

รูปแบบการใช้เครื่องมือทางเกษตรเพื่อผ่อนแรงทางกิจกรรม ทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน

A Pattern of Using Agricultural Tools to Relieve Effort in Agricultural Activity in the Improvement of the Physical Soil Structure

วราพล เกษมสันต์^{1*} และ อติรัฐ มากสุวรรณ¹
Warapol Kasemsan^{1*} and Atirat Maksuwan¹

ได้รับบทความ: 28 ก.ค. 2565

ได้รับบทความแก้ไข: 24 ส.ค. 2565

ยอมรับตีพิมพ์: 26 ส.ค. 2565

บทคัดย่อ

งานวิจัยรูปแบบการใช้เครื่องมือทางการเกษตรเพื่อผ่อนแรงทางกิจกรรมทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดินมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้องการที่แท้จริง (Felt Needs) ของเกษตรกรในการใช้เครื่องมือผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน เก็บรวบรวมข้อมูลจากเกษตรกรในพื้นที่ตำบลหนองราชวัตร อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี ซึ่งเป็นผู้ที่เกิดในครอบครัวเกษตรกร และประกอบอาชีพเกษตรกรรมติดต่อกันเป็นระยะเวลา 30 ปีขึ้นไป จำนวน 11 ครอบครัว โดยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) ด้วยแบบสอบถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Questionnaire) คำถามปลายเปิด (Open Ended Question) ผลการศึกษา พบว่า เครื่องมือผ่อนแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากแรงคนที่ยืนใช้มากที่สุดคือ จอบ โดยพบว่า ขั้นตอนการปลูกพืช 3 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมดิน 2) การดูแลรักษา และ 3) การเก็บเกี่ยว เป็นขั้นตอนการปลูกพืชที่มีผลต่อโครงสร้างกายภาพของดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนที่ 2 การดูแลรักษา เป็นขั้นตอนที่เกษตรกรนิยมใช้เครื่องมือผ่อนแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากแรงคนมากที่สุด การปลูกพืชผักเป็นการทำเกษตรที่เกษตรกรนิยมใช้เครื่องมือผ่อนแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากแรงคนมากที่สุด ผลการศึกษาความต้องการที่แท้จริงพบว่า เกษตรกรมีความต้องการสร้างเครื่องมือผ่อนแรงทางการเกษตร

¹หลักสูตรเทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเพื่อการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

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

*ผู้รับผิดชอบประสานงาน (Corresponding author) e-mail: warapolk.3@gmail.com

ที่มีต้นกำลังมาจากแรงคนรูปแบบใหม่ที่มีการใช้แรงงานน้อยมากที่สุด ผลที่ได้จากการศึกษานี้นำไปสู่การสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่เหมาะสมกับลักษณะเฉพาะของครอบครัวเกษตรกรในพื้นที่เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตของการเพาะปลูกพืชต่อไป

คำสำคัญ: ความต้องการที่แท้จริง อุปกรณ์การเกษตร โครงสร้างทางกายภาพของดิน

ABSTRACT

The purpose of this research was to study the felt needs of agricultural farm tools used for improvement of physical soil structure. The data was collected from 11 farmers in Nong Rachawat Subdistrict, Nong Ya Sai District, Suphanburi Province. They have been farmers for more than 30 years. In-depth interview and participation observation with semi-structured questionnaire were used for data collection. The results showed that the popularity of agricultural farm tools originated by human force was the hoe. There were 3 planting steps affecting physical soil structure including (1) preparation of the field (2) field maintenance and (3) harvesting. The agricultural farm tools originated by human force was used mainly for field maintenance. Farmers often used agricultural farm tools originated by human force for vegetable planting. In addition, the innovation of agricultural farm tools originated by human force that reducing force was the felt need of agricultural workers. The finding of this study contributed to developing of agricultural farm tools for specific agricultural areas and households with less cost and more benefit.

Keywords: Felt Needs; Agricultural Farm Tools; Physical Soil Structure

บทนำ

เครื่องผ่อนแรง เป็นเครื่องมือที่เกษตรกรใช้เพื่อช่วยลดการออกแรงให้น้อยลงในการทำงานการเกษตร [1] ทั้งขั้นตอนการเตรียมดิน ขั้นตอนการเพาะปลูก ขั้นตอนการบำรุงรักษา และขั้นตอนการเก็บเกี่ยว [2] ทั้งนี้เครื่องผ่อนแรงที่ใช้ในการทำเกษตรนั้นมีต้นกำลังมาจากแรงคน สัตว์ และโดยเฉพาะอย่างยิ่งต้นกำลังจากเครื่องกลซึ่งเป็นกระบวนการที่ใช้แรง น้ำหนัก หรือพลังงานจากเครื่องมือกล ทำให้เมื่อดินเบียดตัวชิดกันแน่น ส่งผลต่อความสามารถในการรับน้ำหนัก และการซึมผ่านน้ำของดิน อีกทั้งยังมีขนาดใหญ่ และราคาแพง ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรของเกษตรกรรายย่อยที่มีพื้นที่ขนาดเล็กที่มีความสามารถในการผลิตน้อย [2] ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการผลิตเพิ่มขึ้น คือ ค่าเสื่อมสภาพราคาอุปกรณ์และเครื่องมือ และค่าซ่อมแซมเครื่องมือ เป็นราคาเฉลี่ย 570.50 บาท/ไร่ และ 77.32 บาท/ไร่ ตามลำดับ [3] รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นของการใช้รถไถ คือ การใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ ซึ่งทำให้ต้นทุนของการผลิตเพิ่มขึ้น 260.32 บาท/ไร่ และ 53.76 บาท/ไร่ ตามลำดับ [4] ปัจจุบันการพัฒนาเครื่องผ่อนแรงที่มีราคาถูก ใช้ได้ครอบคลุมขั้นตอนการเพาะปลูกพืชทั้ง 4 ขั้นตอนนั้นจึงเป็นที่ต้องการมากขึ้น เห็นได้จากการพัฒนาเครื่องปลูกสับประรดแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง [5] การพัฒนาเครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับรถแทรกเตอร์ขนาดเล็ก [6] การวิจัยและพัฒนาจอบหมุนดีดรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็กสำหรับพรวนดินสวนผลไม้ [7] การพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน [8] การพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลไม้ [9] รวมถึงการพัฒนาเครื่องเก็บเกี่ยวข้าวโพดไร่เดินตาม [10] เป็นต้น อย่างไรก็ตามในการวิจัยและพัฒนาเครื่องผ่อนแรง

ทางการเกษตรตามตัวอย่างดังกล่าวให้เป็นที่ยอมรับของเกษตรกร และเกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องคำนึงถึง ลักษณะการใช้งาน ชนิดพืชที่ปลูก พื้นที่เพาะปลูก ลักษณะเฉพาะและความความต้องการของเกษตรกร เนื่องจากสภาพแวดล้อมธรรมชาติทางการเกษตรนั้นมีลักษณะเฉพาะซึ่งมีความแตกต่างกันไปตามสภาพภูมิประเทศเครื่องมือบางชนิดที่ทำงานได้ดีในพื้นที่หนึ่งนั้นอาจจะไม่สามารถทำงานได้ดีในอีกพื้นที่หนึ่ง [11] รวมถึงเกษตรกรนั้นมีความแตกต่างหลากหลายทั้งเพศ อายุ การศึกษา รายได้และประสบการณ์ในการทำการเกษตร ซึ่งเป็นเหตุให้การยอมรับเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรนั้นแตกต่างกันไปด้วย ด้วยเหตุดังกล่าว การวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับการศึกษาความต้องการการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรของเกษตรกรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน ซึ่งเป็นขั้นตอนที่หนึ่งของการทำการเกษตร โดยใช้หลักการของการศึกษาความต้องการที่แท้จริง (felt needs) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในงานพัฒนาชุมชนเพื่อพิจารณาปัญหาที่สำคัญและจำเป็นของชุมชนที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน [12] ทั้งนี้เมื่อเกษตรกรแสดงความต้องการลักษณะเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่เป็นไปตามลักษณะสิ่งแวดล้อมของพื้นที่การเกษตร ตรงตามชนิดพืช ขั้นตอนการเพาะปลูกและสอดคล้องกับสภาพพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคมของเกษตรกร [13] แล้วการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรนั้นก็จะเป็นที่ยอมรับของเกษตรกรและสามารถนำไปใช้ประโยชน์จริงได้ต่อไป

จากหลักการความต้องการที่แท้จริง (felt needs) ที่พบว่าการศึกษาความต้องการของกลุ่มเป้าหมายทำให้เกิดขึ้นนำไปสู่ความสำเร็จได้ การศึกษาวิจัยนี้จึงได้นำหลักการดังกล่าวมาออกแบบสำหรับการศึกษาวิจัยเรื่องการศึกษารูปแบบใช้เครื่องมือทางการเกษตรเพื่อผ่อนแรงทางกิจกรรมทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกรในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน ดำเนินการวิจัยโดยการศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของดิน วิเคราะห์ความเชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างทางกายภาพของดินและเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร และประเมินความต้องการแท้จริงของการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรโดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงผู้ให้ข้อมูล (purposive sampling) จากนั้นทำการสัมภาษณ์เชิงลึก (in-depth interview) ร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (participant observation) เพื่อนำไปวิเคราะห์ความต้องการที่แท้จริงของการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร ผลการศึกษาที่ได้นี้นอกจากจะได้ทราบถึงความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกรในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดินที่เป็นไปตามลักษณะสิ่งแวดล้อมทางการเกษตร ขั้นตอนการปลูกพืช และลักษณะเฉพาะของเกษตรกรแล้วยังสามารถนำผลการศึกษาที่ได้ไปศึกษาวิจัยและพัฒนาเพื่อให้เกิดเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่ตรงตามลักษณะเฉพาะของพื้นที่และท้องถิ่นนำไปสู่การใช้ประโยชน์ได้จริงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้สามารถแบ่งขั้นตอนของการศึกษาได้เป็น 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดขอบเขตเวลาของเอกสารและงานวิจัยที่ต้องการศึกษาในแต่ละด้านของพื้นที่ศึกษาได้แก่ พื้นที่อำเภอหนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี จากแหล่งสืบค้นข้อมูลหตุยภูมิไม่เกิน 10 ปี 4 ประเภท [14] ได้แก่ (1) หนังสือ (2) วารสาร/หนังสือพิมพ์ (3) งานวิจัย/วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทและเอก (4) รายงานเชิงเทคนิคต่างๆ โดยแบ่งเอกสารที่เกี่ยวข้องเป็น 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความต้องการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรต่อกิจกรรมการเพาะปลูก 2) ด้านความต้องการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรต่อปัญหาการใช้เครื่องมือ และแนวทางการแก้ไข 3) โครงสร้างทางกายภาพของดินที่ผลการเพาะปลูก

ขั้นตอนที่ 2 วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนาเพื่อแสดงทิศทางของความต้องการที่แท้จริงจากเอกสารและงานวิจัยที่มีอยู่ [15] โดยวิเคราะห์เนื้อหา ของเอกสารที่รวบรวมมาได้เพื่อหาความต้องการเบื้องต้นที่ค้นพบ [16] ที่ได้จากข้อมูลทางตรง และทางอ้อม [17] หลังจากนั้นจัดระบบข้อมูล โดยการนำบทคัดย่อ ที่ได้มาจากเอกสารและงานวิจัย มาวิเคราะห์ สังเคราะห์ และจัดระบบข้อมูลโดยใช้เกณฑ์ 7 ข้อ [18] ได้แก่ (1) ผู้เขียน (2) ชื่อเรื่อง (3) วันที่ (4) วิธีการ (5) ข้อมูล (6) ข้อค้นพบ และ (7) ข้อเสนอแนะ เพื่อสรุปเป็นข้อค้นพบ โดยอาศัยลักษณะร่วมกันของข้อมูล

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาความต้องการที่แท้จริงด้วยการวิจัยเชิงคุณภาพร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติทดสอบสมมติฐาน เพื่อยืนยันความต้องการที่แท้จริงโดยปราศจากอคติจากผู้วิจัย ซึ่งนำไปสู่การสร้างความเข้าใจปัญหาแบบองค์รวมได้มากกว่าการวิเคราะห์เชิงพรรณนาเพียงอย่างเดียว [19-21] ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

3.1 คัดเลือกผู้ให้ข้อมูลสำคัญด้วยการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยกำหนดเงื่อนไข ได้แก่ 1) เกษตรกรผู้ที่เกิดในครอบครัวที่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และ 2) เกษตรกรผู้ที่มีการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดินโดยมีต้นกำลังมาจากแรงคน โดยการกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่เหมาะสมในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้หลักความอิ่มตัวของข้อมูล [22-26]

3.2 ติดต่อขอความอนุเคราะห์จากผู้นำแบบเป็นทางการ ผู้นำแบบไม่เป็นทางการผู้ประสานงานในชุมชน เพื่อทำความเข้าใจเบื้องต้นและสร้างความคุ้นเคยระหว่างผู้วิจัยและเกษตรกรขณะทำการสัมภาษณ์เพื่อขอข้อมูล

3.3 เก็บข้อมูลด้วยการสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม (Participant Observation) เนื่องจากมีความไม่เคร่งครัดในเรื่องโครงสร้าง อนุญาตให้ยืดหยุ่นในการดำเนินการได้ และเป็นการสื่อสารแบบสองทาง จึงเป็นสิ่งที่จะเอื้ออำนวยให้ผู้วิจัยเข้าถึงข้อเท็จจริงของข้อมูลได้มากที่สุดทั้งในทางกว้างและทางลึก [27]

3.4 เตรียมแนวคำถามเพื่อสร้างเครื่องมือในการเก็บข้อมูล คือ แบบสอบถามกึ่งโครงสร้าง (Semi-Structured Questionnaire) หลังจากนั้นทดลองสัมภาษณ์กับบุคคลที่มีลักษณะคล้ายกับเกษตรกรที่จะเลือกมาสัมภาษณ์จริง เพื่อให้ตรวจสอบแนวคำถามที่สร้างขึ้นนั้นมีความครอบคลุมแนวความคิดรวบยอดและประเด็นสำคัญของจุดประสงค์ของการวิจัยในขั้นนี้ได้ครบถ้วน

3.5 สัมภาษณ์เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างที่เป็นไปตามเงื่อนไขร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วม เพื่อให้ผู้ถูกศึกษารู้สึกว่าผู้วิจัยมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชีวิตประจำวันของผู้ถูกศึกษาด้วย [17, 28] เก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ด้วยสถิติทดสอบสมมติฐานควบคู่กับการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้าซึ่งพิจารณาจากแหล่งเวลา แหล่งสถานที่ และแหล่งบุคคลซึ่งมีความแตกต่างกันไป [17, 29]

ขั้นตอนที่ 4 ประยุกต์หลักการยศาสตร์เพื่อนำข้อค้นพบของความต้องการใช้เครื่องผ่อนแรงไปใช้ประโยชน์ด้วยการวิจัยเชิงปริมาณ แบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนย่อย คือ 1) บันทึกภาพเคลื่อนไหวของตัวแทนเกษตรกรขณะ กำลังใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรต้นแบบ 2) วิเคราะห์ค่าทางการยศาสตร์จากภาพเคลื่อนไหวด้วยการถ่ายภาพวิดีโอเฟรมเรตสูง (expressed in frames per second : FPS) และ 3) ออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรต้นแบบให้สอดคล้องกับค่าทางการยศาสตร์จากขั้นตอนที่ 2)

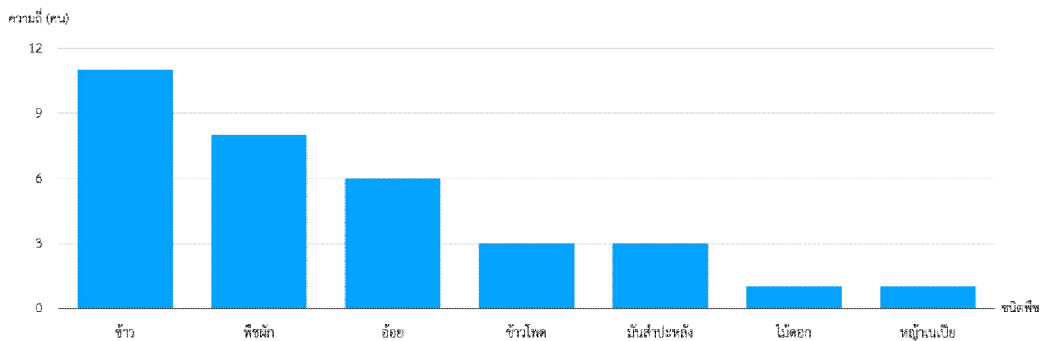
ผลการวิจัย

ผลการศึกษาความต้องการที่แท้จริงของเกษตรกรในการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรสำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน ประกอบไปด้วย 5 ส่วน ดังนี้

1. โครงสร้างทางกายภาพของดินที่มีผลต่อการปลูกพืช ประกอบด้วย 4 โครงสร้าง คือ หน่วยโครงสร้างดิน (Structural Unit) เนื้อดิน (Soil Texture) ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil Texture) และความชื้นในดิน (Soil Moisture) ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับชนิดของดินในพื้นที่ศึกษา ที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนปนดินเหนียว

2. การประเมินความต้องการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรต่อกิจกรรมการเพาะปลูก

2.1 ผลการสัมภาษณ์เชิงลึกร่วมกับการสังเกตแบบมีส่วนร่วมกับเกษตรกรกลุ่มผู้ให้ข้อมูลจำนวน 11 คน อายุระหว่าง 50 -75 ปี ที่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนด พบว่า ผู้ให้ข้อมูลเป็นเกษตรกรชายจำนวน 4 คน เป็นเกษตรกรหญิงจำนวน 7 คน พืชที่ทำการเพาะปลูกประกอบด้วย 1) พืชไร่จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง และหญ้าเนเปีย โดยเกษตรกรทุกคนปลูกข้าวเป็นพืชหลักมาเป็นเวลา 30 – 60 ปี ปลูกอ้อย จำนวน 6 คน ปลูกข้าวโพด และมันสำปะหลังมีจำนวนเท่ากัน คือ 3 คน หญ้าเนเปีย จำนวน 1 คน 2) พืชผัก จำนวน 8 คน และ 3) ไม้ดอก จำนวน 1 คน ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ชนิดพืชที่ปลูกของกลุ่มเกษตรกรผู้ให้ข้อมูล

2.2 ผลการถอดเทปสัมภาษณ์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับกำหนดรหัสเชิงพรรณนา [27] จากคำหรือวลีที่สั่นกระชับจากการวิเคราะห์บทสัมภาษณ์เกี่ยวกับขั้นตอนการปลูกพืช และเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่มีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของดิน ซึ่งแบ่งเป็นเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำเนิดกำลังมาจากเครื่องยนต์และมีต้นกำเนิดกำลังมาจากแรงคน โดยกำหนดรหัสข้อมูลเชิงพรรณนาตามขั้นตอนของ [22, 30-31] พบว่าขั้นตอนการปลูกพืช ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ การเตรียมดินก่อนปลูก การเพาะปลูก การบำรุงรักษาและการเก็บเกี่ยวนั้น พบว่ามี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการเตรียมดินก่อนปลูก การบำรุงรักษา และการเก็บเกี่ยว มีผลต่อความหนาแน่นดินรวม และความชื้นและอุณหภูมิ ในขณะที่ขั้นตอนการเพาะปลูกไม่มีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของดิน ดังตารางที่ 1

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 1 ผลการถอดเทปสัมภาษณ์เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับกำหนดรหัสเชิงพรรณนา

ขั้นตอนการปลูกพืช	เครื่องมือแรงทางการเกษตร							
	ต้นกำลังมาจากเครื่องยนต์				ต้นกำลังมาจากกำลังคน			
	โครงสร้างทางกายภาพของดิน				โครงสร้างทางกายภาพของดิน			
	เนื้อดิน	หน่วยโครงสร้างดิน	ความหนาแน่นดินรวม	ความชื้นและอุณหภูมิดิน	เนื้อดิน	หน่วยโครงสร้างดิน	ความหนาแน่นดินรวม	ความชื้นและอุณหภูมิดิน
การเตรียมดินก่อนปลูก	x	x	/	/	x	x	/	/
การเพาะปลูก	x	x	x	x	x	x	x	x
การบำรุงรักษา	x	x	x	x	x	x	/	/
การเก็บเกี่ยว	x	x	/	/	x	x	/	/

หมายเหตุ : / = มีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของดิน, x = ไม่มีผลต่อโครงสร้างทางกายภาพของดิน

2.3 ผลการวิเคราะห์บทสัมภาษณ์พบว่าเกษตรกรทั้ง 11 คนมีรหัสข้อมูลเชิงพรรณนาาร่วมกันคือ ในขั้นตอนการบำรุงรักษา เครื่องมือแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากเครื่องยนต์มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายต่อต้นพืช เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นพืชทำให้เกิดข้อจำกัดของพื้นที่ จึงมีความต้องการใช้ จอบ พลั่ว เสียม และคราด ซึ่งเป็นเครื่องมือแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากแรงคนในขั้นตอนการบำรุงรักษา โดยเครื่องมือแรงทางการเกษตรสำหรับขั้นตอนการบำรุงรักษาที่นิยมใช้มากที่สุดคือ จอบ รองลงมา คือ เสียม จำนวน 11 และ 2 คนตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางผลความต้องการใช้ จอบ พลั่ว เสียม และคราด ในขั้นตอนการบำรุงรักษา

เครื่องมือแรงทางการเกษตร	จอบ	พลั่ว	เสียม	คราด
ความถี่	11	0	2	0

3. การประเมินความต้องการใช้เครื่องมือแรงทางการเกษตรต่อปัญหาการใช้เครื่องมือ และแนวทางการแก้ไขด้วยสถิติทดสอบสมมติฐาน โดยเริ่มจากสร้างเครื่องมือสำหรับจำแนกกลุ่มข้อมูล (Category data) ก่อนทำการทดสอบความสัมพันธ์ คือ contingency table หลังจากนั้นกำหนดให้ H_0 คือสมมติฐานหลัก (null hypothesis) และ H_A คือสมมติฐานทางเลือก (alternative hypothesis) ซึ่งส่วนใหญ่การวิจัยจะกำหนดระดับความเชื่อมั่นของการทดสอบสมมติฐานที่ $\alpha = 0.05$ ซึ่งหมายความว่าผู้วิจัยกำหนดเอาไว้ว่าผลวิจัยที่ได้ไม่นั้นยอมเสี่ยงหรือยอมให้โอกาสที่จะเกิดความคลาดเคลื่อนได้ 5 ครั้งใน 100 ครั้งของการทดลองทั้งหมด โดยผลการทดสอบสมมติฐานแต่ละประเด็น มีดังนี้

3.1 ผลการประเมินความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูก สามารถแสดงดังตารางที่ 3

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 3 contingency table ความต้องการการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูก

ขั้นตอน	การเตรียมดิน ก่อนปลูก			การดูแลรักษาพืช					การเก็บเกี่ยว	
กิจกรรม	เปิด/กลบหลุม	ตาก วัชพืช	พรวน ดิน พูน โคน	ทำ รูน	ขุด แฉก	ยกคัน นา	กล ดิน	แทงดิน	แต่งคัน นา	เปิดหลุม
ความถี่	7	10	6	1	1	1	1	1	1	1

จากตารางที่ 3 เพื่อประเมินความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูก ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติทดสอบสมมติฐาน โดยการวิเคราะห์อัตราส่วนของขนาดผลต่างระหว่างข้อมูลที่บันทึกได้กับข้อมูลที่คาดหวังตามทฤษฎีเทียบกับขนาดของข้อมูลที่คาดหวังตามทฤษฎีเพียงอย่างเดียวเรียกว่า ค่าทดสอบทางสถิติ chi-square ซึ่งเราจะตรวจสอบดูว่าขนาดของผลต่างระหว่างข้อมูลที่บันทึกได้กับข้อมูลที่คาดหวังตามทฤษฎีนั้นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของข้อมูลที่คาดหวังตามทฤษฎีเพียงอย่างเดียวมากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติหรือไม่ ถ้าผลการวิเคราะห์ปรากฏว่ามีขนาดใหญ่ไม่มากพอที่จะถือว่ามีความสำคัญทางสถิติก็แสดงว่าข้อมูลที่เรานำมาบันทึกได้จากการปรากฏการณ์นั้นๆ มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่คาดหวังตามทฤษฎี ดังนั้นเพื่อทดสอบว่าความถี่ที่ได้จากการสังเกตเท่ากับความถี่ที่ได้จากทฤษฎีหรือความคาดหวังหรือไม่ ซึ่งเป็นการทดสอบความสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์หรือทฤษฎีที่ตั้งไว้แล้ว อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 3 พบว่าความถี่ที่ได้จากความคาดหวังมีค่าน้อยกว่า 5 ดังนั้นเพื่อให้ความถี่ที่ได้จากความคาดหวังมีค่ามากกว่า 5 ผู้วิจัยจึงรวมความต้องการใช้จอบต่อกิจกรรม ทำรูน ขุดแฉก ยกคันนา กลดิน แทงดิน และแต่งคันนาไว้ด้วยกัน เนื่องจากเป็นกิจกรรมในการทำนาเหมือนกัน ทำให้ความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกลดลงจาก 10 กิจกรรม เป็น 5 กิจกรรม ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การปรับ contingency table สำหรับทดสอบสมมติฐานโดยใช้ chi-square (χ^2)

ขั้นตอน	การเตรียมดินก่อนปลูก			การดูแลรักษาพืช					การเก็บเกี่ยว	
กิจกรรม	เปิด/กลบหลุม	ตากวัชพืช	พรวนดินพูนโคน	ทำรูน+ขุดแฉก+แทงดิน+ยกคันนา+แต่งคันนา+					เปิดหลุม	
ความถี่	7	10	6	6					1	

จากตารางที่ 4 กำหนด H_0 คือ เกษตรกรต้องการใช้จอบในทุกกิจกรรมไม่แตกต่างกัน และ H_A คือ เกษตรกรต้องการใช้จอบเพื่อตากวัชพืชแตกต่างกับการใช้จอบเพื่อกิจกรรมอย่างอื่น ผลการคำนวณค่า χ^2 จาก contingency table ในตารางที่ 3 ซึ่งเมื่อเปิดตาราง 7 พบว่ามีค่าเท่ากับ 9 χ^2 ที่ $df = 4$, $\alpha = 0.05$ เท่ากับ แสดงให้เห็นว่า 9.49 $\chi^2_{cal.} = 7 < \chi^2_{tab.} = 9.49$ ซึ่งอยู่ในขอบเขตการยอมรับ H_0 แสดงว่า เกษตรกรต้องการใช้จอบเพื่อตากวัชพืชไม่แตกต่างกับการใช้จอบเพื่อกิจกรรมอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.2 ผลการประเมินปัญหาที่เกิดจากความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกสำหรับ พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอก สามารถนำเสนอในรูปแบบ contingency table ดังตารางที่ 5

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 5 ความถี่สำหรับปัญหาที่เกิดจากความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกสำหรับ พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอก

รายละเอียด	ปัญหาที่เกิดจากความต้องการการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูก			รวม
	การใช้แรงมาก	ใช้เวลานาน	ความยาว ไม่เหมาะสมกับพื้นที่	
ชาย	4	2	1	7
หญิง	6	3	3	12
รวม	10	5	4	19

จากตารางที่ 5 เพื่อประเมินปัญหาที่เกิดจากความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกสำหรับ พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอก ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติทดสอบสมมติฐานคือ chi-square (χ^2) > 2x2 table เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา แต่จะ (กับหลักเกณฑ์ไม่ทดสอบความสัมพันธ์) โดยความถี่ที่ได้จากความ (ตัวแปร 2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง) ตัวแปร 2 ทดสอบความเป็นอิสระต่อกันทุกช่อง ภายใต้การกำหนด 1 คาดหวังมีค่ามากกว่า H_0 คือ เกษตรกรทั้งชายและหญิงประสบปัญหาทั้งสามประเด็นจากการใช้จอบไม่แตกต่างกัน และ H_A คือ เกษตรกรทั้งชายและหญิงประสบปัญหาการใช้แรงมากจากการใช้จอบมากกว่าปัญหาประเด็นอื่น ผลการคำนวณค่า χ^2 > 2x2 table จาก contingency table ในตารางที่ 6 พบว่ามีค่าเท่ากับ ซึ่งเมื่อเปิดตาราง 0.31 χ^2 ที่ df = 2, $\alpha = 0.05$ เท่ากับ แสดงให้ 5.99 เห็นว่า $\chi^2_{cal.} = 0.31 < \chi^2_{tab.} = 5.99$ ซึ่งอยู่ในขอบเขตการยอมรับ H_0 แสดงว่าเกษตรกรทั้งชายและหญิงประสบปัญหาทั้งสามประเด็นจากการใช้จอบไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3.3 ผลการประเมินความต้องการแนวทางการแก้ไขในการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกสำหรับ พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอก สามารถนำเสนอในรูป contingency table ดังตารางที่ 6

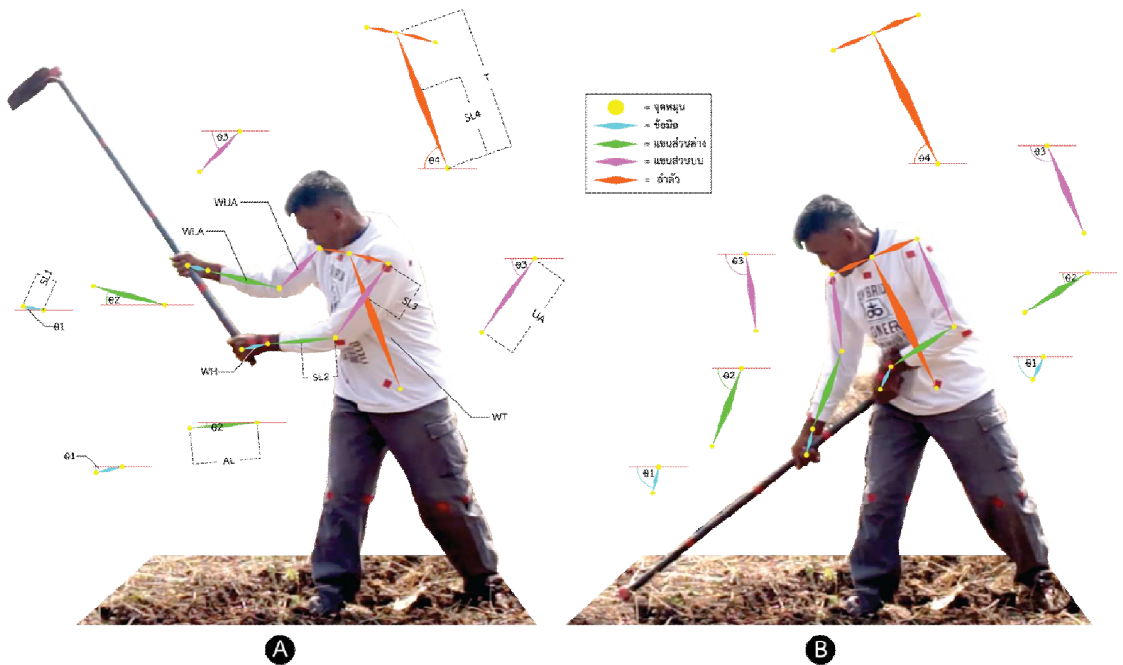
ตารางที่ 6 ความถี่สำหรับความต้องการแนวทางการแก้ไขในการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกสำหรับ พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอก

รายละเอียด	แนวทางการแก้ไข		รวม
	ปรับจากของเดิม	สร้างเครื่องมือใหม่	
ชาย	2	5	7
หญิง	1	6	7
รวม	3	11	14

จากตารางที่ 6 เพื่อประเมินปัญหาที่เกิดจากความต้องการใช้จอบต่อขั้นตอนการเพาะปลูกสำหรับ พืชไร่ พืชผัก และไม้ดอก ผู้วิจัยเลือกใช้สถิติทดสอบสมมติฐานคือ Fisher test เพื่อทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา แต่จะทดสอบความเป็นอิสระ (ไม่ทดสอบความสัมพันธ์กับหลักเกณฑ์) โดยไม่มีค่าความถี่ที่สังเกตได้ (ตัวแปร 2 ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง) ตัวแปร 2 ต่อกัน cell ไต cell หนึ่งเท่ากับศูนย์ภายใต้การกำหนด H_0 คือ ความต้องการสร้างเครื่องมือใหม่แทนจอบมีเท่ากับความต้องการปรับจากของเดิม และ H_A คือ ความต้องการสร้างเครื่องมือใหม่แทนจอบมีมากกว่าความต้องการปรับจากของเดิม ผลการคำนวณค่า P_{total} จาก contingency table ในตารางที่ 6 พบว่ามีค่าเท่ากับ ซึ่ง 0.00016 เมื่อเปรียบเทียบ $P_{total} = 0.00016$ กับระดับนัยสำคัญที่ $\alpha = 0.05$ พบว่าค่า $P_{total} = 0.00016$ ที่

คำนวณได้มีค่าน้อยกว่า 0.05 (P_{total} 0.00016 < α 0.05) ซึ่งอยู่ในขอบเขตการปฏิเสธ H_0 แสดงว่าความต้องการสร้างเครื่องมือใหม่แทนจอบมีมากกว่าความต้องการปรับจากของเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4. ผลการวิเคราะห์ค่าการยศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษาสภาพการทำงานที่มีความสัมพันธ์ระหว่างผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม การทำงานเป็นการพิจารณาสถานที่ทำงานดังกล่าว โดยมีการออกแบบ ปรับปรุงให้มีความเหมาะสมกับผู้ปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันปัญหาต่าง ๆ ที่อาจมีผลกระทบต่อความปลอดภัยและสุขภาพอนามัยในการทำงาน และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานได้ โดยการประยุกต์ทฤษฎีฟิสิกส์ เรื่องกลศาสตร์เบื้องต้นมาใช้ในการอธิบายการทำงานที่เกิดขึ้นกับระบบกระดูกและกล้ามเนื้อ (Work-Related Musculoskeletal Disorder: WMDSs) ของผู้ปฏิบัติงาน [32] โดยงานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาการใช้จอบขณะขุดดินของตัวแทนเกษตรกร สามารถแสดงสรุปตำแหน่งค่าการยศาสตร์ตามส่วนต่างๆของร่างกายขณะใช้จอบ ได้ดังภาพที่ 1 ผลการศึกษาพบว่าสามารถแบ่งค่าการยศาสตร์เป็น 25 ค่า ตามส่วนต่างๆของร่างกาย ในขณะที่ใช้จอบสำหรับพรวนดิน 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 ข้อมือมีจำนวน 6 ค่า (ตารางที่ 7 ส่วนที่ 2 แขนส่วนล่าง มีจำนวน 7 ค่า) รายละเอียดดังตารางที่ 8 ส่วนที่ 3 แขนส่วนบน มีจำนวน 7 ค่า รายละเอียดดังตารางที่ 9 และส่วนที่ 4 ลำตัว มีจำนวน 5 ค่า รายละเอียด ดังตารางที่ 10



ภาพที่ 2 ตำแหน่งค่าการยศาสตร์ของตัวแทนเกษตรกร ขณะใช้จอบ (A) ภาพขณะยก (B) ขณะสับ

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 7 ค่าการยศาสตร์ส่วนข้อมือ

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) ระยะทางจากข้อมือถึงจุดศูนย์กลางมวลของมือ (ประมาณเลยกลางหลังมือไปทางนิ้วกลาง; SL1)	0.06 เมตร
(2) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือขวาในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะยก (θ_1)	12 องศา
(3) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือซ้ายในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะยก (θ_1)	12 องศา
(4) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือขวาในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะสับ (θ_1)	76 องศา
(5) มุมระหว่างข้อมือกับฝ่ามือซ้ายในตำแหน่งที่จับด้ามอุปกรณ์ขณะสับ (θ_1)	64 องศา
(6) น้ำหนักข้อมือ (WH)	4.88 นิวตัน

ตารางที่ 8 ค่าการยศาสตร์ส่วนแขนส่วนล่าง

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) น้ำหนักของแขนส่วนล่าง (WLA)	13.83 นิวตัน
(2) ความยาวของแขนส่วนล่าง (จากข้อศอกถึงข้อมือ; AL)	0.26 เมตร
(3) ระยะระหว่างจากข้อศอกถึงจุดศูนย์กลางมวลของแขนส่วนล่าง (ประมาณกลางข้อมือกับข้อศอก; SL2)	0.11 เมตร
(4) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือขวาขณะยก (θ_2)	14 องศา
(5) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือซ้ายขณะยก (θ_2)	5 องศา
(6) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือขวาขณะสับ (θ_2)	69 องศา
(6) มุมระหว่างข้อศอกถึงข้อมือซ้ายขณะสับ (θ_2)	32 องศา

ตารางที่ 9 ค่าการยศาสตร์ส่วนแขนส่วนบน

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) น้ำหนักของแขนส่วนบน (WUA)	22.78 นิวตัน
(2) ความยาวของแขนส่วนบน (จากหัวไหล่ถึงข้อศอก; UA)	0.28 เมตร
(3) ระยะระหว่างจากหัวไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมวลของแขนส่วนบน (ประมาณกลางหัวไหล่กับข้อศอก; SL3)	0.12 เมตร
(4) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกขวาขณะยก (θ_3)	45 องศา
(5) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกซ้ายขณะยก (θ_3)	54 องศา
(6) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกขวาขณะสับ (θ_3)	97 องศา
(7) มุมระหว่างหัวไหล่ถึงข้อศอกซ้ายขณะสับ (θ_3)	112 องศา

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 10 ค่าการยศาสตร์ส่วนแขนส่วนลำตัว

รายละเอียด	ค่าการยศาสตร์
(1) น้ำหนักของลำตัว (WT)	366.03 นิวตัน
(2) ระยะระหว่างเอวถึงหัวไหล่ (WT)	0.35 เมตร
(3) ระยะระหว่างจากหัวไหล่ถึงจุดศูนย์กลางมวลของลำตัว (ประมาณกลางหัวไหล่กับเอว; SL4)	0.23 เมตร
(4) มุมระหว่างเอวกับแกนกลางของลำตัวขณะยก (θ_4)	69 องศา
(4) มุมระหว่างเอวกับแกนกลางของลำตัวขณะสับ (θ_4)	63 องศา

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักและความยาวของส่วนต่างๆ ของร่างกาย มุมที่ร่างกายกระทำกับจอบ และมุมที่ร่างกายกระทำกับพื้นของการใช้จอบสำหรับพรุนดิน จากภาพที่ 3 แล้วสามารถกำหนดค่าการยศาสตร์ได้ดังตารางที่ 8-11 เพื่อคำนวณความสามารถในการผ่อนแรงโดยใช้หลักการของค่าการได้เปรียบเชิงกล (Mechanical Advantage; M.A.) จากสมการที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วย ค่า M.A. ของร่างกาย ($M.A._{body}$) ได้แก่ ข้อมือ ข้อศอก และหัวไหล่ ดังนี้

$$M.A._{body} = \frac{\tilde{M}_L + \tilde{M}_R}{8} + \frac{M.A._\gamma}{2} \quad (1)$$

เมื่อ $\tilde{M} = M.A._\alpha + M.A._\beta$, $M.A._\gamma = \{2 \times (T \times \cos \theta_4)\} / \{(UA \times \cos \theta_3)_L + (UA \times \cos \theta_3)_R\}$
 $M.A._\beta = (UA \times \cos \theta_3) / (AL \times \cos \theta_2)$ และ $M.A._\alpha = (AL \times \cos \theta_2) / (SL_1 \times \cos \theta_1)$

ร่วมกับ M.A. ของจอบ ($M.A._{tool}$) ซึ่งเกิดจากผลรวมจาก M.A. ของ ลิ้ม และคาน ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2 ดังนี้

$$M.A._{tool} = \frac{M.A._{wedge} + M.A._{lever}}{2} \quad (2)$$

โดยสรุปผลการคำนวณค่าการได้เปรียบเชิงกล (M.A.) รวมของร่างกายขณะใช้จอบได้ดังตารางที่ 12

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการศึกษาเกษตร

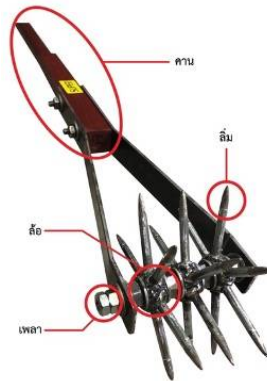
ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

ตารางที่ 12 ค่าการได้เปรียบเชิงกล (M.A.) รวมของร่างกายขณะใช้จอบ

รายละเอียด		ขณะยก	ขณะสับ	
ค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ	ลิ่ม	1.5		
	คาน	1.25		
	ผลรวมของค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องมือ	1.37		
ค่าได้เปรียบเชิงกลของร่างกาย	ด้านขวา	ข้อมือ	4.30	6.42
		ข้อศอก	0.78	0.37
	ด้านซ้าย	ข้อมือ	0.41	8.38
		ข้อศอก	0.64	0.48
		ลำตัว	0.69	2.29
	ผลรวมของค่าได้เปรียบเชิงกลของร่างกาย		1.61	3.10
	ผลรวมของค่าการได้เปรียบเชิงกล (M.A.) ของร่างกายร่วมกับเครื่องมือ		1.49	2.24

5. เมื่อพิจารณาค่าการได้เปรียบเชิงกล (M.A.) รวมของร่างกายขณะใช้จอบจากตารางที่ 12 พบว่าค่าการได้เปรียบเชิงกลของจอบ ($M.A._{tool}$) ซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องกลสามัญ คือ ลิ่ม และคาน ซึ่งมีค่าได้เปรียบเชิงกลเท่ากับ 1.5 และ 1.25 ตามลำดับ มีผลรวมของค่าการได้เปรียบเชิงกลของจอบเท่ากับ 1.37 กล่าวคือ จอบมีประสิทธิภาพในการผ่อนแรงให้กับผู้ใช้ได้เท่ากับ 1.37 เท่า หรือผู้ใช้ออกแรงน้อยลง 1.37 เท่า สำหรับการวิเคราะห์ค่าได้เปรียบเชิงกลของร่างกายใช้การประยุกต์หลักการทางชีวกลศาสตร์ [32] โดยร่างกายจะถูกกำหนดให้เป็นเสมือนวัตถุแข็งเกร็ง (rigid body) หลายๆ ชิ้นเชื่อมต่อกันและประมาณว่าไม่มีการเปลี่ยนรูปร่างภายใต้กฎของนิวตัน (Newton's laws) เพื่อหาความสัมพันธ์ของแรงที่กระทำต่อชิ้นส่วนต่างๆ ของร่างกาย โดยใช้กฎของตรีโกณมิติสำหรับวิเคราะห์หองค์ประกอบของแรงต่างๆ ในทิศทางของแนวระดับและแนวตั้ง ซึ่งหองค์ประกอบของแรงในทิศทางของแนวระดับและแนวตั้งนั้นจะถูกพิจารณาว่าผ่านจุดศูนย์กลางมวลของร่างกายเพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาสมดุลแรงและโมเมนต์ของการหมุนของคานโดยมีข้อต่อของร่างกายเป็นจุดหมุน ดังนั้นจากการประยุกต์หลักการทางชีวกลศาสตร์และโมเมนต์การหมุนของคานทำให้เราสามารถคำนวณค่าการได้เปรียบเชิงกลของร่างกาย ($M.A._{body}$) ประกอบด้วยข้อมื่อด้านขวา ข้อศอกด้านขวา ข้อมื่อด้านซ้าย ข้อศอกด้านซ้าย และลำตัวขณะยก และขณะสับได้ โดยมีผลรวมของค่าการได้เปรียบเชิงกล (M.A.) ของร่างกายขณะยกเท่ากับ 1.61 และขณะยกเท่ากับ 3.10 เมื่อนำผลรวมของค่าการได้เปรียบเชิงกล (M.A.) ของร่างกายร่วมกับเครื่องมือขณะยก และขณะสับ มีค่า 1.49 และ 2.24 กล่าวคือผู้ใช้จอบมีการผ่อนแรงขณะยกและสับจอบเท่ากับ 1.49 และ 2.24 เท่าเมื่อเทียบกับการออกแรงปกติ แสดงให้เห็นว่าร่างกายออกแรงขณะยกจอบมากกว่าขณะสับจอบส่งผลต่อระยะทางแนวแรงกระทำของกล้ามเนื้อหลัง (erector spinae) ที่เกิดจากแรงและโมเมนต์บนหมอนรองกระดูก L5/S1 ขณะยก [33] ดังนั้นแรงและโมเมนต์บนหมอนรองกระดูก L5/S1 ขณะยกจอบจะมีค่ามากกว่าขณะสับจอบ จึงเป็นสาเหตุให้ผู้วิจัยนำไปเป็นแนวทางการออกแบบเครื่องผ่อนแรง โดยใช้หลักการในการออกแบบคือ ลดการเคลื่อนไหวของหลังส่วนล่างเนื่องจากการยกจอบและการสับจอบ เพื่อช่วยผ่อนแรงและโมเมนต์บนหมอนรองกระดูก L5/S1 โดยประยุกต์หลักการค่า M.A ของล้อและเพลาลิ่ม และคาน เนื่องจากล้อและเพลาลิ่มช่วยผ่อนแรงสำหรับการเคลื่อนที่ ลิ่มช่วยผ่อนแรงสำหรับทำให้เนื้อดินเนื้อแยกออกจากกัน และมีจุดหมุนของคานอยู่ที่เพลาลิ่มช่วยผ่อนแรงสำหรับบังคับเนื้อดินจากลิ่มให้ลอยสูงขึ้น ทำให้ลดแรงและโมเมนต์บนหมอนรองกระดูก L5/S1 ด้วยการผลัก

และลากแทนการยกและสับ ดังนั้นจึงสร้างเครื่องผ่อนแรงต้นแบบ โดยมีล้อและเพลาสําหรับการเคลื่อนที่ซึ่งติดด้วยเหล็กที่ปลายมีลักษณะเป็นลิ้มโดยรอบของล้อใช้สําหรับแทงลงในดินเพื่อแยกดินออกจากกัน และต่อกับด้ามจับที่ทำหน้าที่เป็นคันที่มีจุดหมุนใช้สําหรับจับเพื่อพลิกดิน ด้านล่างให้ขึ้นมายุ่ด้านบน ดิน และสามารถปฏิบัติงานในพื้นที่จำกัดได้ ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การออกแบบและสร้างเครื่องผ่อนแรงต้นแบบเพื่อลดการเคลื่อนไหวกของหลังส่วนล่าง

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาโครงสร้างทางกายภาพของดินที่มีผลต่อการปลูกพืช พบว่า โครงสร้างทางกายภาพของดินที่มีผลต่อการปลูกพืช ประกอบด้วย 4 โครงสร้าง คือ หน่วยโครงสร้างดิน (Structural Unit) เนื้อดิน (Soil Texture) ความหนาแน่นรวมของดิน (Soil Texture) และความชื้นในดิน (Soil Moisture) ซึ่งเมื่อพิจารณาร่วมกับชนิดของดินในพื้นที่ศึกษา ที่มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนปนดินเหนียวพืชเศรษฐกิจในพื้นที่ศึกษาได้แก่ ข้าว อ้อย ข้าวโพด และพืชตระกูลถั่ว [34] พบว่ามีลักษณะที่สอดคล้องกัน กล่าวคือ เนื้อดินเป็นลักษณะสำคัญที่มีผลต่อการเก็บกักน้ำในดิน โดยดินที่มีเนื้อหยาบ หรือดินทราย มีการระบายน้ำ และถ่ายเทอากาศได้ดี แต่มีความสามารถอุ้มน้ำได้น้อย ตรงกันข้ามกับดินเนื้อละเอียด หรือดินเหนียว ซึ่งมีการระบายน้ำ และถ่ายเทอากาศไม่ดี แต่สามารถอุ้มน้ำไว้ได้มาก ในขณะที่ดินเนื้อปานกลาง หรือดินร่วน ซึ่งมีสมบัติอยู่ตรงกลางระหว่างดินเนื้อหยาบ และดินเนื้อละเอียดจึงเป็นดินที่มีระบายน้ำ และถ่ายเทอากาศได้ค่อนข้างดี นอกจากนี้ยังสามารถเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ดีเช่นกัน [35]

ผลการศึกษาความเชื่อมโยงของเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร และโครงสร้างทางกายภาพของดิน โดยพิจารณาจากขั้นตอนการปลูกพืชเป็นเกณฑ์ในการแบ่งประเภท คือ 1) เครื่องมือสําหรับการเตรียมดิน 2) เครื่องมือสําหรับการเพาะปลูก 3) เครื่องมือสําหรับการดูแลรักษา และ 4) เครื่องมือสําหรับการเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถแบ่งลักษณะของต้นกำลังที่ใช้ในการผ่อนแรงได้ 2 ลักษณะ คือ เครื่องผ่อนแรงที่ใช้ต้นกำลังมาจากเครื่องยนต์ และเครื่องผ่อนแรงที่ใช้ต้นกำลังมาจากแรงคน ทั้งนี้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตรที่มีต้นกำลังมาจากเครื่องยนต์ที่มีชุดต่อพ่วงกับรถแทรกเตอร์ ล้วนมีขนาดใหญ่ มีน้ำหนักมาก ส่งผลต่อการกดทับลงบนดินทำให้เม็ดดินเบียดตัวชิดกันแน่น ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น ช่องว่างระหว่างดินลดลง ทำให้ความสามารถในการระบายน้ำ และอากาศลดลง ส่งผลให้การกระจายตัวของรากพืชลดลง ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช และผลผลิตต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับ [36] ที่กล่าวถึงคุณสมบัติการบดอัดของดินที่มีอนุภาคใหญ่ปน อีกทั้งการใช้เครื่องจักรที่มีน้ำหนักมากในการไถพรวน ในขั้นตอนการเตรียมดินเพื่อการปลูกข้าว ซึ่งจะทำให้การไถพรวนในขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ทำให้โครงสร้างของชั้นดินตอนบนเปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ ทำ

ให้ดินชั้นดังกล่าวมีอัตราการซึมน้ำลดลง โดยการทำให้ช่องว่างขนาดใหญ่ (Macropores) ซึ่งเป็นที่อยู่ของอากาศระหว่างเม็ดดินนั้นน้อยลง

ผลการศึกษาสภาพปัจจุบัน พบว่าเกษตรกร ที่เป็นเกษตรกรที่เกิดในครอบครัวเกษตรกร และประกอบอาชีพเกษตรกรที่มีการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร สำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน ที่มีต้นกำลังมาจากแรงคน มีการเพาะปลูก ข้าว พืชผัก อ้อย ข้าวโพด มันสำปะหลัง ไม้ดอก กล้วยาเนเปีย มันสำปะหลัง ซึ่งสอดคล้องกับสถิติการเพาะปลูกของตำบลหนองราชวัตรและชนิดพืชที่ปลูกในตำบลหนองราชวัตร [37] ซึ่งได้แสดงผลเป็นตารางสรุปเกี่ยวกับปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือนพบว่า ตำบลหนองราชวัตร มีพืชเศรษฐกิจที่เพาะปลูกได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง พริก พืชผัก ไม้ดอก ไม้ผล โดยผลผลิตต่อไร่ มากไปน้อยตามลำดับ และจังหวัดสุพรรณบุรีมีผลผลิตข้าวต่อไร่มากที่สุดอยู่ใน 10 อันดับของจังหวัดที่มีผลผลิตข้าวมากที่สุดในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552-2561 [38] ผลการศึกษาค้นคว้าความต้องการใช้เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร สำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน ที่มีต้นกำลังมาจากแรงคน จากการสัมภาษณ์เกษตรกร พบว่า จอบ เป็นเครื่องมือพื้นฐานที่จำเป็นต้องมีติดบ้าน เพื่อใช้สำหรับการทำการเกษตร ซึ่งเป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ได้หลากหลายลักษณะงาน เช่น ขุด ถากหญ้า ตีดิน ทบดินให้แน่น เป็นต้น จากการวิเคราะห์การใช้งานจอบของเกษตรกร พบว่า มีการใช้จอบในขั้นตอนการดูแลรักษา โดยเฉพาะการถากวัชพืช และการพรวนดินพรวนโคน เนื่องจากจอบเป็นเครื่องมือที่สามารถนำเข้าไปในแปลงปลูกพืช ได้อย่างสะดวก ดูแลรักษา ซ่อมบำรุงได้ง่าย ซึ่งสอดคล้องกับฐานข้อมูลเครื่องทุ่นแรงในงานเกษตรกรรมท้องถิ่นของ [11] กล่าวไว้ว่ามีการใช้จอบในการทำงานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้งานง่าย และใช้งานได้หลายประเภท เช่น ขุด ดาย ถาก สับหรือฟัน จัด ทบหรือเคาะ ทำให้จอบจึงเป็นเครื่องมือสารพัดประโยชน์ในงานเกษตร [39] หรือใช้ในการเตรียมดินในแปลงเกษตรที่มีขนาดเล็กไม่ใหญ่ อีกทั้งจอบยังมีราคาถูกและสามารถหาซื้อได้ง่ายเมื่อเกิดการชำรุดเสียหาย ผู้ใช้สามารถซ่อมแซมได้ด้วยตัวเอง

ผลการศึกษาปัญหา และแนวทางการแก้ไข เครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร สำหรับปรับโครงสร้างทางกายภาพของดิน พบว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้จอบ ได้แก่ 1) การใช้แรงมาก เนื่องจากน้ำหนักของไบจอบ มีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ยังไม่รวมกับน้ำหนักของด้ามจับซึ่งมีความต่างกันขึ้นอยู่กับวัสดุที่ทำได้ตามท้องถิ่น และการใช้งานของผู้ใช้ ดังนั้นเมื่อใช้งานจอบเป็นเวลานานทำให้เกิดอาการล้าของกล้ามเนื้อ โดยเฉพาะผู้สูงอายุที่เป็นเกษตรกร สอดคล้องกับผลการศึกษาของ [40] เรื่องการจับจอบอย่างไรจึงจะทำให้ออกแรงน้อยที่สุดที่พบว่าเกษตรกรทำงานด้วยท่าทาง หรืออิริยาบถที่ผิดธรรมชาติ ได้แก่ การบิดโค้งของข้อมือ งอแขน การงอศอก การจับ งานที่ต้องก้มศีรษะ ก้มหลัง บิดเอวตัวเป็นต้น ท่าทาง หรืออิริยาบถที่ผิดธรรมชาติเหล่านี้ เป็นปัจจัยคุกคามสุขภาพจากการทำงานที่ส่งผลต่อการเกิดอาการผิดปกติของโครงร่าง และกล้ามเนื้อของเกษตรกรส่งผลให้ส่วนใหญ่มีอาการปวดหลัง ปวดกล้ามเนื้อ เป็นต้น เช่นเดียวกับผลการศึกษาของ [11] ที่กล่าวถึงปัญหาที่เกิดจากการใช้งานจอบ คือ เกิดความเมื่อยล้าขณะทำงาน เนื่องจากต้องออกแรงในการใช้งานค่อนข้างมาก โดยเฉพาะจอบขุดซึ่งต้องใช้แรงมากกว่าจอบดาย 2) การใช้เวลานาน กล่าวคือ การใช้จอบในการพรวนดินพรวนโคน จำเป็นต้องไถดินจากพื้นที่รอบๆพืชไปยังโคนของต้นพืช ด้วยความกว้าง และความยาวของไบจอบมีอย่างจำกัด ทำให้ดินที่ถูกไถไปสู่โคนต้นพืชมีปริมาณน้อยต่อการไถ 1 ครั้ง สอดคล้องกับ [39] ที่กล่าวถึงการใช้งานจอบไว้ว่า แม้ว่าจอบจะสามารถใช้งานได้หลากหลาย แต่งานหลายอย่างที่ใช้จอบนั้นก็ทำให้ใช้เวลาค่อนข้างมากเช่นกัน และ 3) เครื่องมือไม่เหมาะกับพืชที่ปลูก ได้แก่ การถากวัชพืชนั้น จำเป็นต้องใช้ความระมัดระวังเป็นอย่างมาก โดยไม่ให้จอบทำความเสียหายต่อโคนต้น ส่งผลทำให้ผลผลิตเสียหายได้ เนื่องจากแต่ละชนิดมีระยะปลูกที่ต่างกัน ในขณะที่ไบจอบมีขนาดกว้างกว่าระยะปลูกพืชชนิดนั้นๆ จึงทำให้เกษตรกรต้องใช้มือในการถอนวัชพืชแทนการใช้จอบ สอดคล้องกับ [39] การใช้มือถอน หรือเก็บเกี่ยวผลผลิตมีความสะดวกและรวดเร็วกว่าการใช้จอบ เนื่องจากการใช้จอบเป็นงานที่ต้องใช้แรงมาก ทำให้

พืชจำนวนหนึ่งขาดตกค้างอยู่ในดิน และพืชได้รับการกระทบกระเทือนจากแรงทุบของจอบ แต่การใช้จอบในการพรวนดินพูนโคนเพื่อเป็นการนำดินมากลบข้อลำต้นของพืชที่อยู่เหนือดิน ค่าลำต้นแข็งแรง สอดคล้องกับ [41] กล่าวไว้ว่าการพรวนดิน และมีการพูนโคนสำหรับพืชผักทำให้ผลผลิตสูงกว่าการไม่ทำพูนโคนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทำให้ดินร่วน และลดความหนาแน่นของดิน อันเป็นผลทำให้ผลผลิตสูงขึ้น

ดังนั้นการศึกษาความต้องการที่แท้จริง (felt needs) ในครั้งนี้พบว่า พื้นที่ตำบลหนองราชวัตร อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี มีเนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนปนดินเหนียว เกษตรกรประกอบอาชีพเกษตรกรรมอายุระหว่าง 50 -75 ปี มีความต้องการใช้จอบในขั้นตอนการบำรุงรักษาพืชมากที่สุด เพราะเครื่องผ่อนแรงที่มีต้นกำเนิดกำลังมาจากเครื่องยนต์มีความเสี่ยงต่อการเกิดความเสียหายต่อต้นพืช เนื่องจากการเจริญเติบโตของต้นพืชทำให้เกิดข้อจำกัดของพื้นที่ โดยพบว่าเกษตรกรต้องการใช้จอบเพื่อถากวัชพืชมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับการใช้จอบเพื่อกิจกรรมอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % อีกทั้งเกษตรกรทั้งชายและหญิงเมื่อใช้จอบแล้วจะประสบปัญหาออกแรงมากมากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับ ปัญหาการใช้เวลานาน และปัญหาความกว้างของไบจอบไม่เหมาะสมกับพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และที่สำคัญเกษตรกรมีความต้องการการสร้างเครื่องมือใหม่แทนจอบมากกว่าความต้องการปรับจากของเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จึงเป็นเหตุให้ผู้วิจัยนำข้อค้นพบดังกล่าวไปออกแบบและสร้างเครื่องมือใหม่ต้นแบบแทนจอบตามความต้องการที่มีลักษณะเป็นล้อและเพลสำหรับการเคลื่อนที่ซึ่งติดด้วยเหล็กที่ปลายมีลักษณะเป็นลิ้มโดยรอบของล้อใช้สำหรับแทงลงในดินเพื่อแยกดินออกจากกัน และต่อกับด้ามจับที่ทำหน้าที่เป็นคันที่มีจุดหมุนใช้สำหรับจับเพื่อพลิกดิน ด้านล่างให้ขึ้นมายู่ด้านบน เพื่อใช้กำจัดวัชพืชและพรวนดิน และสามารถปฏิบัติงานในพื้นที่จำกัดได้ โดยใช้หลักการของการยศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาการออกแรงมาก ซึ่งสามารถลดแรงและโมเมนต์บนหมอนรองกระดูก L5/S1 ด้วยการผลักและลากแทนการยกและสับด้วยการประยุกต์หลักการค่า M.A ของล้อและเพล ลิ้ม และคัน ดังภาพที่ 4 จึงมีความเหมาะสมต่อผู้ใช้อายุระหว่าง 50 -75 ปี

เอกสารอ้างอิง

- [1] อติรัฐ มากสุวรรณ และอาภาพงศ์ ชั่งจันทร์. (2562). *หลักการเครื่องกลสำหรับเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร*. ปทุมธานี: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยรังสิต.
- [2] วชิราวุธ พิทยะไตร. (2558). *พื้นฐานงานช่างและเครื่องจักรกลเกษตร*. อุตรธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- [3] สุพรรณษา ไวอติวัฒน์. (2560). *การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวแบบเกษตรอินทรีย์กับเกษตรเคมี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี).
- [4] อัจฉรา กลิ่นจันทร์. (2557). *การศึกษาต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวอินทรีย์ในจังหวัดเพชรบูรณ์* (รายงานผลการวิจัย). เพชรบูรณ์: มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- [5] วุฒิพล จันทรสระคู และคณะ. (2559). การพัฒนาเครื่องปลูกสับประรดแบบพวงท้ายรถแทรกเตอร์ขนาดกลาง. *วารสารวิชาการเกษตร*, 34(2), 114-124.
- [6] ณรงค์เดช ชื่อสกุลรัตน์ และสามารถ บุญอาจ. (2561). เครื่องปลูกมันสำปะหลังแบบใช้กับแทรกเตอร์ขนาดเล็ก. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*, 24(1), 1-5.
- [7] ขนิษฐ ห่วงณรงค์ และคณะ. (2546). วิจัยและพัฒนาจอบหมุนดีดรถแทรกเตอร์สี่ล้อขนาดเล็กสำหรับพรวนดินสวนผลไม้. *วารสารวิชาการเกษตร*, 21(3), 226-234.
- [8] ยุทธนา เครือหาญชาญพงศ์ และคณะ. (2553). เครื่องมือเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq) แบบสปริง. *วารสารวิชาการเกษตร*, 28(3), 297-305.

บทความวิจัย (Research Article)

วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร

ปีที่ 6 • ฉบับที่ 2 • กรกฎาคม-ธันวาคม 2565

- [9] ศิวลักษณ์ ปฐวิรัตน์ และคณะ. (2532). การพัฒนาเครื่องมือเก็บเกี่ยวผลไม้. *วารสารวิชาการเกษตร*, 7(1-3), 69-78.
- [10] วรานัน พันธุ์ฤกษ์ และคณะ. (2539). เครื่องเก็บเกี่ยวข้าวโพดติดรถไถเดินตาม. *วารสารวิชาการเกษตร*, 14(2), 117-127.
- [11] ชาตรี มีฤทธิ์ และคณะ. (2545). *การพัฒนาฐานข้อมูลเครื่องทุ่นแรงทางการเกษตรภูมิปัญญาท้องถิ่น*. (ปริญญาณิพนธ์ปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยนเรศวร).
- [12] ชัยนุรัตน์ นิมา. (2562). ความต้องการของชุมชนต่อการให้บริการวิชาการของวิทยาลัยอิสลามศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. *วารสาร อัล-ฮิกมะฮ์ มหาวิทยาลัยฟาฏอนี*, 9(17), 135-143.
- [13] จิตร เกื้อช่วย และบำเพ็ญ เขียวหวาน. (2556). ความต้องการส่งเสริมอาชีพของเกษตรกรตำบลบางขุนทอง อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 5(2), 67-75.
- [14] Rosenthal, R. (1991). *Meta-Analytic Procedures for Social Research*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- [15] Hunter, J. E., & Schmidt, F. L. (1990). *Methods of meta-analysis: Correcting error and bias in research findings*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- [16] Carney, T. (1972). *Content analysis*. Winnipeg: University of Manitoba Press.
- [17] สุภางศ์ วันทวนิช. (2549). *วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [18] Gaber, J. (2000). Meta-needs assessment. *Evaluation and Program Planning*, 23(2), 139-147.
- [19] Denzin, N. K. (1978). *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. 2nd ed. New York: McGraw Hill.
- [20] Bryman, A. (1992). *Charisma and Leadership in Organisations*. Newbury Park, CA: Sage Publications.
- [21] Greene, J. C., & McClintock, C. (1985). Triangulation in evaluation: Design and analysis issues. *Evaluation Review*, 9(5), 523-545.
- [22] Charmaz, K. (2003). Grounded theory: Objectivist and constructivist methods. In N. K. Denzin & Y. S. Lincoln (Eds.), *Strategies of qualitative inquiry* (2nd ed., pp. 249-291). Thousand Oaks, CA: Sage.
- [23] Crabtree, B. F. & DiCicco-Bloom, B. (2006). The qualitative research interview. *Medical Education*, 40(4), 314-321.
- [24] Guest, G., et al. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82.
- [25] González-Vallejo, C. (2009). The deliberation-without-attention effect: Evidence for an artifactual interpretation. *Psychological Science*, 20(6), 671-675.
- [26] Patton, M. Q. (2001). *Qualitative Research and Evaluation and Methods*. 3rd ed. CA: Sage Publications.
- [27] ชาย โพธิ์สิตา. (2564). *ศาสตร์และศิลป์การวิจัยเชิงคุณภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [28] นิศา ชูโต. (2548). *การวิจัยเชิงคุณภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: พรินต์โพ.
- [29] ภาณุพงศ์ อนันต์ชัยพัฒนา. (2552). *การวิเคราะห์เส้นทางแห่งความสำเร็จของครูฝึกการ: พหุ*

กรณีศึกษา. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).

- [30] Ulin, P. R., et al. (2002). *Qualitative Methods: a Field Guide for Applied Research in Sexual and Reproductive Health*. USA: Family Health International
- [31] Willing, C. (2013). *Introducing Qualitative Research in Psychology*. 3rd ed. London: Open University Press.
- [32] นริศ เจริญพร. (2543). *การยศาสตร์*. ปทุมธานี: ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- [33] Chaffin, D. B. & Andersson, G. B. J. (1995), *Occupational Ergonomics*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons.
- [34] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2555). *โครงการนำร่องการศึกษาการพัฒนา น้ำบาดาลเพื่อการเกษตร* (รายงานผลการวิจัย). กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [35] เกวลิน ศรีจันทร์ และคณะ. (2558). มุมมองดินเชิงกายภาพเพื่อประสิทธิภาพการผลิตพืช. *วารสารดินและปุ๋ย*, 37(1-4), 55-64.
- [36] สยาม ยิ้มศิริ. (2561). คุณสมบัติการบดอัดของดินที่มีอนุภาคใหญ่ปน (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- [37] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2561). ข้าวนาปี: ร้อยละและปริมาณผลผลิตจากการเก็บเกี่ยวรายเดือนปีเพาะปลูก 2561-2562. เข้าถึงได้จาก <http://www.oae.go.th>.
- [38] สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม. (2554). *อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลการเกษตร* (รายงานการศึกษา). กรุงเทพฯ: กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [39] กิตติ วงศ์พิเชษฐ และคณะ. (2546). ชุดเครื่องมือพื้นฐานสำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสง. *วารสารวิชาการเกษตร*, 21(2), 115-135.
- [40] อติรัฐ มากสุวรรณ. (2563). หลักการและค่าได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลสามัญและเครื่องกลเชิงซ้อนสำหรับเครื่องผ่อนแรงทางการเกษตร. *วารสารวิชาการสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตร*, 4(1), 1-19.
- [41] วีระชัย ศรีวัฒนพงศ์ และ ทรงเชาว์ อินสมพันธ์. (2532). *อิทธิพลของการพูนโคนที่มีต่อผลผลิตของถั่วลิสง 2 พันธุ์ในสภาพที่ดอน*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะเกษตรศาสตร์