

การพัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน

Development of Farm Machinery for Porosity of Soil

ธนวัฒน์ ทองนุ้ย^{1*} ณัฐกร อินทรวิชะ¹ วราพล เกษมสันต์¹และ อติรัฐ มากสุวรรณ¹Tanawat Thongnuy^{1*}, Nuttakorn Intaravicha, Warapol Kasemsan¹
and Atirat Makuwan¹

Received: 29 April 2025

Revised: 11 February 2026

Accepted: 27 April 2026

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับการพรวนดินแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคนโดยใช้หลักการยศาสตร์โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย 4 ขั้นตอนได้แก่ 1) คัดเลือกเครื่องพรวนดินต้นแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคนสำหรับเตรียมดินและไถพรวนดินตลอดจนกำจัดวัชพืชและเพาะปลูก 2) ออกแบบและสร้างเครื่องพรวนดินแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคน โดยใช้หลักการล้อและเพลาลิมและคาน 3) ทดลองใช้เครื่องพรวนดินแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคน และ 4) พัฒนาเครื่องพรวนดินแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคนโดยคำนึงถึงตัวบ่งชี้ตามหลักการยศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าเครื่องมือทางการเกษตรต้นแบบที่เกษตรกรนิยมใช้มากที่สุดคือจอบซึ่งนำมาพัฒนาเป็นเครื่องมือทางการเกษตร โดยการผสมผสานหลักการทั้ง 3 หลักการ ได้แก่ ล้อและเพลาลิมและคาน ซึ่งช่วยเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของดินโดยการบดหินขนาดเล็กและก้อนดินให้ละเอียด ทำให้ลดภาระงานของเกษตรกร โดยมีค่าการยศาสตร์ 25 ค่าที่กำหนดสำหรับความได้เปรียบเชิงกล (MA) โดยอิงจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างร่างกายและเครื่องมือซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ข้อมือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน และลำตัว ความได้เปรียบเชิงกลของเครื่องพรวนดินต้นแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคน คือ 0.415 ความได้เปรียบเชิงกลที่ผู้ใช้หลักคือ 3.286 ความได้เปรียบเชิงกลที่ผู้ติดตั้งคือ 0.616 ความได้เปรียบเชิงกลที่ผู้ใช้หลัก คือ 1.85 และความได้เปรียบเชิงกลที่ผู้ติดตั้ง คือ

¹หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

¹Environmental Technology for Agricultural, Faculty of Science and Technology, Pathumwan Institute of Technology, Bangkok Thailand 10330

*ผู้นิพนธ์ประสานงาน (Corresponding author) e-mail: tanawat212520212520@gmail.com

0.515 การพัฒนาเครื่องพรวนดินแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคนจึงช่วยลดภาระงานของเกษตรกร ด้วยการ
ใช้เครื่องพรวนดินแบบที่มีต้นกำเนิดมาจากแรงคนตามหลักสรีรศาสตร์สำหรับพรวนดินการทำงานของ
เกษตรกรลดภาระงาน และลดขั้นตอนเวลาในการทำงานทำให้เกษตรกรทำงานได้นานและรวดเร็วขึ้น
เนื่องจากการนำระบบล้อ เพลา และลิ้ม มาประยุกต์ใช้เพื่อความสะดวกและเพื่อเพิ่ม "ความได้เปรียบเชิงกล"
ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการเปลี่ยนจากการเกษตรที่ใช้แรงงานหนักเป็นการเกษตรที่ใช้เครื่องมือผ่อนแรง
นำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและเพิ่มรายได้ของเกษตรกร

คำสำคัญ: การยศาสตร์ เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร พรวนดิน

ABSTRACT

The objective of this research was to develop an ergonomic human-powered agricultural tool for soil tillage. The methodology comprised four stages: 1) selecting existing human-powered tillers used for land preparation, weeding, and cultivation; 2) designing and constructing a prototype based on the mechanical principles of the wheel and axle, wedge, and lever; 3) field testing the prototype; and 4) refining the tool based on ergonomic indicators. The results indicated that the hoe was the most commonly used traditional tool among farmers, which was subsequently developed into the prototype by integrating the three aforementioned mechanical principles. This integration effectively improved soil structure by crushing small stones and clods, thereby reducing the farmers' physical workload. Ergonomic assessment involved 25 parameters based on human-tool interaction, categorized into four body regions: the wrist, lower arm, upper arm, and trunk. Regarding the mechanical advantage (M.A.) of the developed tool, the values were recorded as 0.415 and 0.616 for general use and pulling, respectively. Notably, the mechanical advantage during the pushing phase reached 3.286, while other configurations yielded M.A. values of 1.85 (pushing) and 0.515 (pulling). The development of this ergonomic tiller significantly minimizes physical strain and operational time, allowing farmers to work longer and more efficiently. The application of the wheel, axle, and wedge systems to enhance mechanical advantage is a crucial factor in transitioning from labor-intensive farming to tool-assisted agriculture, ultimately leading to increased productivity and higher income for farmers.

Keywords: Ergonomic; Hand Tiller; Soil Tillage

บทนำ

รูปแบบของการทำเกษตรกรรมในปัจจุบันได้เปลี่ยนแปลงไปจากการผลิตไว้เพื่อบริโภคภายใน
ครัวเรือนไปสู่การผลิตเพื่อการค้า [1] แต่เครื่องจักรกลทางการเกษตรที่ผลิตภายในประเทศก็เกิดการทดแบบ
จากเครื่องนำเข้าจากต่างประเทศอีกครั้งหนึ่ง ทำให้เกิดปัญหาความไม่คุ้มค่าในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรของ
เกษตรกร เพราะโครงสร้างและการทำงานซับซ้อนและไม่สามารถซ่อมแซมเองได้ในท้องถิ่นเมื่อเครื่องมีปัญหา

เครื่องจักรมีราคาสูง ทำให้เกษตรกรรายย่อยไม่สามารถซื้อได้ เป็นต้น จากปัญหาความไม่คุ้มค่าในการใช้เครื่องจักรกลเกษตรของเกษตรกรส่งผลให้ต้นทุนในการทำการเกษตรสูงขึ้น [2] ดังนั้นจากผลกระทบของรูปแบบของการทำการเกษตรกรรมที่เปลี่ยนไปทำให้เกษตรกรทำการเกษตรโดยใช้การว่าจ้างแรงงานและเครื่องจักรมาเป็นครั้งคราว เนื่องจากประสบปัญหาความไม่คุ้มค่าในการใช้เครื่องจักรกลเกษตร

กิจกรรมทางการเกษตร เช่น การผลิตพืช ผลิตสัตว์ และการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ เป็นกิจกรรมที่ใช้แรงเป็นหลัก ทั้งการขุด การเตรียมแปลงปลูก การบำรุงรักษา การเก็บเกี่ยว ตลอดจนการขนส่ง [3] ส่งผลต่อเนื่องถึงตัวเกษตรกรที่ต้องออกแรงกระทำ เพื่อทำงานด้วยท่าทาง หรืออิริยาบถที่ผิดธรรมชาติจากการใช้เครื่องมือทางการเกษตรที่ต้องใช้แรงงานคนเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างการใช้จอบสำหรับพรุนดินและกำจัดวัชพืช ที่ก่อให้เกิดการบิดโค้งงอของข้อมือ การงอแขน การงอศอก การจับ งานที่ต้องก้มศีรษะ ก้มหลัง บิดเอี้ยวตัว ท่าทาง หรืออิริยาบถที่ผิดธรรมชาติเหล่านี้ เป็นปัจจัยคุกคามสุขภาพจากการทำงานที่ส่งผลต่อการเกิดอาการผิดปกติของโครงร่างและกล้ามเนื้อ เกษตรกรมีอาการปวดหลัง ปวดกล้ามเนื้อ ซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและคุณภาพชีวิตของเกษตรกร [4] ดังเช่นผลการศึกษาของ ขวพรพรรณและธานี [5] เกี่ยวกับกิจกรรมของเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดฝักอ่อน ซึ่งพบว่าเกษตรกรมีการบิดเอี้ยวก้มตัวร้อยละ 99.2 นั่งหรือยืนนานๆ ร้อยละ 97.7 หรือยกของหนักหรือออกแรงเกินกำลังร้อยละ 90.0 ผลของกิจกรรมดังกล่าวทำให้เกิดอาการปวดหลัง เอว ร้อยละ 69.2 ปวดขา เข่า ร้อยละ 63.1 และมีอาการปวดมือ แขน ไหล่ ร้อยละ 56.9 การศึกษาของ Luangwilai et al. [6] เกี่ยวกับกิจกรรมการทำนาของชาวนา จังหวัดนครราชสีมา 270 คน ซึ่งพบว่าชาวนามีความผิดปกติในหลังส่วนล่างร้อยละ 52 การศึกษาของ Luangwilai et al. [6] และ Sarker et. al. [7] เกี่ยวกับความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกในเกษตรกร ศัลยกรรมกระดูกและข้อซึ่งพบว่าชาวนาในจังหวัดขอนแก่น 311 คน มีความผิดปกติในหลังส่วนล่างร้อยละ 73.3 และไหล่ร้อยละ 35.0 ถึงร้อยละ 70.0 การศึกษาของ S. Y., Vasave and D. B. Anap [8] เกี่ยวกับความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกในคนงานอ้อยพบว่าเกษตรกรร้อยละ 100 คน มีความผิดปกติในหลังส่วนล่างร้อยละ 50.0 การศึกษาของ Yee et. al. [9] เกี่ยวกับความผิดปกติของระบบกล้ามเนื้อและกระดูกและความสัมพันธ์กับการสูญเสียผลผลิต: การศึกษาเบื้องต้นในกิจกรรมการเก็บเกี่ยวด้วยตนเองแบบของแรงงานในสวนปาล์มน้ำมัน พบว่าผู้เก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันประเทศมาเลเซีย 143 คน ความผิดปกติในหลังส่วนล่างร้อยละ 58.0 หลังส่วนบนร้อยละ 28.0 คอไหล่ร้อยละ 32.2 การศึกษาของ Kayla et.al. [10] เกี่ยวกับปัจจัยเสี่ยงของความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูกในกลุ่มกรีดยางประเทศศรีลังกา พบว่าเกษตรกรชาวสวนยางประเทศศรีลังกาจำนวน 300 คน มีความผิดปกติบริเวณไหล่ร้อยละ 6.7 หลังร้อยละ 94.4 และคอร้อยละ 83.3 การศึกษาของ Yee.et.al. [9] เกี่ยวกับความผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก พบว่าเกษตรกรพืชไร่พืชสวนผิดปกติบริเวณเข่าร้อยละ 30.0 ถึงร้อยละ 60.0 และจากการศึกษาของ ตระการและฤทธิชัย [11] เกี่ยวกับอาการกล้ามเนื้อและกระดูกของเกษตรกรผู้ปลูกยาง พบว่าเกษตรกรปลูกยางพาราพบว่ามีอาการปวดหลังส่วนล่างร้อยละ 40.8

จากปัจจัยคุกคามสุขภาพจากการทำงานที่ของเกษตรกรดังกล่าวข้างต้นแล้วการพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตรที่สามารถลดอาการบาดเจ็บได้จึงถูกพัฒนาขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเครื่องพรุนดินซึ่งออกแบบโดยใช้ระบบคันโยก (Broadfork) สำหรับพรุนดินและกำจัดวัชพืชโดยใช้หลักการโมเมนต์ของคานอันดับหนึ่งของ [12] ที่พบว่าสามารถลดการใช้แรงงานคนและลดเวลาการทำงานได้ การพัฒนาการออกแบบและสร้างชุดเครื่องมือพื้นฐานสำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงโดยใช้หลักการล้อและเพลาร่วมกับการค้ำยันถึงตำแหน่งของจุดศูนย์กลางมวลพบว่าสามารถลดการใช้แรงงานคนและลดเวลาการทำงานได้มากกว่าการใช้จอบ เป็นต้น

ทั้งนี้ นอกจากการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่สามารถผ่อนแรงของเกษตรกรดังกล่าวข้างต้นแล้ว การออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรโดยประยุกต์หลักการการยศาสตร์ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถลดการบาดเจ็บจากการใช้เครื่องทางการเกษตรได้ เห็นได้จากการออกแบบและสร้างเก้าอี้การยศาสตร์สำหรับห้องเรียนบรรยายของ นครและคณะ [13] ที่พบว่าสามารถลดภาระของกล้ามเนื้อได้ดีขึ้นก่อนการปรับปรุงเก้าอี้ การศึกษาเรื่องการจัดการความเสี่ยงด้านการยศาสตร์สำหรับงานประกอบชิ้นส่วนจักรเย็บผ้าของ แวตตาและคณะ [14] ที่พบว่ามีความเสี่ยงในการแก้ไขปรับปรุงท่าทางในการทำงานให้เหมาะสม ลดอาการบาดเจ็บ การไขว่แขน การก้มหลัง และการยกย้ายวัสดุอย่างถูกวิธี เรื่องการพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ด้วยหลักการยศาสตร์และเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพของ สร้อยจินและคณะ [15] ที่พบว่าสามารถปฏิบัติงานเลื่อยไม้ไผ่ได้ประสิทธิภาพสูงขึ้นลดความเสี่ยงของโรคและการบาดเจ็บเนื่องมาจากความเมื่อยล้าได้ออกแบบแท่นบรรยายอเนกประสงค์ต้นแบบตามหลักการยศาสตร์ของ สุทธิ [16] ที่พบว่าไม่ก่อให้เกิดอาการบาดเจ็บในขณะนั่งหรือเมื่อยล้าขณะยืนบรรยาย จากผลการศึกษาดังกล่าวการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงนำหลักการยศาสตร์มาประยุกต์ในการออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินโดยใช้หลักการยศาสตร์แบ่งการดำเนินการวิจัยได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) คัดเลือกเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินที่นิยมใช้ทั่วไปที่ทำหน้าที่ให้ดินโปร่งและร่วนเป็นต้นแบบ 2) ออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินโดยใช้หลักการล้อและเพลาลิ่มและคัน 3) ทดลองใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินและ 4) พัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินโดยพิจารณาจากค่าการยศาสตร์ในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินผลที่ได้ จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้จะสามารถออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่สามารถลดอาการบาดเจ็บของเกษตรกรได้แล้วยังเป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้เช่นกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ วิธีการศึกษาจึงถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ศึกษาความต้องการใช้เทคโนโลยีเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูลเป็น 4 ขั้นตอนย่อยต่อไปนี้

1.1 คัดเลือกกลุ่มศึกษาด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง (Proposive Sampling) ภายใต้เกณฑ์การพิจารณาคือกลุ่มศึกษาทั้งหมดต้องเป็นเกษตรกรที่เกิดในครอบครัวเกษตรกร มีการทำเกษตรอย่างต่อเนื่อง และปลูกข้าวโพดหวานมีระยะเวลาไม่น้อยกว่า 2 ปี จำนวน 10 คน เพศ ชาย/หญิง อายุระหว่าง 25 ถึง 60 ปี [3] และมีการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินโดยมีต้นกำลังมาจากแรงคน [4] และมีประสบการณ์ปลูกข้าวโพดหวานไม่น้อยกว่า 2 ปีติดต่อกัน

1.2 ติดต่อขอความอนุเคราะห์จากผู้นำแบบเป็นทางการ (Formal Leaders) หรือผู้นำแบบไม่เป็นทางการ (Informal Leaders) รวมทั้งผู้ประสานงานในชุมชนหรือหน่วยงานของกลุ่มศึกษา เพื่อทำความเข้าใจเบื้องต้นและสร้างความคุ้นเคยระหว่างผู้วิจัยและกลุ่มศึกษาขณะทำการสัมภาษณ์เพื่อขอข้อมูล

1.3 เก็บข้อมูลจากกลุ่มศึกษาด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก (Indept Interview) ร่วมกับวิธีการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) โดยใช้แบบสอบถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Questionnaire) เกี่ยวกับความต้องการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน

1.4 คัดเลือกเครื่องมือทางการเกษตรสำหรับพรวนดินต้นแบบเพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของการปลูกข้าวโพดหวาน

1.5 ประเมินความต้องการพัฒนาโครงสร้างของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินต้นแบบจากกลุ่มศึกษาทั้งหมดที่เป็นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน โดยพิจารณาจากข้อมูลระดับความต้องการของกลุ่มศึกษาทั้งหมดซึ่งมีลักษณะคำตอบเป็นมาตราส่วนประเมินค่า Rating Scale ได้แก่ ต้องการมากที่สุด ต้องการมาก ต้องการปานกลาง ต้องการน้อย และต้องการน้อยที่สุด ที่มีต่อการพัฒนาโครงสร้างของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินต้นแบบ

2. ออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานด้วยการประยุกต์หลักการและค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลสามัญ สามารถแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนย่อยดังนี้

2.1 วิเคราะห์หลักการทำงานของเครื่องมือทางการเกษตรสำหรับพรวนดินต้นแบบภายใต้หลักการและค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลสามัญ

2.2 ออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานรูปแบบใหม่ ที่พัฒนามาจากเครื่องมือทางการเกษตรสำหรับพรวนดินต้นแบบ ภายใต้หลักการและค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลสามัญ

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงพยายามและแรงต้านที่เกิดจากการใช้เครื่องมือทางการเกษตรสำหรับพรวนดินต้นแบบด้วยเทคนิคโรโตสโคป (Rotoscope) ซึ่งเป็นเทคนิคที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์ท่าทางการทำงานทางกายภาพ (Postural Analysis) ของเกษตรกรในเชิงตัวเลข โดยมีขั้นตอนสรุปดังนี้

2.3.1 การบันทึกภาพ (Video Acquisition) บันทึกวิดีโอการเคลื่อนไหวของเกษตรกรขณะใช้งานเครื่องมือในมุมด้านข้าง (Side View) เพื่อให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของมุมข้อต่อที่ชัดเจน

2.3.2 การวาดเส้นโครงร่าง (Tracing & Overlay) นำเฟรมภาพจากวิดีโอมาวางซ้อนด้วยเส้นโครงร่าง (Stick Figure) หรือจุดเชื่อมต่อของร่างกาย (Joint Points) เพื่อแปลงภาพเคลื่อนไหวให้เป็นข้อมูลเชิงเส้นและมุม

2.3.3 การวัดมุม (Angular Measurement) ใช้ซอฟต์แวร์ในการวัดค่ามุมของข้อต่อต่างๆตามหลักกายศาสตร์ ได้แก่ ข้อมือ แขนส่วนล่าง แขนส่วนบน และลำตัว

2.3.4 การคำนวณค่าได้เปรียบเชิงกล

2.4 วิเคราะห์ค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับร่างกายขณะที่ใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน ซึ่งในการศึกษาค้างนี้เรียกค่าดังกล่าวว่าค่าการยศาสตร์จากภาพถ่ายด้วยเทคนิคโรโตสโคป เพื่อวิเคราะห์อิริยาบถที่ผู้ใช้ออกแรงกระทำด้วยท่าทางที่ผิดธรรมชาติ อาทิ การบิดโค้งงอของข้อมือ งอแขน การงอศอก การก้มหลัง การบิดเอี้ยวตัว เป็นต้น โดยในการศึกษาค้างนี้แบ่งค่าการยศาสตร์ตามส่วนต่างๆของร่างกายขณะที่ใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินตามขั้นตอนการคำนวณของวรพาลและอดิรัฐ [17] โดยแบ่งส่วนการคำนวณเป็น 4 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนของข้อมือ 2) ส่วนของแขนส่วนล่าง 3) ส่วนของแขนส่วนบนและ 4) ส่วนของลำตัว

2.5 คำนวณค่าความได้เปรียบเชิงกล (Mechanical Advantage: M.A.) ซึ่งค่าการได้เปรียบเชิงกลหมายถึงค่าตัวเลขอัตราส่วน (ratio) ระหว่างน้ำหนักของวัตถุต่อแรงพยายามหรือแรงที่ใช้กระทำซึ่งได้จากการนำค่าการยศาสตร์ที่ได้จากการวัดและคำนวณได้จากข้อ 2.4 มาคำนวณโดยแบ่งความได้เปรียบเชิงกลเป็น 3 ส่วนตามขั้นตอนการคำนวณของวรพาลและอดิรัฐ [17] ดังนี้

1) ค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ (M.A._{tools}) สามารถคำนวณได้จากค่าได้เปรียบเชิงกลของล้อและเฟลา (MA_{pulley}^{-1}) ค่าได้เปรียบเชิงกลของลิ้ม (MA_{wedge}^{-1}) และค่าได้เปรียบเชิงกลของคาน (MA_{lever}^{-1}) ดังนี้

$$MA_{tool}^{-1} = \frac{(MA_{wedge}^{-1} + MA_{pulley}^{-1} + MA_{lever}^{-1})}{3} \quad (1)$$

2) ค่าได้เปรียบเชิงกลของร่างกาย (M.A._{body}) สามารถคำนวณได้จากค่าการได้เปรียบเชิงกลของข้อมือ (MA_{α}^{-1}) ข้อศอก (MA_{β}^{-1}) และหัวไหล่ (MA_{γ}^{-1}) ที่เป็นจุดหมุนทั้งด้านขวาและซ้ายดังนี้

$$MA_{body}^{-1} = \frac{(MA_{\alpha}^{-1} + MA_{\beta}^{-1})_R + (MA_{\alpha}^{-1} + MA_{\beta}^{-1})_L + 4MA_{\gamma}^{-1}}{8} \quad (2)$$

3) ค่าได้เปรียบเชิงกลทั้งระบบ (M.A._T) สามารถคำนวณได้จากค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ (M.A._{tools}) และค่าได้เปรียบเชิงกลของร่างกาย (M.A._{body}) ดังนี้

$$MA_T^{-1} = \frac{(MA_{tool}^{-1} + MA_{body}^{-1})}{2} \quad (3)$$

3. ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานด้วยการวิเคราะห์ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน (Soil Infiltration; SI) ของพื้นที่ทดสอบก่อนและหลังการทดสอบเครื่องมือแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน โดยชุดดินของจังหวัดพัทลุงมีความหลากหลายตามภูมิประเทศ แบ่งเป็น 3 เขตหลัก คือ เขตภูเขาและที่สูง (เทือกเขาบรรทัด) มีดินที่เหมาะสมกับยางพาราและไม้ยืนต้น ที่ราบลุ่ม มีดินร่วนปนดินเหนียวเหมาะกับการทำนา แต่มีปัญหาดินเปรี้ยวจัดและอินทรีย์วัตถุต่ำต้องใช้ปุ๋ยเสริม, และ ที่ราบชายฝั่งทะเล มีทั้งดินทราย (ชุดดินบาเจาะ) และดินตะกอนละเอียด (ชุดดินตะกั่วทุ่ง) ซึ่งเป็นดินเค็ม ดินเปรี้ยวจัด มีอินทรีย์วัตถุสูง ระบายน้ำไม่ดี เป็นแหล่งทำนาสำคัญหากมีการจัดการน้ำที่ดี สามารถแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนย่อยดังนี้

3.1 คัดเลือกพื้นที่ทดสอบด้วยวิธีเฉพาะเจาะจง (Proposive Sampling) ภายใต้เกณฑ์การพิจารณา คือพื้นที่ว่างสำหรับรอทำการเพาะปลูก (bare land) ในรอบต่อไปของการเพาะปลูกโดยกำหนดขนาดของพื้นที่ทดสอบเท่ากับ 2 ตารางเมตร

3.2 สุ่มเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ท่อทรงกระบอก (soil moisture can) โดยนำส่วนปลายของท่อทรงกระบอกกดลงไปที่ตัวอย่างดิน ค่อยๆตอกส่วนบนของท่อทรงกระบอกด้วยค้อนยางเพื่อให้ท่อทรงกระบอกเคลื่อนที่ลงไปในดินลึกประมาณ 5-15 เซนติเมตร (Root zone)

3.3 ชุดดินโดยรอบของท่อทรงกระบอกออกอย่างระมัดระวังไม่ให้ดินไหลออกจากท่อ พร้อมวัดระยะของดินที่ตอกลงไป

3.4 ค่อยๆหยดน้ำจากไซริงค์พลาสติก (Disposable syringe) บรรจุน้ำ 50 มิลลิลิตร (ml) ที่ผิวดินจากส่วนบนของท่อทรงกระบอกอย่างต่อเนื่องพร้อมจับเวลา

3.5 สังเกตการซึมผ่านของน้ำในดินที่ผิวดินส่วนปลายของท่อทรงกระบอกแล้วหยุดเวลาพร้อมบันทึกข้อมูลเวลาของการซึมผ่านของน้ำในดินจากส่วนบนไปยังที่ส่วนปลายของท่อทรงกระบอก

3.6 คำนวณค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน (SI) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/s) จากอัตราส่วนระหว่างค่าความลึกของดิน (h) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (cm) และเวลาของการซึมผ่านของน้ำในดินจากผิวดินส่วนบนไปยังที่ผิวดินส่วนปลายของท่อทรงกระบอก (t) มีหน่วยเป็นวินาที (s)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาของการสัมภาษณ์กลุ่มศึกษาทั้งหมดที่เป็นไปตามเงื่อนไขการคัดเลือกจำนวน 10 คน พบว่า 1) เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่เกษตรกรนิยมใช้พรวนดินมากที่สุดคือจอบ โดยใช้มากที่สุดในขั้นตอนการดูแลรักษาระหว่างแถวของข้าวโพดหวาน รองลงมาคือเสียม ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าจึงเลือกจอบเป็นเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่ใช้ในการพรวนดิน ทำให้ดินโปร่งและร่วน เป็นอุปกรณ์ต้นแบบในการพัฒนาต่อไป

2. ผลการประเมินความต้องการการพัฒนาโครงสร้างของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่ใช้ในการพรวนดินจากอุปกรณ์ต้นแบบนั้นคือจอบ ที่แตกต่างทั้งหมด 10 โครงสร้างดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินระดับความต้องการการพัฒนาโครงสร้างของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่ใช้ในการพรวนดินจากอุปกรณ์ต้นแบบในแต่ละโครงสร้าง

ลำดับที่	โครงสร้างของเครื่องผ่อนแรง	ระดับความต้องการของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน จำนวน 10 คน (หมายเลข B1 ถึง B10)										คะแนนรวม
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	
No.1	เคลื่อนที่โดยการออกแรงดันไปข้างหน้า	5	5	5	4	5	4	3	5	5	5	46
No.2	มีล้อ	4	3	3	3	3	3	3	3	3	2	30
No.3	ใบมีดสามารถปรับระดับความสูงได้	5	5	5	4	4	3	2	1	5	5	38
No.4	ใบมีดสามารถปรับระดับความกว้างได้	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	48
No.5	ใบมีดสามารถถอดเปลี่ยนได้	3	3	3	4	4	2	2	1	4	4	30
No.6	มือจับสามารถปรับระดับความสูงได้	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	46
No.7	มือจับปรับความยาวได้	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	46
No.8	สามารถปรับความกว้างของตัวเครื่องได้	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	48
No.9	สามารถปรับความสูงของตัวเครื่องได้	5	5	5	5	5	4	3	3	5	5	45
No.10	น้ำหนักเบา	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	38

5 = ต้องการมากที่สุด 4 = ต้องการมาก 3 = ต้องการปานกลาง 2 = ต้องการน้อย 1 = ต้องการน้อยที่สุด

จากตารางที่ 1 เมื่อทดสอบความแตกต่างของระดับความต้องการของการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานทั้ง 10 คน ในแต่ละโครงสร้างทั้ง 10 โครงสร้าง ด้วยสถิติทดสอบสมมติฐาน Nonparametric statistics: korogonov-smirnov one sample test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$) ค่า sample size (N) เท่ากับ 10 และค่า critical values of D ($D_{crit.}$) เท่ากับ 0.410 จากกลุ่มศึกษาคือเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานทั้ง 10 คน พบว่าค่า The test statistic D ($D_{cal.}$) ของโครงสร้างที่มีค่ามากกว่า $D_{crit.}$ มีจำนวน 6 โครงสร้าง ได้แก่ No.1 No.4 No.6 No.7 No.8 และ No.9 โดยมีค่า $D_{cal.}$ เท่ากับ 0.500 0.600 0.500 0.500 0.600 และ 0.500 ตามลำดับ โดย No.1 No.4 No.6 No.7 No.8

และ No.9 มีค่าความถี่ของระดับความต้องการมากที่สุด (5) สูงที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับค่าความถี่ของระดับความต้องการอื่นๆ หมายความว่า ระดับความต้องการของการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรของกลุ่มศึกษา ด้านโครงสร้าง ได้แก่ เคลื่อนที่โดยการออกแรงดันไปข้างหน้า (No.1) ใบมีดสามารถปรับระดับความกว้างได้ (No.4) มือจับสามารถปรับระดับความสูงได้ (No.6) มือจับปรับความยาวได้ (No.7) สามารถปรับความกว้างของตัวเครื่องได้ (No.8) และสามารถปรับความสูงของตัวเครื่องได้ (No.9) มีระดับความต้องการมากที่สุด

ในขณะที่ค่า D_{cal} ของโครงสร้างมีค่าน้อยกว่า D_{crit} มีจำนวน 4 โครงสร้าง ได้แก่ No.2 No.3 No.5 และ No.10 มีค่า D_{cal} เท่ากับ 0.300 0.300 0.200 และ 0.400 ตามลำดับ โดย No.2 มีค่าความถี่ของระดับความต้องการปานกลาง (3) สูงที่สุด No.3 มีค่าความถี่ของระดับความต้องการมากที่สุด (5) สูงที่สุด No.5 มีค่าความถี่ของระดับความต้องการมากที่สุด (4) สูงที่สุด และ No.10 มีค่าความถี่ของระดับความต้องการมากที่สุด (4) สูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับค่าความถี่ของระดับความต้องการอื่นๆ

เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของระดับความต้องการที่มีความถี่สูงสุดระหว่าง No.2 No.3 No.5 และ No.10 ด้วย korogonov-smirnov one sample test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($\alpha = 0.05$) อีกครั้งหนึ่ง โดยค่า sample size (N) เท่ากับ 25 และค่า critical values of D (D_{crit}) เท่ากับ 0.270 ผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า The test statistic D (D_{cal}) มีค่าเท่ากับ 0.14 แปลว่าระดับความต้องการที่มีความถี่สูงสุดระหว่าง No.2 No.3 No.5 และ No.10 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 หมายความว่าระดับความต้องการของการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรของกลุ่มศึกษา ด้านโครงสร้าง ได้แก่ มีล้อ (No.2) ใบมีดสามารถปรับระดับความสูงได้ (No.3) ใบมีดสามารถถอดเปลี่ยนได้ (No.5) และ น้ำหนักเบา (No.10) มีระดับความต้องการที่มีความถี่สูงสุดระหว่าง ต้องการมากที่สุด (5) ต้องการมากที่สุด (4) และ ต้องการปานกลาง (3) แตกต่างกันไม่มากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติ ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวาน จำนวน 10 คนมีความต้องการของการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรทั้ง 10 โครงสร้างโดย No.1 No.3 No.4 No.6 No.7 No.8 และ No.9 มีระดับความต้องการมากที่สุด No.5 และ No.10 มีระดับความต้องการมากที่สุด และ No.2 มีระดับความต้องการปานกลาง

3. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรุนดินโดยใช้หลักการล้อและเพลาลิ่มและคาน ผลการศึกษาพบว่าการใช้หลักการล้อและเพลาลิ่ม และคาน สามารถช่วยผ่อนแรงของเกษตรกรในการทำเกษตรได้กล่าวคือ

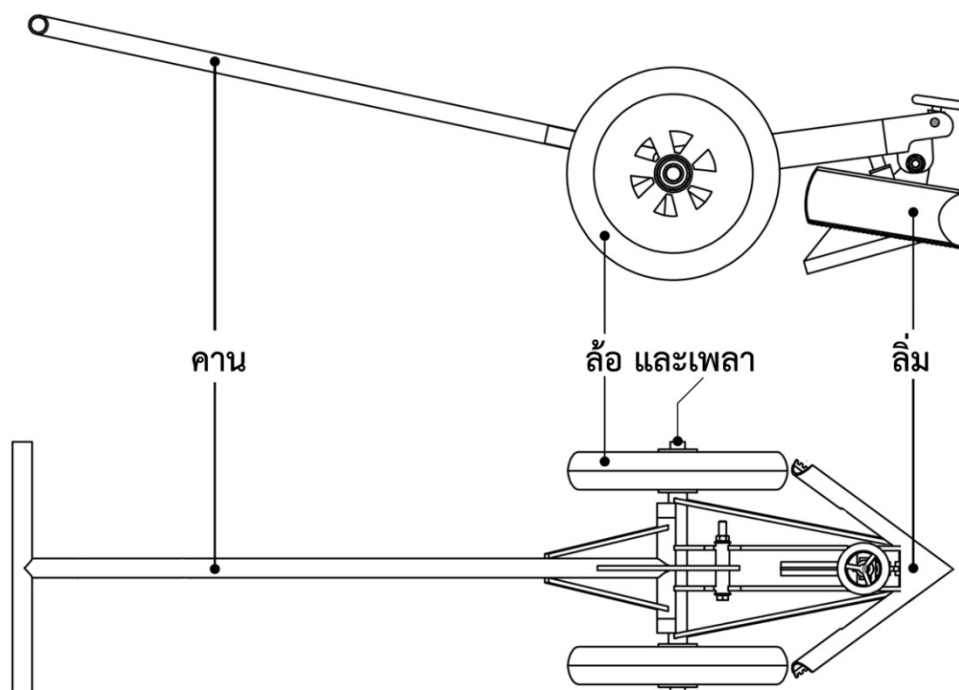
3.1 ล้อและเพลาคือ เครื่องกลที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอก 2 ขนาด ขนาดใหญ่เรียกว่าล้อและขนาดเล็กเรียกว่าเพลาลิ่ม โดยมีประโยชน์ในการการผ่อนแรงสำหรับการเคลื่อนที่

3.2 ลิ่ม คือ เครื่องกลที่มีลักษณะเหมือนพื้นเอียง 2 อันประกบกัน โดยมีประโยชน์ในการผ่าหรือตัดเนื้อวัตถุให้แยกออกจากกัน

3.3 คาน คือ เครื่องกลที่มีลักษณะเป็นแท่งยาวสม่ำเสมอ เป็นวัตถุแข็งเกร็งที่มีจุดหมุน โดยมีประโยชน์ใช้ในการจัดหรือยกวัตถุให้ลอยสูงขึ้น

ดังนั้นการพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตรให้มีการทำงานภายใต้หลักการล้อและเพลาลิ่ม และคานได้ จึงเป็นการผสมผสานหลักการทำงานทั้ง 3 หลักการ ให้มีประโยชน์ในปรับโครงสร้างดินและผ่อนแรงในการทำงานของเกษตรกร โดยแผ่นเหล็กที่ปลายด้านหน้าของอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นลิ่ม ลักษณะเป็นสามเหลี่ยมแหลม ใช้สำหรับแทรกดินออกด้านข้างของอุปกรณ์ซึ่งยึดติดกับโครงหลักของอุปกรณ์ โดยมีล้อและเพลาลิ่ม ทำหน้าที่ในการเคลื่อนที่ในแนวราบ อีกทั้งเป็นจุดหมุนของเครื่องมือและด้ามจับที่ต่อเชื่อมกับโครงหลักของ

อุปกรณ์ ทำหน้าที่เป็นคันสำหรับการปรับระดับของแผ่นเหล็กสามเหลี่ยม (ลิ้ม) ที่มีผลต่อความลึก และความกว้างของร่องดิน ดังแสดงในภาพที่ 1 และสามารถแสดงสรุปตำแหน่งค่าการยศาสตร์ตามส่วนต่างๆของร่างกายขณะใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แผนภาพเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินภายใต้หลักการล้อและเพลลา ลิ้ม และคัน



ภาพที่ 3 การใช้ยานเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินภายใต้หลักการล้อและเฟลา ลิ้ม และคัน

4. ผลการทดลองใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ค่าการยศาสตร์ในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน ผลการศึกษาพบว่าการศึกษาการยศาสตร์ตามความหมายของราชบัณฑิตยสถานหมายถึงวิทยาการเกี่ยวกับงานหรือการทำงาน ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงกำหนดความหมายของค่าการยศาสตร์ในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินว่าหมายถึงค่าต่างๆที่เกี่ยวข้องกับร่างกายขณะที่ใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้แบ่งค่าการยศาสตร์เป็น 25 ค่าตามส่วนต่างๆของร่างกาย ในขณะที่ใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อม้อมีจำนวน 6 ค่า ส่วนที่ 2 แขนส่วนบนมีจำนวน 7 ค่า ส่วนที่ 3 แขนส่วนบนมีจำนวน 7 ค่า และส่วนที่ 4 แขนส่วนบนมีจำนวน 5 ค่า รายละเอียดของแต่ละส่วนแสดงดังตารางที่ 2 ตารางที่ 3 ตารางที่ 4 และตารางที่ 5 ตามลำดับดังนี้

ตารางที่ 2 ค่าการยศาสตร์ส่วนข้อมือ

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) ระยะทางจากข้อมือถึงจุดศูนย์กลางมวลของมือประมาณเลยกลางหลังมือไปทางนิ้วกลาง SL1	0.06 เมตร
(2) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือขวาในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะผลัก θ_1	180 องศา
(3) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือซ้ายในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะผลัก θ_1	160 องศา
(4) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือขวาในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะดึง θ_1	180 องศา
(5) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือซ้ายในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะดึง θ_1	160 องศา
(6) น้ำหนักข้อมือ WH	3.82 นิวตัน

ตารางที่ 3 ค่าการยศาสตร์ส่วนแขนส่วนล่าง

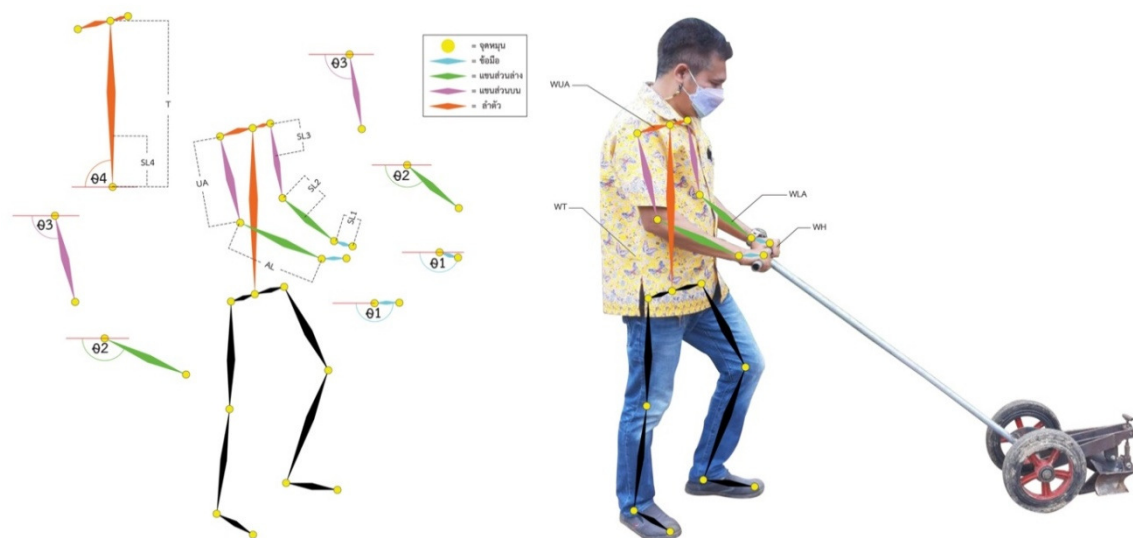
รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) น้ำหนักของแขนส่วนล่าง WLA (1.7% ของน้ำหนักร่างกาย)	10.83 นิวตัน
(2) ความยาวของแขนส่วนล่างจากข้อศอกถึงข้อมือ AL	0.25 เมตร
(3) ระยะระหว่างจากข้อศอกถึงจุดศูนย์กลางมวลของแขนส่วนล่างประมาณกลางข้อมือกับข้อศอก SL2	0.11 เมตร
(4) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือขาขณะยก θ_2	156 องศา
(5) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือซ้ายขณะยก θ_2	156 องศา
(6) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือขาขณะสับ θ_2	156 องศา
(7) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือซ้ายขณะสับ θ_2	156 องศา

ตารางที่ 4 ค่าการยศาสตร์ส่วนแขนส่วนบน

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) น้ำหนักของแขนส่วนบน (2.8% ของน้ำหนักร่างกาย) WUA	17.84 นิวตัน
(2) ความยาวของแขนส่วนบน จากหัวไหล่ถึงข้อศอก UA	0.28 เมตร
(3) ระยะระหว่างจากข้อศอกถึงจุดศูนย์กลางมวลของแขนส่วนบน ประมาณกลางหัวไหล่กับข้อศอก SL3 ระยะประมาณ 43.6% ของความยาวแขนส่วนบน เมื่อวัดจากหัวไหล่	0.12 เมตร
(4) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกขาขณะยก θ_3	103 องศา
(5) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกซ้ายขณะยก θ_3	103 องศา
(6) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกขาขณะสับ θ_3	103 องศา
(7) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกขาขณะสับ θ_3	103 องศา

ตารางที่ 5 ค่าการยศาสตร์ส่วนลำตัว

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) น้ำหนักของลำตัวเหนือข้อต่อ L5/S1WT	286.65 นิวตัน
(2) ความยาวจากข้อต่อ L5/S1 ถึงหัวไหล่ เท่ากับ 36 CM WT	0.35 เมตร
(3) ระยะระหว่างจากจุดศูนย์กลางมวลถึงข้อต่อ L5/S1 โดยตำแหน่งศูนย์กลางมวลประมาณว่าอยู่ที่ 67% ของความยาวจาก L5/S1 ถึงหัวไหล่ SL4	0.23 เมตร
(4) มุมที่ลำตัวกระทำกับแนวระดับยก θ_4	89 องศา
(5) มุมที่ลำตัวกระทำกับแนวระดับสับ θ_4	89 องศา



ภาพที่ 4 ตำแหน่งค่าการยศาสตร์ตามส่วนต่างๆของร่างกายขณะใช้เครื่องมือแรงทางการเกษตรขณะผลักและดึง

4.2 ผลการคำนวณค่าความได้เปรียบเชิงกล โดยแบ่งความได้เปรียบเชิงกลเป็น 4 ส่วน คือ (1) ค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ (M.A._{tools}) (2) ค่าได้เปรียบเชิงกลของผู้ใช้ขณะผลัก (M.A._{body-push}) (3) ค่าได้เปรียบเชิงกลของผู้ใช้ขณะดึง (M.A._{body-pull}) และ (4) ค่าได้เปรียบเชิงกลทั้งระบบ (M.A._T) แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางสรุปค่าการได้เปรียบเชิงกล ของเครื่องมือ (M.A._{tools}) ต้นแบบ

	รายละเอียด	ขณะผลัก	ขณะดึง	
ค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ	ล้อและเพลาลูก	20		
	ลิ้ม	0.6		
	คาน	1		
ค่าได้เปรียบเชิงกลของผู้ใช้	ลำตัว	0.10	0.10	
	ด้านขวา	ข้อมือ	3.81	3.81
		ข้อศอก	0.28	0.28
	ด้านซ้าย	ข้อมือ	4.05	4.05
		ข้อศอก	0.28	0.28
	ผลรวมทั้งระบบ		4.15	4.15

จากตารางที่ 6 เมื่อพิจารณาจากค่าการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ จะเห็นได้ว่าขนาดล้อและเพลาค่าได้เปรียบเชิงกลมีเท่ากับ 20 จะทำให้ค่าได้เปรียบเชิงกลทั้งระบบขณะผลักและขณะดึงมีค่าเท่ากับ 4.15

5. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานด้วยการวิเคราะห์ค่า SI ของพื้นที่ทดสอบก่อนและหลังการทดสอบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การวิเคราะห์ค่า SI ของพื้นที่ทดสอบก่อนและหลังการทดสอบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน

สถานที่	รหัส Soil Core	ความลึก (cm.)	ปริมาณน้ำ (mL.)	เวลา (sec.)	ความสามารถ ในการซึมผ่าน ของน้ำในดิน (cm/s)	ค่าเฉลี่ย	ผลต่าง ร้อยละ
วชท.พัทลุง (Phatthalung) แปลงที่ 1	PB 01	7	50	295	0.024	0.032	33.68
	PB 02	10	60	268	0.037		
	PB 03	8	45	236	0.034		
	S.D.	1.53	7.64	29.54	0.007		
	PA 01	7	35	174	0.040	0.042	
	PA 02	6	35	144	0.042		
	PA 03	7	35	155	0.045		
	S.D.	0.58	-	155	0.003		
วชท.พัทลุง (Phatthalung) แปลงที่ 2	PB 01	10	60	432	0.023	0.018	36.36
	PB 02	8	65	519	0.015		
	PB 03	8	65	462	0.017		
	S.D.	1.15	2.89	44.19	0.004		
	PA 01	10	60	322	0.0314	0.025	
	PA 02	9	70	370	0.024		
	PA 03	8	60	403	0.020		
	S.D.	1.00	5.77	40.73	0.006		

จากตารางที่ 7 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดหวานโดยแบ่งการทดสอบความแตกต่างออกเป็น 2 กรณีคือ กรณีที่ 1 ทดสอบความแตกต่างระหว่างก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรภายในพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 กรณีที่ 2 ทดสอบความแตกต่างระหว่างพื้นที่ทดสอบ สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร โดยแต่ละกรณีได้ทำการวิเคราะห์ค่าความแตกต่างทั้งหมด 4 ค่า คือ 1) ค่าความลึกของดินภายในท่อทรงกระบอก (h) มีหน่วยเป็น เซนติเมตร (cm) 2) ปริมาณน้ำ (mL) 3) เวลาของการซึมผ่านของน้ำในดินจากผิวดินส่วนบนไปยังที่ผิวดินส่วนปลายของท่อทรงกระบอก (t) มีหน่วยเป็นวินาที (s) และ 4) ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน(SI) มีหน่วยเป็นเซนติเมตรต่อวินาที (cm/s) ซึ่งผลการทดสอบของแต่ละกรณีมีรายละเอียด ดังนี้

1) ค่าความลึกของดินภายในท่อทรงกระบอกระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร พบว่าค่าความน่าจะเป็นของการทดสอบของก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร เท่ากับ 0.5 และ 0.05 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้ตามลำดับ หมายความว่าค่าความลึกของดินภายในท่อทรงกระบอกระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

2) ปริมาณน้ำ ระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร พบว่าค่าความน่าจะเป็นของการทดสอบของก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรเท่ากับ 0.2 และ 0.05 ตามลำดับ ซึ่งมีค่ามากกว่าและเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้ตามลำดับ หมายความว่าปริมาณน้ำที่ใช้ทดสอบค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดินระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3) เวลาของการซึมผ่านของน้ำในดินจากผิวดินส่วนบนไปยังที่ผิวดินส่วนปลายของท่อทรงกระบอกระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร พบว่าค่าความน่าจะเป็นของการทดสอบของก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรเท่ากัน คือ 0.05 ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้ หมายความว่าเวลาของการซึมผ่านของน้ำในดินจากผิวดินส่วนบนไปยังที่ผิวดินส่วนปลายของท่อทรงกระบอกระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4) ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดินระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร พบว่าค่าความน่าจะเป็นของการทดสอบของก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรเท่ากันคือ 0.05 ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่กำหนดไว้ หมายความว่าค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดินระหว่างพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 สำหรับก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาระดับความต้องการการพัฒนาโครงสร้างของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่ใช้ในการพรวนดินจากอุปกรณ์ต้นแบบ พบว่า โครงสร้างของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่ต้องการให้พัฒนา ได้แก่ เคลื่อนที่โดยการออกแรงดันไปข้างหน้า ใบมีดสามารถปรับระดับความกว้างได้ มือจับสามารถปรับระดับความสูงได้ มือจับปรับความยาวได้ สามารถปรับความกว้างของตัวเครื่องได้ และสามารถปรับความสูงของตัวเครื่องได้ มีระดับความต้องการมากที่สุด แตกต่างกับระดับความต้องการอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังนั้นการออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินในการศึกษารุ่นนี้เป็นการพัฒนาเครื่องมือทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากแรงคน วัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับพื้นที่ขนาดเล็กกับกลุ่มเกษตรกรรายย่อย ทำให้โครงสร้างของดินมีความโปร่ง ซึ่งสะท้อนได้จากค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดิน ถึงแม้ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดินระหว่างก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แต่ค่าความสามารถในการซึมผ่านของน้ำในดินระหว่างก่อนใช้และหลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรภายในพื้นที่ทดสอบที่ 1 และภายในพื้นที่ทดสอบที่ 2 มีความน่าจะเป็นที่จะมีความโปร่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 50 ขึ้นไป โดยความน่าจะเป็นที่จะมีความโปร่งเพิ่มขึ้นจากเดิมของพื้นที่ทดสอบที่ 1 และพื้นที่ทดสอบที่ 2 มีความน่าจะเป็นที่จะมีความโปร่งเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 75 และ 50 ตามลำดับ โดยผลดังกล่าวส่งผลมาจากเครื่องผ่อนแรงถูกปรับระยะความสูงของลิ้นให้ทำงานที่ระดับความลึกเท่ากันเพื่อให้สอดคล้องกับความลึกของ

รากพืช การที่ระดับความลึกของชั้นดินที่ถูกรบกวนเท่ากันส่งผลให้ปริมาตรของช่องว่างในดินที่เกิดขึ้นใหม่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงทำให้ค่าการซึมน้ำในภาพรวมมีค่าใกล้เคียงกัน

การออกแบบโดยใช้หลักการของลิมโดยเป็นเครื่องมือที่มีหน้าที่ในการพรวนดินในครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของสราวุธ [18] และสุรินทร์และคณะ [19] เกี่ยวกับการเปรียบเทียบแรงที่กระทำกับใบมีดของจอบหมุน ซึ่งเป็นการศึกษารายละเอียดของใบมีดที่ใช้หลักการของลิมเช่นเดียวกับการออกแบบเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรในการวิจัยครั้งนี้ โดยพบว่าใบมีดคมเดียวสามารถลดแรงต้านของดินได้ดีกว่าใบขอบคมคู่ รวมทั้งมีความสอดคล้องกับการศึกษาของประเทืองและคณะ [20] ที่พบว่าเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินที่ออกแบบด้วยลิมในแนวตั้งมีประสิทธิภาพในการพรวนดินได้ดีกว่าพรวนจอบหมุนตัว L

การศึกษาค่าการยศาสตร์ในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดินเพื่อนำไปสู่การคำนวณค่าการได้เปรียบเชิงกลในการศึกษาครั้งนี้ รวบรวมข้อมูลวัดและคำนวณค่าการยศาสตร์ได้จำนวน 25 ค่า จากการพิจารณาร่างกายของมนุษย์เป็นวัตถุเชิงเกร็งโดยหลักการของคานอันดับสาม ซึ่งมีความแตกต่างจากการศึกษาของ Jitman et al., [15] การพัฒนาเครื่องเลื่อยกระบอกไม้ไผ่ด้วยหลักการยศาสตร์และเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ [21] เกี่ยวกับการออกแบบและสร้างสถาณงานต้นแบบโดยใช้หลักการยศาสตร์และ [22] การประเมินทางการยศาสตร์สำหรับงานยกในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ที่มีการคำนวณค่าการยศาสตร์จำนวน 11 ค่า จากการพิจารณาการประเมินท่าทางในการทำงาน

การคำนวณค่าการได้เปรียบเชิงกลในการศึกษาครั้งนี้แบ่งค่าการได้เปรียบเชิงกลเป็น 4 ส่วน คือ ค่าการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ (MA_{tool}) ค่าการได้เปรียบเชิงกลของร่างกายขณะผลัดและดึง (MA_{body}) และค่าการได้เปรียบเชิงกลทั้งระบบ (MA_T) ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของสุรินทร์และคณะ [18] ศิริศักดิ์และคณะ [23] และศิริเจริญและคณะ [24] ที่ศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องมือทางการเกษตรโดยการคำนวณค่าพลังงานแรงต้านทานลัทธิและความสามารถในการทำงานของเครื่องมือ ทั้งนี้การศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรโดยพิจารณาจากค่าได้เปรียบเชิงกลทั้ง 4 ส่วนของการศึกษาครั้งนี้ ทำให้สามารถทราบถึงความสามารถในการผ่อนแรงและแนวทางการลดอาการบาดเจ็บจากการใช้เครื่องมือทางการเกษตร

องค์ประกอบของเครื่องผ่อนแรงที่ใช้หลักการล้อและเพลาลิม และคาน สามารถสร้างความได้เปรียบเชิงกล 3.286 เท่า หรือสามารถลดการออกแรงได้ 3.286 เท่า เมื่อเทียบการกับออกแรงปกติ ช่วยเปลี่ยนรูปแบบการทำงานจากเดิมที่ต้องใช้แรงก้ม เงย และแรงเหวี่ยงจากจอบ เป็นการใช้แรงผลักที่มีการถ่ายน้ำหนักตัวอย่างสมดุลตามหลักการยศาสตร์ อีกทั้งช่วยลดขั้นตอนและเวลาในการทำงาน แต่ยังเป็นการเปลี่ยนจากการเกษตรที่ใช้แรงงานหนักไปสู่การเกษตรที่ใช้เครื่องมือผ่อนแรง ซึ่งช่วยรักษาสภาพทางกายภาพของเกษตรกรในระยะยาว ส่งผลให้สามารถเพิ่มผลผลิตและสร้างรายได้ที่ยั่งยืน อย่างไรก็ตามการพัฒนาในอนาคตควรมีการทดสอบในสภาพดินที่มีความหลากหลายมากขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1) การออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร เสนอให้มีการประยุกต์หลักการเครื่องกลสามัญที่ใช้ในการออกแบบเครื่องผ่อนแรงในงานวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้เกิดความหลากหลายของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร

2) การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร โดยศึกษาวิธีการทางด้านการยศาสตร์ที่ใช้ประเมินความเสี่ยงจากสาเหตุที่อาจก่อให้เกิดการบาดเจ็บของกระดูก และกล้ามเนื้อ ทั้ง 3 รูปแบบ คือ การ

รายงานด้วยตัวเอง การสังเกต และการวัดโดยตรงด้วยการสังเกต คือ Working Posture Analyzing System (OWAS), Checklist, Rapis Entire Body Assessment (REBA), NIOSH lifting equation และ PLIBLE สามารถทราบถึงความเสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บของการเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรได้

3) พัฒนาเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร ในงานวิจัยครั้งนี้พิจารณาจากค่าการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือเป็นแนวทางหลักที่ส่งผลต่อค่าการได้เปรียบเชิงกล ซึ่งงานวิจัยครั้งต่อไปเสนอให้พิจารณาร่วมกับค่าการยศาสตร์ของผู้ใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรเพื่อให้เกิดการผ่อนแรง และลดความเสี่ยงต่ออาการบาดเจ็บในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรต่อไป

4) ข้อจำกัดในการในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับพรวนดิน จากใบมีดที่มีลักษณะลิ่มทำให้การทำงานได้เฉพาะการยกแนวร่องแนวเดียวไม่สามารถกลบแนวได้ ในการพัฒนาสมควรมีการเพิ่มชุดกลบดินเข้าไปด้วยเพื่อความสะดวกและรวดเร็วในการทำงาน

5) ในงานวิจัยครั้งต่อไปสามารถทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องมือในพื้นที่ที่มีสภาพขุดดินที่แตกต่างกัน เช่น ดินเหนียวจัดหรือดินในพื้นที่ลาดชัน เพื่อศึกษาข้อจำกัดของความได้เปรียบเชิงกล (MA) กับพื้นที่ที่แตกต่างจากเดิม และวิเคราะห์ค่าการยศาสตร์กับกลุ่มเกษตรกรกลุ่มอื่นต่อไป

References

- [1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (1984). *Study Report on the Master Plan for National Agricultural Machinery Development*. Thailand Institute of Scientific and Technological Research. (in Thai)
- [2] Office of Agricultural Economics. (2002). *Agricultural Statistics of Thailand Crop Year 2002/03 (Agricultural Statistics Publication No. 401)*. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai)
- [3] Charee, S., et al. (2019). *Development of Energy-Saving Tool in Integrated Crop Production in Line with the Context of Area and Community* (Research report). Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. (in Thai)
- [4] Maksuwan, A. (2020). Principles and Mechanical Advantage Values of Simple Machine and Complex Machine for Agricultural Hand. *Journal of Vocational Institute of Agriculture*, 4(1), 1–19. (in Thai)
- [5] Chanprasit, C., & Kaewthummanukul, T. (2010). Occupational Health Hazards, Work-Related Illness and Injury, Work Behaviors Among Informal Workforce: Case Study in Baby Corn Planting Farmer Group. *The Public Health Journal of Burapha University*, 5(2), 40–50. (in Thai)
- [6] Luangwilai, T., et al. (2014). Factors Associated with Musculoskeletal Disorders Among Rice Farmers: Cross Sectional Study in Tamlalord Sub-District, Phimai District, Nakhonratchasima Province, Thailand. *Journal of Health Research*, 28(Suppl.), S85–S91. (in Thai)
- [7] Sarker, A. H., et al. (2016). Prevalence of Musculoskeletal Disorders Among Farmers. *Orthopedics & Rheumatology*, 4(1), 1-4.
- [8] Vasave, S. Y., & Anap, D. B. (2016). Prevalence of Musculoskeletal Disorders Among

- Sugarcane Workers – A Cross Sectional Study. *Basic and Applied Medical Research*, 5(2), 756–762.
- [9] Ng, Y. G., et al. (2013). The Prevalence of Musculoskeletal Disorder and Association with Productivity Loss: A Preliminary Study Among Labour Intensive Manual Harvesting Activities in Oil Palm Plantation. *Industrial Health*, 52(1), 78–85.
- [10] Stankevitz, K., et al. (2016). Prevalence and Risk Factors of Musculoskeletal Disorders Among Sri Lankan Rubber Tappers. *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 22(2), 91–98.
- [11] Joomjee, R., et al. (2016). Prevalence of musculoskeletal symptoms among the para-rubber farmers. In *Thailand National Ergonomics Conference 2016*. 15-17 December, 2016, Pathum Thani, Thailand. (in Thai)
- [12] Rattanawongcharoen, T., & Phumkumarn, R. (2015). *Invention of Broadfork for Organic Farming* (Research report). Kasetsart University. (in Thai)
- [13] Dongkeaw, N., et al. (2016). Design and Instruction Ergonomics Chair by Classroom Lectures. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 6(2), 72–86. (in Thai)
- [14] Wongkom, W., et al. (2015). Ergonomics Risk Management for Sewing Machine Assembly Work. *Journal of Health and Health Management*, 2(3), 7–17. (in Thai)
- [15] Jitman, S., et al. (2021). Development of Bamboo Tube Sawing Machine by Ergonomics and Quality Function Deployment. *Engineering Journal Chiang Mai University*, 28(2), 100–115. (in Thai)
- [16] Sriburapha, S. (2013). Study and Design of a Prototype Multipurpose Lecturer Based on Ergonomic Principles. *CRMA Journal*, 11(11), 37–43. (in Thai)
- [17] Kasemsan, W., & Maksuwan, A. (2023). Application of Ergonomic Principles for Hand Tiller Innovation. *Health Science, Science and Technology Reviews*, 16(1), 111–127. (in Thai)
- [18] Laophongsawat, S. (2003). *Comparative Study of Resistance Forces Acting on Three Types of Rotary Blades* (Master thesis, Kasetsart University). (in Thai)
- [19] Phongsupasamit, S., et al. (2005). Research and Development of Rotary Tiller for Thai Agriculture Area Part 2: Design and Construction of Rotary Blade for Reducing Impacted Forces. In *The 19th Conference on Mechanical Engineering Network of Thailand*. 19-21 October, 2005, Phuket, Thailand. (in Thai)
- [20] Usaborisut, P., et al. (2017). *Comparative Study on Soil Tillage Using Rotary Tiller and Power Harrow* (Research report). National Research Council of Thailand and The Thailand Research Fund. (in Thai)
- [21] Hongsibkaw, S. (2014). *Design and Build Prototype Workstation Using Ergonomics: Case Study* (Master thesis, Thammasat University). (in Thai)
- [22] Waiyakarn, W., et al. (2012). Ergonomics Assessment for Lifting Tasks in Automotive Parts Manufacturer. In *IE Network Conference 2012: Industrial Challenges in the*

Research Article

Journal of Vocational Education in Agriculture Vol. 10 ● No. 1 • January – June 2026

ASEAN Economic Community. 17-19 October, 2012, Phetchaburi, Thailand. (in Thai)

- [23] Chertkiattipol, S., et al. (2009). Study on the Specific Tilling Energy of Three Types of the Rotary Blades. *Thai Agricultural Research Journal*, 27(3), 316–331. (in Thai)
- [24] Kongkaew, S., et al. (2021). Development and Efficiency Assessment of Weeding Machine for Sweet Corn. *TSAE Journal*, 27(2), 12–18. (in Thai)