หนังสือเรียนวิชาทฤษฎีโครงสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดย ผศ.ดร.เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์

แรงเฉือนและโมเมนต์ดันภายในคาน

แรงเฉือน (Shearing Force) คือ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงกระทำภายนอกผ่านจุดศูนย์ถ่วงที่หน้าตัดใดๆ ของคาน (ระยะX) จากปลายคานด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ V แทนแรงเฉือน

โมเมนต์ดัด (Bending Moment) คือ ผลรวมโมเมนต์ทางพีชคณิตของแรงภายนอกรอบแกนที่ผ่านจุดศูนย์ถ่วงในระนาบที่หน้าตัดใดๆ ของคานจากปลายคานด้านใดด้านหนึ่ง ซึ่งในที่นี้กำหนดให้ M แทนโมเมนต์ดัด



ภาพที่ 14 แสดงผลรวมทางพีชคณิตที่กระทำผ่านจุดศูนย์ถ่วงที่หน้าตัดใด ๆ ของคาน

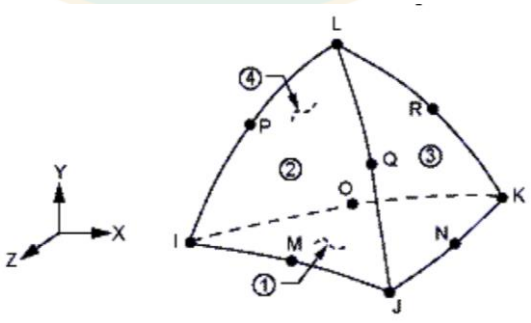
ที่มา : หนังสือเรียนวิชาทฤษฎีโครงสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดย ผศ.ดร.เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์

การที่จะเลือกคิดแรงบนด้านใดของภาคตัดนั้นขึ้นอยู่กับความสะดวกแต่ไม่ว่าจะคิดจากด้านใดค่าที่ได้จะต้องเท่ากันแต่โดยส่วนใหญ่แล้วตามตำราต่าง ๆ จะคิดจากทางซ้ายมือ ดั้งนั้นเพื่อให้ง่ายต่อการศึกษาแล้วนำไปใช้ชุดฝึกนี้จะใช้วิธีการวิเคราะห์จากทางซ้ายมือเป็นหลัก

ทฤษฎีไฟไนต์เอลิเมนต์

ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (finite element method; FEM หรือ finite element analysis; FEA) คือ วิธีการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาทางวิศวกรรม ในเชิงพฤติกรรมของวัสดุ เชิงโครงสร้าง (structural) ความร้อน (heat transfer) หรือของไหล (fluid

flow) ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่กำหนดขึ้น โดยอาศัยการแก้ปัญหาระบบสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย (partial differential equation) ด้วยระเบียบวิธีเชิงตัวเลข (numerical methods) เพื่อหาผลลัพธ์โดยประมาณ (approximate solution) ของปัญหาที่กำหนดผ่านอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ปัจจุบันการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เข้ามามีบทบาทในการศึกษาเชิงชีวกลศาสตร์มากขึ้น ช่วยพัฒนาจุดบกพร่องของวัสดุและสนับสนุนการออกแบบวัสดุให้เอื้อต่อการบูรณะ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรักษาและความสำเร็จในระยะยาวข้อดีของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัยทำให้การขึ้นรูปแบบจำลองทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และเป็นเสมือนโครงสร้างจริง ส่งผลให้การคำนวณแม่นยำมากขึ้น ทดลองซ้ำได้ไม่จำกัดจำนวนครั้ง ปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ (parameter) ได้สะดวกเป็นไปตามคุณสมบัติที่แท้จริงของวัสดุที่ต้องการศึกษา กำหนดทิศทาง และปริมาณแรงที่กระทำต่อวัสดุได้ ซึ่งสามารถศึกษาพฤติกรรมของวัสดุที่สถานะทางกายภาพแตกต่างกัน ทั้งของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ประเมินผลลัพธ์ที่ได้หลายรูปแบบ เช่น ความเค้น (stress) ความเครียด (strain) การเคลื่อนขยับ (displacement) การถ่ายเทความร้อน กลศาสตร์ของไหล (fluid mechanic) เป็นต้น นอกจากนี้ยังช่วยลดเวลาในการสร้างสถานการณ์จำลองจริง การสร้างแบบจำลองต้นแบบเวลาในการทดสอบ และค่าใช้จ่ายในงานวิจัย โดยการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite element model) ด้วยโปรแกรม SolidWorks ตามสัดส่วนจริง โดยกำหนดชนิดของเอลิเมนต์ที่เกิดขึ้นเป็นแบบสามมิติแบบสามเหลี่ยมสี่หน้าสิบจุดต่อ (10-node teteahedral) ซึ่งเป็นเอลิเมนต์ที่เหมาะสมกับโครงสร้างซับซ้อน ในหนึ่งเอลิเมนต์ที่เหมาะประกอบไปด้วยจุดต่อ (node) ทั้งสิ้น 10 จุดต่อ คือ I, J, K, L, M, N, O, P, Q และ R (มี 4 มุมและมีจุดต่อกึ่งกลาง 6 จุด) มีระดับขั้นความเสรี (degree of freedom) ของแต่ละจุดต่อเอลิเมนต์เท่ากับ 3 คือ ในแนวแกน x, y และ z ดังแสดงใน ภาพที่ 15 (คงเดช และคณะ, 2555)



ภาพที่ 15 Element model

ที่มา : (คงเดช และคณะ, 2555)

การแบ่งเอลิเมนต์ (meshing model)

ขั้นตอนแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางคณิตศาสตร์ขั้นสูง (discretization) ในการแบ่งรูปร่าง (meshing geometry) ขอบเขตของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็น ชิ้นส่วนย่อยเรียกว่าเอลิเมนต์ (element) ที่มีขนาดเล็กลงเพื่อ ให้ง่าย สะดวกต่อการคำนวณ แต่ละเอลิเมนต์มีคุณสมบัติ เฉพาะตัว ทางกายภาพ เช่น ความหนา ความหนาแน่น มอดูลัสของยัง (Young's modulus) และอัตราส่วนปัว ซอง (Poisson ratio) เป็นไปตามชนิดของวัสดุที่ต้องการศึกษา เอลิเมนต์ที่ถูกแบ่งมีรูปแบบ ความสัมพันธ์ฟังก์ชัน การประมาณภายใน (interpolation functions) ที่แตกต่างกัน ไปขึ้นกับ รูปร่าง ขอบเขต จำนวนจุดต่อ เอลิเมนต์ที่อยู่ติดกัน ใช้จุดต่อร่วมกันโดยมีขอบที่เป็นขอบเขตเชื่อมต่อ กันระหว่าง จุดต่อของเอลิเมนต์ นอกจากจุดต่ออยู่บริเวณมุมของเอลิเมนต์ แล้วยังอยู่บนขอบที่ เชื่อมต่อกันระหว่างจุดต่อสองจุด เรียกว่าจุดต่อกลาง (midside node) การเพิ่มจำนวนจุดต่อบน แบบจำลองช่วยให้การวิเคราะห์ผลมีความ แม่นยำมากขึ้น ซึ่งขึ้นกับความจำเป็นในรูปแบบการ วิเคราะห์ แบบจำลอง ทำให้รูปแบบการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟ ไนต์เอลิเมนต์มีหลายรูปแบบ ส่งผลต่อรูปแบบสมการเชิงอนุพันธ์บนจุดต่อและฟังก์ชันการประมาณภายในการกำหนดเงื่อนไข ขอบเขต และการถ่ายทอดพลังงานที่เกิดขึ้น เมื่อวัสดุมีแรงมากระทำ ปัจจัยดังกล่าวจึงมีอิทธิพลต่อ การ เลือกใช้รูปแบบลักษณะของเอลิเมนต์ให้เหมาะสมกับแบบจำลองศึกษา ถือเป็นหลักสำคัญที่ทำให้ กระบวนการวิเคราะห์ สามารถจำลองได้ใกล้เคียงกับสถานการณ์จริงมากที่สุด

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

การสร้างแบบจำลองใช้วิธีการขึ้นรูปแบบำลองดิจิทัลซึ่งทำได้ยาก ต้องอาศัยทักษะและ ประสบการณ์มากพออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ที่ใช้คำนวณต้องมีประสิทธิภาพสูง โดยแบบจำลองที่ได้อาจ ไม่เหมือนสภาวะจริงอย่างสมบูรณ์ ความคลาดเคลื่อนในการสร้างแบบจำลองเป็นสาเหตุสำคัญทำ ให้ผลการศึกษาแตกต่างไปจากความเป็นจริง เนื่องจากการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตไม่อาจครอบคลุม สภาวะจริงได้ทั้งหมด ไม่สามารถถ่ายทอดผ่านการคำนวณด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ จึงควรมีการ ทดสอบอื่น เช่น การศึกษาในห้องปฏิบัติการเพื่อยืนยันผลการศึกษาร่วมด้วยเสมอ

ความผิดพลาดจากความเข้าใจแบบผิด และการขาดความรู้ในไฟไนต์เอลิเมนต์

โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์ส่วนใหญ่ถูกออกแบบให้ใช้งานง่าย จนอาจทำให้ผู้ใช้คิดว่าการ วิเคราะห์ด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มีความคล้ายคลึงกับการใช้โปรแกรมวาดแบบ 3 มิติ คือ เพียง แค่ทำตามคำแนะนำการใช้โปรแกรมก็จะสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่มีลักษณะเดียวกันได้ซึ่งเป็น ความคิดที่ผิดเพราะในความง่ายนั้นได้ซ่อน และข้ามขั้นตอนบางอย่างเพื่อทำงานได้คล่องตัวมากขึ้น

เช่น การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่เปลี่ยนรูปร่างจากแบบ 3 มิติ ไปเป็นแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์หากดูผิวเผินแล้ว CAD และ FE อาจดูคล้ายกัน แต่แบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ คือ การแบ่งแบบจำลองสามมิติออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ซึ่งคุณภาพของความต่อเนื่องจะขึ้นอยู่กับความละเอียดของขนาดของเอลิเมนต์ย่อย บ่อยครั้งที่ผู้ชำนาญในการใช้โปรแกรม CAD มาใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์มักใช้การแบ่งเอลิเมนต์แบบอัตโนมัติ ด้วยการกำหนดขนาดของเอลิเมนต์เท่านั้น โดยที่ยังขาดความตระหนักในการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์และความเข้าใจในการวิเคราะห์ทางไฟไนต์เอลิเมนต์ หลักการทั่วไปของการสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์หรือการสร้างแบบจำลองเป็นเอลิเมนต์ย่อยทำได้ไม่ยาก แต่การสร้างแบบจำลองเพื่อให้ได้ผลวิเคราะห์ที่ดีนั้นจะต้องอาศัยความรู้และประสบการณ์พอสมควร เพราะเวลาประมาณ 70% ของการเตรียมแบบจำลองสำหรับการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์ทั้งหมดนั้น คือขั้นตอนการเตรียมแบบจำลอง 3 มิติทางไฟไนต์เอลิเมนต์ที่รวมถึงการปรับปรุงของแบบจำลอง CAD เพื่อสร้างแบบจำลอง FE แล้วทำการแบ่งออกเป็นเอลิเมนต์ย่อยๆ ในแบบจำลอง 3 มิติขั้นตอนการเตรียมแบบจำลองการวิเคราะห์ด้วยไฟไนต์เอลิเมนต์สามารถพิจารณาได้ แบบจำลองประกอบด้วยชิ้นส่วนประกอบหลายชิ้น ควรเลือกแต่ชิ้นส่วนที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์ปัญหา โดยละทิ้งส่วนที่ไม่จำเป็นออกไป ซึ่งจะช่วยให้ขนาดของปัญหาลดลง และลดระยะเวลาในการคำนวณได้ แต่จำเป็นต้องอาศัยความรู้ และความเข้าใจถึงลักษณะของปัญหา รวมถึงการกำหนดจุดยึด (support) และภาระกระทำ (loading) ต่างๆ ให้เหมาะสมกับสภาวะจำลองการตรวจสอบคุณภาพของแบบจำลอง 3 มิติ ถ้าพบจุดบกพร่องของแบบจำลอง เช่น ผิวของแบบจำลองทับซ้อนกัน ความไม่ต่อเนื่องของผิว เป็นต้น ก็ควรแก้ไขจุดบกพร่องเหล่านั้นให้เรียบร้อยก่อน ถ้าแบบจำลองมีรายละเอียดมากเกินไป เช่น ขอบ รู หรือช่องเล็กๆ บางครั้งก็สามารถละทิ้งได้ ถ้ารายละเอียดเหล่านั้นไม่ได้มีส่วนเกี่ยวข้องหรือผลกระทบกับการวิเคราะห์ปัญหาความเข้าใจผิดอีกอย่างหนึ่งคือ ความถูกต้องของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ดูได้จากความละเอียดของเอลิเมนต์ หรือ ยิ่งมีจำนวนเอลิเมนต์มาก ยิ่งให้ค่าที่ถูกต้องมากขึ้นแท้จริงแล้วความละเอียดของเอลิเมนต์เป็นเพียงการประเมินคุณภาพของแบบจำลองอย่างผิวเผิน ลักษณะของแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ดีนั้น ไม่สามารถระบุเป็นหลักการได้ชัดเจนนัก แต่สามารถระบุเป็นคำแนะนำได้คร่าวๆ ได้ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์ที่ดี อาจต้องอาศัยการจินตนาการจากพฤติกรรมของปัญหาที่วิเคราะห์ ยกตัวอย่างเช่น บริเวณใดที่เป็นจุดสัมผัสก็ควรมีความละเอียดของเอลิเมนต์มากในบริเวณนั้นหรือบริเวณใดที่ไม่ได้เป็นจุดสนใจในการวิเคราะห์หรือส่งผลต่อการวิเคราะห์ก็ไม่จำเป็นต้องสร้างเอลิเมนต์อย่างละเอียด

2. บางครั้งการสร้างแบบจำลองด้วยลักษณะของการแบ่งเอลิเมนต์แบบหนึ่ง อาจให้ผลลัพธ์ที่ดีต่อเงื่อนไขขอบเขตสำหรับการวิเคราะห์อย่างหนึ่ง แต่ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขขอบเขตที่แตกต่างไปจากเดิมก็ไม่จำเป็นว่าแบบจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์นั้นจะให้ผลลัพธ์ที่ดีเหมือนเดิม

3. ถ้าเป็นไปได้ควรสร้างแบบจำลองที่มีจำนวนเอลิเมนต์ให้เหมาะสม กับลักษณะของปัญหาที่วิเคราะห์ถึงแม้ว่าจะมีคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่หรือความเร็วสูงเพียงใด ก็ไม่จำเป็นต้องสร้างแบบจำลองที่มีจำนวนเอลิเมนต์มากเกินความจำเป็น เพราะการใช้จำนวนเอลิเมนต์มากๆ ก็ไม่ได้หมายความว่าผลการวิเคราะห์จะมีความถูกต้องมากขึ้นเสมอไปดังนั้น ผู้ใช้โปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์จำเป็นต้องมีความรู้และความเข้าใจในทฤษฎีของระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (FEM) เพื่อใช้ประกอบการพิจารณาและกระบวนการวิเคราะห์รวมถึงการสร้างแบบจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ได้อย่างเหมาะสม

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(Vejasit และSalokhe, 2004) เพื่อศึกษาผลกระทบของตัวแปรเครื่องจักรที่ครอบตัดที่มีต่อประสิทธิภาพการทดสอบ เครื่องนวดข้าวจะถูกนำมาใช้สำหรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวถั่วเหลืองตามแนวแกนถูกนำมาใช้สำหรับการศึกษา ทำการศึกษาความเร็วของลูกนวด 4 ระดับอัตราการป้อน 3 ระดับและความชื้นถั่วเหลือง 3 ระดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพการนวดจะแตกต่างกันตั้งแต่ 98 ถึง 100% ความเสียหายของเมล็ดข้าวและการสูญเสียเมล็ดน้อยกว่า 1 และ 1.5% ตามลำดับที่ความเร็วกลอง 600 ถึง 700 รอบต่อนาทีและ 540 ถึง 720 กก. (ต้น) / ชั่วโมงอัตราการป้อนและ 14.34 ถึง 22.77% (w.b.) ความชื้นเมล็ดความต้องการพลังงานสูงสุดคือ 2.29 kW ที่ความชื้นของเมล็ดข้าว 32.88% (w.b.) ที่ความเร็วกลอง 700 rpm การผสมผสานที่ดีที่สุดของอัตราป้อน, ความเร็วของถังที่ 14.34% (w.b.) ปริมาณความชื้นของเมล็ดเพื่อให้ได้กำลังการผลิตที่สูงขึ้นประสิทธิภาพการนวดข้าว ลดความเสียหายของเมล็ดข้าวและลดการสูญเสียเมล็ด 600 ถึง 700 รอบต่อนาที (13.2 ถึง 15.4 m / s) ที่อัตราการป้อน 720 กิโลกรัม/ ชั่วโมง

(Chaiyan Junsiri และWinit Chinsuwan, 2009) การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาพารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยวสำหรับข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ผลการศึกษา พบว่า พารามิเตอร์การทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดที่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดหัวเกี่ยว ประกอบด้วย ความชื้นของเมล็ด (M) ดัชนีล้อโน้ม (RI) ความเร็วใบมีดตัด (V)อายุการทำงานของใบมีดตัด (Y) ระยะห่างระหว่างชี่หนวดกุ้ง (R) ระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหนวดกุ้ง (C) ความยาวต้นข้าวที่ตัด (H) ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและอายุการทำงานของใบมีดตัด (M*Y) ผลคูณระหว่างความชื้นของเมล็ดและความเร็วใบมีดตัด (M*V) ผลคูณระหว่างดัชนีล้อโน้มและ

ระยะห่างระหว่างหนวดกุ้ง (RI*R) ผลคูณระหว่างความเร็วใบมีดตัดและระยะห่างระหว่างใบมีดตัดกับปลายหนวดกุ้ง (V*C) ผลคูณระหว่างความเร็วใบมีดตัดและความยาวต้นข้าวที่ตัด (V*H) ผลกำลังสองของความเร็วใบมีดตัด (V2) และผลกำลังสองของดัชนีล้อโน้ม (RI2)

(Tom Coen และคณะ, 2008) เครื่องเกี่ยวนวดมักใช้เครื่องยนต์ดีเซลขับเคลื่อนปั๊มไฮดรอลิก ปั๊มนี้ให้น้ำมันกับเครื่องยนต์ไฮโดรสแตติกที่เชื่อมต่อกับล้อ การไหลของไฮดรอลิกขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องยนต์ และที่ปั๊มการตั้งค่า ทั้งสองสามารถควบคุมได้อย่างอิสระโดยคนขับ ความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากันสามารถทำได้ด้วยการผสมผสานระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์ และการบังคับการทำงานของปั๊ม ควรทำให้เครื่องยนต์ใช้งานที่มีความเร็วรอบต่ำที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในเรื่องนี้วิธีที่ผู้ผลิตสามารถปฏิบัติตามมาตรฐานใหม่ ๆ เกี่ยวกับเสียงและควันไอเสียได้ง่ายขึ้น อย่างไรก็ตาม ผู้ประกอบการเกี่ยวนวดมักวิ่งด้วยความเร็วสูงสุดของเครื่องยนต์ในระหว่างการขนส่งทางถนนเพราะจะช่วยให้เร่งความเร็วจากศูนย์ถึงความเร็วสูงสุดโดยเพียงแค่เปลี่ยนการบังคับการทำงานของปั๊ม ในงานวิจัยนี้ความเร็วของเครื่องยนต์และการบังคับของปั๊มถูกควบคุมอย่างแม่นยำ วัตถุประสงค์ของการควบคุมนี้คือการลดเสียงและควันจากไอเสีย (โดยการลดความเร็วของเครื่องยนต์) และเพื่อให้งานของผู้ปฏิบัติงานง่าย โมเดลนี้จะใช้ในตัวควบคุมทำนายแบบจำลอง (MPC) เพื่อพัฒนาระบบควบคุมความเร็วคงที่แนวคิดนี้ได้รับการตรวจสอบ(Somchai Chuan-udom และChinsuwan, 2011a, 2011b; Coen และคณะ, 2008; Junsiri และChinsuwan, 2009; Olaye และคณะ, 2016; Vejasit และSalokhe, 2004; กรมการข้าว, 2009; กาลศิริศิลป์, 2554; ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน, 2008; เครื่องจักรกลเกษตร, 2009; โครงการอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวและการประกอบการรับจ้างเกี่ยวนวดข้าวในเขตภาคกลางของประเทศไทย, 2016; ค. ด้วงผึ้ง, 2016; น. ด้วงผึ้ง และชวนอุดม, 2013; ตั้งวงศ์กิจ., 2550; บำรุงเวช, 2553; ประทีป และคณะ, 2018; พะสีนาม, 2013; และคณะ, 2555; ไสวอมร, 2013; โอฬารฤทธินันท์)ในทางปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวของนิวฮอลแลนด์ มีการตรวจสอบคอนโทรลเลอร์ที่มีและไม่มีการลดความเร็วเครื่องยนต์ ตัวควบคุมที่ไม่มีการลดความเร็วของเครื่องยนต์หมายถึงระบบควบคุมความเร็วคงที่แบบมาตรฐาน โดยมีวัตถุประสงค์คือเพื่อบรรเทาภาระงานของผู้ปฏิบัติงาน การทดลองแสดงให้เห็นว่าความเร็วของเครื่องยนต์สามารถลดลงได้โดยไม่สูญเสียประสิทธิภาพการเร่งความเร็วเมื่อเทียบกับระบบควบคุมความเร็วคงที่แบบมาตรฐาน

(Somchai Chuan-Udom, 2010) การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวส่งกำลังให้คัตเตอร์บาร์เพื่อลดการสั่นสะเทือนขณะทำงานสำหรับเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 3 ประเภทโดยเปรียบเทียบแบบใช้ลูกเบี้ยวส่งกำลัง เกียร์บล็อคที่ส่งกำลังด้วยโซ่, และเกียร์บล็อคที่ส่งกำลังด้วย

สายพาน ทดสอบการสั่นสะเทือนและการสูญเสียส่วนหัวของ 4 ระดับ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าทั้ง 4 ระดับ การสั่นสะเทือนของส่วนหัวมีแนวโน้มที่จะต่ำที่สุดเมื่อใช้เกียร์บล็อคที่ส่งกำลังด้วยโซ่

(Somchai Chuan-Udom และChinsuwan, 2011b) การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปัจจัยการทำงานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแนวแกนต่อการแตกของเมล็ดซึ่งประกอบด้วยความเร็วลูกนวด (RS) ความเอียงของเสี้ยววงเดือน (LI) ปริมาณความชื้นของเมล็ดข้าว (MC) อัตราการป้อน (FR) และธัญพืชต่อวัสดุอื่นนอกเหนือจากอัตราส่วนเกรน (GM) การศึกษาได้ดำเนินการในข้าวดอกมะลิ 105 และชัยนาท 1 ซึ่งเป็นข้าวที่สำคัญสองสายพันธุ์ของประเทศไทย ผลการศึกษาครั้งนี้ชี้ให้เห็นว่าทั้งสองสายพันธุ์ ความชื้นของเมล็ดข้าวและ ความเร็วลูกนวดส่งผลต่อปริมาณการแตกของเมล็ด ในทางตรงกันข้าม LI, FR และ GM ไม่มีผลกระทบใด ๆ พบว่า ความชื้นของเมล็ดข้าวมีผลกระทบต่อการแตกหักของเมล็ดข้าวได้มากกว่าความเร็วลูกนวดของเขาข้าวพันธุ์ดอกมะลิ 105 ในขณะที่ความเร็วลูกนวดมีผลต่อเมล็ดชัยนาท 1 มากกว่าความชื้นของเมล็ดข้าว

(Somchai Chuan-Udom และChinsuwan, 2011b) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการออกแบบชุดนวดของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวแบบไหลตามแกนที่มีต่อความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บเกี่ยวข้าวหอมมะลิ โดยทำการเก็บข้อมูลเครื่องเกี่ยวนวดข้าวจำนวน 17 เครื่องในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ผลการศึกษาพบว่า จำนวนซี่นวด (NT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 30.43 รองลงมาคือ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวระดับ (SC) และ ระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดบนกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (UC) มีอิทธิพลเท่ากับร้อยละ 28.20 และ 27.31 ตามลำดับ ส่วนระยะห่างระหว่างตะแกรงนวดล่างกับปลายซี่นวดในแนวดิ่ง (CC) ระยะช่องว่างระหว่างซี่ตะแกรงนวด (RC) เส้นผ่าศูนย์กลางลูกนวด (RD) และ ความสูงซี่นวด (HT) มีอิทธิพลต่อความสูญเสียจากชุดนวดค่อนข้างน้อยโดยมีค่าเท่ากับ ร้อยละ 9.07 2.58 2.40 และ 1.07 ตามลำดับ

(คุณนิธิ ด้วงผึ้ง, 2016) ผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน ในปัจจุบันเครื่องเกี่ยวนวดข้าวกำลังมีบทบาทสำคัญและใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เพราะการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีโอกาสช่วยลดความสูญเสียจากการเก็บเกี่ยว ประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายรวมไปถึงแรงงานที่ใช้ในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว แต่จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ความสูญเสียที่เกิดการเก็บเกี่ยวส่วนใหญ่นั้นเป็นความสูญเสียจากชุดนวด ส่วนหนึ่งเกิดจากการปรับมุมครีบวงเดือน ที่ผ่านมาได้มีรูปแบบการปรับมุมครีบวงเดือนที่ค่อนข้างหลากหลาย แต่การศึกษาหารูปแบบมุมครีบวงเดือนที่เหมาะสมยังค่อนข้างน้อย การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ

ศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน โดยการทดสอบกับชุดทดสอบการนวดของศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยมีความชื้นเมล็ดและฟางเฉลี่ยเท่ากับ 28.3 และ 51.8 เปอร์เซ็นต์ฐานเปียก ตามลำดับ อัตราส่วนเมล็ดต่อฟางโดยน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 0.61 ความยาวฟางเฉลี่ยเท่ากับ 52 เซนติเมตร การศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกน ผลการศึกษาพบว่า รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่ทำการศึกษามีผลต่อปริมาณเมล็ดแตกหักไม่แตกต่างกันในทางสถิติ แต่มีผลต่อความสูญเสียจากชุดนวดและกำลังงานที่ใช้ในการนวดอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติ รูปแบบมุมครีบวงเดือนของชุดนวดข้าวแบบไหลตามแกนของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ควรใช้รูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีมุมครีบวงเดือนเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอคือมุม 69, 71, 73, 75 และ 77 องศาจากแนวเพลาลูกนวด ตามลำดับ เพราะทำให้มีความสูญเสียจากชุดนวดอยู่ไม่เกิน 3 เปอร์เซ็นต์ และกำลังงานที่ใช้ในการนวดอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงมากนัก เมื่อใช้ความเร็วลูกนวดเท่ากับ 18 เมตรต่อวินาที และอัตราการป้อนเท่ากับ 16 ตันต่อชั่วโมง และทดสอบกับข้าวพันธุ์ชัยนาท 1

(คุณคงเดช พะสีนาม, 2013) เครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการผลิตข้าวในประเทศไทยและได้รับความนิยมจากเกษตรกรมากขึ้น ส่วนใหญ่เครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก เนื่องจากโครงช่วงล่างเป็นส่วนประกอบหลักที่ส่งผลต่อขนาดและน้ำหนักของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้ทั้งวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ และวิธีการทดสอบแรงกับแบบจำลองการทดลอง การจำลองรูปถูกนำมาใช้หาขนาดที่เหมาะสมของแบบจำลองการทดลอง สภาวะการทางานถูกกำหนดเป็น 2 แบบ คือ หัวเกี่ยวขนานกับพื้นและหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุด ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างแสดงให้เห็นว่า ความเค้นสูงสุดในกรณีหัวเกี่ยวขนานกับพื้นและกรณีหัวเกี่ยวถูกยกสูงสุดมีค่าเท่ากับ 91.1 MPa และ 91.7 MPa ตามลำดับ ส่วนการโก่งตัวสูงสุดมีค่าเท่ากับ 2.313 mm และ 2.355 mm ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยวิธีทดสอบแรงยืนยันว่าการวิเคราะห์ความแข็งแรงของโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าวด้วยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์มีความถูกต้องและสามารถนาไปใช้งานได้จริง

(อติศักดิ์ ไสวอมร, 2013) การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและจำแนกความเสี่ยงในการใช้งานของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ เพื่อเสนอแนวทางในการบำรุงรักษาส่วนต่างๆ ของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาคือเกษตรกรในจังหวัดอ่างทองและเจ้าของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวที่ผลิตโดยคนไทยจานวน 30 คน เก็บ

รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์ จากนั้นทำการวิเคราะห์และประเมินค่าความเสี่ยงชี้นำโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบจากการคำนวณระดับของความรุนแรง โอกาสในการเกิดและความสามารถในการตรวจจับ ค่าความเสี่ยงชี้นำที่มีค่ามากกว่า 100 จะถือว่าเป็นความเสี่ยงวิกฤต ตามด้วยการจัดกลุ่มความเสี่ยงเป็น 3 ระดับ คือสูง กลาง และต่ำ ความเสี่ยงแต่ละกลุ่มจะถูกวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหาโดยประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบทำไม ทำไม ร่วมกับการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญเพื่อทวนสอบความเหมาะสมของแนวทางการแก้ไขและป้องกันความเสี่ยงแต่ละประเภท ผลการศึกษาพบว่าประเภทความเสี่ยงในการใช้งานเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมี 23 ประเภทโดยมี 19 ประเภทเป็นความเสี่ยงวิกฤตที่มีค่าความเสี่ยงชี้นำมากกว่า 100 กลุ่มความเสี่ยงสูงได้แก่การสึกหรอของชุดขับเคลื่อนซึ่งผู้ใช้งานไม่สามารถซ่อมบำรุงเองและเครื่องจะหยุดการใช้งานโดยไม่มีการแจ้งเตือน กลุ่มความเสี่ยงกลางได้แก่การสึกหรอของชุดเกลียวลำเลียงเมล็ดข้าวซึ่งผู้ใช้งานสามารถซ่อมบำรุงและใช้งานได้ชั่วคราว กลุ่มความเสี่ยงต่ำได้แก่ การสึกหรอของหัวจรวดใบมีดตัดและหนวดกุ้งซึ่งผู้ใช้งานสามารถซ่อมบำรุงได้ด้วยตนเองและใช้งานต่อได้โดยไม่เกิดความเสียหายของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวและผลผลิต

(Olaye และคณะ, 2016) ข้าว (Oryza sativa L.) ซึ่งเป็นหนึ่งในพืชอาหารที่สำคัญที่สุดในโลกได้รับการปลูกฝังอย่างกว้างขวางในเบนิน การนวดข้าวธัญพืชยังคงเป็นอุปสรรคสำคัญในกระบวนการผลิต เครื่องนวดแบบไหลตามแนวแกนถูกสร้างขึ้นเฉพาะสำหรับการทดสอบ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของถังนวดข้าวแบบเข็มหักที่มีต่อคุณภาพข้าว ใช้ตัวอย่าง “ Orylux 6” ที่ความชื้น 18% (w.b) เป็นตัวอย่างทดสอบ ผลกระทบของความเร็วของการนวดข้าวของเครื่องนวดข้าวตามแนวแกนที่ 4 ระดับ (600, 800, 1,000 และ 1200 รอบต่อนาที) และน้ำหนักข้าวเปลือก 3 ระดับ (40, 50 และ 60 กก.) ที่มี 3 ซ้ำต่อความจุต่อชั่วโมงประสิทธิภาพการนวด ตรวจสอบปริมาณการใช้เชื้อเพลิงและการสูญเสียเมล็ดข้าวทั้งหมด ผลการวิจัยพบว่ากำลังการนวดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,326 ถึง 2,013 kg/h หมายถึงปริมาณการใช้เชื้อเพลิงอยู่ระหว่าง 0.75 ถึง 0.84 mL/kg ประสิทธิภาพการนวด 100% ความเสียหายทางกลของเมล็ดอยู่ระหว่าง 2.63 ถึง 16.45% ประสิทธิภาพการทำความสะอาดอยู่ในช่วง 95.57 ถึง 96.79% ในขณะที่การสูญเสียเมล็ดจาก 0.88 ถึง 4.23% สำหรับความเร็ว 4 ระดับ โดยทั่วไปประสิทธิภาพการนวดประสิทธิภาพการทำความสะอาดเปอร์เซ็นต์ความเสียหายของเมล็ดเพิ่มขึ้นในขณะที่เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเมล็ดลดลงเมื่อความเร็วในการส่งและการรับเพิ่มขึ้น

จากบทความที่ได้ศึกษามาทำให้ได้ข้อสรุปของการออกแบบและการปรับปรุงเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กได้ว่า ระบบการเก็บเกี่ยว ระบบนวด และระบบทำความสะอาดนั้นมีผลต่อความสามารถในการเก็บเกี่ยว อัตราการสูญเสีย ส่วนระบบช่วงล่างต้องมีการออกแบบให้มีพื้นที่รับน้ำหนักจากเครื่องเกี่ยวนวดลงสู่พื้นดินได้โดยที่ต้องไม่เกินมาตรฐาน มอก. ซึ่งส่งผลรวมไปถึงการออกแบบเครื่องเกี่ยวนวดทั้งคันที่มองไปถึงน้ำหนักตัวเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็ก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาหาความแข็งแรงของโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนัก และเพื่อปรับปรุงช่วงล่างใหม่ให้มีความแข็งแรงตามหลักการออกแบบที่เหมาะสมกับการใช้งาน ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปวิเคราะห์ทางวิศวกรรมและเปรียบเทียบกับการใช้งานจริงในการเก็บเกี่ยวข้าว เนื่องจากรูปของช่วงล่างเป็นล้อยางจะมีการกระจายน้ำหนักเป็นแบบจุด (Point Load) ซึ่งน้ำหนักที่ลงสู่พื้นดินในหน่วยต่อพื้นที่ นั้นจะมีมากกว่าช่วงล่างตีนตะขาบซึ่งเป็นการกระจายน้ำหนักทั้งแนวระนาบ จึงต้องทำการหาแรงกดอัดบนพื้นดิน (Soil compaction) ที่จะส่งผลหลังจากการใช้งานในการเก็บเกี่ยว

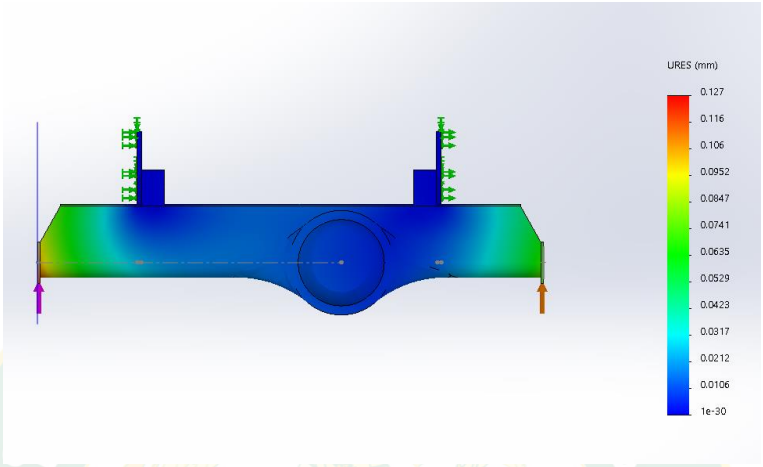
เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น ENG-MJU-003 ใช้ในการศึกษาหาจุดบกพร่องและพัฒนา ซึ่งเครื่องเกี่ยวนวดข้าวมีความกว้างหัวเกี่ยว 1.8 เมตร มีน้ำหนัก 2,400 กิโลกรัม ขับเคลื่อน 4 ล้อ เครื่องยนต์ดีเซล 1 กระบอกสูบ ขนาด 30 แรงม้า

ภาพที่ 16 เครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น ENG-MJU-003

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. วิเคราะห์หาความแข็งแรงของโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนัก จะเป็นส่วนรองรับน้ำหนักของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวร่วมกับการเคลื่อนที่ ซึ่งทำการวิเคราะห์การสูญเสียรูปร่างด้วยวิธีการไฟไนท์อิลิเมนต์จากโปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ (Solid Work) ดังแสดงในภาพที่ 17

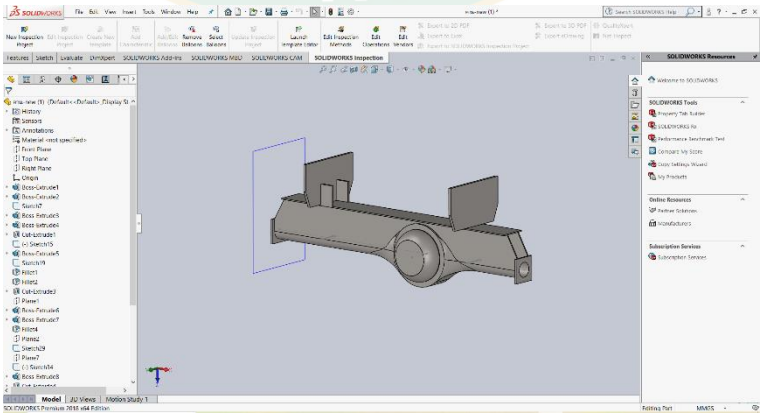


ภาพที่ 17 วิเคราะห์การสูญเสียรูปร่างด้วยวิธีการไฟไนท์อิลิเมนต์

2. แรงกดอัดบนพื้นดิน จะเป็นการคำนวณหาความแตกต่างระหว่างการใส่ล้อเดี่ยวกับการใส่ล้อคู่ เพื่อเป็นการกระจายน้ำหนักได้มากขึ้น

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบทางวิศวกรรม

โปรแกรมที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ สามารถสร้างแบบจำลองสามมิติให้เหมือนกับของจริงได้ และสามารถนำไปวิเคราะห์ความแข็งแรงโครงสร้างคือโปรแกรม SolidWork ดังแสดงในภาพที่ 18



ภาพที่ 18 โปรแกรม SolidWork

การวัดภาระที่กระทำบนโครงช่วงล่าง

การวัดแรงที่กระทำบนโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวขนาดเล็กล้อยาง รุ่น ENG-MJU-003 โดยการนำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไปชั่งน้ำหนักทั้ง 4 ล้อ ดังแสดงในภาพที่ 19 โครงช่วงล่างของของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวรูปแบบนี้ ออกแบบไม่เหมือนกับเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยทั่วไป จึงทำการวิจัยหาข้อมูลของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวเพื่อปรับปรุงคานรองรับน้ำหนักก่อนการพัฒนาที่ได้รับความเสียหายจากการใช้งานจริง ดังภาพที่ 20 เนื่องจากเพลาล้อหน้ามีการรับน้ำหนักมากกว่าเพลาล้อหลัง ส่งผลให้เกิดการพังเสียหายได้เร็วกว่าเพลาล้อหลัง จึงทำการวัดหาค่าความเค้น และการการโก่งตัว โดยนำเครื่องชั่งน้ำหนักจากสำนักงานควบคุมน้ำหนักยานพาหนะ กรมทางหลวง (สถานีตรวจสอบน้ำหนักสันทราย ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่) มาใช้ในการชั่งหาภาระน้ำหนักที่กระทำต่อเพลารองรับน้ำหนัก

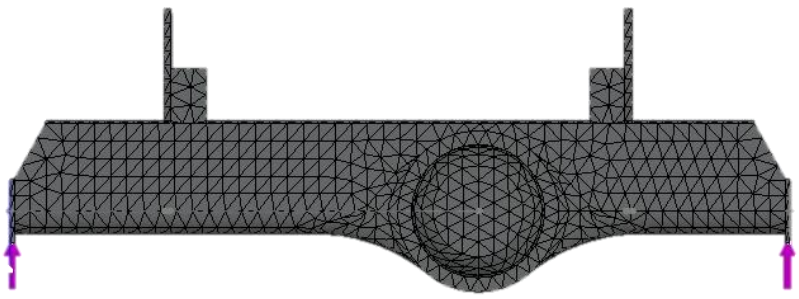
ภาพที่ 19 ชั่งน้ำหนักเครื่องเกี่ยวนวดข้าวทั้ง 4 ล้อ

ภาพที่ 20 เพลาขับหน้าก่อนการพัฒนาได้รับความเสียหาย

ภาพที่ 21 เพลาขับหน้าหลังการพัฒนา

การวิเคราะห์โครงสร้างแบบสถิต (Static structural analysis) ถูกนำมากำหนดเป็นเงื่อนไขในแบบจำลองด้วยทฤษฎีความเสียหายของวอนมิส (Von Mises failure theory) โดยมีสมบัติทางวัสดุที่สร้างเพลาขับหน้า (เหล็กเหนียว) ดังตารางที่ 2

ภาพที่ 22 เพลาขับหน้าก่อนการพัฒนา



ภาพที่ 23 เพลาขับหน้าหลังการพัฒนา

ตารางที่ 2 Material property for FEM analysis.

Property	Mild steel
Young's modulus (GPa)	200
Shear modulus (GPa)	79.3
Yield stress (MPa)	250
Tensile strength (MPa)	400
Poisson ratio	0.26
Density (gcm^{-3})	7.85

1. วิเคราะห์หาความแข็งแรงของโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนัก โดยการหาน้ำหนักเครื่องเกี่ยวนวดที่ลงไปยังล้อทั้ง 4 ล้อ หาค่าการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของโครงช่วงล่าง ด้วยวิธีการไฟไนท์อิลิเมนต์ ตามแกน X, Y และ Z ในหน่วยมิลลิเมตร
2. แรงกดอัดบนพื้นดิน คำนวณโดยสูตรการหาพื้นที่ผิวสัมผัสดินของการขับเคลื่อนด้วยล้อยาง

$$A = 0.78bl$$

เมื่อ b = ความกว้างหน้ายางที่สัมผัสพื้น (มิลลิเมตร)

l = ความยาวหน้ายางที่สัมผัสพื้น (มิลลิเมตร)

แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ = $(1.01 \times 9.8M)/(A)$ MPa

เมื่อ M = มวลเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (กิโลกรัม)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสดินของล้อยาง

โดยที่ น้ำหนักที่แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต้องไม่เกิน 30 กิโลพาสคาล (มอก.1428 2017)

การนำล้อยางมาทดสอบด้วยการกดจากน้ำหนักของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวด้วยแรงที่เท่ากับน้ำหนักที่ลงบนล้อยางทั้ง 4 ล้อ คือ ล้อหน้าซ้ายแรง 7,357.5 N ล้อหน้าขวาแรง 9,810 N ล้อหลังซ้ายและขวากดด้วยแรง 3,430 N โดยเลือกใช้ความดันลมยางที่ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว โดยที่จะทำการทดสอบ 2 แบบ คือ ขณะที่ใส่ล้อหน้าเดี่ยว (Single wheel) และล้อหน้าคู่ (Double wheel) เพื่อหาพื้นที่สัมผัส (Contact Area) รวมไปถึงการกระจายน้ำหนักที่กระทำลงพื้นดิน โดยที่กรณีการใส่ยางคู่ยางเส้นนอกจะเติมลมที่ความดัน 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

ภาพที่ 24 ยางเดี่ยว (Single wheel)

ภาพที่ 25 ยางคู่ (Double wheel)

การคำนวณค่าสถิติเบื้องต้น

หลังจากที่เก็บรวบรวมข้อมูลและสร้างแฟ้มข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ผู้วิจัยจะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสรุปผลของการวิจัยตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ซึ่งจำเป็นต้องใช้วิธีการทางสถิติช่วยในการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาโดยนำมาบรรยายถึง ลักษณะของข้อมูลที่เก็บมาได้ ทั้งในรูปแบบของตาราง ข้อความ แผนภูมิ หรือกราฟต่างๆ และค่าสถิติต่างๆ

2. สถิติเชิงอนุมาน (Inference Statistics) หมายถึงการวิเคราะห์ข้อมูลตัวอย่าง แล้วนำผลการวิเคราะห์นั้นอ้างอิงถึงลักษณะที่สำคัญของประชากร โดยใช้หลักเกณฑ์ของความน่าจะเป็น และสถิติเชิงอนุมานจะประกอบด้วย การประมาณค่า การทดสอบสมมติฐานที่ใช้พารามิเตอร์ และที่ไม่ใช้พารามิเตอร์ เป็นต้น

สถานที่ทำการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดลองที่อาคารปฏิบัติการวิศวกรรม คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

บทที่ 4
ผลการทดสอบและการวิเคราะห์

บทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดสอบ รวมถึงการวิเคราะห์ผลซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การ วิเคราะห์หาความแข็งแรงของโครงสร้างระบบรองรับน้ำหนัก โดยวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างเสื้อเพลาขับหน้ารองรับน้ำหนักก่อนและหลังการพัฒนาปรับปรุง ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงแสดงให้เห็นว่าความเค้นสูงสุดของเสื้อเพลาขับหน้ารองรับน้ำหนักก่อนและหลังการพัฒนา และวิเคราะห์ผลแรงกดอัดบนพื้นดิน

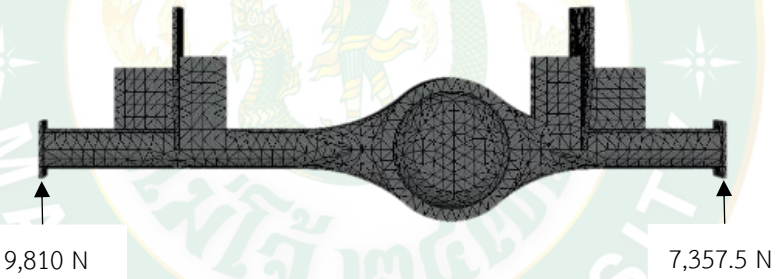
การตรวจสอบความแข็งแรง

ผลการวัดภาระที่กระทำบนโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น ENG-MJU-003

จากการวัดชั่งน้ำหนักของเครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น EMG-MJU-003 ทั้ง 4 ล้อ พบว่าเพลาล้อหน้ามีการรับน้ำหนักมากกว่าเพลาล้อหลัง 17,150 N และ 6,860 N ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันมากถึง 40% โดยตำแหน่งล้อหน้าฝั่งขวา (เครื่องยนต์) รับภาระมากที่สุดภาระที่กระทำที่ตำแหน่งล้อด้านซ้าย (ฝั่งท่อส่งข้าว) รับภาระรองลงมาซึ่งมีค่าเท่ากับ 9,810 N มีค่า 7,357.5 N ตามลำดับ ซึ่งน้ำหนักทั้งสองข้างของปลายคานแตกต่างกัน 2,452.5 N

ภาพที่ 26 นำเครื่องเกี่ยวนวดข้าวชั่งน้ำหนัก

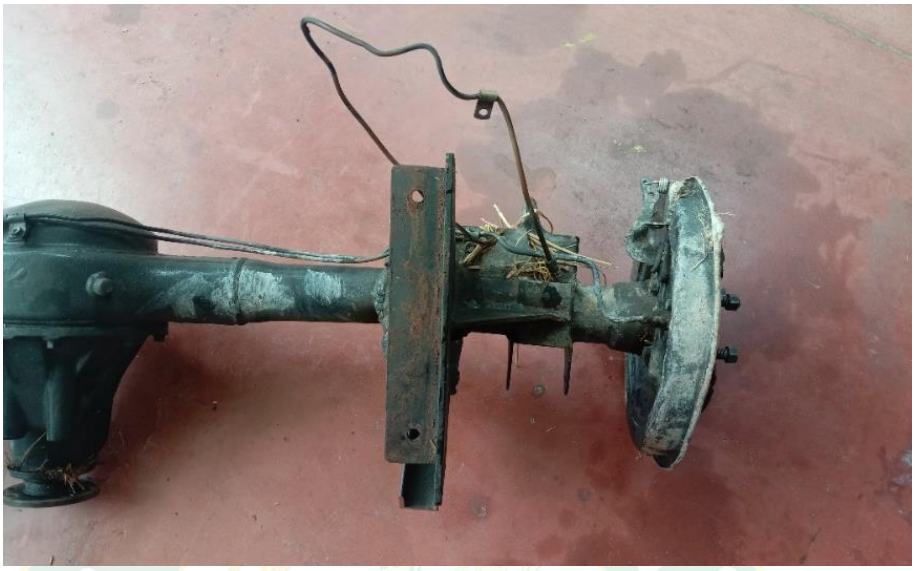
ภาพที่ 27 ความแตกต่างของแรงที่กระทำบนเพลาหน้า-หลัง



ภาพที่ 28 เสื้อเพลาขับหน้าก่อนการพัฒนา

การปรับปรุงและพัฒนาโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าว รุ่น ENG-MJU-003

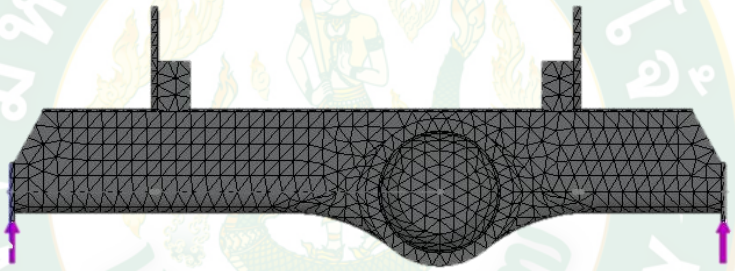
เนื่องจากเสื้อเพลาก่อนการพัฒนามีความแข็งแรงไม่มาก จึงทำให้เกิดการเสียรูปเมื่อผ่านการใช้งาน ดังรูป การออกแบบเสริมความแข็งแรงเสื้อเพลารองรับน้ำหนัก โดยการติดตั้งคานเหล็กที่มีความหนา 4 mm สูง 100 mm ดังรูป เพื่อเพิ่มความแข็งแรงป้องกันการคดงอ เสียรูปเมื่อผ่านการทำงานในสภาพพื้นที่จริง ดังภาพที่ 29 และ 30



ภาพที่ 29 ชิ้นส่วนคดงอเสียรูปเมื่อผ่านการทำงานในสภาพพื้นที่จริง

ภาพที่ 30 เหล็กคานเสริมความแข็งแรง

(ก) ชิ้นงานจริงหลังการปรับปรุง



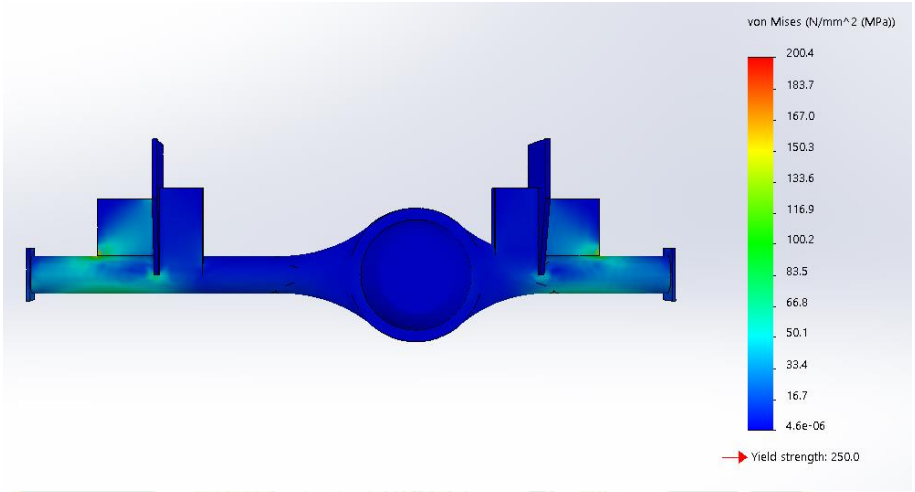
(ข) ชิ้นงานที่ออกแบบในโปรแกรมสำเร็จรูป

ภาพที่ 31 เสื้อเพลาขับหน้าหลังการพัฒนา

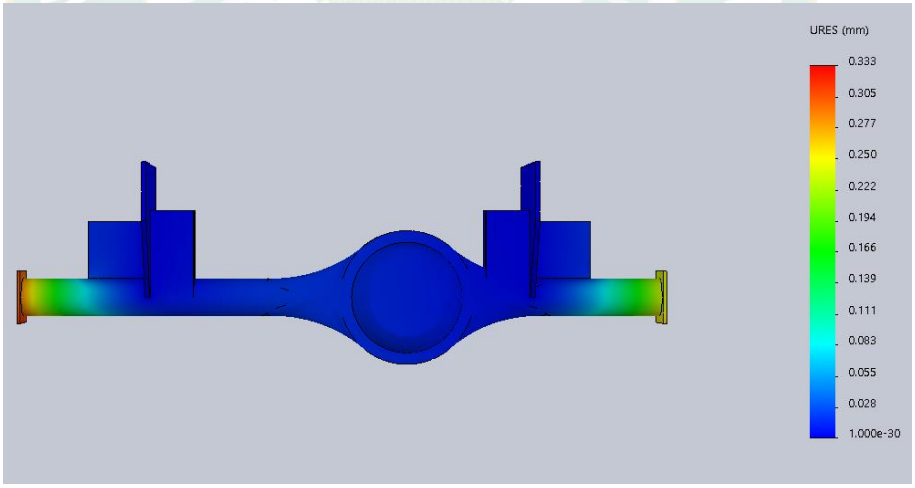
ผลการวิเคราะห์ความแข็งแรงด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า แบบจำลองทั้ง 2 รูปแบบมีจำนวนเอลิเมนต์ 10,423 elements จำนวนโหนด 19,857 node และมีจำนวนเอลิเมนต์ 11,007 elements จำนวนโหนด 20,491 node ตามลำดับ โดยขนาด Mesh ในช่วง 50-7.2 mm ความเค้นสูงสุดจากวิธีการไฟไนต์เอลิเมนต์ ที่เกิดขึ้นระหว่างคานเพลาขับหน้าก่อนและหลังการพัฒนา มีค่าเท่ากับ 200.4 MPa และ 65.4 MPa ตามลำดับ ส่งผลให้มีค่าความปลอดภัยเท่ากับ 1.2 และ 3.8 ตามลำดับ และความเค้นสูงสุด เกิดขึ้นที่แผ่นเหล็กเสริมความแข็งแรง ซึ่งเชื่อมต่อกับเสื้อเพลาขับหน้า ที่ตำแหน่ง X= 990, Y= -2, Z= -32.4 และแผ่นเหล็กตั้งฉากยึดเพลาขับหน้า ที่ตำแหน่ง X= 220, Y= 29.3, Z= -128

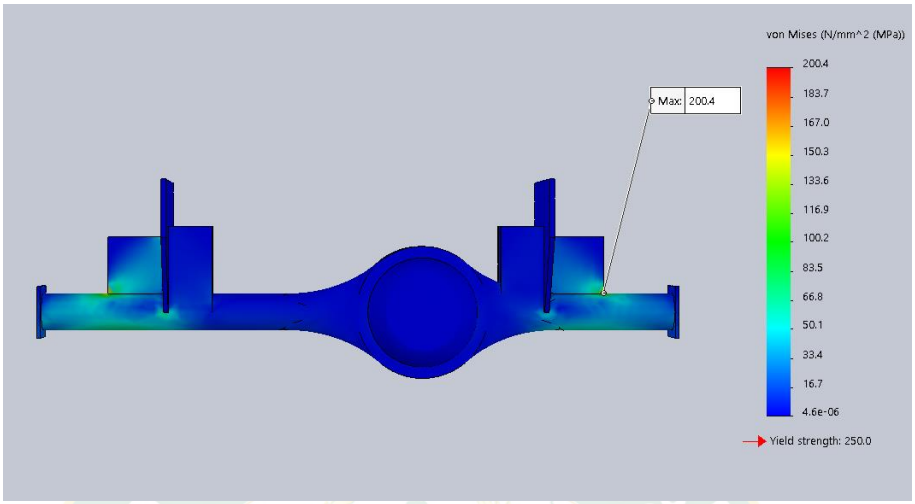
ตามลำดับ ดังภาพที่ 32 และ 33 จากการวัดการโก่งตัวจากวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์จากคานรองรับน้ำหนักก่อน และหลังการพัฒนามีค่า 0.33 mm และ 0.13 mm ตามลำดับ



(a) การกระจายตัวของค่าความเค้น Von-Mises

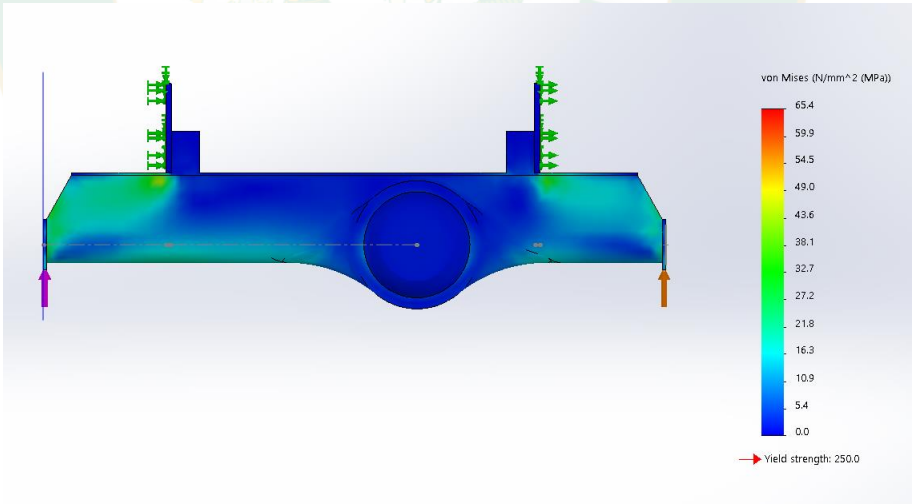


(b) การกระจายตัวของค่าการโก่งตัว

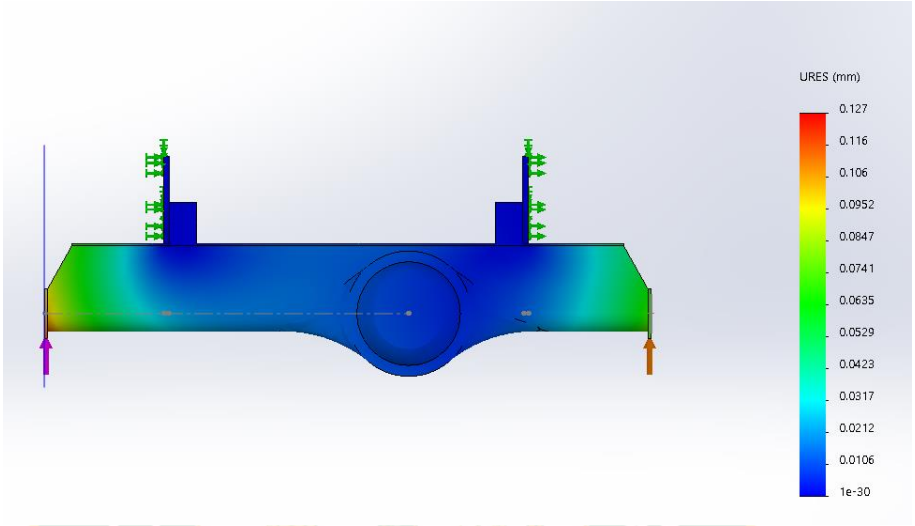


(c) การกระจายตัวของค่าความเค้น Von-Mises สูงสุด

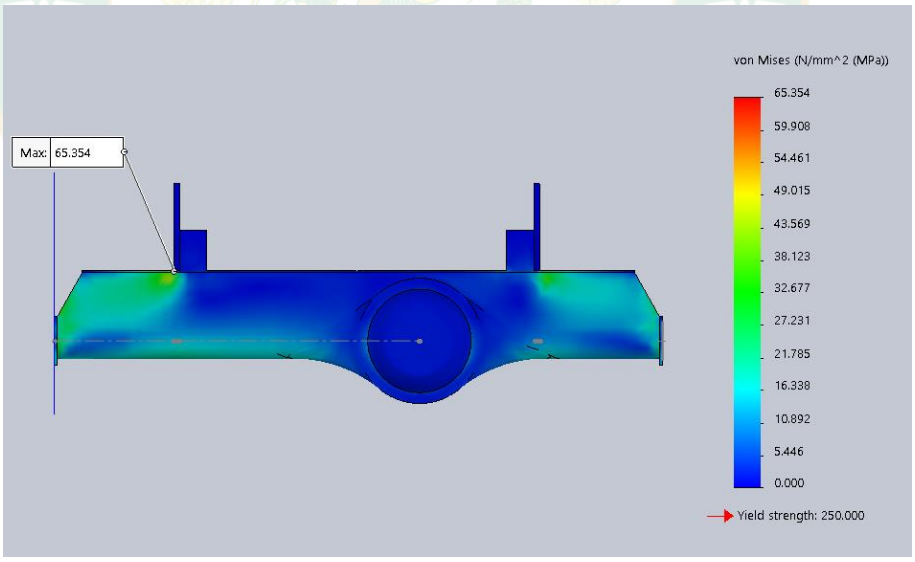
ภาพที่ 32 เสื้อเพลาขับหน้าก่อนการพัฒนา



(a) การกระจายตัวของค่าความเค้น Von-Mises



(b) การกระจายตัวของค่าการโก่งตัว



(c) การกระจายตัวของค่าความเค้น Von-Mises สูงสุด

ภาพที่ 33 เสื้อเพลาขับหน้าหลังการพัฒนา

ค่าความผิดพลาดทีที่เกิดขึ้น เกิดเนื่องมาจากค่าที่นำมาคิดในการจำลองไฟไนต์เอลิเมนต์เป็นค่าแรงที่กระทำขณะหยุดนิ่ง (static load) ทำให้การโก่งตัวของคานรองรับน้ำหนัก มีค่าน้อยกว่าจากการใช้งานจริงที่รับแรงกระแทกขณะเคลื่อนที่ทุกสภาวะการทำงาน รวมไปถึงการจำลองทางไฟไนต์เอลิเมนต์ เป็นการรวมคุณสมบัติของวัสดุเป็นชิ้นเดียวกันในทุกๆ ตำแหน่งที่เป็นรอยเชื่อมต่อของโครงสร้างซึ่งผิดกับความเป็นจริงที่ชิ้นส่วนมีรอยเชื่อมเพื่อขึ้นรูป

จากการทดสอบการใช้งานเก็บเกี่ยวในแปลงนาภายหลังการปรับปรุงพบว่า คานเพลาหน้าสามารถรองรับน้ำหนักได้โดยไม่เกิดการโก่งเสียรูป และมีความแข็งแรงในระดับดีมาก

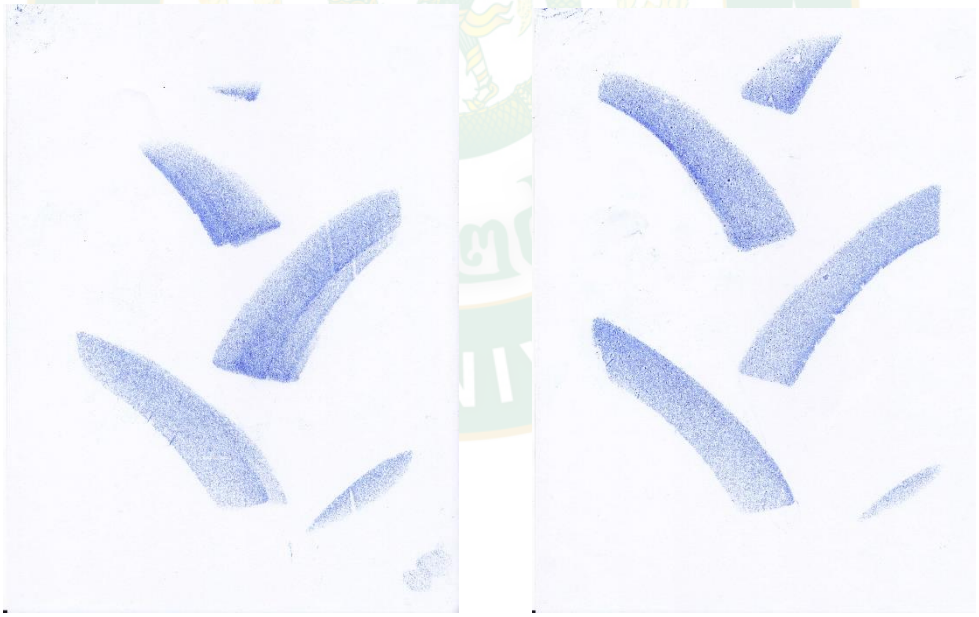
การบันทึกผลพื้นที่สัมผัสล้อยาง

ภาพที่ 34 ลายดอกยางล้อหน้า

ภาพที่ 35 ลายดอกยางล้อหลัง

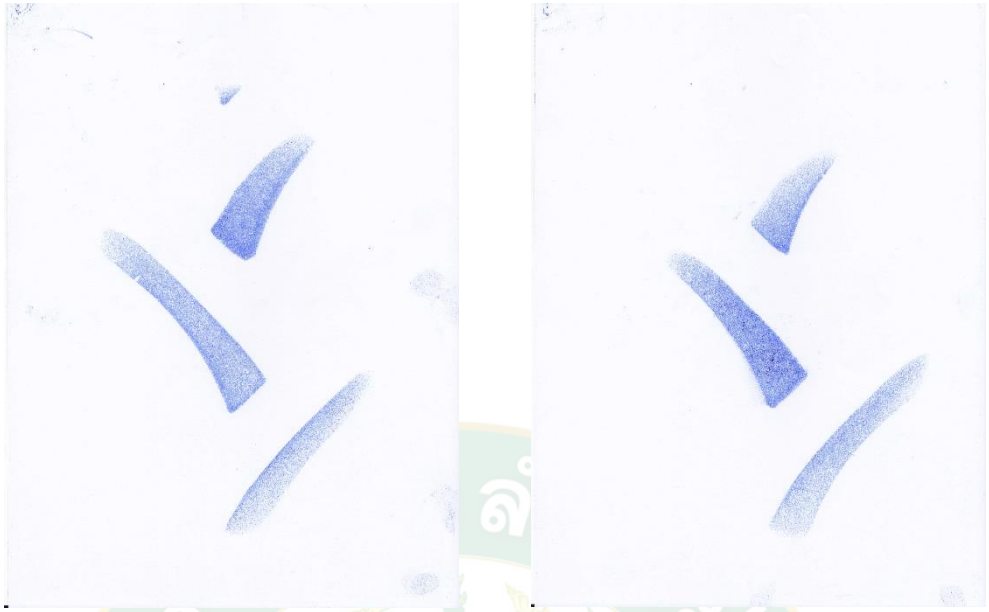
ภาพที่ 36 ทดสอบกดจากสภาวะปกติ (ยางหน้า)

ภาพที่ 37 ทดสอบกดจากสภาวะปกติ (ยางหลัง)



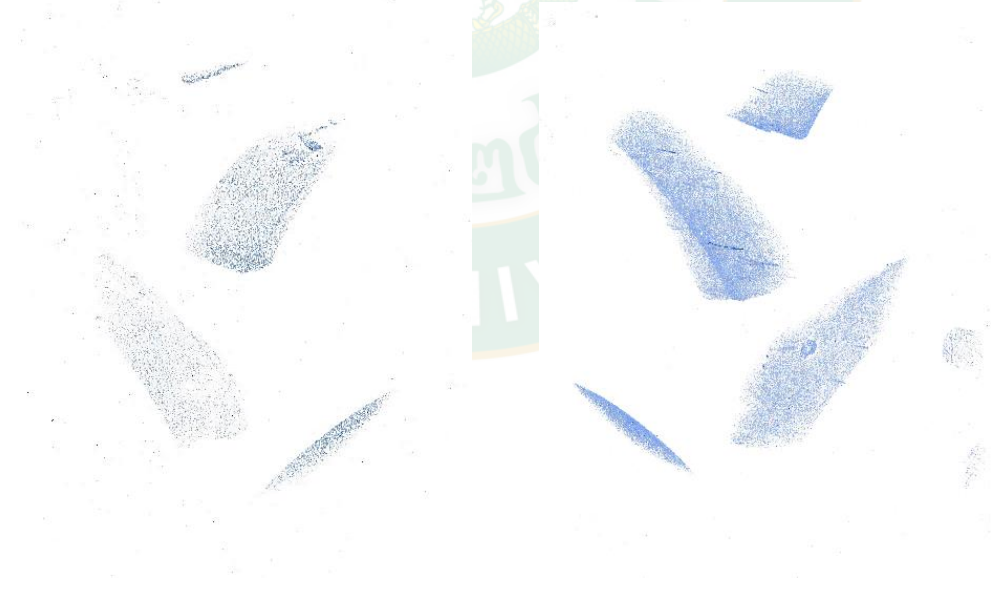
(ก) ล้อซ้าย (ข) ล้อขวา

ภาพที่ 38 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหน้า



(ก) ล้อซ้าย (ข) ล้อขวา

ภาพที่ 39 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหลัง



(ก) ล้อซ้าย (ข) ล้อขวา

ภาพที่ 40 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหน้า (คู่นอก)

(ก) ล้อซ้าย (ข) ล้อขวา

ภาพที่ 41 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหน้า (คู่ใน)

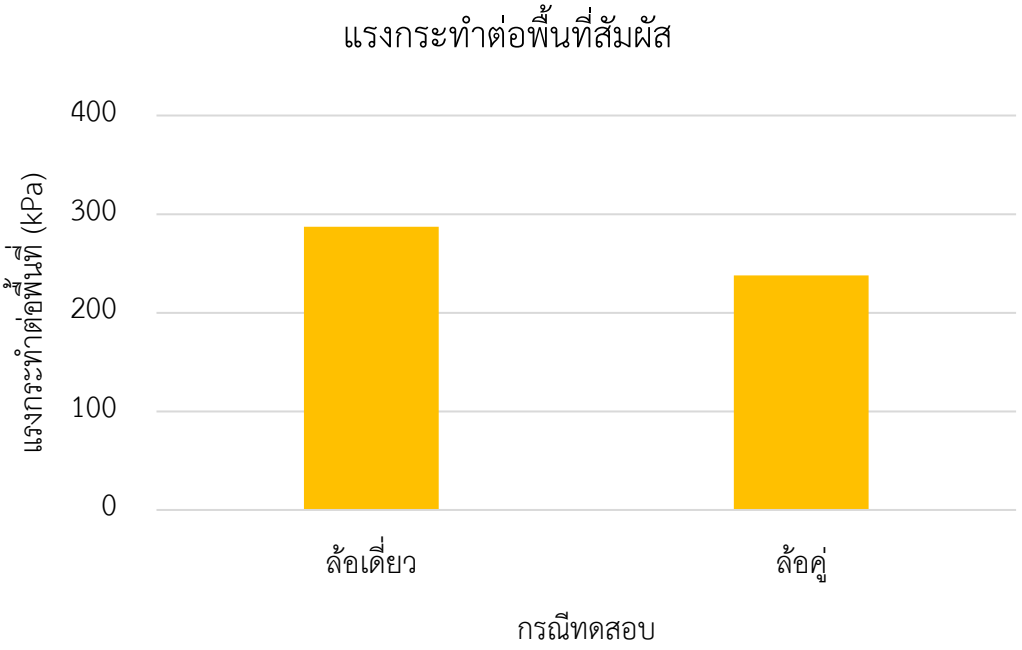
(ก) ล้อซ้าย (ข) ล้อขวา

ภาพที่ 42 กระดาษคัดลอกลายยางเพลาหลัง

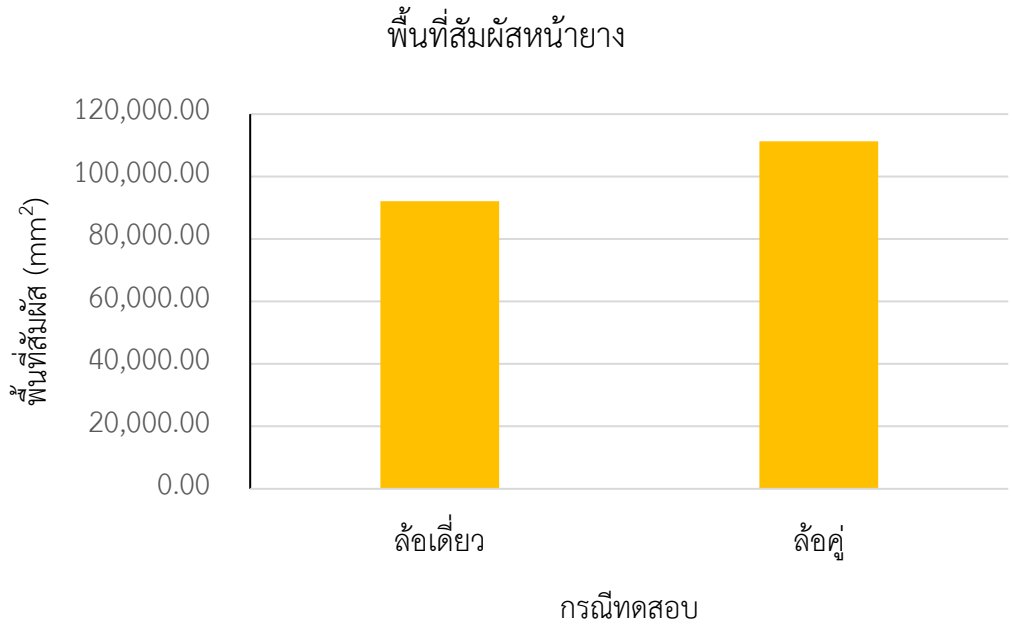
ตารางที่ 3 ตารางพื้นที่สัมผัสล้อยาง

กรณีที่	พื้นที่หน้าสัมผัส $(mm)^2$				พื้นที่สัมผัสรวม $(mm)^2$	แรงกด (kPa)
	ล้อหน้าซ้าย	ล้อหน้าขวา	ล้อหลังซ้าย	ล้อหลังขวา		
1	26,208.60	27,705.60	290.03	17,690.40	92,145.12	290.03
	26,250.13	27,970.80	286.74	18,670.08	93,202.20	286.74
	26,953.68	26,818.74	293.27	18,326.10	91,126.62	293.27
เฉลี่ย					92,157.78	290.01
2	35,665.50	45,177.60	240.11	15,015.00	111,302.10	240.11
	36,129.60	45,431.88	235.35	16,161.60	113,553.20	235.35
	35,670.96	45,242.34	240.49	15,303.60	111,127.40	240.49
เฉลี่ย					111,994.22	238.64

***กรณีที่ 1 ยางเดี่ยว (4 ล้อ) กรณีที่ 2 ยางคู่ (6 ล้อ)**



ภาพที่ 43 กราฟผลการทดสอบของแรงกระทำต่อพื้นที่สัมผัส



ภาพที่ 44 กราฟผลการทดสอบพื้นที่สัมผัสหน้ายาง

ผลการทดสอบหาพื้นที่สัมผัสล้อยาง

จากผลการทดสอบหาค่าพื้นที่หน้าสัมผัสล้อยางทั้ง 2 กรณี คือ กรณียางเดี่ยว (4 ล้อ) แสดงให้เห็นว่าที่ความดันลม 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเท่ากันทุกล้อ มีค่าพื้นที่หน้าสัมผัสเฉลี่ย 92,157.78 ตารางมิลลิเมตร มีแรงกระทำต่อพื้นดิน 290.01 กิโลพาสคัล และกรณียางคู่ (6 ล้อ) โดยจะแยกออกเป็นยางคู่นอกและยางคู่ใน ซึ่งความดันลมยางจะไม่เท่ากันโดยที่ความดันลมล้อคู่ในจะใช้ความดันอยู่ที่ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และล้อคู่นอกจะใช้ความดันอยู่ที่ 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อลดความเค้นที่ปลายเพลาขับและยืดอายุการใช้งาน รวมไปถึงเพิ่มพื้นที่สัมผัสของหน้ายางส่งผลให้มีค่าพื้นที่หน้าสัมผัส 111,994.22 ตารางมิลลิเมตร ทำให้แรงกระทำต่อพื้นดิน 238.64 กิโลพาสคัล

จากการคำนวณหาพื้นที่สัมผัสของหน้ายางทั้งสองกรณี คือกรณียางเดี่ยวและกรณียางคู่จะเห็นได้ว่ายางคู่มีพื้นที่สัมผัสมากกว่ากรณียางเดี่ยว 19,836.44 ตารางมิลลิเมตร ส่งผลให้มีความแตกต่างของแรงที่กระทำต่อพื้นดินถึง 17.71 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ล้อคู่ยังช่วยในการยึดเกาะ การตะกุย ซึ่งมีผลต่อการทำงานในพื้นที่ดินอ่อนได้เป็นอย่างมาก

ตารางที่ 4 ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณทางสถิติ

กรณีที่	แรงกด (kPa)
1	290.03
	286.74
	293.27
2	240.11
	235.35
	240.49

ตารางที่ 5 การคำนวณทางสถิติโดยโปรแกรม Microsoft Excel 2019

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	15.19521	0.500074	30.38591	6.99E-06	13.80678	16.58364	13.80678	16.58364
X Variable 1	-0.03857	0.001883	-20.4843	3.35E-05	-0.0438	-0.03334	-0.0438	-0.03334

จากการวิเคราะห์ผลแรงที่กระทำต่อพื้นดินทั้ง 2 กรณีที่มีค่าแรงกระทำเท่ากับ 290.03, 286.74, 293.27 kPa และ 240.11, 235.35, 240.49 kPa นำมาคำนวณทางสถิติที่ใช้ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ พบว่า P-value มีค่า 0.00000699 น้อยกว่า 0.05 ซึ่งมีค่าความแตกต่างตามนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 5
สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การตรวจสอบความแข็งแรงโครงช่วงล่างเครื่องเกี่ยวนวดข้าว ENG-MJU-003

1) คานเพลาขับหน้าก่อน และหลังการพัฒนา เกิดความแค้นสูงสุดเท่ากับ 200.4 MPa และ 65.4 MPa ตามลำดับ คานรองรับน้ำหนักทั้งสองรูปแบบมีการโก่งตัวสูงสุดที่เกิดขึ้นมีค่า 0.33 mm และ 0.13 mm ตามลำดับ
2) คานเพลาขับหน้าก่อนและหลังการพัฒนามีความเค้นสูงสุดเกิดขึ้นที่แผ่นเหล็กเสริมความแข็งแรงที่เชื่อมกับเพลาขับหน้า ที่ตำแหน่ง X= 990, Y= -2, Z= -32.4 และแผ่นเหล็กตั้งฉากยึดเพลาขับหน้า ที่ตำแหน่ง X= 220, Y= 29.3, Z= -128 ตามลำดับ ค่าความปลอดภัยของโครงช่วงล่างก่อนการพัฒนา และหลังการพัฒนาเท่ากับ 1.2 และ 3.8 ตามลำดับ
3) ภายหลังการปรับปรุงพบว่าคานเพลาหน้าสามารถรองรับน้ำหนักได้โดยไม่เกิดการโก่งเสียรูป และมีความแข็งแรงในระดับดีมาก

ผลการทดสอบหาพื้นที่สัมผัสล้อยาง

1) กรณียางเดี่ยว (4 ล้อ) ที่ความดันลม 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว มีค่าพื้นที่หน้าสัมผัส 92,145.12 ตารางมิลลิเมตร มีแรงกระทำต่อพื้นที่ 287.16 กิโลพาสคัล
2) กรณียางคู่ (6 ล้อ) โดยจะแยกออกเป็นยางคู่นอกและยางคู่ใน ดันลมล้อคู่ในจะใช้ความดันอยู่ที่ 50 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และล้อคู่นอกจะใช้ความดันอยู่ที่ 20 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เพื่อลดความเค้นที่ปลายเพลาขับและยืดอายุการใช้งาน รวมไปถึงเพิ่มพื้นที่สัมผัสของหน้ายางส่งผลให้มีค่าพื้นที่หน้าสัมผัส 111,302.10 ตารางมิลลิเมตร ทำให้แรงกระทำต่อพื้นที่ 237.73 กิโลพาสคัล
3) ยางคู่มีพื้นที่สัมผัสมากกว่ากรณียางเดี่ยว 19,157.58 ตารางมิลลิเมตร ส่งผลให้มีความแตกต่างของแรงที่กระทำต่อพื้นดินถึง 17.21 เปอร์เซ็นต์
4) จากการทดสอบแรงกระทำต่อพื้นมีค่ามากกว่าในค่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (มอก. 1428-2562) กำหนดค่าแรงกระทำต่อพื้นที่ต้องไม่เกิน 30 กิโลพาสคัล
5) ค่าแรงกระทำต่อพื้นดินทั้ง 2 กรณี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) ควรมีการศึกษาขั้นต่อไปถึงเพลาขับข้างในเสื้อเพลาขับว่าจะมีความคงทนในการใช้งานมากพอหรือไม่
2) ควรศึกษาเพิ่มเติมในสภาวะที่เครื่องเกี่ยวนวดข้าวทำงานจริง
3) ควรศึกษาเมื่อเพิ่มจำนวนล้อสำหรับการขับเคลื่อนมากกว่า 6 ล้อ

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณ

ก1. การวิเคราะห์แรงกดอัดบนพื้นดินจากการสัมผัสล้อยางเครื่องเกี่ยวนวดข้าว

สมการการคำนวณแรงกดอัดบนพื้นดิน โดยสูตรการหาพื้นที่ผิวสัมผัสดินของการขับเคลื่อนด้วยล้อยาง

$$A = 0.78bl$$

เมื่อ b = ความกว้างหน้ายางที่สัมผัสพื้น (มิลลิเมตร)

l = ความยาวหน้ายางที่สัมผัสพื้น (มิลลิเมตร)

แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ = (1.01×9.8M)/(A) kPa

เมื่อ M = มวลเครื่องเกี่ยวนวดข้าว (กิโลกรัม)

A = พื้นที่ผิวสัมผัสดินของล้อยาง

โดยที่ น้ำหนักที่แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ต้องไม่เกิน 30 กิโลพาสคาล (มอก.1428 2017)

ตัวอย่างการคำนวณ

กรณีใส่ยางคู่ (6 ล้อ)

1) ล้อหน้าซ้าย (ใน)

A = 0.78bl

= 0.78x155x185

= 22,366.50 ตารางมิลลิเมตร

2) ล้อหน้าซ้าย (นอก)

A = 0.78bl

= 0.78x110x155

= 13,299.00 ตารางมิลลิเมตร

3) ล้อหน้าขวา (ใน)

A = 0.78bl

= 0.78x160x222

= 27,705.6 ตารางมิลลิเมตร

4) ล้อหน้าขวา (นอก)

A = 0.78bl

= 0.78x140x160

= 17,472.00 ตารางมิลลิเมตร

5) ล้อหลังซ้าย

A = 0.78bl

= 0.78x120x165

= 15,444.00 ตารางมิลลิเมตร

6) ล้อหลังขวา

A = 0.78bl

= 0.78x110x175

= 15,015.00 ตารางมิลลิเมตร

พื้นที่รวม 111,302.10 ตารางมิลลิเมตร

น้ำหนักเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 2,400 กิโลกรัม

น้ำหนักข้าวบรรจุเต็มถัง 300 กิโลกรัม

รวม 2,700 กิโลกรัม

แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ = (1.01×9.8M)/(A) kPa

= (1.01×9.8x2,700)/(111,302.10)

= 237.73 kPa

กรณีใส่ยางเดี่ยว (4 ล้อ)

1) ล้อหน้าซ้าย

A = 0.78bl

= 0.78x160x210

= 26,208.00 ตารางมิลลิเมตร

2) ล้อหน้าขวา

A = 0.78bl

= 0.78x160x222

= 27,705.60 ตารางมิลลิเมตร

3) ล้อหลังซ้าย

A = 0.78bl

= 0.78x120x165

= 20,540.52 ตารางมิลลิเมตร

4) ล้อหลังขวา

A = 0.78bl

= 0.78x126x209

= 17,690.40 ตารางมิลลิเมตร

พื้นที่รวม 92,144.52 ตารางมิลลิเมตร

น้ำหนักเครื่องเกี่ยวนวดข้าว 2,400 กิโลกรัม

น้ำหนักข้าวบรรจุเต็มถัง 300 กิโลกรัม

รวม 2,700 กิโลกรัม

แรงกดต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ = (1.01×9.8M)/(A) kPa

= (1.01×9.8x2,700)/(92,144.52)

= 287.16 kPa

ภาคผนวก ข

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

รายชื่อบทความที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างศึกษา

พนธกร เหลี่ยมเคลือบ, ฤทธิชัย อัศวราชันย์, เสมอขวัญ ตันติกุล. (2021). การปรับปรุงความแข็งแรงเพลาขับ หน้าเครื่องเกี่ยวนวดข้าวรุ่น ENG-MJU-003. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 27(2), 7-11.

บรรณานุกรม

Chuan-Udom. 2010. Development of a cutter bar driver for reduction of vibration for a rice combine harvester. . **Asia-Pacific Journal of Science and Technology,** 15(7), 572-580.

Somchai Chuan-udom, และ Winit Chinsuwan t. 2011a. Effects of operating factors of an axial flow rice combine harvester on grain breakage. **Sonklanakarin Journal of Science and Technology**,33(2), 221.

Somchai Chuan-udom, และ Winit Chinsuwan. 2011b. In uence of threshing unit design of axial flow rice combine harvesters on harvesting losses when harvesting Thai Hommali Rice. **Asia-Pacific Journal of Science and Technology**,16(3), 252-260.

Coen, Tom, Saeys, Wouter, Missotten, Bart และDe Baerdemaeker, Josse. 2008. Cruise control on a combine harvester using model-based predictive control. **Biosystems engineering**,99(1), 47-55.

Junsiri, Chaiyan และChinsuwan, Winit. 2009. Prediction equations for header losses of combine harvesters when harvesting Thai Hom Mali rice. **Songklanakarin J. Sci. Technol**,31(6), 613-620.

Olaye, ARI Biaou, Moreira, J, Hounhouigan, J และAmponsah, SK. 2016. Effect of threshing drum speed and crop weight on paddy grain quality in axial-flow thresher (ASI). **J. Multidisciplin. Eng. Sci. Technol**,3(3716-3721.

Vejasit, Anusorn และSalokhe, V. 2004. Studies on machine-crop parameters of an axial flow thresher for threshing soybean.

กรมการข้าว. 2009. เครื่องเกี่ยวนวดข้าวในประเทศไทย.

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์. 2554. วิชาเครื่องจักรกลเกษตร 2 [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : www.media.rmutt.ac.th

ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน. 2008. ส่วนมาตราฐานการสำรวจจำแนกดินและที่ดิน สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ดินกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เอกสารวิชาการเลขที่ 15/10/2008.

เครื่องจักรกลเกษตร, 36 ปี. 2009. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

โครงการอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องเกี่ยวนวดข้าวและการประกอบการรับจ้างเกี่ยวนวดข้าวในเขตภาคกลางของประเทศไทย. 2016. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ผศ.ดร.เรืองรุชดิ์ ชีระโรจน์. 2557. หนังสือเรียนวิชาทฤษฎีโครงสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คุณนิธิ ด้วงผึ้ง. 2016. การศึกษาผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีผลต่อสมรรถนะในการนวด ของชุดนวดแบบไหลตามแกนของ เครื่องเกี่ยวนวดข้าว.

นิธิ ด้วงผึ้ง, และสมชาย ชวนอุดม. 2013. ผลของรูปแบบมุมครีบวงเดือนที่มีต่อ สมรรถนะในการนวดของชุดนวดข้าว แบบไหลตามแกน.

บพิตร และรัตนา ตั้งวงศ์กิจ. 2550. เครื่องจักรกลเกษตรในการพัฒนาการเกษตร ในหนังสืออุปกรณ์เครื่องจักรกลการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัย บำรุงเวช. 2553. เครื่องเกี่ยวนวดข้าวชนิดใดที่เข้ามาแทนการลงแขก. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน ปีที่ 22 ฉบับที่ 479 : 15 พฤษภาคม 2553 หน้าที่ 51-57.

ประทีป, ณั ฐ ดวง รัตน, กูล, พิมพ์ เดือน รังสิ ยา, กูล, ชาย รังสิ ยา และอาจ, กุล ภพ สุทธิ. 2018. ความ รู้ เบื้องต้น เกี่ยว กับ ระเบียบ วิธี ไฟ ไน ต์ เอ ลิ เมน ต์ และ การ ประยุกต์ ใช้ ใน ทาง ทันต กรรม ราก เทียม. **Chiang Mai Dental Journal**, 39(3), 29-42.

คงเดช พะสีนาม. 2013. การวิเคราะห์และปรับปรุงโครงช่วงล่างของเครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทยโดยใช้แบบ จำลอง. สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีสุรนารี.

วินิต ชินสุวรรณ และคณะ. 2555. เครื่องเกี่ยวนวดข้าวไทย [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : http://www.phtnet.org/article/view-article.asp?aID=57.

ไสวอมร, อติศักดิ์. 2013. การวิเคราะห์ความเสี่ยงของเครื่องเกี่ยว นวดข้าวโดยการประยุกต์ใช้เทคนิคการ วิเคราะห์ความบกพร่อง และผลกระทบ. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. คณะวิศวกรรมศาสตร์. สาขาวิชา วิศวกรรม.

สุธี โอฬารฤทธินันท์. ไฟไนต์เอลิเมนต์กับความผิดพลาดในการออกแบบผลิตภัณฑ์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายพนธกร เหลี่ยมเคลือบ

เกิดเมื่อ 31 มีนาคม 2540

ประวัติการศึกษา มัธยม : โรงเรียนกำแพงเพชรพิทยาคม

ปริญญาตรี : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมเกษตร) วิศกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ประวัติการทำงาน -