ผลของอุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์ที่มีต่อการติดเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว

Effect of high temperature at reproductive stage on seed set and seed quality of rice

มัณฑนา ปานศรีทอง[1], จุฑามาศ ร่มแก้ว[1*], ชเนษฎ์ ม้าลำพอง[1], พรรณี ทองเกตุ[2] และ ชัยสิทธิ์ ทองจู[3]

Manthana Pansrithong[1], Jutamas Romkaew[1*], Chanate Malumpong[1], Pannee Thongket[2] and Chaisit Thongjoo[3]

บทคัดย่อ: สภาวะที่อุณหภูมิของโลกเพิ่มขึ้นส่งผลกระทบโดยตรงต่อการผลิตข้าว ทำให้ความมีชีวิตของละอองเกสร และการติดเมล็ดลดลง ดังนั้นจึงได้ศึกษาผลของอุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์ที่มีต่อการติดเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบ split-plot in CRD จำนวน 2 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลัก คือ สภาพแปลงธรรมชาติ และโรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิสูง (40±5°C) และปัจจัยรอง คือ ข้าวจำนวน 14 พันธุ์ ปลูกข้าวทุกพันธุ์ในกระถางแล้วตั้งไว้ในสภาพแปลงภายนอกโรงเรือน เมื่อข้าวเริ่มเข้าระยะตั้งท้อง (R2) ย้ายข้าวจำนวน 10 กระถางในแต่ละพันธุ์เข้าสู่โรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิสูง จนถึงระยะเก็บเกี่ยว (R9) เปรียบเทียบกับสภาพแปลงธรรมชาติ ผลการทดลองพบว่า อุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์มีผลทำให้จำนวนรวง/กอ น้ำหนักรวง/กอ ความยาวเมล็ด น้ำหนักเมล็ดดี/รวง การติดเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ผลผลิต/กอลดลง ในสภาพอุณหภูมิสูง พันธุ์ข้าวที่มีการติดเมล็ดสูง (>75 %) ได้แก่ N22 ชัยนาท 1 และ กข49 พันธุ์ข้าวที่มีระดับความทนร้อนปานกลาง (ติดเมล็ด 50-74%) ได้แก่ กข29 กข31 กข41 กข47 กข55 กข61 กข63 สุพรรณบุรี 60 และ พิษณุโลก 2 ในขณะที่พันธุ์ที่ไม่ทนร้อน (ติดเมล็ด <50%) ได้แก่ ปทุมธานี 1 สินเหล็ก และ กข15 นอกจากนี้อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลง แต่ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์ ยกเว้น กข15 และสินเหล็ก ในขณะที่ สุพรรณบุรี 60 กข41 และกข29 ยังคงมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 80%

คำสำคัญ: ข้าว, อุณหภูมิสูง, การติดเมล็ด, ผลผลิต, คุณภาพเมล็ดพันธุ์

Received August 30, 2018

Accepted December 19, 2018

[1] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[2] กรมการข้าว 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Rice Department, 50 Phahonyothin Rd, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900

[3] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

[*] Corresponding author: agrjur@ku.ac.th

ABSTRACT: The increasing in air temperature, due to global warming, has direct impact on rice production. High temperature reduces pollen viability and seed set. Therefore, the objective of this experiment was to study the effect of high temperature at reproductive stage on seed set and seed quality of rice. The pot experiment was arranged in split-plot in CRD with 2 replications. Ambient and high temperatures (40±5°C) were main plots and 14 rice varieties were sub-plots. All rice varieties were planted in pots and sit in the field outside the greenhouse. At the reproductive stage (R2), 10 pots from each variety were tested in greenhouse under high temperature until harvest (R9) and compared with ambient temperature (field) condition. The results showed that high temperature significantly decreased number of panicle/plant, panicle weight/plant, good seed weight/panicle, seed set, 100-seed weight and yield/plant. Under high temperature, N22, Chainat 1 and RD49 had highly significant seed set (>75%). RD29, RD31, RD41, RD47, RD55, RD61, RD63, SuphanBuri 60 and Phitsanulok 2 had moderately seed set (50-74 %), while, PathumThani 1, Sin Lek and RD15 gave low seed set (<50 %). In addition, high temperature also affected seed vigor as determined by AA but no effect on seed germination of all rice varieties but RD15 and Sin Lek. Suphan Buri 60, RD41 and RD29 showed higher than 80% vigor as determined by AA.
Keywords: rice, high temperature, seed set, yield, seed quality

บทนำ

ปัญหาโลกร้อนมีผลทำให้อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีของประเทศไทยสูงขึ้นกว่าปกติ 1°C ตั้งแต่ พ.ศ. 2494-2559 และอุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุดเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายนสูงกว่า 35 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560) อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1°C มีผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลงร้อยละ 10 (Peng et al., 2004) ซึ่งอุณหภูมิตั้งแต่ 35°C เป็นช่วงวิกฤติของข้าวในระยะเจริญพันธุ์ มีผลต่อข้าวทั้งในระยะตั้งท้อง ระยะออกรวง ระยะดอกบาน และระยะการสะสมอาหารในเมล็ด (Matsui et al., 2000) แต่ระยะที่มีผลกระทบมากที่สุด คือ ระยะดอกบาน (Satake and Yoshida, 1978) อุณหภูมิสูงขณะดอกบานมีผลทำให้ละอองเกสรของข้าวไม่แตก การปล่อยละอองเกสรลดลง จึงทำให้ละอองเกสรตกบนยอดเกสรตัวเมียมีน้อย การที่ละอองเกสรถูกสร้างน้อยลง เนื่องจาก การแบ่งเซลล์ของ microspore mother cell ไม่สมบูรณ์ การงอกของละอองเกสรลดลง ชะลอการงอกของ pollen tube และความมีชีวิตของละอองเกสรลดลง มีผลทำให้การผสมเกสรลดลง เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น การพัฒนาของเมล็ดเกิดขึ้นช้าและผลผลิตลดลง (Satake and Yoshida, 1978; Matsui et al., 2000) อย่างไรก็ตาม อุณหภูมิสูงมีผลทำให้การติดเมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์แตกต่างกัน (Cheabu et al., 2018) ดังเช่นการศึกษาของ Jagadish et al. (2010) ที่พบว่า ที่อุณหภูมิ 38°C พันธุ์ข้าวที่ทนร้อนและไม่ทนร้อน มีความสมบูรณ์ของดอกย่อยลดลงเหลือเพียง 71 และ 18% ตามลำดับ สอดคล้องกับ Madan et al. (2012) ที่พบว่าอุณหภูมิ 38°C มีผลทำให้การติดเมล็ดของข้าวทนร้อนและไม่ทนร้อนมีการติดเมล็ดลดลง 4.4 %°C-1 และ 9.8 %°C-1 ตามลำดับ นอกจากอุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการติดเมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์แล้ว อุณหภูมิสูงยังมีผลต่อการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด มีผลทำให้ผลผลิตลดลง เนื่องจากอัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดน้อย (Xie et al., 2009) Morita et al. (2005) พบว่า อุณหภูมิกลางคืนที่สูง (22/34°C) มีผลกระทบต่อน้ำหนักเมล็ดมากกว่าอุณหภูมิกลางวันที่สูง (34/22°C) และอุณหภูมิปกติ (22/22°C) นอกจากอุณหภูมิสูงจะทำให้การติดเมล็ดและผลผลิตข้าวลดลงแล้ว ยังส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวอีกด้วย หากข้าวได้รับอุณหภูมิสูงขณะที่เมล็ดกำลังพัฒนา (seed development) และสุกแก่ (maturation) มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่ำ (Ellis et al., 1993; Ellis and Hong, 1994)

กรมการข้าวมีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวปีละ 17-21 พันธุ์ ตามความต้องการใช้เมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร โดยในปี 2560 มีเป้าหมายการผลิตเมล็ดพันธุ์ 80,000 ตัน แต่ยังไม่สามารถผลิตได้ครบตามเป้าหมาย เนื่องจากได้รับผลกระทบจากสภาวะอากาศที่เปลี่ยนแปลง โดยเฉพาะการปลูกข้าวในฤดู

นาปรังตั้งแต่เดือนธันวาคม - มกราคม และออกดอกประมาณเดือนมีนาคม จะได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูง (กรมการข้าว, 2559) ซึ่งจะเห็นว่า มีการรายงานผลงานวิจัยทางด้านผลกระทบของอุณหภูมิสูงต่อการติดเมล็ด ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว ในขณะที่ผลของอุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์ที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์นั้น ยังมีรายงานผลไม่มาก ดังนั้น วัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์ที่มีต่อการติดเมล็ด และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าว 14 พันธุ์/สายพันธุ์ ภายใต้โรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง (40±5°C) เปรียบเทียบกับการทดสอบในสภาพแปลงธรรมชาติ

วิธีการศึกษา

การปลูกและดูแลรักษาข้าวเพื่อเก็บเมล็ดพันธุ์

ปลูกข้าวพันธุ์/สายพันธุ์ที่ไม่ไวต่อช่วงแสงจากกรมการข้าว จำนวน 12 พันธุ์ ได้แก่ กข15 กข29 กข31 กข41 กข47 กข49 กข55 กข61 กข63 สุพรรณบุรี 60 ชัยนาท 1 พิษณุโลก 2 และ ปทุมธานี 1 เปรียบเทียบกับพันธุ์ควบคุม 2 พันธุ์ ได้แก่ N22 (พันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงของ IRRI) และ สินเหล็ก (พันธุ์ที่ไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง) ณ แปลงทดลองศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2559 ถึง เมษายน 2560 วางแผนการทดลองแบบ Split plot in CRD จำนวน 2 ซ้ำ Main plot คือ สภาพอุณหภูมิ 2 สภาพ ได้แก่ สภาพอุณหภูมิธรรมชาติ (แปลงนาธรรมชาติ) และโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง (40±5°C) Sub-plot คือ ข้าวไม่ไวต่อช่วงแสง จำนวน 14 พันธุ์ โดยการเพาะข้าวลงในถาดเพาะ 1 เมล็ด/หลุม เมื่อต้นกล้าข้าวมีอายุประมาณ 30 วัน ย้ายลงปลูกในกระถางพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมขนาด กว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 17 x 17 x 21 ซม. กระถางละ 1 ต้น จำนวน 20 กระถาง/พันธุ์ เมื่อข้าวเข้าสู่ระยะตั้งท้อง (R2) แบ่งข้าวออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 นำข้าวจำนวน 10 กระถาง/พันธุ์ เข้าสู่โรงเรือนที่ควบคุมอุณหภูมิสูงในเวลากลางวันนาน 6 ชม./วัน ตั้งแต่ 10.00 ถึง 16.00 น. จากนั้นจึงลดอุณหภูมิในโรงเรือนลงให้อุณหภูมิในเวลากลางคืนเท่ากับสภาพอากาศภายนอก โดยให้ข้าวได้รับสภาพอุณหภูมิสูงดังกล่าวติดต่อกันจนถึงระยะเก็บเกี่ยว (R9) ปรับความชื้นสัมพัทธ์ให้ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติตลอด 24 ชั่วโมง มีการติดตั้ง data logger ไว้ 3 จุด ในโรงเรือนเพื่อตรวจวัดอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และความเข้มแสงทุก 5 นาที ส่วนที่ 2 นำข้าวจำนวน 20 กระถาง/พันธุ์ ไปไว้ในแปลงนาธรรมชาติ

บันทึกข้อมูล ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวทั้งในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูงและแปลงนาธรรมชาติ ดัดแปลงตามวิธีของ IRRI (2013) ได้แก่ 1) จำนวนรวงต่อกอ นับจำนวนรวงทั้งหมดต่อกอ จากข้าวจำนวน 10 กระถาง/พันธุ์ 2) ความยาวรวง สุ่มรวงข้าว จำนวน 5 รวง/ซ้ำ วัดความยาวรวงตั้งแต่คอรวงถึงปลายรวง 3) น้ำหนักรวง/กอ ชั่งน้ำหนักรวงทั้งหมดที่มีความยาวรวงตั้งแต่ปลายรวงถึงคอรวง 4) ความยาวเมล็ด สุ่มเมล็ด 20 เมล็ด/ซ้ำ วัดความยาวเมล็ดและคำนวณค่าเฉลี่ยความยาวเมล็ดเป็น มม. 5) น้ำหนักเมล็ดดี/รวง สุ่มรวงข้าวจำนวน 5 รวง คัดเลือกเมล็ดดี/รวงไปชั่งน้ำหนัก คำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนักเมล็ดดี/รวง 6) เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด สุ่มรวงข้าว จำนวน 5 รวง นับจำนวนเมล็ดดีและเมล็ดเสีย จากนั้นนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด ดังสูตรต่อไปนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ด} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดดี}}{\text{จำนวนเมล็ดดี + จำนวนเมล็ดเสีย}} \times 100$$

จากนั้นประเมินการติดเมล็ดตามเกณฑ์ของ IRRI (2013) แบ่งเป็น ติดเมล็ด 75 – 90% ทนร้อน ติดเมล็ด 50 – 74% ทนร้อนปานกลาง ติดเมล็ด < 50% ไม่ทนร้อน 7) น้ำหนัก 100 เมล็ด สุ่มเมล็ดดี จำนวน 100 เมล็ด 4 ซ้ำ นำมาชั่งน้ำหนัก และคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด และ 8) ผลผลิตต่อกอ สุ่มตัวอย่างต้นข้าว จำนวน 5 ต้น นำมาแยกเมล็ดออกจากรวง จากนั้นชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดต่อกอ

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ นำเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้งที่ได้จากโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูงและสภาพธรรมชาติ มาลดความชื้นด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 3 วัน จนเมล็ดพันธุ์มีความชื้นเริ่มต้น 10% จากนั้น สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้ 1) ความงอก เพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวด้วยกระดาษ

เพาะแบบ top of paper (TP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ตรวจนับความงอกที่ 14 วันหลังเพาะตามวิธีของ ISTA (2016) และ 2) ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ นำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ใส่ในตะแกรงลวด นำตะแกรงลวดที่บรรจุเมล็ดวางในขวดเร่งอายุที่มีน้ำ 100 มล. ปิดฝาขวดให้สนิท นำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 44 °C เป็นเวลา 96 ชั่วโมง นำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุมาทดสอบความงอกตามวิธีของ ISTA (2016)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ split plot in CRD และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2017)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพอุณหภูมิตามธรรมชาติและในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2559 ถึงเมษายน 2560

อุณหภูมิอากาศเฉลี่ยเวลา 10.00 - 16.00 น. ตลอดการทดลอง ตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2559 ถึงเดือนเมษายน 2560 ในสภาพธรรมชาติ และโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูงมีค่าเฉลี่ย 31.47 และ 38.79°C อุณหภูมิสูงสุด เท่ากับ 37.16 และ 47.62°C และมีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในสภาพธรรมชาติเท่ากับ 29.46°C ส่วนอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูงเท่ากับ 38.47°C จะเห็นได้ว่า อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยภายในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูงมากกว่าในสภาพธรรมชาติสูงถึง 9.01°C (Figure 1) ขณะที่ความชื้นสัมพัทธ์ตลอดการทดลองในสภาพธรรมชาติ และโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง มีค่าเฉลี่ย 50.7 และ 29.0% ตามลำดับ

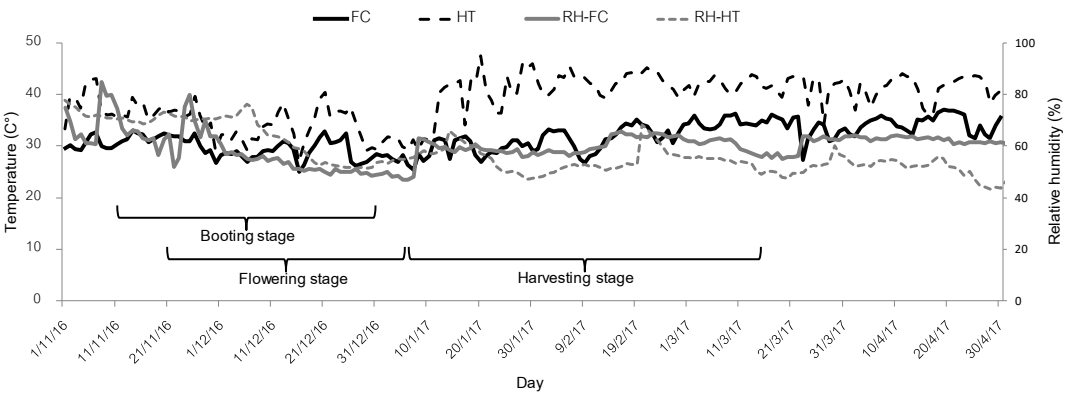


Figure 1 Comparison average air temperature (°C) and relative humidity (%) in high temperature greenhouse and field condition (10 A.M. – 4 P.M.) from November 2016 - April 2017 (Reproductive stage to Harvesting) HT = High temperature greenhouse, FC = Field condition, RH-HT = Relative humidity in field condition, RH-FC = Relative humidity in high temperature greenhouse

ความเข้มแสงตลอดการทดลองในสภาพธรรมชาติ และโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,357 และ 798 µmol/m2/s ตามลำดับ โดยความเข้มแสงสูงที่สุดทั้งในสภาพธรรมชาติ และโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง มีค่าเท่ากับ 1,979 และ 1,235 µmol/m2/s ตามลำดับ ในระยะที่ดอกข้าวบาน ความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ยในสภาพธรรมชาติ เท่ากับ 1,201 µmol/m2/s ส่วนในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง มีความเข้มแสงสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 721 µmol/m2/s ความเข้มแสงเฉลี่ยในสภาพธรรมชาติมีค่ามากกว่าในโรงเรือนควบคุมอุณหภูมิสูง 559 µmol/m2/s (Figure 2)

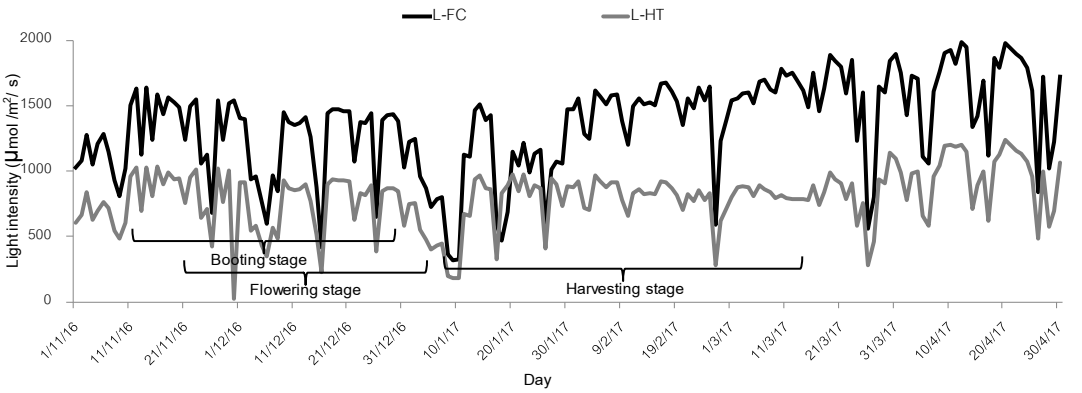


Figure 2 Light intensity (µmol /m^2/s) in high temperature greenhouse and field condition (10 A.M. – 4 P.M.) from November 2016 - April 2017 (Reproductive stage to Harvesting)

L-FC = Light intensity in field condition, L-HT = Light intensity in high temperature green house

จำนวนรวง/กอ

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนรวง/กอของข้าวที่ปลูกในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง พบว่า ในสภาพธรรมชาติมีจำนวนรวง/กอเฉลี่ยสูงกว่าในสภาพอุณหภูมิสูง โดยมีจำนวนรวงเฉลี่ย 10.6 และ 8.1 รวง/กอ ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีจำนวนรวง/กอแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ พันธุ์/สายพันธุ์ข้าวที่มีจำนวนรวงต่อกอสูง ได้แก่ กข49 กข63 และ N22 โดยมีค่าเท่ากับ 15.1 14.2 และ 13.6 รวง/กอ ในขณะข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่น ๆ มีจำนวนรวง/กอต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข49 กข63 N22 และ กข31 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ มีจำนวนรวง/กอ สูงและไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์ กข49 ที่ปลูกในอุณหภูมิสูง (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบจำนวนรวง/กอในพันธุ์/สายพันธุ์เดียวกัน พบว่า กข49 และ N22 มีจำนวนรวง/กอสูงทั้งในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง อุณหภูมิสูงมีผลทำให้จำนวนรวง/กอของสินเหล็ก กข31 และ กข63 มีจำนวนรวง/กอลดลง 48.2 33.3 และ 26.8% ตามลำดับ (Figure 3A) สอดคล้องกับ Oh-e et al. (2007) ที่พบว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้จำนวนรวง/กอของข้าวบางพันธุ์/สายพันธุ์ลดลง ทั้งนี้เนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินกว่า 37°C จะทำให้รวงอ่อนที่กำลังเจริญเติบโตถูกยับยั้ง

ความยาวรวง

ข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพธรรมชาติมีความยาวรวงไม่แตกต่างกันทางสถิติกับข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง โดยมีความยาวรวงเฉลี่ย 23.8 และ 24.5 ซม. ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีความยาวรวงแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ ข้าว

พันธุ์ กข55 มีความยาวรวงเฉลี่ยสูงที่สุด คือ 28.0 ซม. แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ ปทุมธานี 1 กข47 และชัยนาท 1 ที่มีความยาวรวงเฉลี่ย 27.0 26.4 และ 26.0 ซม. ในขณะที่ N22 ที่มีความยาวรวงเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 15.6 ซม. (Table 1) เมื่อเปรียบเทียบความยาวรวงในพันธุ์เดียวกันที่ปลูกทั้งในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง พบว่า มีความยาวรวงไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความยาวรวงของ กข47 และ N22 เพิ่มขึ้น (Figure 3B) เนื่องจากการพัฒนาของรวงข้าวเกิดขึ้นในระยะ panicle initiation ซึ่งเป็นระยะก่อนนำข้าวเข้าสู่อุณหภูมิสูง ดังนั้นผลของอุณหภูมิสูงตั้งแต่ระยะตั้งท้องจึงไม่กระทบต่อความยาวรวงของข้าว

น้ำหนักรวง/กอ

ข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูงมีน้ำหนักรวง/กอเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ กล่าวคือ น้ำหนักรวงต่อกอของข้าวที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในสภาพอุณหภูมิสูง โดยมีน้ำหนักรวง/กอเฉลี่ย 19.21 และ 14.24 กรัม ตามลำดับ ข้าวพันธุ์ กข49 มีน้ำหนักรวง/กอเฉลี่ย 29.99 กรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์ กข55 และ กข31 ที่มีน้ำหนักรวง/กอเฉลี่ย 26.32 และ 26.11 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่ กข15 กข41 สินเหล็ก และ N22 มีน้ำหนักรวง/กอเฉลี่ยต่ำกว่าพันธุ์/สายพันธุ์อื่น ๆ (Table 1) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข31 กข49 กข55 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีน้ำหนักรวง/กอ 31.96 30.76 และ 35.48 กรัม ตามลำดับ และไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์ กข49 ที่มีน้ำหนักรวง/กอ 29.23 กรัม เมื่อปลูกในสภาพอุณหภูมิสูง แต่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่นๆ เมื่อเปรียบเทียบพันธุ์/สายพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ข้าวพันธุ์ สินเหล็ก กข55 และ กข31 มีน้ำหนักรวง/กอลดลงคิดเป็น 61.9 51.6 และ 36.6% (Figure 3C) จะเห็นได้ว่า ข้าวพันธุ์ กข31 กข55 และสินเหล็กไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง จึงมีผลทำให้น้ำหนักรวงลดลง ในขณะที่ข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่น ถึงแม้จะมีน้ำหนักรวง/กอน้อย แต่เมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิสูงก็มีไม่ผลทำให้น้ำหนักรวง/กอลดลง ทั้งนี้เนื่องจากข้าวที่อยู่ในระยะตั้งท้องจะอ่อนแอต่ออุณหภูมิสูง ทำให้มีเมล็ดลีบสูง แต่มีจำนวนเมล็ด/รวง และเมล็ดดีลดลง (ชลลดา, 2545)

ความยาวของเมล็ด

ภายใต้สภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความยาวของเมล็ดข้าวเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพธรรมชาติมีความยาวของเมล็ดเฉลี่ย 9.79 มม. และข้าวที่ปลูกภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง มีความยาวของเมล็ดเฉลี่ย 9.55 มม. ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีความยาวของเมล็ดแตกต่างกัน กล่าวคือ พันธุ์ กข47 มีความยาวของเมล็ดสูงที่สุด คือ 10.63 มม. ไม่แตกต่างทางสถิติกับ สุพรรณบุรี 60 ที่มีความยาวเมล็ด 10.58 มม. (Table 1) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 60 และ กข47 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีความยาวเมล็ดยาวกว่าข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่น โดยมีความยาวเมล็ด 10.80 และ 10.71 ซม. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบพันธุ์/สายพันธุ์ข้าวกับสภาพการปลูกทั้ง 2 สภาพ พบว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความยาวของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข41 สุพรรณบุรี 60 พิษณุโลก 2 สินเหล็ก และ N22 ลดลง (Figure 3D)

น้ำหนักเมล็ดดี/รวง

เมื่อปลูกข้าวภายใต้สภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูงมีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงเฉลี่ย 3.420 และ 2.784 กรัม ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงแตกต่างกัน กล่าวคือ พันธุ์ กข29 มีน้ำหนักเมล็ดดีต่อรวงสูงที่สุด คือ 6.293 กรัม รองลงมาคือ ปทุมธานี 1 และ กข41 ที่มีน้ำหนักเมล็ดดี/รวง 4.549 และ 4.291 กรัม ตามลำดับ ในขณะที่

กข15 มีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงต่ำที่สุด คือ 0.851 กรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ N22 และสินเหล็ก ที่มีน้ำหนักเมล็ดดี/รวง 0.865 และ 1.206 กรัม ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข29 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง มีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีน้ำหนักเมล็ดดี/รวง 6.568 และ 6.019 กรัม ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่นที่ปลูกในทั้ง 2 สภาพแวดล้อม เมื่อเปรียบเทียบพันธุ์/สายพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข29 มีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงสูงทั้งในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง ในขณะที่อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ข้าวพันธุ์ กข15 สินเหล็ก ปทุมธานี 1 และ กข55 มีน้ำหนักเมล็ดดี/รวงลดลง 78.2 60.3 37.9 และ 30.0% ตามลำดับ (Figure 3E)

การติดเมล็ด

ข้าวที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีการติดเมล็ดเฉลี่ย 76.00% สูงกว่าในสภาพอุณหภูมิสูงที่มีการติดเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 61.00% ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีการติดเมล็ดแตกต่างกัน กล่าวคือ ข้าวพันธุ์ N22 มีการติดเมล็ดสูงสุด คือ 85.1% แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับ ชัยนาท 1 กข63 กข49 และ กข31 ที่มีการติดเมล็ด 84.9 81.4 80.8 และ 77.3% ตามลำดับ (Table 2) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข31 กข49 กข63 ชัยนาท 1 และ N22 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีการติดเมล็ดไม่แตกต่างกันทางสถิติกับ ชัยนาท 1 และ N22 ที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิสูง เมื่อพิจารณาการติดเมล็ดของข้าวแต่ละพันธุ์ที่ปลูกในทั้ง 2 สภาพ พบว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้การติดเมล็ดของข้าวพันธุ์ กข15 สินเหล็ก ปทุมธานี 1 กข47 กข63 และ กข55 ลดลงเท่ากับ 80.8, 77.9, 36.1, 18.6, 16.9 และ 16.0% ตามลำดับ (Figure 3F) จะเห็นได้ว่า พันธุ์/สายพันธุ์ข้าวจะตอบสนองต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ อุณหภูมิสูง มีผลทำให้การติดเมล็ดของ กข15 ต่ำที่สุด รองลงมา คือ สินเหล็ก ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง ในขณะที่ N22 ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงนั้น มีการติดเมล็ดสูงที่สุด (Figure 3F) การที่อุณหภูมิสูงมากกว่า 35°C ในระยะผสมเกสรมีผลทำให้การติดเมล็ดลดลงนั้น เนื่องจาก อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ดอกย่อยเป็นหมันและไม่สามารถสร้างเมล็ดได้ ซึ่งความเป็นหมันเกิดขึ้นจากความสามารถในการแตกของละอองเกสร การผลิตละอองเกสรที่มีชีวิต และการงอกของละอองเกสรบนเกสรตัวเมียลดลง (Satake and Yoshida, 1978) สอดคล้องกับ Jagadish et al. (2010) ที่พบว่าอุณหภูมิ 38°C มีผลทำให้ความสมบูรณ์ของดอกย่อยลดลงเหลือเพียง 18 และ 71% ในพันธุ์ข้าวที่ทนทาน และไม่ทนทานต่ออุณหภูมิสูง ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความงอกของละอองเกสรลดลงจึงเกิดการปฏิสนธิลดลง เมื่อประเมินการติดเมล็ดตามเกณฑ์ของ IRRI (2013) พบว่า พันธุ์ข้าวที่มีระดับความทนร้อนสูง (ติดเมล็ด >75%) ได้แก่ N22 ชัยนาท 1 และ กข49 พันธุ์ข้าวที่มีระดับความทนร้อนปานกลาง (ติดเมล็ด 50-74 %) ได้แก่ กข29 กข31 กข41 กข47 กข55 กข61 กข63 สุพรรณบุรี 60 และ พิษณุโลก 2 ในขณะที่พันธุ์ที่ไม่ทนร้อน (ติดเมล็ด <50%) ได้แก่ ปทุมธานี 1 สินเหล็ก และ กข15 (Figure 3F)

น้ำหนัก 100 เมล็ด

ข้าวที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิสูงมีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 2.30 กรัม ต่ำกว่าที่ปลูกในสภาพธรรมชาติที่มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ย 2.49 กรัม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวทั้ง 14 พันธุ์ พบว่า กข31 กข29 กข47 สุพรรณบุรี 60 ชัยนาท 1 และพิษณุโลก 2 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข29 กข31 กข47 สุพรรณบุรี 60 ชัยนาท 1 และพิษณุโลก 2 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติ มีน้ำหนัก 100 เมล็ดสูง และไม่แตกต่างทางสถิติกับ กข29 และชัยนาท 1 ที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิสูง หากพิจารณาแต่ละพันธุ์กับ

Table 1 Number of panicle/plant, panicle length, panicle weight/plant, seed length and seed weight/panicle of rice grown under field and high temperature condition.

	No. Panicle/ plant	Panicle length (cm.)	Panicle weight/ plant (g)	Seed length (mm)	Seed weight/ panicle (g)
Condition (A)					
Field condition	10.6 A[1/]	23.8	19.21 A	9.79 A	3.420 A
High temperature	8.1 B	24.5	14.24 B	9.55 B	2.784 B
F-test (A)	**	ns	**	**	**
Variety (B)					
RD15	7.7 def[2/]	20.6 f	4.01 g	10.15 bcd	0.851 g
RD29	6.0 fg	23.6 de	13.26 de	9.96 e	6.293 a
RD31	11.0 bc	25.9 bc	26.11 ab	9.44 g	3.360 de
RD41	3.9 g	22.0 ef	7.09 fg	10.01 de	4.291 bc
RD47	7.3 ef	26.4 abc	15.32 cd	10.63 a	3.129 ef
RD49	15.1 a	23.6 de	29.99 a	10.04 cde	3.109 ef
RD55	10.4 bcd	28.0 a	26.32 ab	9.39 g	3.282 e
RD63	14.2 a	25.5 bcd	24.75 b	7.96 h	3.094 ef
SP60	9.2 c-f	25.3 bcd	17.32 cd	10.58 a	2.655 f
CN1	10.0 cde	26.0 abc	24.62 b	10.28 b	3.817 cd
PL2	10.0 cde	24.5 cd	19.23 c	10.08 cde	2.927 ef
PTT1	6.2 fg	27.0 ab	9.57 ef	10.19 bc	4.549 b
Sinlek	6.3 fg	23.8 de	8.29 efg	9.63 f	1.206 g
N 22	13.6 ab	15.8 g	8.31 efg	7.07 i	0.865 g
Grand mean	9.35	24.1	16.7	9.67	3.102
F-test (B)	**	**	**	**	**
F-test (A x B)	**	**	**	**	**
C.V. (A) %	12.15	8.04	16.04	0.57	5.94
C.V. (B) %	19.03	5.77	20.62	1.18	14.36

[1/] Mean within the same column followed by the same capital letters are not significantly different at P<0.05 by LSD

[2/] Mean within the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at P<0.05 by LSD

* = significantly different at $P \leq 0.05$ ** = significantly different at $P \leq 0.01$

Table 2 Seed set, 100 seeds weight, yield/plant, seed germination and seed vigor of rice grown under field and high temperature condition.

	Seed set (%)	100 seeds weight (g)	Yield/plant (g)	Seed germination (%)	Seed vigor (%)
Condition (A)					
Field condition	76.0 A[1/]	2.49 A	16.72 A	96.9	78.7 A
High temperature	61.0 B	2.30 B	12.86 B	93.0	66.1 B
F-test (A)	**	*	**	ns	**
Variety (B)					
RD15	32.0 g[2/]	2.29 e	3.21 g	84.3	75.3 bcd
RD29	68.2 d	2.72 a	11.59 e	93.8	84.0 ab
RD31	77.3 abc	2.59 abc	21.10 abc	95.3	58.8 g
RD41	66.8 de	2.24 de	5.58 fg	94.5	84.3 ab
RD47	71.8 bcd	2.72 a	14.59 d	97.8	74.8 cd
RD49	80.8 ab	2.46 cd	22.49 a	98.8	61.5 fg
RD55	71.1 cd	2.25 ef	23.83 a	97.3	65.3 efg
RD63	81.4 a	1.98 g	22.75 a	97.3	49.3 h
SP60	70.4 cd	2.64 ab	19.17 bc	99.0	90.0 a
CN1	84.9 a	2.68 ab	21.40 ab	99.5	70.0 def
PL2	67.9 de	2.64 ab	18.27 c	96.8	81.5 abc
PTT1	59.0 e	2.10 fg	8.00 f	91.0	60.5 g
Sinlek	42.5 f	2.54 bc	6.98 f	87.5	85.0 a
N 22	85.1 a	1.59 h	8.08 f	97.0	73.5 cde
Grand mean	68.5	2.39	14.79	95.0	72.4
F-test (B)	**	**	*	ns	**
F-test (AxB)	**	**	**	ns	**
%C.V. (A)	6.79	2.99	16.23	3.80	4.66
%C.V. (B)	6.43	4.89	13.74	5.00	8.66

[1/] Mean within the same column followed by the same capital letters are not significantly different at P<0.05 by LSD

[2/] Mean within the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at P<0.05 by LSD

* = significantly different at P ≤ 0.05 ** = significantly different at P ≤ 0.01

สภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิ พบว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ข้าว กข15 กข31 กข47 กข55 และพิษณุโลก 2 มีน้ำหนัก 100 เมล็ดลดลง (Figure 3G) การที่น้ำหนัก 100 เมล็ดของพันธุ์ข้าวส่วนใหญ่ลดลง เนื่องจากอุณหภูมิสูงในระยะการผสมเกสร และการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ด มีผลทำให้ผลผลิตลดลง เกิดจากการผสมเกสรไม่ติด และระยะเวลาการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดสั้น (Xie et al., 2009) อัตราการเจริญเติบโตของเมล็ดเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และการสะสมน้ำหนักแห้งของเมล็ดสั้นเมื่ออยู่ในสภาพอุณหภูมิสูง (Oh-e et al., 2007)

ผลผลิต/กอ

จากการปลูกข้าวภายใต้สภาพธรรมชาติให้ผลผลิต/กอเฉลี่ย 16.72 กรัม สูงกว่าในสภาพอุณหภูมิสูงที่มีผลผลิต/กอเฉลี่ย 12.86 กรัม ข้าวพันธุ์ กข55 มีผลผลิต/กอสูง เท่ากับ 23.83 กรัม ไม่แตกต่างทางสถิติกับพันธุ์ กข63 กข49 ชัยนาท 1 และ กข31 ส่วนพันธุ์ที่ให้ผลผลิตต่ำ คือ กข15 และกข41 (Table 2) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข55 ที่ปลูกในสภาพธรรมชาติมีผลผลิตต่อกอสูงที่สุด คือ 32.32 กรัม แตกต่างทางสถิติกับข้าวทุกพันธุ์/สายพันธุ์ที่ปลูกในทั้ง 2 สภาพแวดล้อม อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ผลผลิต/กอ ของข้าวพันธุ์สินเหล็ก กข55 กข31 และสุพรรณบุรี 60 ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพธรรมชาติ โดยมีผลผลิต/กอลดลง 79.4 52.5 25.5 และ 20.4% ตามลำดับ (Figure 3H) เนื่องจากอุณหภูมิสูงที่ระยะสุกแก่ มีผลทำให้น้ำหนักเมล็ดลดลง ลดการสะสมอาหารในเมล็ด มีเมล็ดลีบเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้ผลผลิตลดลง (Yoshida et al. 1981)

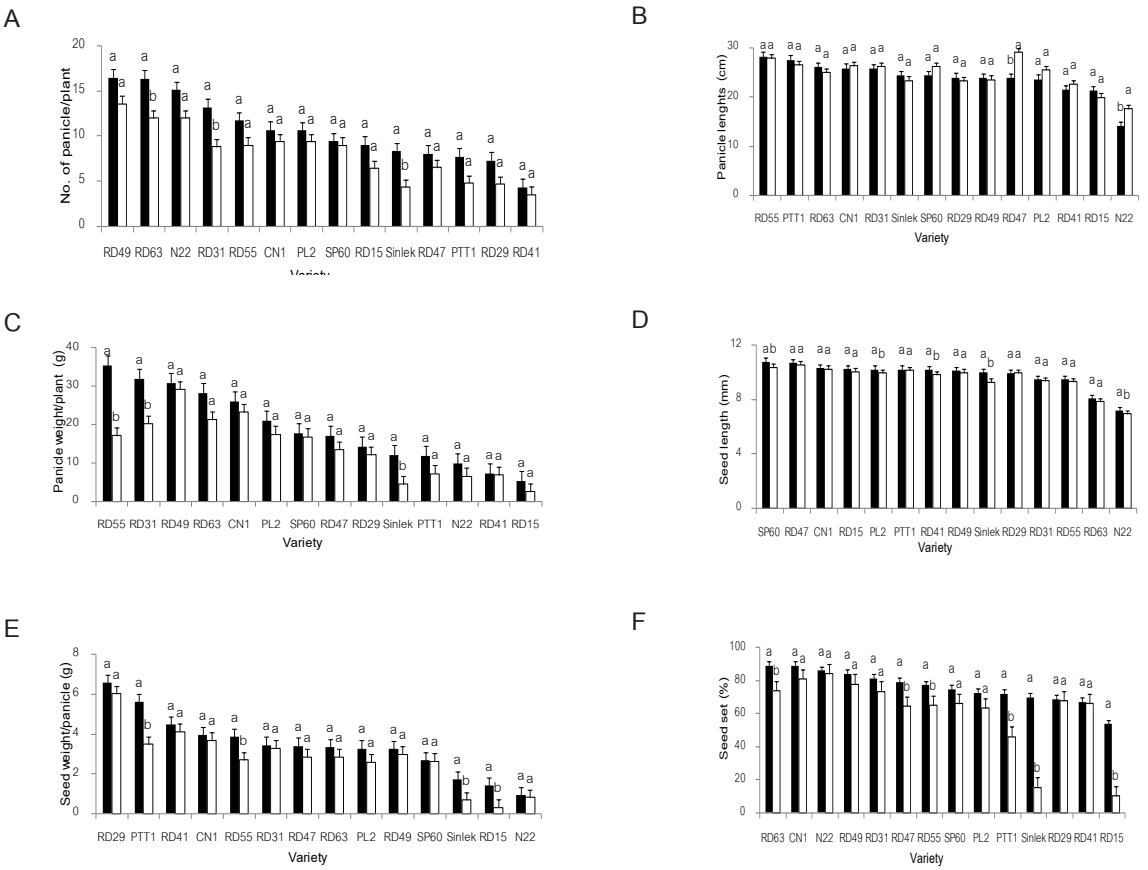
ความงอก

ข้าวที่ปลูกในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูงมีความงอกเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีความงอกเฉลี่ยแตกต่างกัน กล่าวคือ พันธุ์ชัยนาท 1 มีความงอกสูงที่สุด คือ 99.50% ไม่แตกต่างทางสถิติกับข้าวพันธุ์อื่นๆ ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข15 ปทุมธานี 1 และสินเหล็กมีความงอกเฉลี่ยต่ำกว่าข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่น ๆ (Table 2) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข15 และสินเหล็กที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิสูงมีความงอกที่ 72.5 และ 80.0% ตามลำดับ ต่ำกว่าข้าวพันธุ์/สายพันธุ์อื่น ๆ ที่ปลูกทั้งในสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง โดยข้าวพันธุ์ กข15 และ สินเหล็ก ที่ได้จากสภาพธรรมชาติมีความงอกมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับอุณหภูมิสูง ในขณะที่ข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่ได้จากสภาพธรรมชาติและได้รับอุณหภูมิสูงมีความงอกไม่แตกต่างกัน ในขณะที่พันธุ์/สายพันธุ์อื่นยังคงมีความงอกไม่ต่ำกว่า 80% ตามเกณฑ์ ของ พระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความงอกของ กข15 และ สินเหล็กลดลง 24.5 และ 15.8% ตามลำดับ (Figure 3I)

ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ

เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวทั้ง 14 พันธุ์ที่ได้จากสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูงมาตรวจสอบความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้จากสภาพธรรมชาติ มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเฉลี่ย 78.7% สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูง ที่มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเฉลี่ย 66.1% ในขณะที่พันธุ์ข้าวที่แตกต่างกันมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุแตกต่างกัน โดย สุพรรณบุรี 60 มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเฉลี่ย 90.0% ไม่แตกต่างทางสถิติกับ กข29 กข41 พิษณุโลก 2 และ สินเหล็ก (Table 2) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์กับสภาพการปลูก พบว่า ข้าวพันธุ์ กข15 กข29 กข41 สุพรรณบุรี 60 ชัยนาท 1 พิษณุโลก 2 และสินเหล็ก ที่ปลูกในสภาพ

ธรรมชาติ มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุไม่แตกต่างกับสุพรรณบุรี 60 ที่ปลูกในสภาพอุณหภูมิสูง อุณหภูมิสูงมีผลทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลง สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่ยังคงมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 80% ทั้งที่ได้จากสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูงตั้งแต่ระยะตั้งท้อง ได้แก่ กข29 กข41 และ สุพรรณบุรี 60 เมื่อเปรียบเทียบสภาพการปลูกทั้ง 2 อุณหภูมิของข้าวแต่ละพันธุ์ พบว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ กข15 ชัยนาท 1 กข55 กข31 และ สินเหล็ก ลดลง 38.2 35.3 28.3 22.0 และ 21.1% ตามลำดับ (Figure 3J) จะเห็นได้ว่า หากข้าวได้รับอุณหภูมิสูงขณะที่เมล็ดกำลังพัฒนา (seed development) และสุกแก่ (maturation) มีผลทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ต่ำ (Ellis et al., 1993; Ellis and Hong, 1994) หากข้าวได้รับอุณหภูมิสูงขณะเมล็ดกำลังพัฒนา จะมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มากกว่าการได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสุกแก่ (Ellis, 2011) ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวมีผลมาจากสภาพแวดล้อมในแปลงปลูกและพันธุ์ ดังนั้นเมื่อศึกษาการปลูกข้าว japonica ที่อุณหภูมิ 32/24 °C จะมีความมีชีวิตต่ำกว่าที่อุณหภูมิ 28/20 °C และความมีชีวิตของข้าว japonica จะต่ำกว่า indica (Martinez-Eixarch and Ellis, 2015)



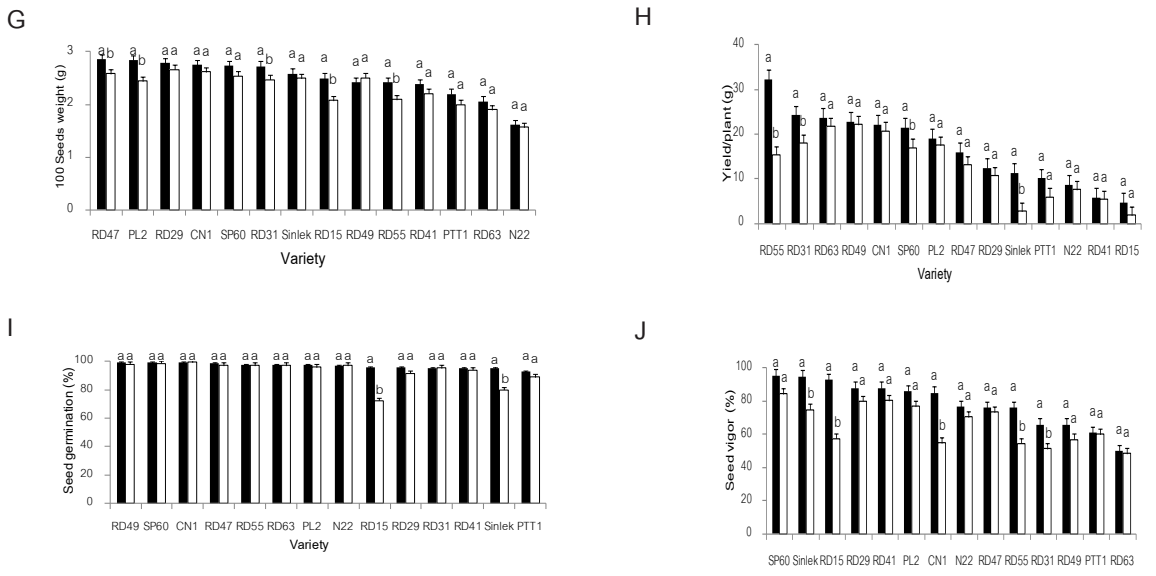


Figure 3 A, No. of panicle per plant; B, panicle Length; C, Panicle weight; D, Seed length; E, Seed weight per panicle; F, Seed set; G, 100 seeds weight; H, Yield per plant; I, Seed germination; J, Seed vigor of rice grown under field condition and high temperature condition. Bars superscripted by different letters within the same variety are significantly

สรุป

จากการศึกษาผลของอุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์ที่มีต่อการติดเมล็ดและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าว สรุปได้ดังนี้

1. อุณหภูมิสูงในระยะเจริญพันธุ์มีผลทำให้จำนวนรวง/กอ น้ำหนักรวง/กอ ความยาวเมล็ด น้ำหนักเมล็ดดี/รวง การติดเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ผลผลิต/กอ และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับสภาพธรรมชาติ

2. พันธุ์ข้าวที่มีการติดเมล็ดสูง (>75 %) ในสภาพอุณหภูมิสูงตั้งแต่ระยะตั้งท้อง ได้แก่ N22 ชัยนาท 1 และ กข49 พันธุ์ข้าวที่มีระดับความทนร้อนปานกลาง (ติดเมล็ด 50-74%) ได้แก่ กข29 กข31 กข41 กข47 กข55 กข61 กข63 สุพรรณบุรี 60 และ พิษณุโลก 2 ในขณะที่พันธุ์ที่ไม่ทนร้อน (ติดเมล็ด <50%) ได้แก่ ปทุมธานี 1 สินเหล็ก และ กข15

3. อุณหภูมิสูงมีผลทำให้ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลง แต่ไม่มีผลต่อความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวทุกพันธุ์ที่ได้จากสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง ยังคงมีความงอกสูงกว่า 80% ยกเว้น กข15 ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข29 กข41 และสุพรรณบุรี 60 ยังคงมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 80% ทั้งที่ได้จากสภาพธรรมชาติและอุณหภูมิสูง

เอกสารอ้างอิง

กรมการข้าว. 2559. แผนการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าว ปี 2560. แหล่งข้อมูล: http://brs.ricethailand.go.th/images/PDF/Plan_up-

date_060160.pdf. ค้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2561.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. ความรู้ด้านอุตุนิยมวิทยา (ภาวะเรือนกระจก). แหล่งข้อมูล: https://www.tmd.go.th/info/info.php?FileID=20. ค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2560.

ชลลดา ถาคำมี. 2545. อิทธิพลของอุณหภูมิสูงในระยะตั้งท้อง และผสมเกสรต่อการผสมเกสรและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวนาปรังในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

Cheabu, S., P. Moung-ngam, A. Arikit, A. Vanavichit, and C. Malumpong. 2018. Effects of heat stress at vegetative and reproductive stages on spikelet fertility. Rice Sci. 25 (4): 218-226.

Ellis, R.H. 2011. Rice seed quality development and temperature during late development and maturation. Seed Sci. Res. 21: 95-101.

Ellis, R.H., and T.D. Hong. 1994. Desiccation tolerance and potential longevity of developing seed of rice (Oryza sativa L.). Ann. Bot. 73: 501-506.

Ellis, R.H., T.D. Hong, and M.T. Jackson. 1993. Seed production environment, time of harvest, and the potential longevity of seed of three cultivars of rice (Oryza sativa L.). Ann. Bot. 72: 583-590.

IRRI. 2013. Standard evaluation system for rice. 5th edition. International Rice Research Institute, Philiippins.

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

Jagadish, S.V.K., R. Mathurajan, R. Oane, T.R. Wheeler, S. Heuer, J. Bennett, and P.Q. Carufurd. 2010. Physiological and proteomic approaches to address heat tolerance during anthesis in rice (Oryza sativa L.). J. Exp. Bot. 61: 143-156.

Madan, P., S.V.K. Jagadish, P.Q. Craufurd, M. Fitzgerald, T. Lafage, and T.R. Wheeler. 2012. Effect of elevated CO2 and high temperature on seed set and grain quality of rice. J. Exp. Bot. 63 (10): 3843-3852.

Martinez-Eixarch, M. and R.H. Ellis. 2015. Temporal sensitivities of rice seed development from spikelet fertility to viable mature seed to extreme-temperature. Crop Sci. 55: 354-364.

Matsui, T., K. Omasa, and T. Horie. 2000. High temperatures at flowering inhibit swelling of pollen grains, a driving force for thecae dehiscence in rice (Oryza sativa L.). Plant Prod. Sci. 3: 430–434.

Morita, S., Y. Jun-Ichi, and T. Jun-Ichi. 2005. Growth and endosperm cell size under high night temperatures in rice (*Oryza sativa* L.). Ann. Bot. (Lond.). 95: 695–701.

Oh-e, I., K. Saitoh, and T. Kuroda. 2007. Effects of high temperature on growth, yield and dry-matter production of rice grown in the paddy field. Plant Prod. Sci. 10: 412-422.

Peng, S., J. Huang, J.E. Sheehy, R.C. Laza, R.M. Visperas, X. Zhong, G.S. Khush and K.G. Cassmon. 2004. Rice yield decline with higher night temperature from global warming. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 101: 9971-9975.

R Core Team. 2017. R: A language and environment for statistical computing.

R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Satake, T., and S. Yoshida. 1978. High tem perature induces sterility in indica rice at flowering. Jpn. J. Crop Sci. 47: 6-17.

Xie, X.J., B.B. Li, Y.X. Li, and S.H. Shen. 2009. High temperature harm at flowering in Yangtze River basin in recent 55 years. Jiangsu J. Agric. Sci. 25: 28-32.

Yoshida, S. 1981. Fundamental of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.