



วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม Journal of Engineering and Innovation

บทความวิจัย

การทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และ กข – แม่โจ้ 2 อย่างแม่นยำจากค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ด้วยการประยุกต์ใช้อุปกรณ์ IoT เก็บข้อมูลสภาพอากาศแบบดิจิทัล

Accurate prediction of rice harvest dates for Pathumthani 1 and RD - MAEJO 2 rice cultivars using growing degree-day (GDD) obtained from IoT digital weather station

ศุภณัฐ ภายฉาย¹ สุเนตร สืบคำ¹ ปารวี กาญจนประโชติ² โชติพงศ์ กาญจนประโชติ^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

² สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

Supanut Kaythaway¹ Sunate Surbkar¹ Parawee Kanjanaphachot² Choatpong Kanjanaphachot^{1*}

¹ Agricultural Engineering Division, Faculty of Engineering and Agro-industry, Maejo University 50290

² Biotechnology Division, Faculty of Science, Maejo University 50290

* Corresponding author.

E-mail: choatpong_k@hotmail.com; Telephone: 053-875019; Fax: 053-875011

วันที่รับบทความ 21 ตุลาคม 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 17 ธันวาคม 2566; วันที่แก้ไขบทความ ครั้งที่ 2 20 กุมภาพันธ์ 2567

วันที่ตอบรับบทความ 2 มีนาคม 2567

บทคัดย่อ

การปลูกข้าวมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ซึ่งปัจจัยทางกายภาพมีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของผลผลิตข้าว การทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 โดยใช้อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพอากาศแบบดิจิทัลระยะไกล บันทึกข้อมูลอุณหภูมิบนระบบฐานข้อมูล เพื่อคำนวณค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ร่วมกับการตรวจวัดคุณสมบัติทางกายภาพ ปริมาณและคุณภาพของข้าว ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าอุณหภูมิสะสม 1,865.50 GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูงที่สุด เท่ากับ 55.18 ตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วัน หลังวันปักดำ สำหรับข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 มีค่าอุณหภูมิสะสม 1,862.00 GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) เท่ากับ 62.36 ตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วันหลังปักดำ ค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันปักดำจนถึงวันเก็บเกี่ยวสามารถนำมาสร้างสมการสำหรับเป็นโมเดลการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวทั้ง 2 พันธุ์ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.013 องค์ความรู้สามารถนำไปพัฒนาระบบฐานข้อมูลสำหรับทำนายและแนะนำช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 ให้กับเกษตรกร

คำสำคัญ

การทำนายวันเก็บเกี่ยว ค่าอุณหภูมิสะสม อุปกรณ์เก็บข้อมูลสภาพอากาศแบบดิจิทัล ข้าวปทุมธานี 1 ข้าว กข-แม่โจ้ 2

Abstract

Rice cultivation plays a pivotal role in Thailand's economy, with physical factors significantly affecting rice growth and production quality. Prediction of harvest dates for Pathumthani 1 and RD - Mae Jo 2 rice varieties using IoT digital weather station data collection equipment to record temperature data, which was utilized to calculate growing degree-day (GDD). Additionally, we conducted physical property assessments to determine the quantity and quality of rice grains. Our findings revealed that the Pathum Thani 1 rice variety required an accumulated temperature of 1,865.50 GDD to reach maximum ripeness (55.18% developed whole kernels), corresponding to 110 days after sowing. For the RD - Mae Jo 2 rice variety, 1,862.00 GDD was needed for maximum growth (62.36% developed whole kernels), resulting in harvest after 110

days post-sowing. The GDD data accumulated from the sowing date until the harvest date allowed us to develop precise harvest date prediction models with a harvesting efficiency coefficient of 0.013. These insights can be applied to enhance database systems for predicting and recommending optimal rice harvest times for Pathum Thani 1 and RD - Mae Jo 2 rice varieties, benefitting local farmers.

Keywords

harvest date prediction; growing degree-day (GDD); digital weather station; Pathum Thani 1 Rice; RD - Mae Jo 2 Rice.

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรมและข้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจหลัก ในปี 2563 ประเทศไทยมีมูลค่าของผลผลิตข้าวเปลือกสูงเป็นอันดับ 14 ของโลก [1]

การผลิตข้าวนาปีในปีเพาะปลูก 2564/65 จากจำนวนคร่าวเรือน 4,581,603 คร่าวเรือน มีพื้นที่เพาะปลูก 63.01 ล้านไร่ มีผลผลิตข้าวเปลือก 26.81 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตต่อไร่ 425 กิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้น 15% โดยแหล่งเพาะปลูกข้าว 5 อันดับแรกของประเทศไทย ได้แก่ อุบลราชธานี นครราชสีมา สุรินทร์ ร้อยเอ็ด และศรีสะเกษ [2]

ในขณะที่การผลิตข้าวนาปรังในปีเพาะปลูก 2564/65 จากจำนวนคร่าวเรือน 527,016 คร่าวเรือน พื้นที่เพาะปลูก 9,547,390 ไร่ ได้ผลผลิตข้าวเปลือก 6,171,197 ตัน คิดเป็นผลผลิตต่อไร่ 646 กิโลกรัมต่อไร่ที่ความชื้น 15% และแหล่งเพาะปลูก 5 อันดับแรก ได้แก่ สุพรรณบุรี พระนครศรีอยุธยา พิษณุโลก พิจิตร และนครสวรรค์ [2]

ปีเพาะปลูก 2564/65 ประเทศไทยมีการส่งออกข้าว 6.29 ล้านตันข้าวสาร คิดเป็นมูลค่า 109,771 ล้านบาท โดยส่งออกข้าวคุณภาพดี 3.78 ล้านตันข้าวสาร แบ่งเป็นข้าวหอมมะลิ 1.43 ล้านตัน ข้าว 100%-5% 2.35 ล้านตันข้าวสาร และข้าวคุณภาพปานกลาง-ต่ำ 0.68 ล้านตันข้าวสาร นอกจากนี้ยังมีการส่งออกข้าวหนึ่ง 1.52 ล้านตันข้าวสาร และข้าวเหนียว 0.31 ล้านตันข้าวสาร [2] แสดงให้เห็นว่า ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนประเทศ กระบวนการเก็บเกี่ยวข้าวเป็นกระบวนการที่สำคัญในการกำหนดคุณภาพของผลผลิตข้าว หากมีการเก็บเกี่ยวอย่างแม่นยำในช่วงเวลาที่เหมาะสมจะทำให้ได้ข้าวคุณภาพดี เกิดความเชื่อมั่นกับผู้บริโภค สามารถขยายตลาดการส่งออกข้าวคุณภาพดีและสร้างรายได้ให้กับประเทศเพิ่มขึ้น

การเพาะปลูกข้าวให้มีคุณภาพดีขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านพันธุกรรมหรือพันธุ์ข้าวและปัจจัยทางกายภาพหรือสิ่งแวดล้อม

เช่น อุณหภูมิ ความชื้นในอากาศ ความเข้มแสง เป็นต้น ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าว มีรายงานการศึกษามูลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของข้าวในประเทศจีน พบว่าอุณหภูมิเป็นปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต คุณภาพและผลผลิตข้าว [3] นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิยังส่งผลต่อสรีรวิทยาของข้าวด้วย [4]

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชทุกระยะตั้งแต่การงอกจนถึงขั้นตอนการเก็บเกี่ยว การที่พืชจะเจริญเติบโตพัฒนาจากระยะหนึ่งไปจนถึงอีกระยะหนึ่งจะมีความต้องการความร้อน เรียกว่า ค่าอุณหภูมิสะสม (Growing degree-days, GDD) [5] โดยค่านี้เป็นการคำนวณค่าของอุณหภูมิหรือพลังงานความร้อนจำนวนหนึ่ง (Heat unit) ในแต่ละวันที่พืชได้รับ โดยเฉลี่ยจากอุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) และอุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) ของอากาศในแต่ละวัน ลบด้วยอุณหภูมิต่ำสุดที่ทำให้พืชมีการเจริญเติบโต (base temperature) ตลอดช่วงฤดูปลูกของพืช เมื่อนำค่าอุณหภูมิรายวันที่คำนวณได้มาบวกกันจะเรียกว่า ผลรวมอุณหภูมิสะสม (Accumulated growing degree-day หรือ ΣGDD) [6]

จากปัญหาการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศในปัจจุบัน การใช้วิธีการนับวันปลูกเพื่อจัดการการเพาะปลูกข้าวในแต่ละขั้นตอนและระยะเวลาเก็บเกี่ยวข้าวที่เหมาะสม ไม่สามารถให้ผลที่ถูกต้องและแม่นยำได้ ดังนั้นภายใต้สภาพอากาศที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี ควรจะมีวิธีการเพื่อใช้เป็นดัชนีในการกำหนดวันเก็บเกี่ยวข้าวให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงสุด ค่าอุณหภูมิสะสมเป็นวิธีที่แม่นยำในการทำนายระยะการเจริญเติบโตและทำนายวันเก็บเกี่ยวของพืช มีรายงานการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมเป็นดัชนีในการสร้างแบบจำลองการทำนายการเจริญเติบโตของข้าว [7] และค่าอุณหภูมิสะสมสามารถนำมาใช้ในการทำนายวันเก็บเกี่ยวของผลผลิตทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีรายงานการใช้

ค่าอุณหภูมิสะสมเพื่อเป็นดัชนีในการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดู พันธุ์อีดอแทนการนับอายุวันเก็บเกี่ยว ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้เมื่อมีการปลูกลำไยนอกฤดูที่มีสภาพอากาศแตกต่างกันกับการปลูกลำไยในฤดู โดยพบว่าการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมในการเก็บเกี่ยวลำไยนอกฤดูได้ลำไยที่มีคุณภาพดีตามเกณฑ์การเก็บเกี่ยวมาตรฐาน [8] นอกจากนี้ยังมีการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมในการกำหนดระยะการเก็บเกี่ยวของฝรั่งพันธุ์กิมจู พันธุ์แตงโม และพันธุ์นิโกร โดยประเมินร่วมกับคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสที่เหมาะสมกับการรับประทานผลสด [9] ค่าอุณหภูมิสะสมถูกนำมาใช้ในการทำนายวันเก็บเกี่ยวของกะหล่ำปลีสำหรับทำกิมจิ (*Brassica rapa* L. ssp. *pekinensis*) ที่ปลูกภายใต้สภาพพรางแสงเมื่อมีการปลูกนอกฤดู ทำให้สามารถปลูกและเก็บเกี่ยวกะหล่ำปลีสำหรับทำกิมจิได้อย่างต่อเนื่องและได้ผลผลิตที่มีคุณภาพ [10]

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อช่วยยกระดับการทำการเกษตรส่งผลต่อรายได้ของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญ มีการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับความรู้ด้านเทคโนโลยีเพื่อเกษตรกรรวมยุคดิจิทัลพบว่า รายได้เกษตรกรมีความสัมพันธ์กับความรู้ด้านเทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ [11] การทำนายวันเก็บเกี่ยวด้วยการใช้ค่าอุณหภูมิสะสมเป็นค่าดัชนี สามารถเก็บข้อมูลสภาพอากาศจากการใช้สถานีตรวจวัดสภาพอากาศโดยใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการเกษตร ทำให้สามารถผลิตผลผลิตข้าวได้มีคุณภาพ เมื่อมีการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวได้อย่างแม่นยำสามารถช่วยเกษตรกรพิจารณาวันเก็บเกี่ยวข้าวที่ทำให้ได้ข้าวมีคุณภาพสูงที่สุดและสามารถคาดการณ์ผลผลิตได้ด้วย งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบสถานีตรวจวัดสภาพอากาศเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์เก็บข้อมูลระยะไกลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตในการเก็บข้อมูลสภาพอากาศสำหรับนำมาวิเคราะห์ค่าอุณหภูมิสะสมเพื่อทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวเจ้า พันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวเหนียว พันธุ์ข-แม่โจ้ 2 ซึ่งยังไม่มีรายงานมาก่อน ค่าอุณหภูมิสะสมที่ใช้ทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวทั้งสองพันธุ์นี้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่มีการปลูกข้าวในพื้นที่ที่แตกต่างกันในประเทศไทย

2. วิธีการวิจัย

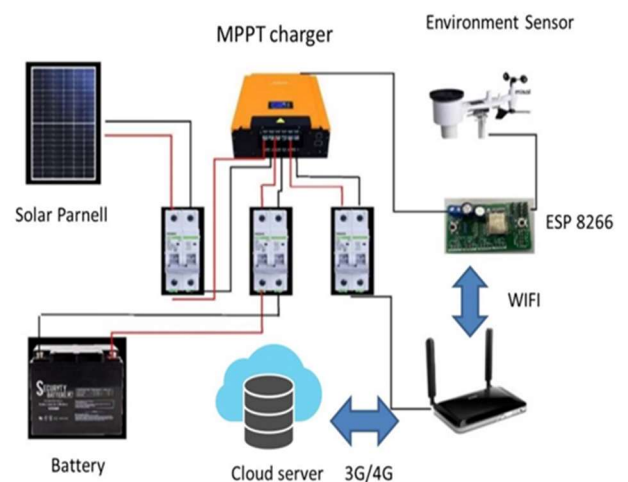
2.1 ออกแบบและติดตั้งสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ

สถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัลระยะไกล (weather station) สามารถตรวจวัดค่าอุณหภูมิอากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ ปริมาณน้ำฝน ความเข้มแสง และความเร็วลม โดยได้ออกแบบให้ทำงานเป็นระบบอัตโนมัติ อาศัยแหล่งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งใช้พลังงานน้อยจึงสามารถนำไปติดตั้งได้ทุกสถานที่ เชื่อมโยงข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์หรือสัญญาณวิทยุ ข้อมูลสภาพอากาศในแปลงนาข้าวจะถูกส่งไปยังระบบฐานข้อมูล

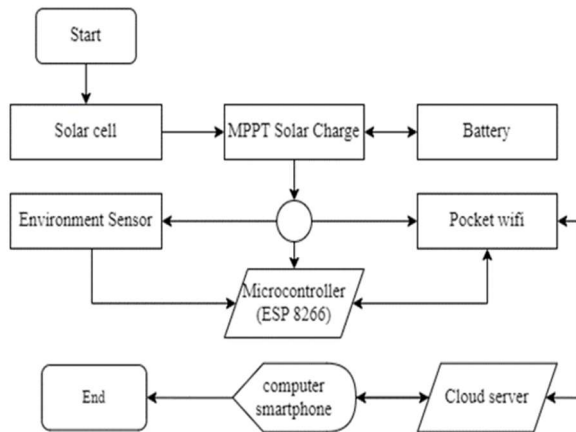
สถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัลระยะไกล ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP8266) เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศ (environment sensor) แผงโซลาร์เซลล์ (solar panels) อุปกรณ์ควบคุมกระแสไฟ (MPPT charger) แบตเตอรี่ (Battery) และเครื่องช่วยกระจายสัญญาณอินเทอร์เน็ต (3G WIFI router)

การทำงานผ่านเทคโนโลยี IoT โดยใช้เซนเซอร์ตรวจวัดสภาพอากาศที่ประมวลผลบนไมโครคอนโทรลเลอร์ (ESP8266) ทำการตรวจวัดค่าและรวบรวมข้อมูลสภาพอากาศภายในแปลงนา ส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ (GSM/3G) เข้าสู่ระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อส่งข้อมูลไปยังระบบฐานข้อมูล (cloud server) เพื่อทำการจัดเก็บและประมวลผลอย่างเป็นระบบ

ส่วนประกอบและการทำงานของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ แสดงในรูปที่ 1 2 และ 3 ตามลำดับ



รูปที่ 1 โครงสร้างและส่วนประกอบของสถานีตรวจวัดสภาพอากาศ



รูปที่ 2 แผนภาพผังการทำงานของสถานีตรวจอากาศ



รูปที่ 3 การทำงานของสถานีตรวจวัด สภาพอากาศ

2.2 การเพาะกล้าข้าวและการปลูกข้าว

เมล็ดพันธุ์ข้าว 2 พันธุ์ คือ ข้าวเจ้า พันธุ์ปทุมธานี 1 จากจังหวัดพิษณุโลก และข้าวเหนียว พันธุ์ช-แม่โจ้ 2 จากหน่วยความเป็นเลิศด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ นำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาทำความสะอาดโดยแช่น้ำแยกสิ่งเจือปนและเมล็ดลีบที่ลอยน้ำออก แช่ข้าวไว้ในน้ำ 24 ชั่วโมง ทำการบ่ม 48 ชั่วโมง และตากกล้าเป็นเวลา 30-45 วัน จากนั้นปลูกข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่แปลงทดลอง ขนาด 40x40 เมตร สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัด 18°53'38"N 99°00'58"E และพันธุ์ช-แม่โจ้ 2 ที่แปลงทดลอง ขนาด 20x40 เมตร หน่วยความเป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ พิกัด

18°53'41.0"N 99°01'13.7"E โดยข้าวทั้ง 2 พันธุ์ปลูกแบบปักดำ เป็นเกษตรอินทรีย์ไม่มีการใช้สารเคมี มีระยะระหว่างต้นและแถว 25x25 เซนติเมตรซึ่งถือว่าเป็นตัวแปรควบคุม

2.3 การศึกษาค่าอุณหภูมิสะสม และการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพและคุณภาพของข้าว

การบันทึกค่าอุณหภูมิอากาศด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัล โดยอุปกรณ์ถูกตั้งค่าให้มีการส่งข้อมูลสภาพอากาศทุกๆ 30 นาที มายังระบบฐานข้อมูล สำหรับบันทึกค่าและนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าอุณหภูมิสะสม [6] จากสมการ (1)

$$GDD = \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_{base} \quad (1)$$

โดยที่ GDD = อุณหภูมิสะสม (°C)

T.max = ค่าอุณหภูมิสูงสุดรายวัน (°C)

T.min = ค่าอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน (°C)

T.base = ค่าอุณหภูมิต่ำสุดที่พืชจะเจริญเติบโต

ได้โดยมีค่าเท่ากับ 10°C [12]

เมื่อข้าวมีอายุ 95 100 105 110 115 และ 120 วันหลังปักดำ ซึ่งอยู่ในช่วงอายุประมาณการเก็บเกี่ยวของข้าว กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว [13, 14] สุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจำนวน 3 ซ้ำจากแปลงนาทดสอบในพื้นที่ 1x1 เมตรเพื่อตรวจวัดค่าตอบสนองซึ่งก็คือสมบัติทางกายภาพ ปริมาณและอัตราการสีของข้าวโดยใช้มือเก็บเกี่ยวข้าวเป็นการป้องกันไม่ให้เมล็ดข้าวเปลือกสูญเสียเนื่องจากการเก็บเกี่ยว แล้วทำการนวดและทำความสะอาด จากนั้นนำไปลดความชื้นก่อนนำไปสีตามวิธีการของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก มอก.888 – 2532 [15] และหาอัตราการสีข้าวด้วยวิธีตามมาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2560 [16]

คุณภาพการขัดสีข้าวสามารถประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด ข้าวเต็มเมล็ด หมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ดและไม่มีส่วนใดหัก หรือเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนขึ้นไป [17] ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วจะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูง โดยมีค่า

มากกว่า 50 % ซึ่งปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการแตกหักของข้าวในกระบวนการสี คือ ระยะของการเก็บเกี่ยว [18] โดยราคาของข้าวสารขึ้นอยู่กับคุณภาพ ข้าวเต็มเมล็ดจะมีราคาสูงที่สุด

2.4 การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ผลใช้โปรแกรม SPSS 29 ด้วยวิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากค่าตอบสนองใดมีนัยสำคัญทางสถิติจะมีการทดสอบต่อเนื่องด้วยวิธีการทดสอบแบบจับคู่พหุคูณ (multiple comparison test) ด้วยวิธี Duncan เพื่อจัดกลุ่มแล้วจึงวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (simple linear regression analysis) ระหว่างวันเก็บเกี่ยวกับ GDD เพื่อพัฒนาสมการการทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าว

3. ผลการวิจัยและการอภิปราย

การเก็บข้อมูลอุณหภูมิของอากาศในแปลงนาทดลองด้วยสถานีตรวจวัดสภาพอากาศแบบดิจิทัลและทำการประมวลผลบนระบบฐานข้อมูล ได้ค่าอุณหภูมิสูงสุด/ต่ำสุด ค่าอุณหภูมิความร้อนเฉลี่ย และค่าความร้อนสะสม (GDD) แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นว่าช่วงการทดลองปลูกข้าวนาปี (กันยายน-ธันวาคม) ปี 2565 มีอุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 22.28 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 31.17 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดช่วงการเพาะปลูกเท่ากับ 26.01 องศาเซลเซียส และค่าความร้อนสะสมในวันสุดท้ายของการทดลองเท่ากับ 305.50 GDD

การศึกษาสมบัติทางกายภาพ ปริมาณและอัตราการสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยการเก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงทดสอบทุกๆ 5 วัน เริ่มที่อายุ 95 วัน ถึง 120 วันหลังปักดำ พบว่าผลผลิตข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ที่ความระดับความชื้น 14 % wb. มีปริมาณผลผลิต (yield at 14% w.b) ในทุก ๆ ค่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ตันข้าว) (% head rice by paddy wgt.) สูงที่สุด เท่ากับ 55.18 โดยมีค่าปริมาณผลผลิตข้าวที่ความระดับความชื้น 14 % wb. สูงสุดเท่ากับ 896.88 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 2) ดังนั้นวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับข้าว

พันธุ์ปทุมธานี 1 จะมีค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันเริ่มปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวเท่ากับ 1,865.5 GDD (รูปที่ 4)

จากนั้นสร้างกราฟสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) กับจำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (รูปที่ 5) เพื่อนำไปสร้างสมการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สำหรับเป็นโมเดลการทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1) และให้ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient of determination; $R^2=0.996$) ดังสมการที่ (2) ถ้าทราบข้อมูลพยากรณ์อุณหภูมิอากาศล่วงหน้า จะสามารถทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เมื่อค่า GDD เท่ากับ 1865.50 องศาเซลเซียส จากวันปักดำ

$$\text{Day}_{hv} = 0.065\text{GDD} - 9.871 \quad (2)$$

โดยที่ Day_{hv} = จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำ

GDD = อุณหภูมิสะสมจากวันปักดำ ($^{\circ}\text{C}$)

การศึกษาคุณภาพของข้าวเหนียว พันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ในด้านสมบัติทางกายภาพและอัตราการสีของข้าว พบว่า ผลผลิตข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ที่ความระดับความชื้น 14 % wb. ปริมาณผลผลิต (yield at 14% w.b) และร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ตันข้าว) (% head rice by paddy wgt.) ในทุก ๆ ค่าจำนวนวันเก็บเกี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 3) เมื่อวิเคราะห์ที่ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ตันข้าว) ของข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 สูงสุดเท่ากับ 62.36 โดยค่าปริมาณผลผลิตของข้าว พันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ที่ความระดับความชื้น 14 % wb. สูงสุดเท่ากับ 753.05 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นวันเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมสำหรับข้าวเหนียว พันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 จะค่าปริมาณอุณหภูมิความร้อนสะสมตั้งแต่วันเริ่มปลูกถึงวันเก็บเกี่ยว 1,862.00 GDD แสดงในรูปที่ 6

เมื่อสร้างกราฟสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) กับจำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังจากวันปักดำข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 (รูปที่ 7) เพื่อนำไปสร้างสมการวิเคราะห์ความถดถอยเชิงเส้น สำหรับเป็นโมเดลการทำนายวันเก็บเกี่ยวของข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 และให้ค่าสัมประสิทธิ์การทำนาย (coefficient of determination; $R^2=0.996$) ดังสมการที่ (3) ทำนายวันเก็บเกี่ยวจากข้อมูลพยากรณ์อุณหภูมิอากาศ

ล่วงหน้า จะสามารถทำนายวันเก็บเกี่ยวข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 เมื่อค่า GDD เท่ากับ 1862.00 องศาเซลเซียส จากวันปักดำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.013

$$\text{Day}_{hv} = 0.066\text{GDD} - 11.281 \quad (3)$$

จากการทดลองพบว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูงที่สุด เท่ากับ 55.18 และร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) ของข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 สูงสุดเท่ากับ 62.36 จึงจัดว่าที่ระยะการเก็บเกี่ยวนี้ได้ข้าวที่มีคุณภาพการขัดสีข้าวที่ดีตามมาตรฐาน จึงใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกค่าอุณหภูมิสะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวข้าวที่ 1,865.5 GDD สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 1 และที่ 1,862.00 GDD สำหรับพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 ตามลำดับ

กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว [13, 14] รายงานว่า ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เป็นข้าวเจ้าไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยว

ประมาณ 104-126 วัน ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 650 – 774 กิโลกรัม ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 เป็นข้าวเหนียวไม่ไวต่อช่วงแสง อายุเก็บเกี่ยวประมาณ 135 - 146 วัน ผลผลิตต่อไร่ประมาณ 865 กิโลกรัม งานวิจัยนี้พบว่าการสะสมอุณหภูมิจนถึงจำนวนที่พืชต้องการ คือ ค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันปลูกถึงวันเก็บเกี่ยวที่ 1865.50 GDD และ 1,862.00 GDD สำหรับพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข-แม่โจ้ 2 ตามลำดับ พืชก็จะใช้เวลาสั้นกว่าระยะเวลาที่ถูกแนะนำจากกองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว โดยมีระยะเวลาเก็บเกี่ยว 110 วันหลังปักดำสำหรับพันธุ์ปทุมธานี 1 และกข-แม่โจ้ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าอุณหภูมิสะสมกับจำนวนวันเก็บเกี่ยวที่ได้นี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบทำนายวันเก็บเกี่ยวล่วงหน้าบนโมบายแอปพลิเคชันสำหรับระบบสนับสนุนการทำการเกษตรสมัยใหม่ (Decision support system) ได้

ตารางที่ 1 อุณหภูมิและค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ของแต่ละเดือน ในปี 2565

Month	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Average (°C)	GDD
August	24.22	32.56	27.54	165.50
September	23.63	31.13	26.72	521.50
October	22.61	31.26	26.16	525.00
November	21.13	31.60	25.61	491.00
December	19.81	29.29	24.01	305.50
Mean	22.28	31.17	26.01	-

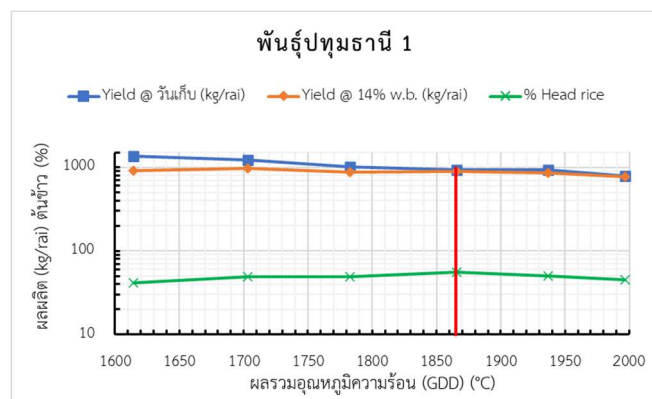
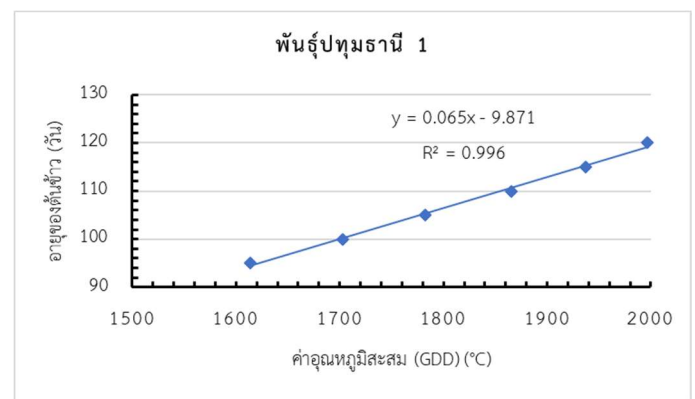
ตารางที่ 2 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Parameter	Date of harvesting (from translating)						Sig.
	95 days (25/11/65)	100 days (30/11/65)	105 days (5/12/65)	110 days (10/12/65)	115 days (15/12/65)	120 days (20/12/65)	
GDD (°C)	1614	1703	1782.5	1865.5	1937	1996.5	-
Seed moisture content (% w.b.)	41.96 ^c	32.51 ^d	25.43 ^c	16.42 ^a	20.48 ^b	15.66 ^a	0.000
Bulk density (kg.m ⁻³)	596.146	612.326	609.115	723.608	699.643	686.318	N/A
No. of ears in m ²	288.67	282.00	242.13	247.47	241.07	236.27	0.111
Wgt. of ears (g.m ⁻²)	980.07 ^a	895.42 ^{ab}	734.46 ^{bc}	775.79 ^b	670.33 ^{bc}	534.99 ^c	0.016

ตารางที่ 2 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (ต่อ)

Parameter	Date of harvesting (from translating)						
	95 days (25/11/65)	100 days (30/11/65)	105 days (5/12/65)	110 days (10/12/65)	115 days (15/12/65)	120 days (20/12/65)	Sig.
Wgt. of seeds (g.m ⁻²)	924.20 ^a	845.89 ^{ab}	689.14 ^{bc}	702.45 ^{bc}	610.33 ^c	520.34 ^c	0.010
Wgt. of dust (g.m ⁻²)	71.66 ^b	73.99 ^b	55.20 ^{ab}	122.23 ^c	29.06 ^a	25.95 ^a	0.007
Wgt. of cleaned seed (g.m ⁻²)	852.54 ^a	771.90 ^{ab}	633.95 ^{bc}	580.22 ^c	581.26 ^c	494.39 ^c	0.007
Wgt. of cleaned seed at 14% w.b. (g.m ⁻²)	575.37	605.82	549.64	560.55	536.79	485.56	0.591
Yield (kg.rai ⁻¹)	1364.07 ^a	1235.04 ^{ab}	1014.31 ^{bc}	928.35 ^c	930.02 ^c	791.02 ^c	0.007
Yield at 14% w.b. (kg.rai ⁻¹)	920.60	969.31	879.42	896.88	858.87	776.90	0.582
% Head rice (by paddy wgt.)	41.58	48.79	49.48	55.18	49.62	45.26	N/A
% Broken (by paddy wgt.)	12.89	13.45	14.87	14.21	16.57	20.90	N/A
% Husk and bran (by paddy wgt.)	45.53	37.76	35.65	30.61	33.81	33.84	N/A

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ไม่รวม อุณหภูมิสะสม (GDD) ความหนาแน่นกอง เปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ข้าวหัก แกลบ และรำ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)
 N/A หมายถึงไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้เนื่องจากมีข้อมูล 1 ค่า เพราะว่าตัวอย่างข้าวเปลือกแต่ละซ้ำมีปริมาณน้อย ในทดสอบคุณภาพการสีข้าวจึงนำข้าวเปลือกทั้ง 3 ซ้ำมารวมกัน

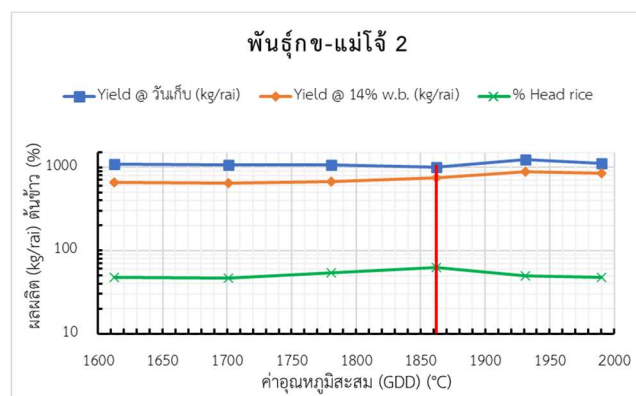
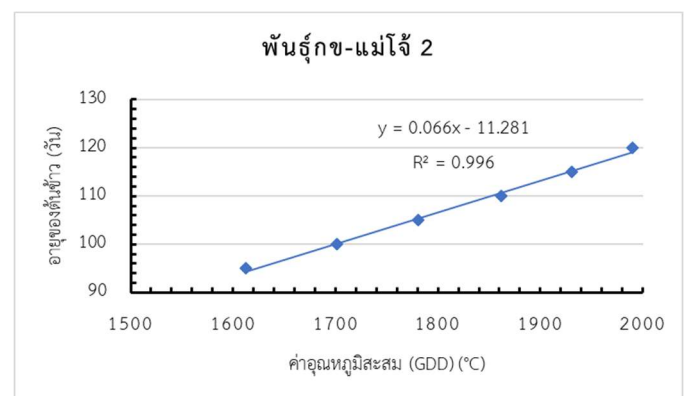
**รูปที่ 4** ผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เทียบกับค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)**รูปที่ 5** จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังปักดำกับ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

ตารางที่ 3 ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) สมบัติทางกายภาพ และอัตราการสีของข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2

Parameter	Date of harvesting (from translating)						Sig.
	95 days	100 days	105 days	110 days	115 days	120 days	
	(25/11/65)	(30/11/65)	(5/12/65)	(10/12/65)	(15/12/65)	(20/12/65)	
GDD (°C)	1612.50	1701.00	1780.50	1862.00	1931.00	1990.00	-
Seed moisture content (% w.b.)	34.42 ^c	34.79 ^c	33.13 ^c	19.75 ^a	23.14 ^b	18.41 ^a	0.000
Bulk density (kg.m ⁻³)	584.31	595.40	643.76	672.84	669.18	666.52	N/A
No. of ears in m ²	236.00	245.33	244.00	244.00	261.00	273.00	0.622
Wgt. of ears (g.m ⁻²)	875.63	784.79	785.06	803.98	829.76	768.68	0.912
Wgt. of seeds (g.m ⁻²)	753.83	733.47	739.40	717.21	825.46	746.26	0.902
Wgt. of dust (g.m ⁻²)	75.77 ^b	73.85 ^b	71.73 ^b	86.77 ^b	51.33 ^a	51.29 ^a	0.002
Wgt. of cleaned seed (g.m ⁻²)	678.06	659.62	667.66	630.44	774.13	694.97	0.751
Wgt. of cleaned seed at 14% w.b. (g.m ⁻²)	517.36	500.24	519.21	588.32	690.69	661.80	0.230
Yield (kg.rai ⁻¹)	1084.89	1055.39	1068.26	1008.70	1238.61	1111.95	0.751
Yield at 14% w.b. (kg.rai ⁻¹)	662.22	640.31	664.59	753.05	884.08	847.10	0.230
% Head rice (by paddy wgt.)	47.38	46.08	54.42	62.36	49.25	47.81	N/A
% Broken (by paddy wgt.)	14.08	14.71	13.18	13.93	18.16	19.97	N/A
% Husk and bran (by paddy wgt.)	38.54	39.22	32.40	23.71	32.59	32.22	N/A

หมายเหตุ : ค่าที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (n=3) ไม่รวม อุณหภูมิสะสม (GDD) ความหนาแน่นกอง เเปอร์เซ็นต์ข้าวขาว ข้าวหัก แกลบ และรำ ค่าเฉลี่ยในแถวเดียวกันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

N/A หมายถึงไม่สามารถวิเคราะห์ทางสถิติได้เนื่องจากมีข้อมูล 1 ขั้ว เพราะว่าตัวอย่างข้าวเปลือกแต่ละขั้วมีปริมาณน้อย ในทดสอบคุณภาพการสีข้าวจึงนำข้าวเปลือกทั้ง 3 ขั้วมารวมกัน

**รูปที่ 6** ผลผลิตต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวของข้าวพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 เทียบกับค่าอุณหภูมิสะสม (GDD)**รูปที่ 7** จำนวนวันเก็บเกี่ยวหลังปักดำกับ ค่าอุณหภูมิสะสม (GDD) ข้าวพันธุ์กข-แม่โจ้ 2

4. สรุปผลการวิจัย

การทดลองปลูกข้าว 2 พันธุ์ คือข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าวพันธุ์กข-แม่โจ้ 2 ที่เริ่มต้นปักดำเมื่อวันที่ 23 สิงหาคม 2565 ข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีค่าอุณหภูมิสะสม 1,865.50 GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) สูงที่สุด เท่ากับ 55.18 หรือตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วัน หลังวันปักดำ สำหรับข้าวพันธุ์ กข-แม่โจ้ 2 มีค่าอุณหภูมิสะสม 1,862.00 GDD โดยมีร้อยละของข้าวเต็มเมล็ด (ต้นข้าว) เท่ากับ 62.36 หรือตรงกับจำนวนวันเก็บเกี่ยว 110 วันหลังปักดำ ค่าอุณหภูมิสะสมตั้งแต่วันปักดำจนถึงวันเก็บเกี่ยวสามารถนำมาสร้างสมการทำนายวันเก็บเกี่ยว ข้าวทั้ง 2 พันธุ์ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 0.013

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากบริษัทสยามคูโบต้า คอร์ปอเรชั่น จำกัด ประจำปี 2565 และขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วราภรณ์ แสงทอง หน่วยความเป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ข้าว มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่สนับสนุนเมล็ดพันธุ์ข้าวและสถานที่แปลงนาสำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Food and Agriculture Organization Statistics (FAOSTAT) . 2022. *Value of Agricultural Production*. Available from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QV> [Accessed 11th October 2023]
- [2] สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. *สารสนเทศเศรษฐกิจการเกษตรรายสินค้า ปี 2565*. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร. 2566; 103 .
- [3] Tu D, Wu W, Xi M, Zhou Y, Xu Y, et al. Effect of temperature and radiation on indica rice yield and quality in middle rice cropping system. *Plants*. 2020;11: 2697.
- [4] เนตรนภา ชุ่มทองกลาง, บุญรัตน์ จงดี, ปิยะดา ชีระกุล พิศุทธิ์ และอโนมา ดงแสนสุข. ผลตกค้างของอุณหภูมิสูงชั่วคราวในช่วงต้นกล้าของพันธุ์ข้าวไทย. *วารสารแก่นเกษตร*. 2563; 48(4): 809-822.
- [5] Deshmukh AP, Kharbade SB, Balasubramanian R. Evaluation of growing degree days (GDD) values of timely and late sowing dates in different varieties of rice. *Pharma. Inno*. 2021;10: 365-369.
- [6] เณลิ้มพล แซมเพชร. *สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่*. ภาควิชาพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 2542; 276.
- [7] Liu LW, Lu CT, Wang YM, Lin KH, Ma X, Lin WS. Rice (*Oryza sativa* L.) growth modeling based on growth degree day (GDD) and artificial intelligence algorithms. *Agriculture*. 2022; 12(1): 59.
- [8] ทรงศักดิ์ ธรรมจรัส, ชีรณัฐ เจริญกิจ. พัฒนาการของผลและปริมาณความร้อนสะสมของลำไยพันธุ์ดอ ในจังหวัดเชียงใหม่. *ว. ผลิตรกรรมการเกษตร*. 2562; 1(1): 1-13.
- [9] จุฑามาศ คำแก้ว, ชีรณัฐ เจริญกิจ. พัฒนาการของผลดัชนีการเก็บเกี่ยว และปริมาณความร้อนสะสมของฝรั่งพันธุ์กิมจู แตงโม และนิโกร. *ว. ผลิตรกรรมการเกษตร*. 2566; 5(2): 86-96.
- [10] Sim HS, Jo WJ, Lee HJ, Moon YH, Woo UJ, Jung S B, et al. Determination of optimal growing degree days and cultivars of kimchi cabbage for growth and yield during spring cultivation under shading conditions. *Horticultural Science and Technology*. 2021; 39(6): 714-725.
- [11] Klayson S, Jirakajohnkool S. Factors related to the digital agricultural technology knowledge of young smart farmers in the central region of Thailand. *Journal of Science Innovationfor Sustainable Development*. 2023; 4(2): 13-26.
- [12] Sié M, Dingkuhn M, Wopereis MCS, Miezian KM. Rice crop duration and leaf appearance rate in a variable thermal environment.: *I. Development of an Empirically Based Model*. *Field Crops Research*. 1998; 57(1): 1-13.
- [13] กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. *องค์ความรู้เรื่องข้าวปทุมธานี 1 (Pathum Thani 1)*. เข้าถึงได้จาก: <http://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=67.htm> [เข้าถึงเมื่อ 24 มิถุนายน 2565].
- [14] กองวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. *องค์ความรู้เรื่องข้าวพันธุ์ข้าว กข-แม่โจ้ 2 (RD-MAEJO2)*. เข้าถึงได้จาก:

<http://webold.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=176.htm> [เข้าถึงเมื่อ 24 มิถุนายน 2565].

- [15] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม เครื่องสีข้าวขนาดเล็ก มอก.888 – 2532*. กระทรวงอุตสาหกรรม, 2532; 23.
- [16] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. *มาตรฐานสินค้าเกษตร มกษ. 4004-2560*. 50 ถนนพหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900, 2560.
- [17] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. *มาตรฐานสินค้าเกษตร มกอช. 4400-2546*. ถนนราชดำเนินนอก เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200, 2546.
- [18] สุรัชย์ ศิริพัฒน์, อุดลย์ ณ วิเชียร, ณพรัตน์ วิชิตชลชัย และนุชนาฏ ณ ระนอง. ผลการกะเทาะและคุณภาพการสีข้าวของลูกยางสีข้าวจากยางพารา. *ว.ยางพารา ฉบับอิเล็กทรอนิกส์*. 2558; 20: 2-8.