การออกแบบและพัฒนาเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน

The design and development of young rice planting machine for use in the North Eastern part of Thailand

วทัญญู เนตรสง่า[1]*

[1]อาจารย์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น 40000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาประสิทธิภาพและคุณภาพของเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน โดยประยุกต์แนวคิดจากการปักดำของคนและข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องของเครื่องปักดำ เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องปักดำที่ใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เป็นต้นกำลังในการทำงาน ผู้วิจัยได้เริ่มทำการศึกษาข้อมูล ศึกษาวิธีการปักดำ จากกลุ่มเกษตรกรในเขตพื้นที่อีสาน ทำการออกแบบหลักการปักดำ คำนวณงานชิ้นส่วนเครื่องจักร และเขียนแบบงานวิศวกรรม เพื่อใช้ในการผลิตสร้างเครื่องปักดำต้นกล้า จากนั้น ทดสอบหาประสิทธิภาพ และคุณภาพ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ผลการวิจัยสรุปว่า เครื่องปักดำมีประสิทธิภาพด้านการปักดำต้นกล้าสำเร็จที่ร้อยละ 90 มีคุณภาพด้านรูปลักษณ์ของเครื่อง ด้านหน้าที่ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านวิศวกรรม และด้านความปลอดภัยได้ค่าคะแนนเฉลี่ยรวมที่ 3.70 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับที่น่าพอใจ

Abstract

This research aims to investigate the efficiency and quality of young rice planting machine which is suitable for the North Eastern part of Thailand. The investigation applies the notions of planting young rice manually by farmers into the design of a battery-driven young rice planting machine. The researcher started with the study of transplanting methods of agriculturists in the North Eastern part and the design principles of young rice planting machine. Next, the components were calculated and engineering design was drawn. Then, the machine was tested in terms of its efficiency and quality. The data were analyzed in terms of means. The results show that the efficiency of the machine regarding planting performance is 90 %, the appearance of the machine, functions, applications, engineering, and safety achieve the average point of 3.70, which is considered satisfactory.

คำสำคัญ : การปักดำ พื้นที่อีสาน

Key words : Planting, North Eastern part

* *ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ man_pd2000@hotmail.com โทร. 08-9714-7015*

1. บทนำ

การเกษตรกรรมยังเป็นอาชีพส่วนใหญ่ของพลเมือง จากรายงานข้อมูลทางเศรษฐกิจที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเกษตรของกองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ในปี 2534 มีประชากรที่มีชีวิตเกี่ยวข้องกับการเกษตร คิดเป็นร้อยละ 66 ในจำนวนประชากรนี้คงเป็นชาวนาไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ข้าวจึงเป็นพืชที่สำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถเป็นสินค้าเกษตรส่งออกและทำรายได้เข้าประเทศที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง อีกทั้งยังคงเหลือสามารถเลี้ยงดูประชากรในประเทศอย่างพอเพียง (วรวิทย์ และคณะ, 2537)

การปลูกข้าวของเกษตรกรโดยทั่วไปมีอยู่หลายวิธี ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมและลักษณะภูมิประเทศ ในภาคอีสานส่วนมากนิยมใช้วิธีการปักดำปฏิบัติในพื้นที่ที่มีน้ำอุดมสมบูรณ์ (ชาญชัย, 2547)

การปักดำ คือการนำต้นกล้าที่ถอนขึ้นจากแปลงแล้วมัดรวมกันเป็นมัดๆ จะต้องสลัดดินโคลนที่รากออก แล้วนำไปปักดำในพื้นที่นาที่ได้เตรียมไว้ ถ้าต้นกล้าสูงมากก็ตัดปลายใบทิ้ง พื้นที่นาที่ใช้ปักดำควรมีน้ำขังอยู่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร การปักดำที่ได้ผลผลิตสูงจะต้องปักดำให้เป็นแถวเป็นแนวและมีระยะห่างระหว่างกอมากพอสมควร ข้าวที่ได้จากการปักดำถ้ามีการดูแลรักษาและปลูกอย่างถูกหลักการ จะมีลักษณะแตกกอได้มาก การปักดำสามารถทำให้ได้ผลผลิตสูง (ชาญชัย, 2547)

ปัจจุบันการปักดำ ได้มีการนำเครื่องจักรในการปักดำ หรือเรียกว่าเครื่องปักดำ มาทดลองใช้ในกลุ่มเกษตรกรมากขึ้น เพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวและลดเวลาในการทำงาน อีกทั้งลดความเมื่อยล้าแก่เกษตรกร เครื่องปักดำที่นำมาใช้ได้นำเข้าจากต่างประเทศ ส่วนมากคือ ประเทศไต้หวัน ญี่ปุ่น และเกาหลี โดยการให้คำปรึกษาและอบรมในการใช้งานของเครื่องจาก สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ให้แก่กลุ่มเกษตรกรที่ต้องการใช้เครื่องปักดำ (คนึงศักดิ์, 2546)

ผู้วิจัยได้เข้าไปศึกษาข้อมูลของเครื่องปักดำในด้านระบบการทำงานของเครื่อง ความพึงพอใจของกลุ่มเกษตรกรผู้ใช้ และผู้เกี่ยวข้องในการใช้เครื่องได้พบปัญหาและสาเหตุจากการใช้งานของเครื่องปักดำ และใช้มือปักดำดังนี้

1. เครื่องปักดำ ใช้กับต้นกล้าที่ปลูกแบบดั้งเดิมในเขตภาคอีสานค่อนข้างลำบาก สาเหตุเนื่องจากรากที่ปลูกตามแบบวิถีเดิมจะมีรากที่ยาวมากลำบากต่อการแยกกล้าเข้าเครื่องปักดำ

2. กลุ่มเกษตรกรไม่มีกำลังทรัพย์ในการซื้อเครื่องปักดำ สาเหตุเนื่องจาก เครื่องปักดำที่นำเข้าจากต่างประเทศมีราคาแพง ราคาประมาณ 200,000 - 400,000 บาท (ทรงวุฒิ, 2545)

3. การเตรียมปลูกต้นกล้ามีขั้นตอนในการปลูกยุ่งยาก สาเหตุเนื่องจากต้นกล้าที่ใช้กับเครื่อง จะต้องมีการเตรียมดินและปลูกต้นกล้าอีกแบบ อุปกรณ์ในการเตรียมการเพิ่มขึ้น จำนวนคนมากขึ้น

4. ปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรส่วนมากยังคงวิธีปักกล้าด้วยมือแต่เกิดปัญหาเกิดความล่าช้าในการทำงาน เนื่องจากขาดแรงงานคนในการปักดำ

จากปัญหาและสาเหตุที่ได้กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะออกแบบและพัฒนาเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมต่อการใช้งานในเขตสภาพพื้นที่ภาคอีสาน โดยให้มีราคาที่ถูกกว่านำเข้าจากต่างประเทศ น้ำหนักของเครื่องไม่หนักมาก เสียค่าใช้จ่ายไม่สูงในการใช้งานแต่ละครั้ง และใช้งานกับต้นกล้าที่ปลูกทั่วไปในเขตพื้นที่อีสานได้

1.1 วัตถุประสงค์งานวิจัย

เพื่อหาประสิทธิภาพและคุณภาพของเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน โดยใช้แหล่งพลังงานจากแบตเตอรี่เป็นต้นกำลังในการจ่ายไฟเข้าสู่ระบบ

1.2 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

1.2.1 การปลูกข้าวในพื้นที่อีสาน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน โดยศึกษาการปลูกข้าวในพื้นที่อีสานแบบปักดำโดยใช้แรงงานคนในการทำนา นาดำเหมาะแก่ท้องที่ที่ทำนาน้ำฝนทำกันอยู่เป็นส่วนใหญ่ เหมาะแก่ท้องที่ที่มีฝนตกดี พื้นดินกักเก็บน้ำได้ดี การทำนาดำมีขั้นตอนการทำคือ การปลูกกล้า (การตกกล้า) และการปักดำ ดังแสดงในรูปที่ 1 (สนิต และคณะ, 2537)

การปลูกกล้า (การตกกล้า)

การปักดำ

รูปที่ 1 การทำนาดำ

1.2.2 สภาพดินฟ้าอากาศที่ใช้ปลูกข้าวในพื้นที่อีสาน

1) สภาพดินที่ใช้ทำนาในพื้นที่อีสาน ชุดดินในพื้นที่อีสานมีหลายแบบ บางชนิดเหมาะสมในการปลูกพืชไร่ พืชเศรษฐกิจต่างๆ และการทำนา ในที่นี้จะกล่าวถึงชุดดินที่มีความเหมาะสมต่อการทำนาในพื้นที่อีสาน

ก) ชุดดินกุลาร้องไห้ (Kula Ronghai series : Ki) ใช้ประโยชน์ ใช้ทำนา ดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทรายสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนปนดินเหนียวหรือดินร่วนเหนียวปนทรายสีเทาหรือสีน้ำตาลปนเทา

ข) ชุดดินนครพนม (Nakhon Phanom series : Nn) ใช้ประโยชน์ ใช้ทำนา ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้งสีน้ำตาลปนเหลือง ดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งหรือดินเหนียวสีเทาอ่อน

ค) ชุดดินร้อยเอ็ด (Roi-et series : Re) ใช้ประโยชน์ ใช้ทำนา ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายหรือดินร่วน

ง) ชุดดินอุบล (Ubon series : Ub) ใช้ประโยชน์ ใช้ทำนาดำ ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย

จ) ชุดดินอุดร (Udon series : Ud) ใช้ประโยชน์ ใช้ทำนาดำ และเป็นแหล่งทำเกลือ ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย หรือดินเหนียวสลับกันไปกับดินร่วน (กรมพัฒนาที่ดินจังหวัดขอนแก่น, 2546)

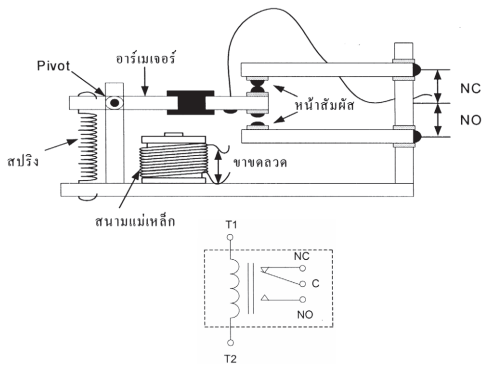
2) น้ำฝนในภาคอีสาน ฤดูฝนในภาคอีสานจะเริ่มประมาณปลายเดือนพฤษภาคมหรือต้นเดือนมิถุนายนไปสิ้นสุดในเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาของฤดูฝนในภาคนี้ประมาณ 4 เดือนครึ่ง

3) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำนา มีส่วนสำคัญที่ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ อุณหภูมิที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลผลิตข้าวสูงจะอยู่ในช่วง 25-33 องศาเซลเซียส (วรวิทย์ และคณะ, 2537)

1.2.3 อุปกรณ์ชุดควบคุมระบบการทำงานของเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน

1) รีเลย์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่ำเพื่อควบคุมสวิตช์ให้ต่อกับโหลดที่มีกระแสสูงๆ โครงสร้างส่วนประกอบของรีเลย์ ดังแสดงในรูปที่ 2 การทำงานของรีเลย์ คือ เมื่อมีแรงดันตกคร่อมขดลวดทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด ซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ (Moving Contact) เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดูดหน้าสัมผัส NO (ปกติเปิดวงจร : normally open) ให้ต่อวงจร และเมื่อปลดแรงดันออกสนามแม่เหล็กก็จะหมดลง หน้าสัมผัสเคลื่อนที่ก็จะดีดกลับมาต่อยังหน้าสัมผัส NC (ปกติต่อวงจร :

normally close) สัญลักษณ์ของรีเลย์แสดงในรูปที่ 2

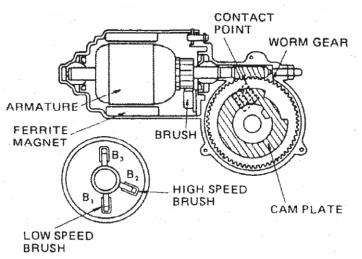


รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างของรีเลย์ และสัญลักษณ์ของรีเลย์

รีเลย์เป็นสวิตช์ที่ทำงานเปิดปิดวงจรโดยใช้แม่เหล็ก แทนที่จะใช้เปิดปิดวงจรแบบสวิตช์ปกติซึ่งใช้สปริงหน้าหน้าคอนแทคจะเกิดกระแสเพียงเล็กน้อยเป็นมิลิแอมป์ โดยจะทำงานเพื่อดึงหน้าคอนแทคให้เปิดหรือปิดวงจร โดยทำหน้าที่เปิดสวิตช์ ยอมให้กระแสผ่านถึง 10 แอมป์

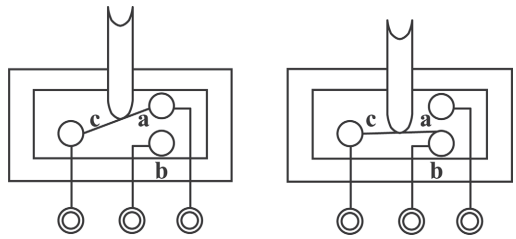
ข้อดีของรีเลย์ตรงที่การปิดหน้าของคอนแทคจะเป็นไปอย่างรวดเร็วก็เนื่องจากแรงดึงของคอยล์โดยอำนาจแม่เหล็กจะทำให้ลดประกายไฟลงที่หน้าคอนแทคได้มาก (บุญธรรม และคณะ, 2537)

2) มอเตอร์ปัดน้ำฝน *(Wiper Motor)* เป็นมอเตอร์ซึ่งใช้แม่เหล็กถาวรและตัวมอเตอร์ปัดน้ำฝนจะทำงานได้โดยได้รับกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลผ่านแปลงถ่าน ทำให้เกิดการผลักดันให้มอเตอร์หมุนทำงาน มอเตอร์ปัดน้ำฝนภายในประกอบด้วยมอเตอร์และชุดขับเฟืองขับซึ่งทำหน้าที่ลดความเร็วของมอเตอร์ใช้ในลง และจะมีแปลงถ่านจำนวน 3 ตัว คือ แปลงถ่านความเร็วต่ำ แปลงถ่านความเร็วสูงและแปลงถ่านที่ต่อลงกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 3 (บุญธรรม และคณะ, 2537)



รูปที่ 3 แสดงภาพตัดแสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของมอเตอร์

3) ลิมิตสวิตช์ ในการควบคุมการทำงานของระบบนิวแมติกส์ไฟฟ้า ใช้ลิมิตสวิตช์เพื่อจำกัดระยะชักของก้านสูบ หรือระยะตำแหน่งของชิ้นส่วนเครื่องจักรกลจะถูกกำหนดด้วยลิมิตสวิตช์ ซึ่งหลักการทำงานสามารถดูได้จากรูปที่ 4 ในตำแหน่งปกติหมายถึง ตำแหน่งที่ยังไม่มีอะไรมากระทำปุ่มกดลิมิตสวิตช์ขณะทำงาน ซึ่งตำแหน่งนี้หน้าสัมผัสจะต่อระหว่างจุด c กับจุด a เมื่อมีก้านสูบมากดหรือมีอะไรมากระทำที่ปุ่มกด จะทำให้หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b สังเกตได้ว่าหน้าสัมผัสระหว่างจุด c กับจุด a จะเป็นปกติปิด หน้าสัมผัสต่อระหว่างจุด c กับจุด b จะเป็นปกติเปิด หน้าสัมผัสในลิมิตสวิตช์มีลักษณะการทำงานอยู่ 2 แบบคือ หน้าสัมผัสชนิดทำงานช้า และหน้าสัมผัสชนิดทำงานทันที



รูปที่ 4 แสดงโครงสร้างภายในลิมิตสวิตช์

1.2.4 งานวิจัยและรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง

1) การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องปักดำแบบ IRRI การปักดำโดยเฉลี่ยแล้วมีจำนวนต้นกล้า/หลุม ประมาณ 2-3 ต้น เปอร์เซ็นต์การปักดำ 94-97% โดยมีจำนวนต้นกล้าเสียหายซึ่งเกิดจากการหักจม และลอย ประมาณ 3-4 ต้น ต่อการปักดำ 1 ครั้ง (ปักดำจนหมดถาดกล้าซึ่งมีพื้นที่ปลูกกล้าในถาด 0.8 × 0.8 m.) ข้อบกพร่องเกี่ยวกับเครื่องมืออุปกรณ์ คือ หัวซ่อมที่ใช้ในการจับกล้าชำรุดบ่อย โครงสร้างไม่แข็งแรง ข้อเสนอแนะ ควรออกแบบหัวจับและโครงสร้างหลักให้มีความแข็งแรง เครื่องต้นแบบ IRRI ดังแสดงในรูปที่ 5 (อนุสรณ์ และคณะ, 2531)

รูปที่ 5 เครื่องปักดำต้นแบบ IRRI

2) รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยได้ศึกษารูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน มีรูปแบบดังนี้

ก) เครื่องปักดำรุ่น SPU-68C ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่นที่ใช้คนนั่งขับขณะทำงาน ใช้กล้าที่มีลักษณะการเพาะกล้าเป็นแผ่นโดยเฉพาะ ใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 2 สูบ 15 แรงม้า ชนิดของเชื้อเพลิงเบนซิน 91 ขนาดความยาว 3.00 m. ขนาดความกว้าง 2.20 m. สูง 1.45 m. น้ำหนักรถ 495 กิโลกรัม ประสิทธิภาพในการปักดำ สามารถปักดำได้ 5 แถว (ระยะระหว่างแถว 30 cm.) ระยะระหว่างกอปรับได้ 4 ระยะ คือ 14, 16, 18 และ 20 cm. ปักดำได้ 4 ไร่ ต่อ 1 ครั้ง โดยใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง กล้าที่ใช้ในการปักดำใช้ต้นกล้าที่ปลูกเป็นผืนในแปลงปลูกกล้า เครื่องปักดำรุ่น SPU-68C มีกระบะรับกล้าเพื่อให้สามารถบรรทุกกล้าได้มากขึ้น แสดงในรูปที่ 6 (บริษัท สยามคูโบต้าอุตสาหกรรม จำกัด, 2547)

รูปที่ 6 เครื่องปักดำรุ่น SPU-68C

ข) เครื่องปักดำรุ่น GP401 นำเข้าจากประเทศไต้หวันที่ใช้คนบังคับขับเดินตามจากด้านหลังเครื่องขณะทำงาน ใช้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 2 สูบ 2.3 แรงม้า ขนาดความยาว 2.30 m. ขนาดความกว้างของเครื่อง 1.50 m. สูง 0.75 m. น้ำหนักรถ 160 กิโลกรัม ประสิทธิภาพในการปักดำ สามารถปักดำได้ 3 แถว (ระยะระหว่างแถว 30 cm.) ระยะระหว่างกอปรับได้ 3 ระยะ คือ 11, 13 และ 15 cm. ปักดำได้ 1 ไร่ ต่อ 1 ครั้ง โดยใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง กล้าที่ใช้ในการปักดำใช้ต้นกล้าที่ปลูกเป็นผืนในแปลงปลูกกล้า เครื่องปักดำรุ่น GP401 มีกระบะรับกล้าเพื่อให้สามารถบรรทุกกล้าได้อยู่ด้านบนของเครื่อง แสดงในรูปที่ 7 (คนึงศักดิ์ และคณะ, 2543) (ทรงวุฒิ, 2545)

รูปที่ 7 เครื่องปักดำรุ่น GP401

ค) เครื่องปักดำแบบยึดติดกับรถไถนาเดินตาม ชนิดของเครื่องยนต์ขับเคลื่อน คูโบต้า 10

แรงม้า 2 สูบ 4 จังหวะ ระบบขับเคลื่อน 2 ล้อ ขนาดตัวรถ (2.50 × 1.20 × 5.50 m.) ชนิดของเชื้อเพลิงเบนซิน 91 น้ำหนักรถรวมกับชุดปักดำ 200 + 95 = 295 กิโลกรัม ระยะระหว่างแถว 30 cm. ระยะระหว่างกอ 25 cm. ลักษณะต้นกล้าใช้กล้าที่ปลูกในพื้นที่อีสาน (กล้าทั่วไป) ปักดำต้นกล้าได้วันละ 5-7 ไร่ ทำงานได้เทียบเท่าแรงงานคน 15-20 คน (ต่อวัน) ต้นกล้าไม่หัก คิดเป็นเปอร์เซ็นต์การปักได้ 83% ทำงานต่อเนื่องได้ครั้งละ 0.125 ไร่ (1/2 งาน) ดังแสดงในรูปที่ 8

รูปที่ 8 เครื่องปักดำแบบยึดติดกับรถไถนาเดินตาม

2. วิธีการทดลอง

2.1 ศึกษาปัญหาของงานวิจัยและรูปแบบผลิตภัณฑ์เดิม

จากงานวิจัยและรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวข้องได้ข้อมูลของปัญหาที่สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อเป็นเงื่อนไขในการออกแบบดังนี้

2.1.1 ด้านสภาพพื้นที่เหมาะสมกับเครื่อง เครื่องที่ใช้ควรใช้ได้กับพื้นที่อีสาน ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่ที่แคบเพียงใด เครื่องก็สามารถใช้งานได้สะดวก ไม่ควรปรับสภาพพื้นที่ตามความสามารถของเครื่อง

2.1.2 ด้านความสะดวกต่อการขนย้าย เครื่องที่ใช้ควรมีขนาดเล็กขนย้ายได้สะดวก น้ำหนักไม่มาก

2.1.3 ด้านราคาของเครื่อง เครื่องปักดำที่ใช้ไม่ควรมีราคาแพง กลุ่มเกษตรกรมีกำลังซื้อ

2.1.4 ด้านความสามารถในการปักดำ เครื่องปักดำที่ใช้ควรปักดำได้จริง และมีประสิทธิภาพทัดเทียมคนปัก ต้นกล้าไม่ล้ม ไม่ตาย

2.1.5 ด้านความแข็งแรงทนทาน เครื่องปักดำที่ใช้ควรมีความคงทนแข็งแรง ใช้ได้นาน ทนแรงกระแทกจากภายนอกได้

2.1.6 ด้านความปลอดภัยต่อการใช้งาน เครื่องปักดำที่ใช้ควรมีความปลอดภัยเป็นอย่างสูงต่อผู้ใช้งานในขณะการทำงานและหลังจากการทำงาน

2.1.7 ด้านการปลูกกล้าที่ใช้กับเครื่อง เครื่องปักดำที่ใช้สามารถใช้งานกับต้นกล้าที่ปลูกแบบอีสานได้

2.2 การสร้างแนวความคิดหลัก

แนวความคิดหลักควรมีลักษณะที่สามารถแก้ปัญหาสำคัญได้อย่างตรงประเด็น และมีความกว้างครอบคลุมการแก้ปัญหาย่อย มีความแปลกใหม่ไม่ซ้ำกับแนวทางที่เคยมีมาก่อน ดังหัวข้อต่อไปนี้

2.2.1 ออกแบบโครงสร้างที่ดูสวยงาม สะดวกต่อการใช้งาน ขนย้ายสะดวกมีน้ำหนักไม่มากนัก

2.2.2 วัสดุที่ใช้ในการสร้าง ควรเป็นวัสดุที่หาซื้อได้ง่ายในประเทศไทย และเขตพื้นที่นั้นๆ

2.2.3 เครื่องปักดำสามารถนำไปใช้กับต้นกล้าแบบอีสานได้เป็นอย่างดี และสามารถใช้งานกับต้นกล้าที่ปลูกเป็นผืนได้ ควรออกแบบหัวจับที่สามารถถ่างจับได้กว้างมากกว่าเดิม เพื่อสามารถจับต้นกล้าที่มีขนาดลำต้นโตได้ และเพิ่มแรงจับให้สามารถจับแยกต้นกล้าที่มีรากยาวออกจากกันได้สะดวก

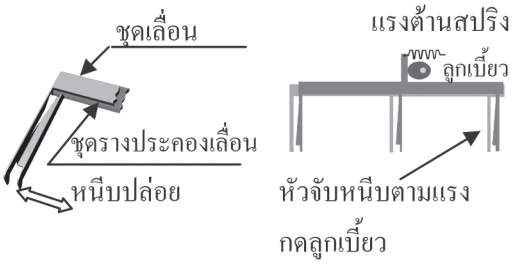
2.3 การออกแบบร่าง และการคัดเลือก

ผู้วิจัยได้นำแนวความคิดหลักข้างต้นมาตีความ แปรรูปหรือประยุกต์สร้างขึ้นจากสิ่งที่เป็นนามธรรมให้กลายเป็นรูปธรรม มีตัวตนมองเห็นและจับต้องได้ ด้วยการร่างเป็นภาพ 2 มิติหรือ 3 มิติ แบบ

ร่างควรมีจำนวนมาก มีความแตกต่างหลากหลายทางด้านรูปร่างหน้าตา ขนาด ส่วนประกอบตั้งแต่โครงสร้างจนถึงส่วนประกอบย่อย พร้อมทั้งให้คำอธิบายหรือกราฟิกแสดงหลักการ วิธีการและความคิดเห็นของผู้ออกแบบต่อแบบเหล่านั้น ดังข้อมูลต่อไปนี้

2.3.1 ผู้วิจัยได้เริ่มศึกษาวิธีการปักดำโดยใช้มือ จากกลุ่มเกษตรกรที่ทำนา ในเขตจังหวัดขอนแก่น อุดรธานี ร้อยเอ็ด อุบลราชธานี มหาสารคาม ฯลฯ

2.3.2 ออกแบบชุดหัวจับแบบต่างๆ โดยใช้หลักการลูกเบี้ยวดันและคลายตัวที่หัวจับทำให้สามารถถ่างและหนีบหัวจับได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังแสดงในรูปที่ 9 (Hamiltion H. Mabie, 1987)



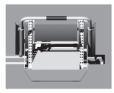
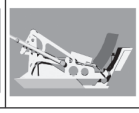
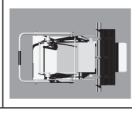
รูปที่ 9 แสดงชุดหัวจับต้นกล้าที่ได้จากการออกแบบ

2.3.3 ออกแบบระบบถาดใส่ต้นกล้าที่สามารถเลื่อนไปด้านซ้ายและด้านขวาได้ โดยมีความสัมพันธ์ในการทำงานกับชุดหัวจับต้นกล้าโดยตรง

2.3.4 ออกแบบระบบส่งกำลังเพื่อไปขับเคลื่อนการทำงานในระบบจับและปล่อยต้นกล้า

2.3.5 การออกแบบภาพกราฟิกหลายๆ แบบพร้อมกับวิเคราะห์หาแบบที่เหมาะสมที่สุด เพื่อให้ได้รูปลักษณ์ของเครื่องปักดำที่สมบูรณ์ มีความคงทนแข็งแรง สามารถนำไปสู่การออกแบบรายละเอียดต่อไป ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงการออกแบบภาพกราฟิกของเครื่องปักดำที่สมบูรณ์

ภาพด้านหน้า	ภาพด้านข้าง	ภาพด้านบน	ภาพสามมิติ
			

2.4 การออกแบบรายละเอียด

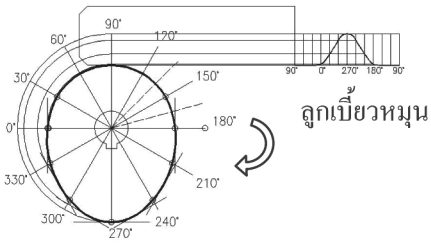
2.4.1 การออกแบบลูกเบี้ยว (เพื่อดันหนีบปล่อยต้นกล้า) ลูกเบี้ยวเป็นส่วนหนึ่งของชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดการหมุน การแกว่ง การเคลื่อนที่ไปมาในลักษณะต่างๆ เช่น การเคลื่อนที่แบบคงที่ และไม่คงที่ ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาและทำการออกแบบให้ลูกเบี้ยวเข้ามามีบทบาทในส่วนของชุดหนีบ ปล่อยต้นกล้า โดยทำการออกแบบให้มีอัตราเร่งและความหน่วงสม่ำเสมอ (Uniform Acceleration Retardation) มีระยะการเคลื่อนตัวของตัวตามดังสมการต่อไปนี้

$$S(\theta)=\frac{2L\theta^2}{\beta^2} \text{ หรือ } S(\theta)=\frac{2Lt^2}{T^2} \text{ เมื่อ } 0<t<T/2$$

หรือ $0<\theta<\beta/2$

เมื่อ L คือ ระยะขึ้นหรือลงทั้งหมดของตัวตาม
S คือ ระยะขึ้นหรือลงขณะหนึ่งของตัวตาม
β คือ มุมทั้งหมดของช่วงขึ้นหรือช่วงลง
θ คือ มุมลูกเบี้ยวที่เวลา t (เวลาขณะหนึ่ง)
T คือ เวลาทั้งหมดของช่วงขึ้นหรือช่วงลง

จะมีลักษณะเป็นเส้นโค้งพาราโบราเป็นการเคลื่อนที่แบบขึ้นหรือลดลงในสัดส่วนที่เท่ากัน ดังแสดงในรูปที่ 10 (Hamiltion H. Mabie, 1987)

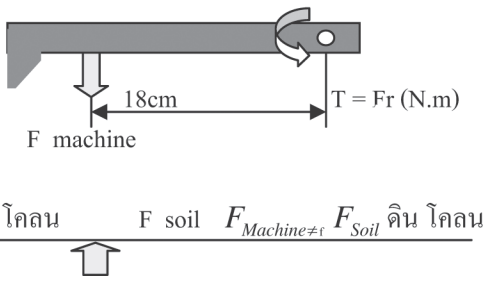


รูปที่ 10 แสดงหลักการออกแบบลูกเบี้ยวเพื่อดันหนีบ ปล่อยต้นกล้า

2.4.2 วิเคราะห์แรงกดของหัวจับที่ปักลงดินโคลน ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพดินในแปลงนาข้าวที่ทำการปักดำ สามารถทำการออกแบบคำนวณหาแรงกดของหัวจับที่ปักลงในดินโคลน ดังแสดงในรูปที่ 11 ได้สมการที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

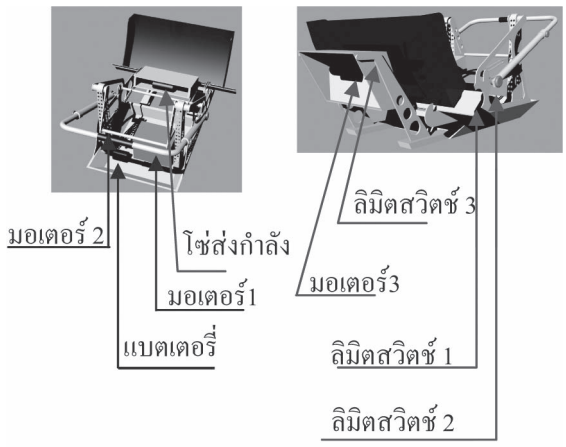
ρ ของดิน $\approx 1{,}320 \ kg/m^3$

$\rho_{max} \approx 2{,}640 \ kg/m^3$ หัวหนีบต้นกล้า



รูปที่ 11 แสดงการออกแบบคำนวณหาแรงกดของหัวจับที่ปักลงในดิน

2.4.3 การออกแบบวงจรควบคุมระบบการทำงานในการปักดำ ผู้วิจัยได้เลือกชิ้นส่วนอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในการออกแบบวงจรควบคุมกลไกการทำงานในการปักดำ เช่น รีเลย์ ลิมิตสวิตช์ มอเตอร์ขับเคลื่อน ฯลฯ ได้ระบบการติดตั้งอุปกรณ์ในแต่ละจุดดังแสดงในรูปที่ 12



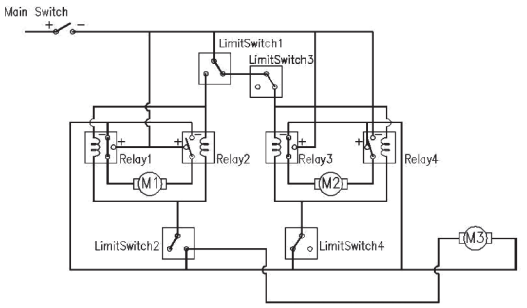
รูปที่ 12 จุดติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมวงจรการทำงาน

จากจุดติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมวงจรการทำงานของเครื่องปักดำ ดังแสดงในรูปที่ 9 อุปกรณ์แต่ละชนิดมีหน้าที่การทำงานและนำมาออกแบบวงจรควบคุมกลไกการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 13 ดังนี้

1) มอเตอร์ 1 มีหน้าที่ ขับเคลื่อนโซ่ส่งกำลัง
2) โซ่ส่งกำลัง มีหน้าที่ ส่งกำลังการหมุนไปยังแขนบังคับชุดเลื่อนจับต้นกล้า
3) มอเตอร์ 2 มีหน้าที่ ขับเคลื่อนบังคับการหมุนเพื่อดันลูกเบี้ยวจับ ปล่อยต้นกล้า
4) มอเตอร์ 3 มีหน้าที่ ขับเคลื่อนหมุนบังคับเลื่อนชุดถาดใส่ต้นกล้า ไป-กลับ
5) ลิมิตสวิตช์ 1 มีหน้าที่ (มอเตอร์ 1 หมุน) รับสัญญาณจากแขนประคองชุดหนีบต้นกล้าเข้ามาสัมผัส แล้วส่งสัญญาณให้มอเตอร์ 2 หมุน ส่งให้ลูกเบี้ยวดันให้ปากจับต้นกล้าถ่างปล่อยต้นกล้า (ช่วงนี้มอเตอร์ 3 ทำงานหมุน เลื่อนถาดต้นกล้า ลิมิตสวิตช์ 3 ทำงานเพื่อเลื่อนแกนถาดต้นกล้า) แขนประคองถูกดึงกลับ (มอเตอร์ 1 หมุนกลับ) สัมผัสกับลิมิตสวิตช์ 2

6) ลิมิตสวิตช์ 2 มีหน้าที่ รับสัญญาณหลังจากมอเตอร์ 2 หมุน ลูกเบี้ยวหมุนคืนสภาพเดิม ทำให้ปากจับต้นกล้าหนีบต้นกล้า (มอเตอร์ 1 หมุนกลับ) แขนประคองชุดหนีบต้นกล้าถูกดึงกลับ (ครบ 1 รอบ)

7) แบตเตอรี่ มีหน้าที่ ส่งกำลังไฟฟ้าเพื่อจ่ายให้อุปกรณ์ต่างๆ ทำงาน



รูปที่ 13 แสดงวงจรควบคุมกลไกการทำงานในการปักดำ

2.4.4 การออกแบบและเขียนแบบงานด้านวิศวกรรม ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลของแบบสเกตต่างๆ ที่ตัดสินใจวิเคราะห์เลือก และการคำนวณชิ้นส่วนเครื่องกลที่เกี่ยวข้องนำมาเขียนแบบงานด้านวิศวกรรม โดยมีรายละเอียดของแบบงานภาพประกอบรวม และแบบสั่งงานผลิตของชิ้นส่วนต่างๆ (ไม่แสดง ณ ที่นี้)

2.4.5 การจัดสร้างเครื่องต้นแบบ หลังจากได้แบบสั่งงานผลิต ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการผลิตเครื่องต้นแบบ โดยเน้นการหาวัสดุอุปกรณ์ที่มีจำหน่ายในประเทศไทย

2.4.6 การทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง

1) เตรียมแปลงปักดำต้นกล้าสาธิตขนาดความกว้าง 3.00 m. ยาว 6.00 m. เพื่อเตรียมปักดำ โดยมีน้ำขังอยู่ในแปลงปักดำต้นกล้าสาธิตสูงไม่เกิน 3 cm. เตรียมต้นกล้าเพื่อใช้ในการปักดำ โดยตัดยอดต้นกล้าออกให้มีขนาดความสูงต้นกล้าพอเหมาะกับถาดบรรจุต้นกล้า พร้อมกับเตรียมเครื่องปักดำเพื่อใช้ในการปักดำ ดังแสดงในรูปที่ 14

รูปที่ 14 เตรียมแปลงปักดำต้นกล้าสาธิต ต้นกล้าสาธิต และเตรียมเครื่องปักดำ

2) การปักดำต้นกล้า เริ่มการทำงานโดยการกดสวิตช์ให้มอเตอร์หลักทำงาน ระบบกลไกของชุดถาดบรรจุและลำเลียงต้นกล้าพร้อมชุดหนีบจับต้นกล้าเริ่มทำงาน สามารถปักดำได้ทั้งหมด 3 แถว ดังแสดงในรูปที่ 15

รูปที่ 15 แสดงวิธีการปักดำต้นกล้าและต้นกล้าหลังการปักดำ

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 ผลการทดลอง

ผลการทดลองหาประสิทธิภาพการทำงานด้านการปักดำต้นกล้า ของเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน ได้ผลการทดสอบตามข้อมูลในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงผลการทดลองหาประสิทธิภาพด้านการปักดำต้นกล้า

ปักดำครั้งที่	จำนวนที่ปักลงในแปลงสาธิต (หลุมที่) 1	2	3	ไม่ปัก (หลุม)	ล้ม (หลุม)	ปัก (หลุม)
1	0	1	3	1	0	2
2	1	2	2	0	0	3
3	2	1	2	0	0	3
4	1	1	1	0	0	3
5	0	1	2	0	1	2
6	1	0	3	0	1	2
7	2	2	1	0	0	3
8	1	1	2	0	0	3
9	2	1	2	0	0	3
10	2	1	1	0	0	3
	รวม			1	2	27
	รวมทั้งสิ้น (หลุม)			30		

จำนวนหลุมที่มีต้นกล้า = 27 หลุม จากทั้งหมด 30 หลุม

% การปักดำต้นกล้าสำเร็จ = (27/30) × 100 = 90%

จำนวนต้นกล้าต่อหลุม = 1-2 ต้น (โดยเฉลี่ย)

เวลาที่ใช้ในการปักดำ = 5-6 วินาที/เมตร^2

3.2 อภิปรายผล

จากการดำเนินการหาประสิทธิภาพของเครื่องปักดำต้นกล้า ได้ประสิทธิภาพด้านการปักดำต้นกล้าสำเร็จที่ร้อยละ 90 ซึ่งเป็นค่าที่สูง ดังนั้นเครื่องปักดำต้นกล้าที่ยึดกับรถไถนาเดินตามเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้จริง

ข้อแตกต่างของเครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่กับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศสามารถสรุปได้ดังนี้

1) น้ำหนักของเครื่องปักดำที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่มีน้ำหนักประมาณ 45 กิโลกรัม เบากว่าเครื่องปักดำรุ่น SPU-68C ที่นำเข้าจากประเทศญี่ปุ่น ประมาณ 450 กิโลกรัม เบากว่าเครื่องปักดำรุ่น GP401 นำเข้าจากประเทศไต้หวันประมาณ 110 กิโลกรัม ทำให้ขนย้ายสะดวก

2) เครื่องปักดำที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่ไม่ต้องใช้น้ำมันเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องที่ซื้อจากต่างประเทศ คิดเป็นเงินที่สูญเสียจากการใช้งานคือเครื่องที่ซื้อจากต่างประเทศเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 700 บาท ต่อ 5 ไร่ เครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นใหม่เสียค่าใช้จ่ายประมาณ 50 บาท ต่อ 5 ไร่

3) เครื่องปักดำที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่ใช้งานกับต้นกล้าที่ปลูกในแบบอีสานได้ (ปลูกแบบผืนใช้กับเครื่องที่นำเข้าจากต่างประเทศ) และต้นกล้าที่ปลูกต้องมีอายุไม่มาก ควรปลูกกล้าไม่เกิน 3 สัปดาห์ เนื่องจากรากต้นกล้าจะยาวมากทำให้การจับต้นกล้าของเครื่องปักดำจับได้ลำบาก

4) เครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่สามารถซ่อมแซมและบำรุงรักษาได้สะดวกรวดเร็ว

5) เครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใหม่สามารถลดมลภาวะทางอากาศที่เกิดจากควันของเครื่องยนต์ เนื่องจากไม่ได้ใช้เครื่องยนต์ในการทำงานเหมือนเครื่องปักดำที่นำเข้าจากต่างประเทศ

จากการดำเนินการประเมินผลหาคุณภาพของเครื่องปักดำต้นกล้าที่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาพพื้นที่อีสาน ผลที่ได้คือ เครื่องปักดำที่ออกแบบมามีคุณภาพในแต่ละด้านที่ยอมรับได้ คือด้านรูปลักษณ์ของเครื่องได้คะแนนเฉลี่ย 3.19 ด้านหน้าที่ได้คะแนนเฉลี่ย 3.46 ด้านประโยชน์ใช้สอยได้คะแนนเฉลี่ย 3.48 ที่กล่าวมามีคะแนนการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง และด้านวิศวกรรมได้คะแนนเฉลี่ย 4.15 ด้านความปลอดภัยได้คะแนนเฉลี่ย 4.26 มีคะแนนการประเมินอยู่ในระดับสูง โดยนำคะแนน

แต่ละด้าน นำมาคิดเป็นคะแนนค่าเฉลี่ยรวมทั้งหมด ได้คะแนน 3.70 จากคะแนนเต็ม 5 คะแนน ถือว่าอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

4. สรุปผล

จากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ได้ผลการทดลองไปในทิศทางที่ดี การปักดำสามารถทำได้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ผู้ใช้เกิดความเมื่อยล้าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับใช้มือคนปัก ระยะห่างของต้นกล้าที่ปักลงไปจะไม่เท่ากันเนื่องจากใช้คนลากจูง ความเร็วจึงไม่คงที่ จากการสอบถามจากกลุ่มเกษตรกรไม่เป็นปัญหาในการแตกกอของต้นข้าว การขนย้ายสะดวก ระยะเวลาในการใช้งานของแบตเตอรี่และอายุการใช้งานน้อยเกินไป ดังนั้นเมื่อผลิตในเชิงพาณิชย์ควรใช้แบตเตอรี่ที่เก็บไฟได้นานและอายุการใช้งานยาวนาน

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ห้างหุ้นส่วนจำกัด นีโอ แอ็ดวานซ์ โปรดักส์ ที่มีส่วนช่วยเหลือให้ทุนสนับสนุนในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดินจังหวัดขอนแก่น. 2546. **ชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** ขอนแก่น : กรมวิชาการเกษตร.

ข่าวเศรษฐกิจการเกษตร. 2545. **การผลิตและส่งออกข้าวขาวดอก 3.** ปีที่ 48 ฉบับที่ 552.

คนึงศักดิ์ และคณะ. 2546. **กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

ชาญชัย โรจนสโรช. 2547. **กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

ทรงวุฒิ แสงจันทร์. 2545. **การออกแบบสร้างหัวจับชุดดำนา.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญธรรม และคณะ. 2537. **ทฤษฎีและปฏิบัติไฟฟ้ารถยนต์.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บริษัท สยามคูโบต้าอุตสาหกรรม. 2547. **เครื่องดำนาแบบนั่งขับ.** กรุงเทพฯ : บริษัท สยามคูโบต้าอุตสาหกรรม.

วรวิทย์ และคณะ. 2537. **กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

สนิต และคณะ. 2537. **กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช.** กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร.

อนุสรณ์ และคณะ. 2531. **การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องดำนาแบบ IRRI.** กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Hamiltion H. Mabie. 1987. **Mechanisms and Dynamics of Machinery**. 4th ed., United States of America. John Wiley & Sons.