



อิทธิพลของรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและการเทมเปอร์ริง ต่อร้อยละการงอกและการเจริญเติบโตต้นอ่อน ของ เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105

The Influence of Infrared Radiation, Hot Air and the Tempering on Khao Dawk Mali 105 Rice Seedling Germination and Seedling Growth

เดชา ปะเขทานัง¹, เชิดพงษ์ เชี่ยวชาญวัฒนา², จักรมาส เลหาวิช¹, พีระยศ แข็งขัน³, สุพรรณ ยั่งยืน^{1*}

Decha Prakhethanang¹, Cherdpong Chiawchanwattana², Juckamas Laohavanich¹, Pirayot Khaengkhan³, Suphan Yangyuen^{1*}

¹สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ.มหาสารคาม 44150

¹Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150

²โปรแกรมวิชาช่างกลเกษตร สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมเครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40000

²Farm mechanics Program, Department of Technical Education in Mechanical Engineering, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen campus, Khon Kean 40000

³สาขาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จ.มหาสารคาม 44150

³Department of Agricultural Technology, Faculty of Technology, Mahasarakham University, Maha Sarakham 44150

*Corresponding author: Tel: +66-8-0412-5684, E-mail: yangyuen.sp@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและการเทมเปอร์ริง ต่อร้อยละการงอกและการเจริญเติบโตต้นอ่อนเมล็ดพันธุ์ข้าว ปัจจัยที่ศึกษาได้แก่ ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 2.83, 2.98 และ 3.14 μm อุณหภูมิลมร้อน 35, 45 และ 55 $^{\circ}\text{C}$ และเวลาที่เมล็ดพันธุ์ข้าวรับลมร้อน 3, 6 และ 9 min หลังจากนั้นเก็บข้าวไว้ในภาชนะปิดสนิทนาน 40 min แล้วฝังให้แห้งที่อุณหภูมิห้องจนกระทั่งข้าวมีความชื้นประมาณ 14% (w.b.) ใช้ข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 23% (w.b.) หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าว มาเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน จากผลการศึกษาพบว่า เมื่อความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรดลดลง และอุณหภูมิลมร้อนเพิ่มขึ้น ร้อยละการงอกและการเจริญเติบโตต้นอ่อนจะลดลง ที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด 3.14 μm อุณหภูมิลมร้อน 35 $^{\circ}\text{C}$ และเวลาที่เมล็ดพันธุ์ข้าวรับลมร้อน 9 min เป็นเงื่อนไขที่มีผลทำให้มีการงอกต้นอ่อนปกติร้อยละ $88.50 \pm 1.29\%$ และการเจริญเติบโตต้นอ่อน 5.06 ± 0.05 cm โดยสูงกว่าข้าวที่ใช้วิธีการลดความชื้นด้วยการตากแดด ซึ่งมีการงอกต้นอ่อนปกติร้อยละ $83.75 \pm 0.96\%$ และการเจริญเติบโตต้นอ่อน 4.08 ± 0.25 cm

คำสำคัญ: การงอกต้นอ่อนปกติ, การเจริญเติบโตต้นอ่อน, เมล็ดพันธุ์, การอบแห้งเมล็ดพันธุ์, รังสีอินฟราเรด

Abstract

This research aimed to study the effect of infrared radiation assisted hot air following with the 40 min tempering in polystyrene box and slow drying at room temperature until the final moisture content reached approximately 14% (w.b.) on rice seed germination and seedling growth. Infrared wavelengths of 2.83, 2.98 and 3.14 μm , hot air temperature of 35, 45 and 55 $^{\circ}\text{C}$ and the exposure time to hot air for 3, 6 and 9 min were the factors. Paddy cv. Khao Dawk Mali 105 with initial moisture content of 23% (w.b.) was used in the study. After that, treated seed was stored for 6 months. Results showed that the percentage of seed germination and seedling growth were decreased when infrared wavelength decreased and hot air temperature increased. At infrared wavelength of 3.14 μm with air temperature at 35 $^{\circ}\text{C}$ for 9 min were conditions for providing normal seedling germination of $88.50 \pm 1.29\%$ with seedling growth of 5.06 ± 0.05 cm which were higher than those of paddy dried

Received: September 22, 2019

Revised: October 29, 2019

Accepted: October 29, 2019

Available online: November 7, 2019

by sun drying, accounting for the seed germination and seedling growth of $83.75 \pm 0.96\%$ and 4.08 ± 0.25 cm, respectively.

Keywords: Normal seedling germination, Seedling growth, Seed, Seed drying, Infrared radiation

1 บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa*) เป็นธัญพืชซึ่งประชากรโลกบริโภคเป็นอาหารสำคัญ และเป็นธัญพืชซึ่งมีการปลูกมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย การปลูกข้าวจะปลูกไว้เพื่อบริโภค ส่วนที่เหลือจากการบริโภคก็จะนำไปขายให้กับโรงสีเพื่อแปรรูปและจำหน่ายต่อไป แต่มีข้าวบางส่วนที่จะต้องเก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์เพื่อปลูกในฤดูกาลต่อไป เกษตรกรบางกลุ่มมีการรวมตัวกันเพื่อผลิตพันธุ์ข้าวโดยเฉพาะ เนื่องจากว่าการจำหน่ายเป็นเมล็ดพันธุ์นั้นได้ราคาที่สูงขึ้นกว่าการจำหน่ายเป็นข้าวเปลือกปกติ (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2562)

ปัจจุบันได้มีโครงการระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่ (นาแปลงใหญ่) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาประเทศตามนโยบาย ไทยแลนด์ 4.0 ของรัฐบาล เพื่อลดต้นทุนการผลิตเพิ่มผลผลิตและคุณภาพข้าว โดยสนับสนุนให้เกษตรกรผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวไว้ใช้เอง รวมถึงการผันตัวเองเป็นเกษตรกรสมัยใหม่ผลิตเมล็ดพันธุ์ไว้จำหน่ายดังเช่น กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวที่มีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ปี 2561 มีศูนย์ข้าวชุมชนที่ได้ขึ้นทะเบียนกับกรมการข้าวทั้งสิ้น 1,786 ศูนย์ ในจำนวนนี้เข้าร่วมโครงการนาแปลงใหญ่แล้วจำนวน 368 ศูนย์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2561) แต่วิธีการเพาะปลูกข้าวในปัจจุบันได้เปลี่ยนไปเนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงาน และการเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุ ดังนั้นจึงมีการนำเครื่องจักรเข้ามาใช้เพื่อทุ่นแรงลดระยะเวลา และอำนวยความสะดวก เช่น เครื่องเกี่ยวและนวดข้าว ถึงแม้จะช่วยลดระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวให้สั้นลงแต่พบข้อเสีย คือ ข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวมีความชื้นสูง ต้องนำมาลดความชื้นก่อนการเก็บรักษาหรือเก็บไว้เพื่อทำเมล็ดพันธุ์ โดยวิธีการลดความชื้นของเกษตรกรโดยทั่วไป ยังคงใช้วิธีการตากด้วยแสงอาทิตย์บนลานตาก ทำการแผ่ให้มีความหนาประมาณ 5 – 10 cm และระหว่างวันที่ทำการตากแดดเกษตรกรต้องหมั่นกลับกองข้าว ทุกๆ 2 h หรือวันละ 4 ครั้ง เพื่อให้ได้รับแสงแดดสม่ำเสมอ ระยะเวลาในการตากข้าว ขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้น โดยทั่วไปหากตากข้าวเพื่อบริโภคจะใช้เวลา 3-4 วัน หากต้องตากทำเมล็ดพันธุ์ต้องเพิ่มระยะเวลาในการตากเพิ่มขึ้นเป็น 4-5 วัน หรือตากจนข้าวมีความชื้นลดลงเหลือประมาณ 12 – 14 % (w.b.) จึงหยุดตาก เพื่อให้มั่นใจได้ว่าสามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวไม่ให้เกิดการเสื่อมสภาพเนื่องจากความชื้นเกินมาตรฐานการเก็บรักษา (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว, 2562) ปัจจุบันพบปัญหาที่กำลังทวีความรุนแรงคือในช่วงที่มีการเก็บเกี่ยวพร้อม ๆ กันจะมีปัญหาพื้นที่ตากแห้งไม่เพียงพอ เกษตรกรบางส่วนจำเป็นต้องใช้พื้นผิวจราจรแทนลานตากลดความชื้น ผลคือเกิดปัญหาทางสังคมตามมาคือข้อพิพาทขัดแย้ง

หรือถึงขั้นเกิดอันตรายจากอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ อีกทั้งข้อมูลจากเกษตรกรผู้ปลูกข้าวพบว่า คุณภาพข้าวที่ได้จากการตากบนลานตากมีการแตกหักสูง เป็นผลให้เกิดการกีดกันจากโรงสี ถึงแม้เทคโนโลยีการอบแห้งจะมีแพร่หลาย แต่ก็พบว่าส่วนใหญ่เหมาะกับผู้ประกอบการรายใหญ่ หรือโรงสี เป็นต้น หากจะใช้เทคโนโลยีดังกล่าวเข้ามาใช้ในระดับชุมชน เช่น เครื่องอบแบบเมล็ดไหลคลุกเคล้า ซึ่งมีขนาดใหญ่และราคาแพง ในขณะที่เครื่องอบที่มีขนาดเล็ก เช่น เครื่องอบแบบลมร้อน จะมีต้นทุนพลังงานในการผลิตสูง กำลังการผลิตต่ำเพราะส่วนใหญ่เป็นการทำงานแบบเป็นวงวนยากต่อการปฏิบัติงาน

จักรมาสและสุพรรณ (2557) ได้สร้างเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน ด้วยระบบร้งสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนปล่อยทิ้ง (เครื่องอบแห้งแบบโรตารี โดยใช้ร้งสีอินฟราเรด) มีความสามารถในการทำงาน $8-10 \text{ tonne h}^{-1}$ ใช้ได้กับวัสดุประเภท เม็ด เมล็ด หรือ ผง เช่น ปุ๋ยอัดเม็ด ข้าวเปลือก และผงเปลือกไม้อูคาลิปตัส สามารถลดความชื้นวัสดุได้ 4-6% (w.b.) ในเวลา 3-5 min และทรงพลและคณะ (2559) ได้นำเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน ด้วยระบบร้งสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนปล่อยทิ้ง ทดสอบอบข้าวกล้องงอกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่มีความชื้นเริ่มต้น 26% (w.b.) อัตราการป้อน $100-200 \text{ kg h}^{-1}$ ควบคุมอุณหภูมิเมล็ดข้าวที่ $40-50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ สามารถลดความชื้นให้เหลือ 16-20% (w.b.) ภายในเวลา 10 min คุณภาพการสีดีขึ้นกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกรคือ สามารถลดการแตกหักจาก 15.04% ให้เหลือเพียง 1.32% การทบทวนวรรณกรรมสำหรับการอบแห้งหรือลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ พบว่ามีการศึกษาผลของวิธีการทำแห้งที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของความชื้น และควมมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว ด้วยวิธีการตากแดดนาน 7 วัน เปรียบเทียบกับวิธีการให้ความร้อนก่อนนำไปตากแดด วิธีการแผ่ร้งสีอินฟราเรดที่ความยาวคลื่น $2.7 \mu\text{m}$ เป็นเวลา 2 h และการอบด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 12 h พบว่าวิธีการแผ่ร้งสีอินฟราเรดทำให้ความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าวิธีอื่น รวมถึงค่าเฉลี่ยร้อยละการงอก และความแข็งแรงดีกว่าวิธีอื่นที่ 90.67 และ 80% ตามลำดับ นฤพนธ์และคณะ (2555) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรรธรณและคณะ (2555) พบว่าการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานด้วยร้งสีอินฟราเรดที่อุณหภูมิผิวของเมล็ด $40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 2 h แล้วนำไปตากแดดอีก 7 วัน จะทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าวิธีการอบด้วยลมร้อน $43 \text{ }^{\circ}\text{C}$ แล้วนำไปตากแดดอีก 7 วัน จากการศึกษาของ Ding et al. (2018) เพื่อเปรียบเทียบการอบแห้งข้าวด้วยร้งสีอินฟราเรด มีความเข้มการแผ่รังสี 4685 W m^{-2} เป็นเวลา 58 min จะทำให้อากาศแวดล้อมอุณหภูมิไม่เกิน $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ จากนั้นพักการอบ หรือการเทมเปอร์ข้าวไว้ที่อุณหภูมิ $60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 4 h

แล้วเป่าลมเย็นอีก 30 min สุดท้ายคือ เป่าลมอากาศแวดล้อม อุณหภูมิ 22 °C อีก 6 h ไปยังข้าวมีความหนา 1 ชั้นเมล็ด มีผลทำให้ข้าวเปลือกความชื้นลดลงจาก 25% เหลือ 15.92% (w.b.) เทียบกับ การอบแห้งแบบลมร้อนที่อุณหภูมิลมร้อน 43 ± 2 °C เป็นเวลา 4 h ความเร็วลม 0.10 ± 0.001 m s⁻¹ และการเป่าอากาศแวดล้อม ความเร็วลม 0.10 ± 0.001 m s⁻¹ พบว่าการลดความชื้นข้าวเปลือกทั้งสามวิธี อัตราการงอกไม่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามการศึกษานี้ไม่ได้กล่าวถึงการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ปัจจุบันกลุ่มเกษตรกรได้มีการนำเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน ด้วยระบบรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนปล่อยทิ้งของ จักรมาศและสุพรรณ (2557) มาใช้งานอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อบริโภค และข้าวกลึงนอก แล้วได้ผลเป็นอย่างดี แต่กลุ่มเกษตรกรยังไม่ทำการใช้เพื่ออบแห้งเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากยังไม่พบข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการใช้รังสีอินฟราเรดในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกในประเทศไทย

ดังนั้นงานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและการเทมเปอร์ริง ต่อร้อยละการงอกและการเจริญเติบโตต้นอ่อนของเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับแต่งเครื่องอบแห้งแบบถังหมุนดังกล่าวข้างต้น ตลอดจนเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดในลักษณะอื่น ที่จะมีประโยชน์ต่อการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกสำหรับประเทศไทยต่อไป

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 ชุดทดสอบ

อุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วยเครื่องอบแห้ง 2 ประเภท ได้แก่ a) เครื่องอบแห้งแบบโรตารีโดยใช้รังสีอินฟราเรด ประกอบด้วยถังหมุนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 cm ยาว 120 cm หมุนด้วยความเร็วรอบ 7 rpm หลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรด ขนาด 15x60 cm ชนิดใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง ติดตั้งห่างจากผิวถังหมุน 30 cm b) เครื่องอบแห้งแบบลมร้อน โดยใช้ขดลวดความร้อน ความเร็วของอากาศในการอบแห้ง 0.5 m s⁻¹ ดังแสดงใน Figure 1 และกล่องอับอากาศเพื่อใช้ในการเทมเปอร์ริงหลังการอบแห้งด้วยลมร้อน

2.2 การทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวนาปี ฤดูแล้ง 2561 จากอำเภอสวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด เก็บเกี่ยว

ด้วยรถเกี่ยวขนาดข้าว ความชื้นเริ่มต้นเฉลี่ย 23% (w.b.) เป็นวัสดุในการทดสอบ

การเตรียมข้าวตัวอย่างอ้างอิง โดยการนำข้าวตัวอย่างข้างต้นลดความชื้นด้วยวิธีการตากแดดบนลานดินที่ปูพื้นด้วยแผ่นผ้าใบ นำข้าวออกแผ่ตากในสภาพวันที่ท้องฟ้าโปร่งแดดจัด โดยแผ่ข้าวให้มีความหนา 2 cm วันที่หนึ่งตากตั้งแต่วันที่ 9.00 -18.00 น. แล้วเก็บข้าวบรรจุในกระสอบวางไว้ในอาคาร แล้วตากต่อเนื่องเป็นวันที่สองโดยแผ่ตากตั้งแต่วันที่ 9.00 -12.00 น. ในระหว่างการแผ่ตากทุก 3 h ทำการกลับกองข้าว สิ้นสุดกระบวนการวัดค่าความชื้นสุดท้ายได้ 14% (w.b.) เก็บข้าวบรรจุลงกระสอบวางไว้ในอาคารในสภาวะอุณหภูมิห้อง เพื่อรอการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ต่อไป

การศึกษาปัจจัยของการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและการเทมเปอร์ริง ที่มีผลต่อการลดลงของความชื้นและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยดำเนินการศึกษาปัจจัย ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด (λIR) 2.83, 2.98 และ 3.14 μm (อุณหภูมิใต้ผิวหลอดกำเนิดรังสีอินฟราเรดชนิดใช้แก๊สปิโตรเลียมเหลวเป็นเชื้อเพลิง 750 700 และ 650 °C ตามลำดับ) ความสัมพันธ์ของความยาวคลื่นกับอุณหภูมิของวัตถุ ณ ตำแหน่งสูงสุด เป็นไปตามกฎของ เวิน (Wien's displacement law) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 1 (Ozisik, 1985)

$$\lambda_{\max} T = 2897.6 \text{ (}\mu\text{m K)} \quad (1)$$

อุณหภูมิลมร้อน (HRTD) 35 45 และ 55 °C และเวลาที่เมล็ดพันธุ์ข้าวรับลมร้อน (HRTI) 3 6 และ 9 min ทั้งสามปัจจัยทำการแปรค่า 3 ระดับ ใช้แผนการทดลองแบบ 3³ Factorial in CRD 3 ซ้ำ (27 ทรีตเมนต์ (TRT) 81 การทดลอง) ในแต่ละการทดลองใช้ข้าวเปลือกตัวอย่าง 2 kg

Figure 2 แสดงแผนการทดสอบอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยเริ่มจากนำเมล็ดพันธุ์ข้าวเข้าอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งแบบโรตารีโดยใช้รังสีอินฟราเรด แล้วอบแห้งต่อในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน เมื่อสิ้นสุดการอบแห้งให้ทำการเทมเปอร์ริงในภาชนะปิดเป็นเวลา 40 min (คงศักดิ์, 2543) สุ่มวัดความชื้นเมล็ดที่ผ่านการอบแห้ง การเทมเปอร์ริง และระหว่างการผึ่งลม ด้วยวิธีมาตรฐานในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 24 h (ASAE Standards, 1996) และวัดอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์โดยใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค

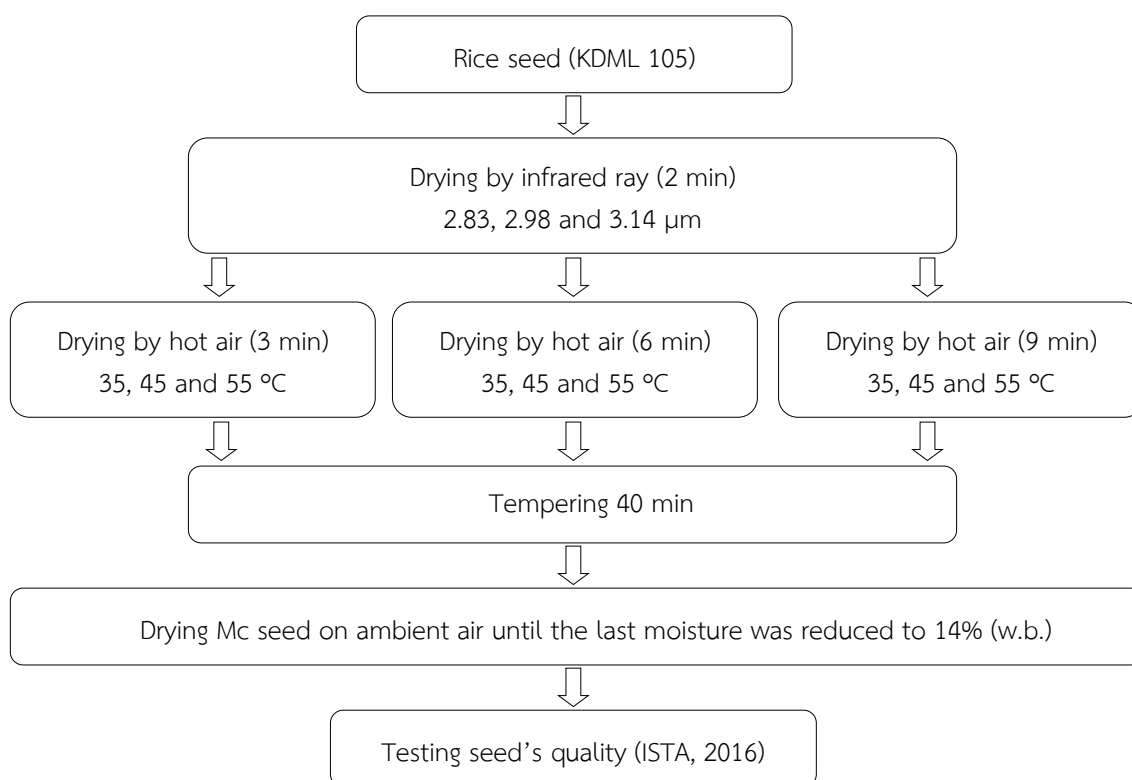
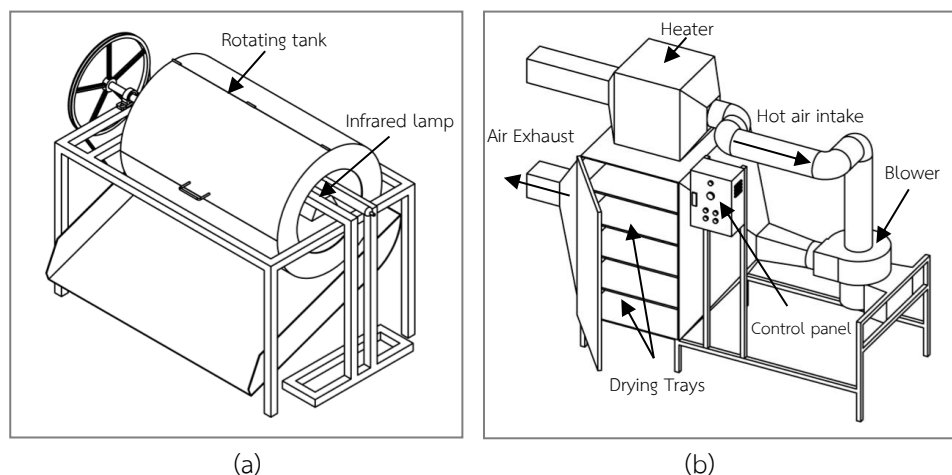


Figure 2 Testing process of KDML 105 rice seed drying.

2.3 การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการทดลองและข้าวอ้างอิงจากข้อ 2.2 บรรจุในกระสอบวางพักไว้ในห้องที่มีการระบายอากาศที่ดีเป็นระยะเวลานาน 2 เดือน แล้วทำการตรวจสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ด้วยวิธีการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของสมาคมระหว่างประเทศหรือ ISTA (ISTA, 1995 ; ISTA, 1999 ; ISTA, 2016) โดยนำเมล็ดพันธุ์ที่คัดเมล็ดละ 4 ข้ว แบ่งเป็นสองกลุ่ม สำหรับการทดสอบร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติ และการเจริญเติบโตต้นอ่อน จำนวนข้าวละ 100 และ 25 เมล็ด ตามลำดับ เมื่อทดสอบเพาะเมล็ดบนกระดาษ Between Paper – BP แล้วให้แบ่งบรรจุลงในกล่องเพาะเมล็ดแบบโปร่งแสงสำหรับวัดร้อยละการงอกต้น

อ่อนปกติ และการเจริญเติบโตต้นอ่อนให้ห่อหุ้มกล่องบรรจุด้วยถุงดำจนทึบแสง แล้ววางกล่องทั้งสองไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25 °C จนกระทั่งระยะเวลาผ่านไป 14 วัน ให้ตรวจนับประเมินผลร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติและการเจริญเติบโตต้นอ่อน ที่มีโครงสร้างต่าง ๆ สมบูรณ์ครบถ้วน รวมทั้งต้นอ่อน ที่มีรากแก้วสั้นแต่มีรากแขนงมากพอต่อการพัฒนาของต้นอ่อนข้าว (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์, 2559) ดังแสดงใน Figure 3 (a) ตามวิธีของ ISTA (2016) หลังจากนั้นทุก 2 เดือน ให้ทำการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว เช่นเดียวกัน จนครบเดือนที่ 6 ของการพักตัวซึ่งนับตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง พฤษภาคม 2562



Figure 3 (a) normal seedlings and (b) abnormal seedlings

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลอง คำนวณหาค่าเฉลี่ย วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) และความแปรปรวนของตัวอย่างด้วยค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%CV) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3 ผลและวิจารณ์

ผลการทดสอบอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกขาวดอกมะลิ 105 ที่ความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด (λIR) อุณหภูมิลมร้อน (HRTD) และเวลาที่เมล็ดพันธุ์ข้าวรับลมร้อน (HRTI) พบว่าระดับ λIR ที่แตกต่างกันมีผลต่อการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ λIR ต่ำสามารถลดความชื้นได้ดีกว่า λIR สูง เนื่องจากที่ระดับ λIR ต่ำ จะมีอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังการอบแห้งที่สูง เงื่อนไขที่ระดับ λIR 2.83 μm HRTD 55 องศาเซลเซียส และ HRTI 9 min สามารถลดความชื้นได้มากที่สุด หลังจากผ่านการอบแห้งพบว่า มีอัตราส่วนความชื้น 0.8808 ± 0.0044 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ HRTI 6 min ซึ่งมีอัตราส่วนความชื้น 0.8868 ± 0.0048 (Table 1) เนื่องจากที่ระดับ λIR และ HRTD ที่เพิ่มขึ้น อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกิตติคุณ (2556) ซึ่งพบว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีอิทธิพลต่อการลดความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าว เมื่ออุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นอัตราการอบแห้งก็จะเพิ่มขึ้น

Table 1. Moisture ratio (dimensionless) after drying by infrared ray and hot air.

λIR (μm)	HRTI (min)	HRTD (°C)		
		35	45	55
2.83	3	0.9059 ± 0.0017^{jk}	0.9059 ± 0.0056^{jk}	0.8894 ± 0.0016^{mn}
	6	0.9014 ± 0.0027^{kl}	0.8955 ± 0.0042^{lm}	0.8868 ± 0.0048^{no}
	9	0.8974 ± 0.0053^{lm}	0.8934 ± 0.0053^{lmn}	0.8808 ± 0.0044^o
2.98	3	0.9434 ± 0.0014^e	0.9342 ± 0.0089^f	0.9223 ± 0.0060^{gh}
	6	0.9263 ± 0.0043^{fg}	0.9235 ± 0.0058^{gh}	0.9164 ± 0.0018^{hi}
	9	0.9298 ± 0.0037^{fg}	0.9138 ± 0.0044^{ij}	0.9071 ± 0.0020^{jk}
3.14	3	0.9802 ± 0.0061^a	0.9833 ± 0.0069^a	0.9690 ± 0.0047^b
	6	0.9709 ± 0.0028^b	0.9635 ± 0.0091^{bc}	0.9604 ± 0.0075^{cd}
	9	0.9644 ± 0.0037^{bc}	0.9605 ± 0.0010^{cd}	0.9547 ± 0.0091^d

Means in the same all column with different letters are significantly different at $P < 0.05$ by LSD, CV 0.55%

สำหรับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก อุณหภูมิมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เมื่อระดับ λIR ลดลงและเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงของการอบแห้งด้วย λIR เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวได้รับการถ่ายเทความร้อนที่สูง ผลของอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าว หลังผ่านการอบแห้งด้วย λIR 2.83, 2.98 และ 3.14 μm พบว่ามีอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวเฉลี่ย 60.36 ± 0.41 , 53.02 ± 0.27 และ 46.40 ± 0.21 °C ตามลำดับ (Table 2) หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าว ที่ผ่านการอบแห้งด้วย λIR มาอบแห้งด้วย HRTD เมล็ดพันธุ์ข้าวจะได้รับความร้อนจากลมร้อนเพียงอย่างเดียว ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวจะสูญเสียความร้อนจากผลต่างของอุณหภูมิภายในเครื่องอบแห้งแบบลมร้อน ดังนั้นอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวค่อย ๆ

ลดลงตาม HRTI เพิ่มขึ้น ดังแสดงใน Table 3 และเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวไปเทมเปอร์ในกล่องอับอากาศที่เป็นฉนวนกันความร้อนเป็นเวลา 40 min อุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวมีการลดลงช้ากว่าช่วงอบแห้งด้วย HRTD เนื่องจากกล่องที่ใช้เทมเปอร์มีคุณสมบัติเป็นฉนวนกันความร้อน ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวสูญเสียความร้อนน้อยกว่าช่วงอบแห้งด้วย HRTD

จากการศึกษาพบว่าอิทธิพลของปัจจัยที่มีผลต่อการลดความชื้นและอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือก ที่ระดับ λIR แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อการลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกได้ดี ในทุกระดับเนื่องจากช่วงของการอบแห้งด้วย λIR จะมีอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว

Table 2. Seed temperature (°C) after drying by infrared ray.

Statistics	λ IR (μ m)		
	2.83	2.98	3.14
Average	60.36	53.02	46.40
Maximum	60.70	53.27	46.57
minimum	59.90	52.73	46.17
Standard Deviation	0.41	0.27	0.21

Table 3. Seed temperature (°C) after drying at hot air temperature and after tempering.

λ IR (μ m)	HRTI (min)	After drying at HRTD (°C)			After tempering ¹ of HRTD (°C)		
		35	45	55	35	45	55
2.83	3	54.23	56.77	57.27	52.20	54.10	55.30
	6	51.43	53.77	55.33	49.50	52.00	53.30
	9	49.73	50.47	53.17	48.00	48.50	51.00
2.98	3	44.47	48.83	51.13	43.30	47.50	49.50
	6	43.70	46.63	49.33	42.40	45.30	47.70
	9	42.77	45.50	47.43	41.60	44.00	45.80
3.14	3	45.17	45.90	46.17	42.80	44.60	44.70
	6	43.00	44.57	45.27	41.60	43.20	43.70
	9	41.27	43.57	44.57	40.00	42.10	43.00

¹ = The tempering in Polystyrene box for 40 minutes.

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวมา ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ตามมาตรฐาน (ISTA, 2016) โดยทดสอบเพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวบนกระดาษเพาะแบบ Between Paper – BP เมื่อระยะเวลาผ่านไป 14 วัน มีลักษณะการงอก และการเจริญเติบโตต้นอ่อน

ดังแสดงใน Figure 4 และตรวจนับ ประเมินผลร้อยละการออกต้นอ่อนปกติและการเจริญเติบโตต้นอ่อนปกติที่มีโครงสร้างต่าง ๆ สมบูรณ์ครบถ้วน เช่น รากแก้ว หรือต้นอ่อนที่มีรากแก้วสั้นแต่มีรากแขนงมากพอต่อการการเจริญเติบโตของต้นข้าว

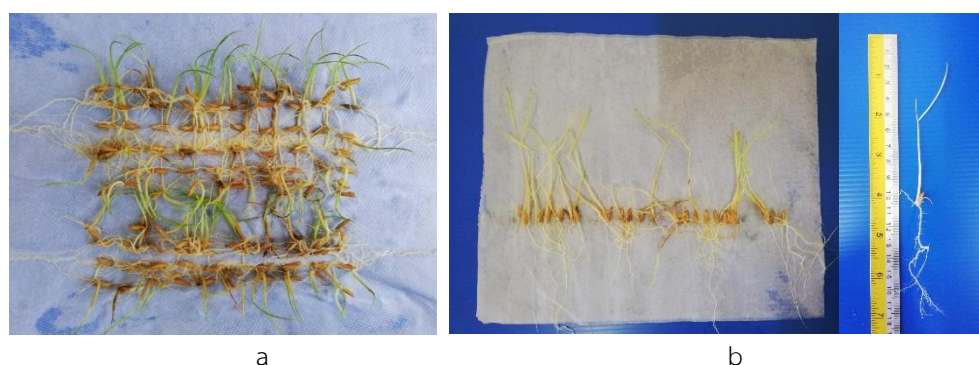


Figure 4 (a) Rice seed germinated (b) Paddy Seed growth of seeding KDML 105 by seed germination between paper-BP 14 days after culture.

ผลของร้อยละการออกต้นอ่อนปกติของเมล็ดพันธุ์ หลังการทดสอบในหัวข้อ 2.2 นำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาพักตัวไว้เป็นเวลา 6 เดือน และทำการตรวจสอบร้อยละการออกต้นอ่อนปกติ ตามวิธีในข้อ 2.3 ทุก ๆ 2 เดือน แสดงใน Table 4 พบว่าระดับ λ IR มี

อิทธิพลต่อร้อยละการออกต้นอ่อนปกติของเมล็ดพันธุ์ข้าว เมื่อ λ IR ลดลง ร้อยละการออกต้นอ่อนปกติมีค่าลดลง เนื่องจากที่ระดับ λ IR ต่ำ มีอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังการอบแห้งที่สูง ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวเกิดการเสียหายจากความร้อนที่สูงเกินไป ซึ่ง

สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Maluf et al. (2003) พบว่า อุณหภูมิในการอบแห้งที่สูงทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีร้อยละการงอก ตันอ่อนปกติที่ต่ำ เมื่อ HRTD และ HRTI มีค่าเพิ่มขึ้น มีร้อยละ การงอกตันอ่อนปกติมีค่าใกล้เคียงกัน และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ แต่มีบางเงื่อนไขที่มีความแตกต่างทางสถิติ จากการศึกษา พบว่า λ IR 3.14 μ m, HRTD 35 °C และ HRTI 9 min มีร้อยละ การงอกตันอ่อนปกติสูงกว่าข้าวอ้างอิง เมื่อระยะเวลาการพักตัว 2 เดือน มีร้อยละการงอกตันอ่อนปกติที่ต่ำกว่า ระยะการพักตัว 4 และ 6 เดือน เนื่องจากระยะเวลาการพักตัวเมล็ดพันธุ์ที่ 2 เดือน

เมล็ดพันธุ์อาจอยู่ในช่วงระยะการพักตัว การพักตัวของเมล็ดพันธุ์ ข้าวเป็นกลไกทางธรรมชาติเพื่อการอยู่รอด อายุการพักตัวของ เมล็ดพันธุ์ข้าวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว เมล็ดพันธุ์ข้าวขาว ดอกมะลิ 105 มีอายุพักตัว 8 สัปดาห์ จะมีร้อยละการงอก มากกว่า 80% (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์, 2559) ซึ่งเมล็ดพันธุ์มี ร้อยละการงอกตันอ่อนปกติสูงสุด ที่ระยะเวลาการพักตัว 6 เดือน คือ $88.50 \pm 1.29\%$ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิงซึ่งมีร้อยละการงอกตันอ่อนปกติเพียง $83.75 \pm 0.96\%$

Table 4 Normal seedlings germination of rice seed KDML 105.

λ IR (μ m)	HRTD (°C)	HRTI (min)	TRT	% Germination			
				2 SDP	4 SDP	6 SDP	
2.83	35	3	1	59.75±2.36 ^{gh}	76.75±0.96 ^{kl}	77.00±0.82 ^{op}	
		6	2	63.25±2.22 ^{efg}	77.50±0.58 ^k	77.75±1.26 ^{no}	
		9	3	69.00±5.72 ^{cde}	78.00±0.82 ^k	78.50±0.58 ⁿ	
		45	3	49.00±2.94 ^{ij}	74.50±1.29 ^{no}	75.00±0.82 ^{qr}	
		6	5	62.75±5.32 ^{fg}	75.25±0.96 ^{mn}	75.25±0.96 ^{qr}	
		9	6	62.75±1.71 ^{fg}	76.00±0.82 ^{lm}	76.25±0.96 ^{pq}	
		55	3	7	36.00±1.83 ^k	72.50±0.58 ^p	73.00±0.82 ^s
		6	8	37.00±2.94 ^k	73.25±0.50 ^{op}	74.00±1.83 ^{rs}	
		9	9	46.75±1.71 ^j	74.00±0.82 ^{no}	74.75±0.96 ^r	
	35	3	10	69.00±5.77 ^{cde}	82.00±1.15 ^{hi}	82.00±0.82 ^{kl}	
		6	11	72.25±4.43 ^{bcd}	83.00±0.82 ^{gh}	83.25±0.96 ^{ijk}	
		9	12	73.50±2.65 ^{abc}	83.50±1.29 ^{fg}	84.25±0.96 ^{ghi}	
		45	3	13	64.50±5.07 ^{efg}	81.00±0.82 ^{ij}	81.25±1.26 ^{lm}
		6	14	66.50±3.11 ^{def}	82.00±0.82 ^{hi}	82.25±0.96 ^{kl}	
		9	15	73.25±5.56 ^{abc}	83.50±1.29 ^{fg}	83.75±0.96 ^{hij}	
55	3	16	54.25±7.04 ^{ht}	82.00±0.82 ^{hi}	80.50±1.00 ^m		
	6	17	61.75±3.77 ^{fg}	81.00±0.82 ^{ij}	81.25±0.96 ^{lm}		
	9	18	63.25±3.30 ^{efg}	80.25±0.96 ^j	82.75±0.96 ^{jk}		
3.14	35	3	19	75.75±1.50 ^{ab}	87.00±0.82 ^{abc}	87.50±1.29 ^{abc}	
		6	20	77.00±2.31 ^{ab}	87.75±0.96 ^{ab}	88.00±0.82 ^{ab}	
		9	21	78.50±2.65 ^a	88.25±0.96 ^a	88.50±1.29 ^a	
	45	3	22	74.75±0.96 ^{abc}	85.75±0.96 ^{cde}	86.00±0.82 ^{def}	
		6	23	75.25±1.26 ^{ab}	86.00±0.82 ^{cd}	86.25±1.26 ^{cde}	
		9	24	78.00±1.83 ^{ab}	86.75±0.50 ^{bc}	87.00±0.82 ^{bcd}	
	55	3	25	72.00±0.82 ^{bcd}	83.75±0.96 ^{fg}	84.75±0.96 ^{fgh}	
		6	26	72.50±3.70 ^{abcd}	84.50±0.58 ^{ef}	85.00±0.82 ^{efgh}	
		9	27	75.75±12.66 ^{ab}	85.25±1.50 ^{de}	85.25±0.96 ^{efg}	
	Rice seed reference			28	76.50±5.00 ^{ab}	83.50±1.91 ^{fg}	83.75±0.96 ^{hij}
	F-test			*	*	*	
	CV (%)			6.63	1.10	1.24	

* Means in the same column with different letters are significantly different at $P < 0.05$ by LSD,

SDP = Seed dormancy period, TRT = treatment

ผลของการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ข้าว แสดงใน Table 5 ที่ TRT 21 ซึ่งเห็นว่าเมล็ดพันธุ์ข้าว มีการเจริญเติบโตต้นอ่อนสูงกว่าข้าวอ้างอิง เมื่อระยะเวลาการพักตัว 2 เดือน มีเจริญเติบโตต้นอ่อนที่ต่ำกว่า ระยะการพักตัว 4 และ 6 เดือน เนื่องจากระยะการพักตัวเมล็ดพันธุ์ที่ 2 เดือน เมล็ดพันธุ์อาจอยู่ในช่วงระยะการพักตัว (ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์, 2559) ซึ่งเมล็ดพันธุ์มีการเจริญเติบโตต้นอ่อนสูงที่สุด ที่ระยะเวลาการพักตัว 6 เดือน คือ 5.06 ± 0.05 cm เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิงมีการเจริญเติบโต

ต้นอ่อนเพียง 4.08 ± 0.25 cm และมีความแตกต่างทางสถิติ เมล็ดพันธุ์ที่มีการเจริญเติบโตต้นอ่อนที่สูง แสดงว่าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงที่สูง และมีความสัมพันธ์กับร้อยละการงอก เมื่อเมล็ดพันธุ์ข้าว มีร้อยละการงอกที่สูง การเจริญเติบโตต้นอ่อนก็จะสูงขึ้นตามด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุราง (2552) ความยาวยอดมีความสัมพันธ์สูงกับร้อยละการงอก และใช้เป็นวิธีทดสอบความแข็งแรงในเมล็ดพันธุ์ข้าวได้

Table 5 Seedling growth of rice seed KDML 105.

λ IR (μ m)	HRTD ($^{\circ}$ C)	HRTI (min)	TRT	Seedling Growth (cm)			
				2 SDP	4 SDP	6 SDP	
2.83	35	3	1	1.48 $\pm$ 0.23 ^{ijkl}	3.50 $\pm$ 0.93 ^{cde}	3.63 $\pm$ 0.30 ^{ijkl}	
		6	2	2.38 $\pm$ 0.50 ^{efgh}	3.78 $\pm$ 1.18 ^{bcd}	3.81 $\pm$ 0.14 ^{ijk}	
		9	3	2.45 $\pm$ 0.20 ^{efgh}	4.38 $\pm$ 0.35 ^{abc}	4.16 $\pm$ 0.07 ^{def}	
	45	3	4	1.43 $\pm$ 0.74 ^{ijkl}	3.36 $\pm$ 0.24 ^{de}	3.47 $\pm$ 0.17 ^l	
		6	5	2.28 $\pm$ 0.93 ^{efghi}	3.41 $\pm$ 0.21 ^{de}	3.60 $\pm$ 0.27 ^{kl}	
		9	6	2.42 $\pm$ 0.46 ^{efgh}	4.11 $\pm$ 0.75 ^{abcd}	4.02 $\pm$ 0.10 ^{efghi}	
	55	3	7	1.94 $\pm$ 0.86 ^{hijk}	2.76 $\pm$ 0.60 ^{ef}	2.92 $\pm$ 0.30 ^m	
		6	8	1.23 $\pm$ 0.43 ^{kl}	2.70 $\pm$ 0.51 ^{ef}	2.76 $\pm$ 0.32 ^m	
		9	9	0.90 $\pm$ 0.48 ^l	2.32 $\pm$ 0.70 ^f	2.44 $\pm$ 0.24 ⁿ	
	2.98	35	3	10	2.49 $\pm$ 0.89 ^{efgh}	3.93 $\pm$ 0.87 ^{bcd}	3.89 $\pm$ 0.20 ^{ghij}
			6	11	2.72 $\pm$ 0.05 ^{cdefgh}	3.98 $\pm$ 0.35 ^{abcd}	4.00 $\pm$ 0.09 ^{fghi}
			9	12	2.75 $\pm$ 1.04 ^{cdefgh}	4.13 $\pm$ 0.91 ^{abcd}	4.45 $\pm$ 0.15 ^c
45		3	13	2.04 $\pm$ 0.30 ^{hijk}	3.89 $\pm$ 0.36 ^{bcd}	3.83 $\pm$ 0.16 ^{hijk}	
		6	14	2.11 $\pm$ 0.11 ^{ghij}	3.91 $\pm$ 0.74 ^{bcd}	3.98 $\pm$ 0.05 ^{fghi}	
		9	15	2.88 $\pm$ 0.53 ^{bcdefg}	4.07 $\pm$ 0.65 ^{abcd}	4.32 $\pm$ 0.22 ^{cd}	
55		3	16	2.43 $\pm$ 0.41 ^{efgh}	4.00 $\pm$ 0.45 ^{abcd}	4.27 $\pm$ 0.25 ^{cde}	
		6	17	2.21 $\pm$ 0.58 ^{fghij}	3.88 $\pm$ 0.51 ^{bcd}	3.86 $\pm$ 0.21 ^{ghijk}	
		9	18	2.03 $\pm$ 0.11 ^{hijk}	3.79 $\pm$ 0.87 ^{bcd}	3.78 $\pm$ 0.17 ^{ijk}	
3.14	35	3	19	3.08 $\pm$ 0.29 ^{bcde}	4.06 $\pm$ 1.10 ^{abcd}	4.12 $\pm$ 0.10 ^{defg}	
		6	20	3.46 $\pm$ 0.69 ^{abcd}	4.28 $\pm$ 0.51 ^{abcd}	4.32 $\pm$ 0.21 ^{cd}	
		9	21	4.12 $\pm$ 0.27 ^a	4.89 $\pm$ 1.09 ^a	5.06 $\pm$ 0.05 ^a	
	45	3	22	3.03 $\pm$ 0.69 ^{bcdef}	3.88 $\pm$ 0.21 ^{bcd}	3.94 $\pm$ 0.07 ^{fghi}	
		6	23	3.35 $\pm$ 0.65 ^{abcd}	4.02 $\pm$ 0.87 ^{abcd}	4.09 $\pm$ 0.18 ^{defgh}	
		9	24	3.70 $\pm$ 0.59 ^{ab}	4.64 $\pm$ 0.64 ^{ab}	4.78 $\pm$ 0.17 ^b	
	55	3	25	3.49 $\pm$ 0.36 ^{abc}	4.61 $\pm$ 0.47 ^{ab}	4.72 $\pm$ 0.15 ^b	
		6	26	3.04 $\pm$ 0.77 ^{bcdee}	3.87 $\pm$ 0.65 ^{bcd}	4.01 $\pm$ 0.16 ^{efghi}	
		9	27	2.65 $\pm$ 0.85 ^{defgh}	3.62 $\pm$ 0.39 ^{cde}	3.89 $\pm$ 0.20 ^{ghij}	
Rice seed reference			28	2.83 $\pm$ 0.53 ^{cdefg}	4.11 $\pm$ 0.84 ^{abcd}	4.08 $\pm$ 0.25 ^{defgh}	
F-test				*	*	*	
CV (%)				23.60	17.47	4.75	

* Means in the same column with different letters are significantly different at $P < 0.05$ by LSD,

SDP = Seed dormancy period, TRT = treatment

แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการเงื่อนไขการอบแห้งลดความชื้นเป็นหลัก และเมล็ดพันธุ์ข้าวมีร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติและการเจริญเติบโตต้นอ่อนไม่ต่ำกว่าข้าวอ้างอิง คือ เงื่อนไข TRT 12 15 19 20 21 23 24 และ 25 ซึ่งเงื่อนไข TRT 15 สามารถลดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวได้มากที่สุด ที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติและการเจริญเติบโตต้นอ่อน ไม่ต่ำกว่าข้าวอ้างอิง หลังการอบแห้งมีอัตราส่วนความชื้น 0.9138 ± 0.0044 และร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติและการเจริญเติบโตต้นอ่อนที่ระยะการพักตัว 6 เดือน $83.75 \pm 0.96\%$ และ 4.32 ± 0.22 cm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

4 สรุป

จากการศึกษาทดสอบอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่าความยาวคลื่นรังสีอินฟราเรด $3.14 \mu\text{m}$ อุณหภูมิลมร้อน 35°C และเวลาที่เมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกปริมาณ 9 min เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าว ซึ่งเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังการอบแห้งมีร้อยละการงอกมากกว่าข้าวอ้างอิง หลังการอบแห้งมีอัตราส่วนความชื้นและอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ข้าวหลังเทมเปอร์ริง 40 min 0.9644 และ 40°C ตามลำดับ หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน มีร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติ และการเจริญเติบโตต้นอ่อน $88.50 \pm 1.29\%$ และ 5.06 ± 0.05 cm ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิงมีร้อยละการงอกต้นอ่อนปกติ และการเจริญเติบโตต้นอ่อนเพียง $83.75 \pm 0.96\%$ และ 4.08 ± 0.25 cm ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติ

5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2561 และทุนวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม รวมถึงสถานที่การดำเนินงานวิจัย และอุปกรณ์การทดสอบในงานวิจัยนี้

6 เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2561. การพัฒนาศักยภาพศูนย์ข้าวชุมชนโดยระบบส่งเสริมการเกษตรแบบแปลงใหญ่. แหล่งข้อมูล: <https://www.moac.go.th/news-preview-401591791369>. เข้าถึงเมื่อ 8 กันยายน 2562.

กิตติคุณ ปิณฑมพพันธุ์. 2556. การอบแห้งเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยเครื่องอบแห้งแบบเพิ่มความร้อนในตัวกลางแตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

คงศักดิ์ ชินนาบุญ. 2543. อิทธิพลของการทำเทมเปอร์ริงที่มีต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหลังอบแห้ง แบบฟลูอิดซ์เบด.

วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพมหานคร: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

จักรมาส เลหาวิช, สุพรรณ ยั่งยืน. 2557. เครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุนด้วยระบบบังคับสปีดร่วมกับลมร้อนปล่อยทิ้ง. เลขที่สิทธิบัตร : 8962

ทรงพล วิจารณ์จักร, สุพรรณ ยั่งยืน, เชิดพงษ์ เขียวชาญวัฒนา, จักรมาส เลหาวิช. 2559. การพัฒนาและทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวกล้องงอกแบบถังหมุน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 47(3 พิเศษ), 429-432.

นฤพนธ์ บ่อคำเกิด, วสันต์ ดั่งคำจันทร์, จักรมาส เลหาวิช. 2555. ผลของวิธีการทำแห้งต่อการลดลงของความชื้นและควมมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดข้าวเหนียว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3 พิเศษ), 252-255.

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์. 2559. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว. แหล่งข้อมูล: <http://kkn-rsc.ricethailand.go.th> เข้าถึงเมื่อ 23 ตุลาคม 2562.

ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวสุรินทร์. 2559. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว. แหล่งข้อมูล: <http://srn-rsc.ricethailand.go.th/index.php/2016-04-22-07-52-30?showall=1> เข้าถึงเมื่อ 28 ตุลาคม 2562.

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. 2562. การผลิตข้าวครบวงจรโดยเกษตรกรมีส่วนร่วม. แหล่งข้อมูล: <http://www.arda.or.th/datas/file/POLICY4.pdf>. เข้าถึงเมื่อ 13 สิงหาคม 2562.

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2562. วิทยาการก่อนและหลังการเก็บเกี่ยวข้าว. แหล่งข้อมูล: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/postharvest/index.php-file=content.php&id=3.htm?fbclid=IwAR3RqrhCwSlq7hW6_aLFeZLwg-1c5MY15OWELXWDoxRq8bz0E3Q7Mj5H1ys#1. เข้าถึงเมื่อ 28 ตุลาคม 2562.

สุรางค์ เจริญ. 2552. การตรวจสอบความแข็งแรงเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยวิธีเร่งอายุ. นครราชสีมา: บัณฑิตวิทยาลัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อรรณณ ฤทธิธ, ทรงชัย วิริยะอำไพวงศ์, จักรมาส เลหาวิช. 2555. การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการอบแห้งสำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3 พิเศษ), 111-114.

ASAE Standards. 1996. Moisture measurement - unground grains and seeds ASAE s352.2. St. Joseph, Michigan: ASAE.

Ding, C., Khir, R., Zhongli, P., Wood, D.F., Chandrasekar, V., Tu, Hang., Mashad, H.E. Berrios, J. 2018. Influence of infrared drying on storage characteristics of brown rice. Journal of Food Chemistry 264, 149-156.

ISTA- International Rules for Seed testing. 2016. Seed Science and Technology. Zurich, Switzerland.

- ISTA- International Seed Testing Association. 1999.
International Rules for Seed Testing. Supplement to
Seed Science and Technology 27, 1-333.
- ISTA-International Seed Testing Association. 1995.
Handbook of Vigour Test Methods. (3rd ed.). Zurich
Switzerland.
- Maluf A.M., Bilia D.A.C., Barbedo C.J. 2003. Drying and
Storage of *Eugenia Involucrata* DC Seeds. Journal of
Scientia Agricola 60, 471-475.
- Ozisik, M.N. 1985. Heat transfer : A basic approach. New
York: Mcgraw-Hill.