TETA-01

การออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบรถดำนาบังคับวิทยุ

ธีรศักดิ์ ศรีมิตรรุ่งโรจน์[1], *นิติธร คงแก้ว[2], พชร จุ้ยพลอย[1] และ พันคำ ศรีอุทัย[1]

[1]*ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
[2]*ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลการบินและอวกาศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

ผู้เขียนติดต่อ: ธีรศักดิ์ ศรีมิตรรุ่งโรจน์ E-mail: trsmhe@gmail.com

บทคัดย่อ

เครื่องต้นแบบรถดำนาบังคับวิทยุถูกออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อลดเวลาและแรงงานในขั้นตอนการดำนา เครื่องต้นแบบประกอบด้วย โครงสร้างหลัก ชุดล้อขับเคลื่อนตีนตะขาบ ชุดลำเลียงต้นข้าว ชุดมือปักดำ ระบบส่งกำลัง มอเตอร์เกียร์ต้นกำลัง และชุดควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักการทางานของเครื่องเริ่มจากผู้ทำงานป้อนต้นข้าวลงในชุดลำเลียงทางด้านท้ายของเครื่อง หลังจากนั้นต้นข้าวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดมือปักดำ เพื่อทำการปักดำลงในแปลงนาทดสอบ ซึ่งจากการทดสอบพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุดที่ความเร็วของตัวรถดำนา 56 เมตร/นาที โดยมีอัตราการปักดำประสิทธิผลเฉลี่ย 9.4 ต้น/วินาที และได้ปริมาณการปักดำเฉลี่ย 12.4 ต้น/เมตร และมีระยะเวลาการใช้งานควบคุมอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งแบตเตอรี่หมด 1.18 ชั่วโมง ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 37.15, ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 33.71 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี ตามลำดับ โดยมีรัศมีการควบคุมไกลสุดประมาณ 62 เมตร

คำสำคัญ: ต้นข้าว, เครื่องต้นแบบรถดำนา, อัตราการปักดำ, ปริมาณการปักดำ

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ส่งข้าวเป็นสินค้าส่งออกมากเป็นอันดับต้นๆ ของโลก ข้าวจึงนับว่าเป็นสินค้าสำคัญสามารถสร้างรายได้เข้าประเทศเป็นจำนวนมากตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน แม้ว่าในสภาพการณ์ปัจจุบันการทำนาจะประสบปัญหาทั้งด้านผลผลิต ราคาและวิกฤติการณ์ภัยธรรมชาติ แต่ข้าวก็ยังจัดว่าเป็นพืชที่มีความมั่นคงและจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของคนไทยและเป็นสินค้าภาคเกษตรกรรมที่มีศักยภาพการแข่งขันในตลาดโลกได้ และจากสถานการณ์ราคาข้าวที่มีการปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากการงดส่งออกข้าวรวมถึงปัญหาการชะลอการทำสัญญาส่งออกข้าวในประเทศที่ส่งออกข้าวรายใหญ่อันดับต้นๆ ของโลกที่สำคัญมีปัญหา จึงทำให้ความต้องการข้าวในตลาดโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

จากแผนการพัฒนายุทธศาสตร์ข้าวไทย ได้มีการตั้งเป้าหมายการเพิ่มผลผลิตข้าวไว้ โดยกำหนดให้คงพื้นที่ปลูกไว้ที่ 57.5 ล้านไร่ ตามศักยภาพเขตชลประทาน และเพิ่มผลผลิตขึ้นประมาณ ร้อยละ 20 ภายใน 5 ปี โดยคาดการณ์ให้เพิ่มผลิตต่อไร่ ได้ถึง 530 กิโลกรัม/ไร่ ดังนั้นการพัฒนาเทคโนโลยีรถดำนาด้วยระบบวิทยุบังคับอาจจะเป็นสิ่งที่จะเข้ามาช่วยเป็นส่วนหนึ่งในการตอบโจทย์ของนโยบายของแผนการการพัฒนายุทธศาสตร์ข้าวไทย

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาและพัฒนานี้ให้ความสำคัญในการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของรถดำนาบังคับวิทยุ ซึ่งมีวิธีการศึกษาและออกแบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 ศึกษาข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบ

ศึกษาปัญหาและวิธีการดำนาของเกษตรกร

การทำนาสมัยก่อน มี 3 วิธี ได้แก่ การทำนาหยอด การทำนาหว่าน และการทำนาดำ ต่อมาภายหลังเกษตรกรได้หันไปทำนาดำ เพราะการทำนาดำจะให้ผลผลิตดีที่สุด มีอัตราการเจริญเติบโตที่ดี ข้าวมีความอุดมสมบูรณ์สูง มีอัตราการใช้ปุ๋ยที่ต่ำ มีการตรวจกำจัดพันธุ์ข้าวไม่พึงประสงค์ได้เป็นอย่างดี ในขณะที่การทำนาหว่านมีโอกาสปลอมปนของพันธุ์ข้าวสูง ทำให้มาตรฐานของข้าวตกต่ำลง ไม่สามารถผลิตพันธุ์ข้าวได้ตามเกณฑ์มาตรฐานซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการผลิตข้าวของประเทศได้ในอนาคต แต่การทำนาดำก็ยังคงต้องใช้

TSAE

แรงงานคนในการดำนาเป็นจำนวนมาก เมื่อเศรษฐกิจของประเทศดีขึ้น ส่งผลให้ค่าแรงขั้นต่ำสูงขึ้น ทำให้คนรุ่นใหม่หันไปประกอบอาชีพในเมืองมากขึ้น เกษตรกรจึงเริ่มหันไปใช้เทคโนโลยีเครื่องดำนา โดยส่วนใหญ่นำเข้ามาจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น จีน และเกาหลี เป็นต้น ซึ่งเครื่องดำนาช่วยลดต้นทุนในการจ้างคนดำนา และยังให้ผลผลิตมากกว่าการดำนาแบบใช้คน

ลักษณะของเครื่องดำนา

เครื่องดำนามีอยู่ 3 แบบ ด้วยกัน ได้แก่ เครื่องดำนาแบบใช้แรงคน, เครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์ชนิดแบบมีคนเดินตาม และเครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบคนนั่งขับ ซึ่งจากตารางที่ 1 พบว่า

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการดำนา จำนวนไร่ต่อวัน ของวิธีการดำนาแบบต่างๆ [1]

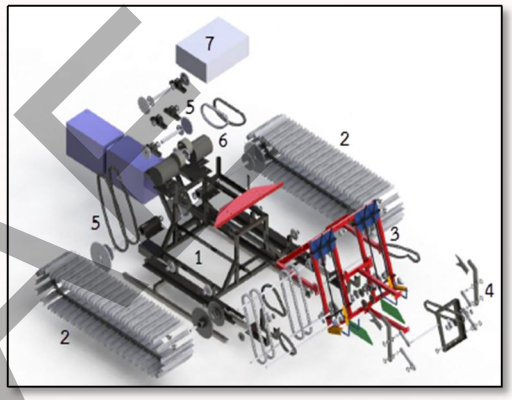
วิธีการดำนา	ประสิทธิภาพในการดำนา
คนดำนา	0.25 ไร่/คน/วัน
เครื่องดำนาแบบใช้แรงคน	2.5-3.0 ไร่/วัน
เครื่องดำนาแบบคนเดินตาม	5.0-7.0 ไร่/วัน
เครื่องดำนาแบบคนนั่งขับ	10-15 ไร่/วัน

การใช้เครื่องดำนาแบบคนนั่งขับให้ผลผลิตสูงสุด โดยสามารถปักดำได้ถึง 10-15 ไร่/วัน นอกจากนั้นเริ่มมีงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องดำนาให้สามารถดำนาได้เองโดยไร้คนขับในประเทศญี่ปุ่นเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตข้าว เนื่องจากเครื่องดำนาใช้เครื่องยนต์แบบคนนั่งขับนั้น ปริมาณในการดำนาจะขึ้นอยู่ตามกำลังของคนขับ ซึ่งทำงานได้ 10-15 ไร่/วัน แต่ถ้าเครื่องดำนาสามารถทำงานได้เองโดยอัตโนมัตินั้น ปริมาณในการดำนาจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานได้อย่างต่อเนื่องของตัวเครื่องดำนา โดยมีขีดความสามารถทำงานต่อเนื่องได้ วันละ 17-22 ไร่/วัน

ซึ่งเครื่องต้นแบบของประเทศญี่ปุ่นได้ใช้เครื่องดำนาอัตโนมัติของศูนย์ Japan National Agricultural Research Center โดยการดัดแปลงใช้เครื่องดำนาแบบใช้เครื่องยนต์แบบคนนั่งขับ มาติดตั้งระบบการควบคุมอัตโนมัติ สั่งงานโดยตัวประมวลผลติดต่อผ่านระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ เพื่อควบคุมเส้นทางและรักษาระยะในการปักดำต้นข้าว โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผลหลัก โดยการรับสัญญาณ GPS เพื่อตรวจตำแหน่งของเครื่องดำนาระหว่างการเคลื่อนที่ และไปสั่งงานผ่านระบบ PLC เพื่อควบคุมระบบขับเคลื่อนให้สามารถดำนาได้ถูกต้องตามเส้นทาง

2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบของรถดำนา

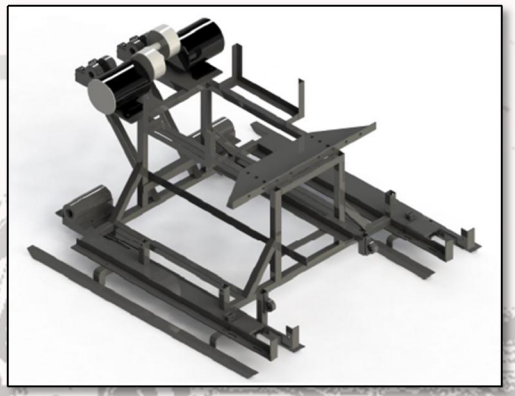
หลังจากรวบรวมข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบเครื่องต้นแบบรถดำนาได้ถูกออกแบบตามหลักการการออกแบบทางวิศวกรรม [3] และหลักการออกแบบเครื่อง-จักรกลเกษตร [2] โดยมีกรอบแนวคิดของการออกแบบ ดังนี้ อัตราการปักดำ 250-750 ต้น/นาที, ระดับความสูงของโคลนในแปลงนาทดสอบ 20 เซนติเมตร, ความหนาแน่นของโคลนสำหรับการทดสอบ 1,500-2,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร และสามารถควบคุมได้จากระยะ 50-100 เมตร โดยเครื่องต้นแบบรถดำนาประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก คือ 1.โครงสร้างของเครื่อง (Main frame), 2.ชุดล้อขับเคลื่อนตีนตะขาบ (Tracking unit), 3. ชุดถาดลำเลียงต้นข้าว (Conveyor unit), 4.ชุดมือปักดำ (Transplanting unit), 5.ระบบส่งกำลัง (Power transmission), 6. มอเตอร์เกียร์ (Gear motor) และ7. ชุดควบคุม (Controller unit) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องต้นแบบรถดำนา

โครงสร้างหลักของรถดำนา (Main frame)

ใช้สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องต้นแบบ มีขนาด 75 x 100 x 48 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยรองรับภาระและรักษาสมดุลของตัว Track laying ทั้ง 2 ข้าง และแบตเตอรี่รถยนต์ซึ่งใช้เป็นแหล่งพลังงานไฟฟ้าเพื่อจ่ายแก่ระบบรถดำนา จำนวน 2 ก้อน โดยอุปกรณ์ส่วนใหญ่ยึดเข้ากับโครงด้วยนัตและสกรู ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 โครงสร้างหลักของรถดำนา

TSAE

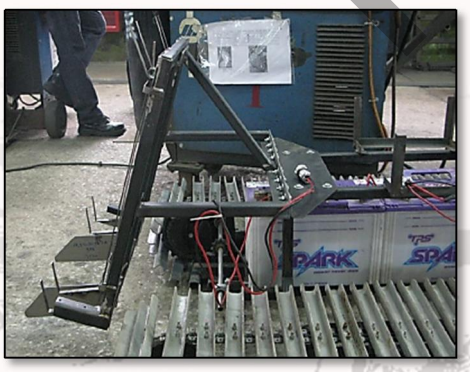
ชุดล้อขับเคลื่อนตีนตะขาบ (Tracking unit)

การทำชุดล้อตีนตะขาบมีรูปร่างคล้ายตัวยู (U) โดยมีขนาด 0.32 x 25 x 0.28 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) โดยที่ปลายด้านบนทั้ง 4 ด้านของแทรค (Tracks) แต่ละอันจะถูกตัดที่มุม 33.5 องศา และตรงกลางถูกเจาะรูเพื่อยึดเข้าโซ่ K-1 ด้วยเกลียว M3 L12 ดังรูปที่ 3

รูปที่ 3 ชุดล้อขับเคลื่อนตีนตะขาบ

ชุดลำเลียงต้นข้าว (Conveyor unit)

แนวคิดการออกแบบชุดลำเลียงต้นข้าวมาจากการตั้งค่าอัตราการลำเลียงต้นข้าวเพื่อปักดำ โดยใช้โซ่เป็นตัวส่งถ่ายกำลังในการลำเลียงให้ได้ความเร็วตามที่กำหนด โดยเมื่อต้นข้าวถูกลำเลียงไปยังที่พักต้นข้าวพร้อมรอการปักดำนั้น จะต้องไม่เรียงชิดอัดกันเกินไป โดยการเคลื่อนที่ของตัวรถทุกๆ ระยะ 25 เซนติเมตร จะมีชุดมือปักดำทำการเกี่ยวต้นข้าวออกจากจุดรองรับในชุดลำเลียงต้นข้าวเพื่อทำการปักดำ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 การติดตั้งชุดลำเลียงต้นข้าวเข้ากับตัวรถ

ชุดมือปักดำ (Transplanting unit)

แนวคิดการออกแบบชุดมือปักดำมาจากการกำหนดระยะการปักดำ โดยการปักดำ 1 ครั้งจะต้องมีระยะห่างของต้นข้าวที่ปักก่อนหน้านี้ 25 เซนติเมตร เพราะฉะนั้น ณ ตำแหน่งมือปักดำต้องออกแบบให้สัมพันธ์กับระยะการปักดำที่ตั้งไว้ โดยการออกแบบจุดหมุนของชุดปักดำให้ได้ระยะ 25 เซนติเมตร ต่อ 1 รอบการหมุน

รูปที่ 5 การติดตั้งชุดมือปักดำต้นข้าวเข้ากับตัวรถ

หลักการทำงานในการปักดำต้นข้าว เมื่อต้นข้าวไหลลงมาจากถาดลำเลียง มายังจุดรองรับต้นข้าวด้านล่างแล้ว จะถูกใบพัดที่ติดอยู่บนแกนเพลาหมุนกดให้ต้นข้าวมายังตำแหน่งพร้อมรอการปัก ดังรูปที่ 6

เมื่อต้นข้าวพร้อมสำหรับการปักแล้ว ทางฝั่งของรากต้นข้าวนั้นจะมีส่วนโคนรากยื่นเลยออกมา จากนั้นเมื่อมือปักดำเลื่อนลงมายังโคนราก อีกทางด้านหนึ่งจะมีเพลทรองรับต้นข้าวเพื่อกันไม่ให้ต้นข้าวหลุด โดยใช้การเสียดสีระหว่าง มือปักดำกับเพลทรองรับต้นข้าว ทำให้ต้นข้าวถูกกดลงไปในโคลน ในสรูปที่ยังตั้งตรงอยู่ได้

รูปที่ 6 ตำแหน่งต้นข้าวพร้อมการปักดำ

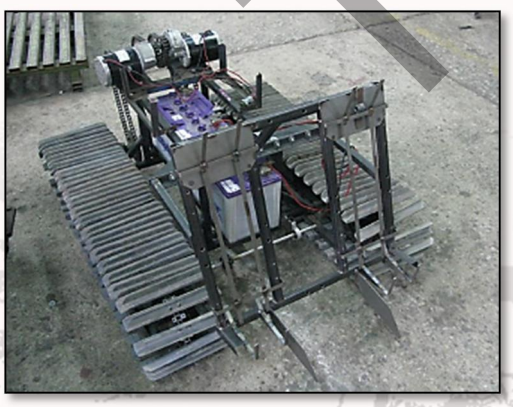
TSAE

เมื่อทำการปักดำต้นข้าวลงไปแล้ว ชิ้นโยงของชุดมือปักดำจะถูกดึงกลับไป และขณะเดียวกันนั้นใบพัดก็จะหมุนดันต้นข้าวต้นต่อไปออกมาพอดีพร้อมรอการปักดำต่อไป ซึ่งการออกแบบตัวรถนี้ สามารถจะทำการปักดำพร้อมกันทั้ง 2 ด้านได้ ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 ลักษณะของต้นข้าวทั้ง 2 ด้านเมื่อถูกปักดำ

ระบบส่งกำลังและมอเตอร์เกียร์ต้นกำลัง (Transmission and gear motor unit)

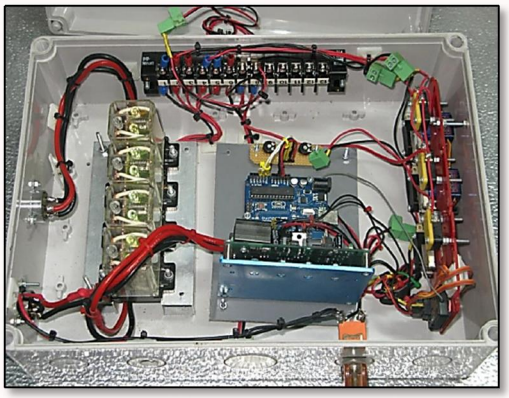
การส่งกำลังไปยังส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องต้นแบบรถดำนาจะใช้ระบบเฟืองและโซ่ โดยรับกำลังจากมอเตอร์เกียร์ต้นกำลังซึ่งถูกเลือกให้เป็นต้นกำลังเนื่องจากทำงานที่ความเร็วรอบต่ำ และยังสะดวกในการปรับความเร็วรอบเพื่อทดสอบ โดยสามารถปรับความเร็วรอบได้ระหว่าง 1,250-2500 รอบ/นาที ซึ่งทำให้ตัวรถดำนาสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็ว 35-70 เมตร/นาที



รูปที่ 9 ระบบส่งกำลังและมอเตอร์เกียร์ต้นกำลัง

ชุดวงจรควบคุมรถดำนา (Controller unit)

การออกแบบชุดวงจรควบคุมเป็นแบบไร้สาย ใช้การรับ-ส่งสัญญาณวิทยุ ที่มีย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ และเพื่อป้องกันการพันกันของคลื่นสัญญาณ จึงได้ออกแบบให้ตัวรับและตัวส่งสัญญาณ สามารถตั้งค่าไอพีแอดเดรส (IP Address) ให้ไม่ซ้ำกัน เพื่อควบคุมชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้เบอร์ ATmega 328 ซึ่งได้ถูกโปรแกรมให้เหมาะสมกับการใช้งานของต้นแบบรถดำนานี้ ดังรูปที่ 10



รูปที่ 10 ชุดวงจรควบคุมดำนา

การทดสอบสมรรถนะและประเมินผล

เครื่องต้นแบบรถดำนาได้ถูกทดสอบสมรรถนะการทำงานและคุณภาพการปักดำ โดยหลักการทำงานของเครื่องต้นแบบรถดำนาจะเริ่มจากผู้ควบคุมป้อนต้นข้าวลงในเบ้าป้อนต้นข้าวของชุดลำเลียงทางด้านท้ายตัวเครื่อง หลังจากนั้นต้นข้าวจะถูกลำเลียงเข้าสู่ชุดมือปักดำ ซึ่งต้นข้าวจะถูกป้อนเข้าสู่ชุดมือปักดำ เพื่อทำการปักดำลงไปในแปลงนาทดสอบ โดยการประเมินสมรรถนะการทำงานจากการทดสอบปักดำจริงเทียบกับค่าทางทฤษฎีที่ได้คำนวณไว้จาก [4] ดังนี้

การทดสอบหาจำนวนต้นข้าวที่ปักดำได้

การทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบรถดำนาที่ระดับความเร็วต่างๆ ที่กำหนด โดยจะเริ่มทดสอบจากความเร็วรอบสูงสุดของมอเตอร์ต้นกำลังที่ 2,500 รอบ/นาที ทำให้ตัวรถดำนาเคลื่อนที่ได้ด้วยความเร็ว 70 เมตร/นาที แล้วลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลงครั้งละ ร้อยละ 10 เทียบจากระดับความเร็วที่ทดสอบล่าสุด ไปจนถึงความเร็วรอบต่ำสุดอยู่ที่ ร้อยละ 50 เทียบจากความเร็วรอบสูงสุด ที่ 1,250 รอบ/นาที ซึ่งทำให้รถดำนาเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 35 เมตร/นาที และเริ่มจับเวลาทันทีที่เกิดการปักดำครั้งแรก

การทดสอบหาอัตราการปักดำ

อัตราการปักดำ คือ ความสามารถในการปักดำเทียบกับระยะเวลาที่ใช้ในการปักดำ ซึ่งในการทดสอบนี้ กำหนดให้ความสามารถในการปักดำต้นข้าว จะวัดค่าจากจำนวนของต้นข้าวที่ยังตั้งตรงได้ภายหลักการปักดำ ซึ่งต้นข้าวที่ไม่สามารถปักดำให้ตั้งตรงได้นั้น จะไม่ถูกนำมานับจำนวน เช่น ต้นข้าวที่ปักดำไม่ติดแล้วลอยขึ้น รวมถึงต้นข้าวที่ปักดำติดแต่ลำต้นไม่ตั้งตรงหรือเอียงไปมากผิดปกติ รวมไปถึงต้นข้าวที่ปักดำติด แต่เมื่อเวลาผ่านไปแล้วเกิดลอยขึ้นมา หรือเอียงล้มลงในภายหลัง

TSAE

การทดสอบหาระยะเวลาการทำงานสูงสุด

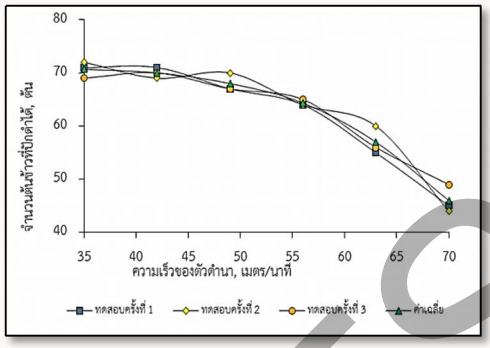
ระยะเวลาการใช้งานสูงสุด ในขั้นตอนการทดสอบนั้นได้ทำการยกตัวรถให้ลอยขึ้น โดยนำไปวางยังตำแหน่งที่ชุดล้อขับเคลื่อนตีนตะขาบไม่ติดกับพื้น แล้วจากนั้นบังคับให้มอเตอร์ต้นกำลังขับเคลื่อนทำงาน พร้อมเริ่มการจับเวลา ไปจนเมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันจ่ายกระแสไฟลดลง จึงจะหยุดการทำงานพร้อมกับหยุดการจับเวลา แล้วบันทึกค่า

3. ผลและวิจารณ์

3.1 การทดสอบภายใต้สภาวะใช้งานจริง

จำนวนต้นข้าวที่สามารถปักดำได้

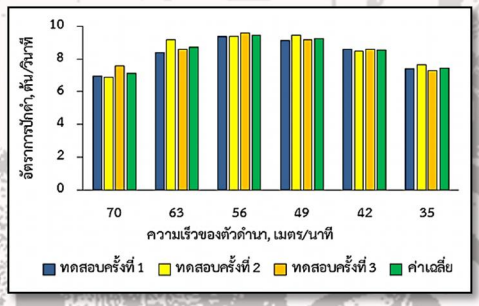
จากการทดลองซ้ำกันถึง 3 ครั้ง ในระยะขจัดของการทดสอบที่ 5 เมตร พบว่าปริมาณที่สามารถปักดำได้สูงสุด เท่ากับ 71 ต้น ที่ความเร็วของรถดำนา 35 เมตร/นาที และจากพฤติกรรมของกราฟค่าเฉลี่ย ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11 จำนวนของต้นข้าวที่สามารถปักดำได้

ปริมาณต้นข้าวที่ปักดำได้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องตามระดับความเร็วของรถดำนาที่เพิ่มขึ้น จากการเฝ้าสังเกตการณ์และวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นไปได้ พบว่า หากความเร็วของตัวรถมีค่าสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จะส่งผลให้เกิดการสั่นสะเทือนที่ตำแหน่งของการปักดำ ให้มีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย ทำให้เกิดระยะห่างระหว่างมือปักดำกับต้นข้าว โดยปริมาณที่สามารถปักได้ได้ต่ำสุด อยู่ที่ 46 ต้น ที่ความเร็วของรถดำนา 70 เมตร/นาที

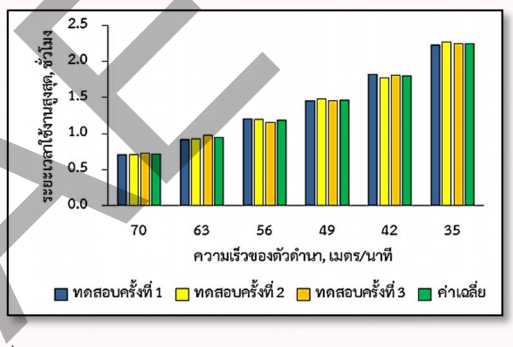
อัตราการปักดำ



รูปที่ 12 อัตราการปักดำ

ด้านอัตราการปักดำ พบว่าอัตราการปักดำที่สามารถทำได้สูงสุด เท่ากับ 9.4 ต้น/วินาที หรือประมาณ 560 ต้น/นาที ที่ความเร็วของรถดำนา 56 เมตร/นาที ดังรูปที่ 12 พบว่าอัตราการปักดำที่สามารถทำได้จะมีค่าสูงขึ้นแล้วลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในเริ่มต้นจะเพิ่มจากที่ความเร็วรถดำนา 35 เมตร/นาที ไปจนถึง ที่ความเร็วของรถดำนา 56 เมตร/นาที และเริ่มจะลดลงจากความเร็วของรถดำนา ที่ความเร็ว 56 เมตร/นาที ไปจนถึงที่ความเร็ว 70 เมตร/นาที จากการเฝ้าสังเกตการณ์และวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นไปได้ พบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อการลดลงของอัตราการปักดำนี้ มาจากปัจจัยเดียวกันกับปริมาณต้นข้าวที่ปักดำได้ โดยอัตราการปักดำที่สามารถทำได้ต่ำสุด เท่ากับ 7.14 ต้น/วินาที หรือ ประมาณ 428 ต้น/นาที ที่ความเร็วของรถดำนา 70 เมตร/นาที

ระยะเวลาการใช้งานสูงสุด



รูปที่ 13 ระยะเวลาใช้งานสูงสุด

ระยะการใช้งานสูงสุดในสภาวะการทำงานจริง จะใช้งานได้น้อยกว่าค่าจากการทดลองนี้ เนื่องจากสภาวะที่ทำการทดสอบและทำงานจริงไม่เหมือนกัน อันเนื่องมาจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของของไหล แรงลอยตัว แรงเสียดทานที่เกิดขึ้นในระบบมีค่าแตกต่างกัน ส่งผลให้แรงลัพธ์ของระบบมีค่าแตกต่างกัน

3.2 ผลการทดสอบเฉลี่ยเทียบกับค่าทางทฤษฎี

การหาค่าประสิทธิภาพในการทำงานของตัวรถเทียบกับค่าการคำนวณทางทฤษฎีที่ได้คำนวณไว้จาก [4] ซึ่งมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้

ร้อยละความคลาดเคลื่อน

$$Error = \left(\frac{X_{Theory} - X_{Test}}{X_{Theory}} \right) \times 100\% \quad \text{...(1)}$$

เมื่อ

$Error$ = ค่าความคลาดเคลื่อน

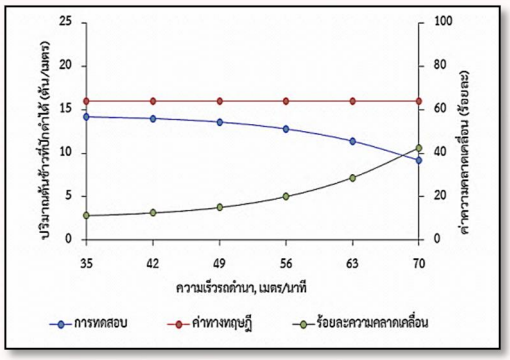
X_{Theory} = ค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี

X_{Test} = ค่าที่ได้จากการทดสอบ

TSAE

ความคลาดเคลื่อนของปริมาณต้นข้าวที่ปักดำได้

จากรูปที่ 14 ค่าความความเคลื่อนมีการแปรผันตรงกับความเร็วของรถดำนาหรือการใช้งานรถดำนาด้วยความเร็วสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของต้นข้าวที่ปักได้ต่อระยะขจัด 1 เมตร มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยปริมาณต้นข้าวที่สามารถปักดำได้สูงสุด เท่ากับ 14.2 ต้น/เมตร ที่ความเร็วของรถดำนา 35 เมตร/นาที ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 11.25 และปริมาณต้นข้าวที่ปักดำได้ต่ำสุด เท่ากับ 9.2 ต้น/เมตร ที่ความเร็วของรถดำนา 70 เมตร/นาที ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 42.50

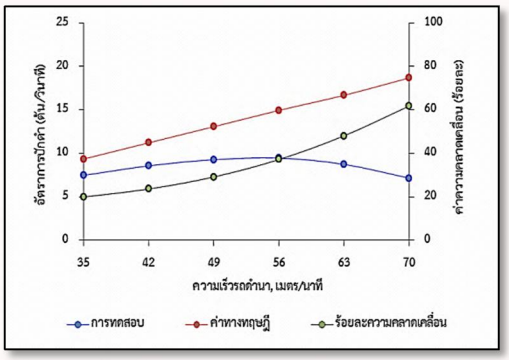


รูปที่ 14 ความคลาดเคลื่อนของปริมาณต้นข้าวที่ปักดำได้จากการทดสอบเทียบกับค่าการคำนวณทางทฤษฎี

ความคลาดเคลื่อนของอัตราการปักดำ

จากรูปที่ 15 ค่าความความเคลื่อนมีการแปรผันตรงกับความเร็วของรถดำนาหรือการใช้งานรถดำนาด้วยความเร็วสูงขึ้น ส่งผลให้อัตราการปักดำลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยอัตราการปักดำสูงสุด เท่ากับ 9.40 ต้น/วินาที ที่ความเร็วรถดำนา 56 เมตร/นาที ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 37.15 และอัตราการการปักดำต่ำสุด เท่ากับ 7.14 ต้น/วินาที ที่ความเร็วของรถดำนา 70 เมตร/นาที ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 61.78

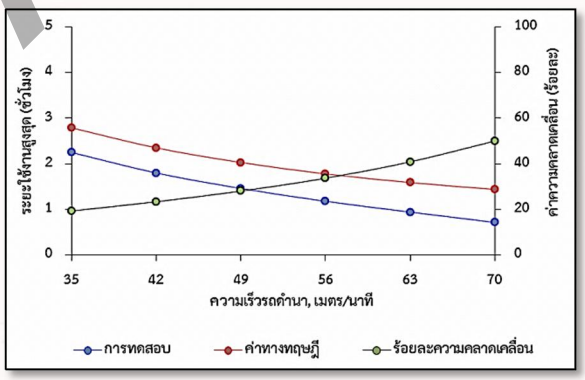
ดังนั้นสรุปได้ว่า รถดำนานี้ใช้งานได้เหมาะสมที่สุดที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ 56 เมตร/นาที หากใช้ความเร็วต่ำกว่านี้ จะปักดำต้นข้าวได้มากกว่า แต่ต้องใช้เวลาในการปักดำที่นานกว่า และหากใช้ความเร็วสูงกว่านี้ จะทำให้อัตราการปักดำลดต่ำลง



รูปที่ 15 ความคลาดเคลื่อนของอัตราการปักดำได้จากการทดสอบเทียบกับค่าการคำนวณทางทฤษฎี

ความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาในการใช้งานสูงสุด

จากรูปที่ 16 ค่าความความเคลื่อนมีการแปรผันตรงกับความเร็วของรถดำนาหรือการใช้งานรถดำนาด้วยความเร็วสูงขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาในการใช้งานสูงสุด มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งระยะเวลาการใช้งานดังกล่าว คือ ระยะเวลาที่สามารพบังคับควบคุมตัวรถดำนาให้ทำงานได้อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งระดับพลังงานของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ มีระดับพลังงานอยู่ในระดับต่ำ จนไม่เพียงพอต่อความต้องการกำลังไฟฟ้าขั้นต่ำของระบบ ส่งผลให้ไม่สามารถควบคุมตัวรถดำนาให้ทำงานได้



รูปที่ 16 ความคลาดเคลื่อนของระยะเวลาใช้งานสูงสุดได้จากการทดสอบเทียบกับค่าการคำนวณทางทฤษฎี

โดยระยะเวลาการใช้งานสูงสุด เท่ากับ 2.25 ชั่วโมง ที่ความเร็วของรถดำนา 35 เมตร/นาที ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 19.35 และระยะเวลาในการใช้งานต่ำสุด เท่ากับ 0.72 ชั่วโมง ที่ความเร็วของรถดำนา 70 เมตร/นาที ด้วยค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 50

4. สรุป

จากการทดสอบสมรรถนะเครื่องต้นแบบรถดำนาโดยใช้ดัชนีชี้วัดการทดสอบ คือ อัตราการปักดำประสิทธิผลเฉลี่ย, ปริมาณการปักดำ และระยะเวลาการใช้งานควบคุมอย่าง

TSAE

ต่อเนื่องจนกระทั่งแบตเตอรี่หมด พบว่า เครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่สุด ที่ความเร็วของตัวรถดำนา 56 เมตร/นาที โดยมีอัตราการปักดำประสิทธิผลเฉลี่ย 9.4 ต้น/วินาที และได้ปริมาณการปักดำเฉลี่ย 12.4 ต้น/เมตร และมีระยะเวลาการใช้งานควบคุมอย่างต่อเนื่องจนกระทั้งแบตเตอรี่หมด 1.18 ชั่วโมง ด้วยค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 37.15, ร้อยละ 20 และ ร้อยละ 33.71 เมื่อเทียบกับค่าทางทฤษฎี ตามลำดับ โดยมีรัศมีการควบคุมไกลสุดประมาณ 62 เมตร

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุและโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่สนับสนุนงบประมาณและสถานที่ รวมถึงอุปกรณ์ในการทดสอบต่างๆ ในการศึกษาครั้งนี้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] Institute of Field Robotics, KMUTT, Thailand (2015). URL:http://fibo.kmutt.ac.th/fiboweb/2013/index.php/th/component/flexicontent/15-from-humans-to-intelligent-machines-th/270-2012-08-10-05-02-25

[2] Kruts, G., Thomson, L., Claar, P. (1994). Design of Agricultural Machinery. John Wiley and Sons. New York Chicheter Brisbne, Toronto, Singapore. 472 P.

[3] Shigley, J.E., Mischke, C.R. (1989). Mechanical Engineering Design. (5th ed.). McGraw-Hill Book Company, USA. 779P.

[4] ณัฐพนธ์ อมรอิทธิกุล, ธนัฐฐา ศรีสว่าง, ณรงค์ฤทธิ์ เฉลิมสุข (2556). เครื่องต้นแบบรถดำนาด้วยสัญญาณควบคุมแบบไร้สาย, สาขาวิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ, ภาควิชาวิศวกรรมขนถ่ายวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

TSAE