วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 29:2(108-114)

ผลของอุณหภูมิสูงต่อการเป็นหมันและการพัฒนาของเมล็ดข้าว

Effects of High Temperature on Sterility and Development of Rice Grain

ร่วมจิตร นกเขา

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหาร (food crop) ที่มนุษย์ใช้บริโภคมากที่สุดคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณอาหารจากพืชทั้งหมดที่มนุษย์บริโภค รองลงมา ได้แก่ ข้าวสาลี (wheat) คิดเป็นสัดส่วนประมาณ 19 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ปลูกข้าวทั่วโลกประมาณ 983 ล้านไร่ ผลผลิตข้าวเปลือกประมาณ 656 ล้านตันต่อปี ประเทศผู้ผลิตรายใหญ่ ได้แก่ สาธารณะรัฐประชาชนจีน (187 ล้านตัน) อินเดีย (141 ล้านตัน) อินโดนีเซีย (57 ล้านตัน) สำหรับประเทศไทยผลิตข้าวเปลือกได้มากเป็นอันดับที่ 7 ของโลก ในปี พ.ศ. 2550 และ 2551 ประเทศไทยผลิตข้าวเปลือกได้ประมาณ 32 ล้านตันต่อปี ถึงแม้ประเทศไทยผลิตข้าวได้มากเป็นอันดับที่ 7 ของโลก แต่เป็นผู้ส่งข้าวออกไปจำหน่ายในตลาดต่างประเทศมากที่สุด โดยในปีพ.ศ. 2550 และ 2551 ประเทศไทยส่งข้าวออกไปตลาดต่างประเทศปริมาณ 9,192,518.0 และ 10,216,128.0 ตัน มูลค่า 119,215.0 และ 203,219.0 บาท ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553) เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศผู้ผลิตข้าวรายใหญ่ของโลก 7 อันดับแรก ประเทศไทยได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ต่ำที่สุด 481 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าประเทศเวียดนาม (779 กิโลกรัมต่อไร่) ซึ่งเป็นคู่แข่งสำคัญในตลาดการค้าข้าว โดยประเทศสาธารณะรัฐประชาชนจีนเป็นประเทศที่ได้ผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่สูงที่สุด 1,015 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากใช้พันธุ์ลูกผสม และมีสภาพภูมิอากาศเหมาะสม โดยเฉพาะอุณหภูมิในช่วงฤดูกาลเพาะปลูกต่ำกว่าในประเทศไทย

การปลูกข้าวในประเทศไทย จะพบเสมอว่า เมล็ดข้าวเปลือกส่วนหนึ่งที่อยู่บนรวงเป็นเมล็ดข้าวลีบ คือ มีเฉพาะส่วนของแกลบ (lemma และ palea) ภายในไม่มีเมล็ด และเมล็ดข้าวเปลือกบางส่วนมีเนื้อเมล็ด แต่เป็นเมล็ดที่พัฒนาไม่สมบูรณ์ หรือเป็นข้าวไม่เต็มเมล็ด ซึ่งเกษตรกรผู้ปลูกข้าวทราบเรื่องนี้ดี สังเกตได้จากการนวดข้าว (นวดเอาเมล็ดข้าวเปลือกออกจากรวงข้าว) เกษตรกรต้องใช้ลมเป่า หรือใช้วิธีการฝัดข้าว เพื่อแยกเมล็ดข้าวลีบ หรือข้าวไม่เต็มเมล็ดออกจากข้าวเต็มเมล็ด หรือแม้กระทั่งเครื่องสีข้าวก็จะต้องมีลมเป่าเพื่อแยกข้าวลีบหรือเศษฟางออกจากข้าวเต็มเมล็ด ซึ่งในเรื่องดังกล่าวประเทศไทยยังไม่มีรายงานผลการศึกษาปริมาณหรือสัดส่วนข้าวลีบ หรือข้าวไม่เต็มเมล็ด ว่ามีปริมาณหรือสัดส่วนมากน้อยเพียงใด อาจประมาณคร่าว ๆ ว่า อยู่ระหว่าง 5-25 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพันธุกรรมและปัจจัยสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะฤดูกาลเพาะปลูกมีผลต่ออุณหภูมิ ความเข้มแสง ลม และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ มีรายงานการศึกษาจากนักวิจัยหลายท่าน ที่แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิสูงมีผลทำให้เกสรตัวผู้เป็นหมัน เมื่อเกสรตัวผู้เป็นหมันทำให้ตัวเมียไม่ได้รับการผสม รังไข่จึงไม่สามารถพัฒนาไปเป็นเมล็ดได้ หรือในกรณีที่มีการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย แต่การพัฒนาของเมล็ดในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมอาจไม่สมบูรณ์

1. ผลของอุณหภูมิสูงต่อการเป็นหมันของดอกข้าว

สภาวะโลกร้อนที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ ทำให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ดข้าวลดลง (Kondo, 2009) ดังนั้นพันธุ์ข้าวและสภาพแวดล้อมจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการปลูกข้าวของเกษตรกร เนื่องจากข้าวแต่ละพันธุ์มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน จากการศึกษาโดยนำข้าว japonica และ indica มาปลูกเปรียบเทียบเพื่อดูความแตกต่างระหว่างพันธุ์ โดยให้ต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูง 3 ระยะ ได้แก่ ให้ต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูงก่อนดอกบาน 2 สัปดาห์ ข้าว japonica และ indica มีลักษณะการเป็นหมันน้อย น้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง 10-15

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร 80160

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อข้าว japonica และ indica ได้รับอุณหภูมิสูง 3 วันก่อนออกรวง ข้าวทั้ง 2 ชนิดให้เมล็ดลีบมากกว่า 44 เปอร์เซ็นต์ โดยข้าว indica ทนทานต่ออุณหภูมิสูงมากกว่าข้าว japonica และเมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูง 1 สัปดาห์หลังดอกบาน ข้าวทั้ง 2 ชนิดให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดลดลง 14 เปอร์เซ็นต์ (Sato, 1979)

สาเหตุการเป็นหมันของดอกข้าว ส่วนหนึ่งมาจากข้าวได้รับอุณหภูมิสูงในขณะดอกบาน Matsui *et al.*, (2001) จึงได้นำข้าว japonica จำนวน 9 พันธุ์ มาศึกษาหาพันธุ์ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงในขณะดอกบาน พบว่า พันธุ์ Nipponbare และ Akitakomachi เป็นพันธุ์ที่ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีที่สุด ขณะที่พันธุ์ Aichinokari, Yumehikari, Kinmaze, Akihikari และ Aoinokaze ทนต่ออุณหภูมิสูงได้ปานกลาง ส่วนข้าวพันธุ์ Minamihikari และ Hinohikari พบว่าทนต่ออุณหภูมิสูงได้น้อยสุด (Table 1) โดยข้าวพันธุ์ Hinohikari (พันธุ์ที่ทนทานต่ออุณหภูมิสูงได้น้อย) เมื่อได้รับอุณหภูมิสูง 37.5 องศาเซลเซียส (Figure 1) ทำให้ดอกข้าวเป็นหมันประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ Akitakomachi (ทนทานต่ออุณหภูมิสูง) ต้องได้รับอุณหภูมิสูง 40.0 องศาเซลเซียส จึงจะทำให้ดอกข้าวเป็นหมันประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ โดยอุณหภูมิที่ทำให้ดอกข้าวของ 2 พันธุ์นี้เป็นหมัน 50 เปอร์เซ็นต์ ต่างกันประมาณ 3 องศาเซลเซียส สาเหตุการเป็นหมันของดอกข้าวที่เกิดในระยะดอกบาน เนื่องจากความผิดปกติของละอองเกสรตัวผู้ (pollen grain) ที่ได้รับอุณหภูมิสูงก่อน pollen สุกแก่เต็มที่ จะไปลดจำนวน และขนาดของละอองเกสรตัวผู้ และปริมาณการสะสมแป้ง ใน pollen ทำให้ละอองเกสรตัวผู้ที่ปลดปล่อยออกมาไม่สมบูรณ์ จึงไม่สามารถผสมกับนิวเคลียสในเกสรตัวเมียได้ รังไข่จึงไม่พัฒนาเป็นเมล็ด (Sato, 1979) นอกจากนี้ Sato (1979) ยังพบว่า ข้าว japonica พันธุ์ Norin -17 เมื่อได้รับอุณหภูมิสูง เป็นเวลา 7 วันก่อนออกดอก (Figure 2) มีจำนวนเดอกเป็นหมันสูง 24 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูง 1-2 สัปดาห์ก่อนดอกบาน ยังส่งผลให้เมล็ดมีขนาดเล็ก น้ำหนัก 1,000 เมล็ดต่ำ เช่นเดียวกับต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิสูงหลังจากดอกบาน 2 สัปดาห์ ให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ด และความหนาของเมล็ดลดลง (Sato, 1979)

Table 1 The percent fertility of the nine japonica-rice varieties under 37.5 and 40.0 °C day-temperature conditions.

Cultivar	control	Percentage fertility under high temperature		
	35.0/26.0° C *	37.5/26.0° C	40.0/26.0 °C	Tolerance to high temperature
Nipponbare	94.6	85.3	35.0	Tolerance
Akitakomachi	93.4	80.0	50.3	Tolerance
Aichinokari	96.1	78.2	19.8	Moderate
Yumehikari	91.5	74.3	22.9	Moderate
Kinmaze	95.4	65.2	22.2	Moderate
Akihikari	92.6	65.9	13.2	Moderate
Aoinokaze	91.4	58.4	19.9	Moderate
Minamihikari	92.7	45.7	19.2	Susceptible
Hinohikari	93.4	44.1	13.7	Susceptible

*Day/night temperature

Matsui *et al.*, (2001)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

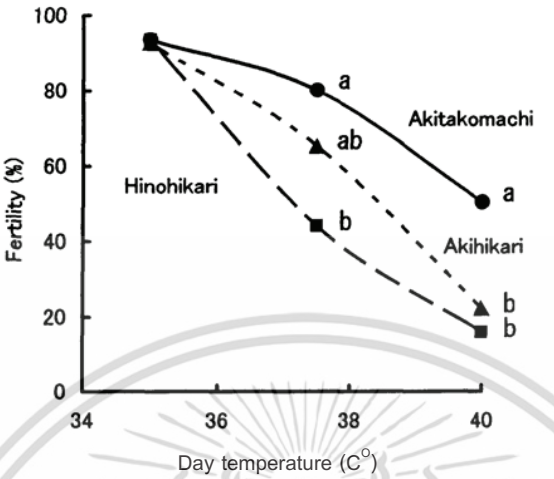

Figure 1 The percent fertility of the florets flowered at various day-temperature conditions 37.5 and 40.0 (C^{O}) Matsui *et al.*, (2001)

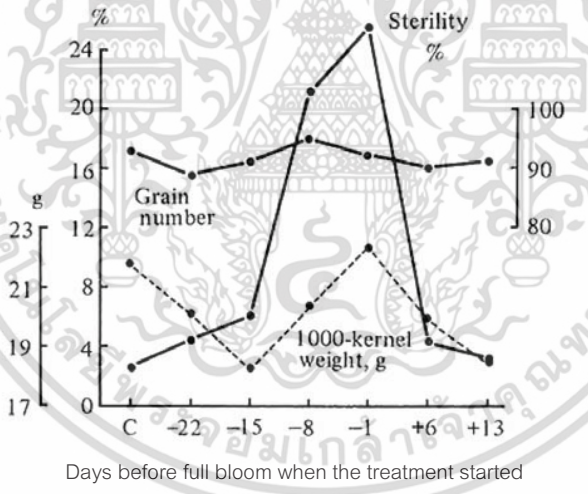

Figure 2 Effects of high temperature treatments of 7 days on the grain number per head, occurrence of sterility, and weight of 1000 kernels ripened of japonica rice cv.Norin-17. C: outdoors with no treatment Sato (1979)

อุณหภูมิสูงจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบทุกระยะการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของต้นข้าว โดยระยะ reproductive stage มีผลกระทบมากกว่าระยะ vegetative stage (Sakata, *et al*., 2000) จากการสำรวจพื้นที่ปลูกข้าวในภาคกลางของประเทศไทยช่วงฤดูร้อนในเดือนเมษายนถึงเดือนมิถุนายน ปี พ.ศ. 2512 มีอุณหภูมิกลางวันเฉลี่ยสูงสุด 32.5-39.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่ต้นข้าวอยู่ในระยะออกดอกส่งผลให้ข้าวเมล็ดลีบ เนื่องจากดอกข้าวเป็นหมัน ซึ่งข้าวแต่ละพันธุ์มีผลกระทบที่แตกต่างกัน โดยพันธุ์ IR8, RD1 และ Taichung ดอกข้าวเป็นหมันน้อยกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพันธุ์ BKN6624-46-2 ของประเทศไทย และพันธุ์ C4-63G ของประเทศฟิลิปปินส์ ดอกข้าวเป็นหมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40-50 เปอร์เซ็นต์ (Osada, *et al.,* 1973) เนื่องจากความสัมพันธ์ของการถ่ายละอองเกสรและการผสมเกสรภายใต้สภาพอุณหภูมิสูง ทำให้ถ่ายละอองเกสรได้ยาก จำนวนของละอองเกสรที่ตกบนยอดเกสรตัวเมียมีน้อย ทำให้ข้าวผสมไม่ติด (Sakake and Yoshida, 1978) นอกจากนี้ Yoshida, *et al*. (1981) พบว่า ในช่วงการพัฒนาของช่อดอก ต้นข้าวจะมีลักษณะเหลืองซีด (chlorosis) แตกกอน้อย ทำให้ได้ผลผลิตต่ำ ดังนั้นเกษตรกรจะต้องมีการจัดการสภาพแวดล้อม โดยเฉพาะอุณหภูมิในระหว่างการปลูกข้าวรวมถึงการเลือกใช้พันธุ์ให้เหมาะสม

Table 2 Effect of day temperature on grain weight and grain quality of IR20 and Fujisaka 5 rice.

Day temperature[1] (°C)	Daily temperature (°C)	Grain weight[2] (mg/grain)	Grain quality	
			Chalky grain (%)	Green grain (%)
IR20				
16	16	13.3 (82)[3]	87	3
22	19	15.9 (98)	7	21
28	22	16.2 (100)	12	11
34	25	15.0 (93)	82	2
Fujisaka 5				
16	16	22.4 (97)	10	0
22	19	23.2 (100)	2	0
28	22	22.8 (98)	14	0
34	25	18.7 (81)	99	0

[1] Night temperature was kept at 16 °C. [2] LSD value at 5% level is 0.2 for both varieties.

[3] Figures in parenthesis indicate relative values taking the maximum as 100.

Yoshida and Hara (1977)

2. ผลของอุณหภูมิต่อการสะสมอาหารในเมล็ดข้าว

Yoshida and Hara (1977) รายงานว่า ข้าวพันธุ์ IR20 และพันธุ์ Fujisaka 5 เมื่อได้รับอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันสูง ในระยะสะสมอาหารของเมล็ด ทำให้ระยะการเจริญเติบโตในช่วงนี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว เมล็ดจึงมีระยะเวลาในการสะสมอาหารสั้น โดยข้าวพันธุ์ IR20 เมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน 16 องศาเซลเซียส สีของใบเปลี่ยนเป็นสีเหลืองภายใน 24 ชั่วโมง และเมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวัน 20 องศาเซลเซียส ใบข้าวสามารถสังเคราะห์แสงได้น้อยกว่าปกติ และการสะสมอาหารของเมล็ดจะช้ามาก แต่สุดท้ายน้ำหนักเมล็ดก็ใกล้เคียงกับต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิ 22 และ 28 องศาเซลเซียส โดยข้าวพันธุ์ IR20 และพันธุ์ Fujisaka 5 เมื่อได้รับอุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในระยะสะสมอาหาร 13 และ 18 วัน ตามลำดับ และเมื่อข้าวพันธุ์ IR20 และ พันธุ์ Fujisaka 5 ได้รับอุณหภูมิ 16 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการสะสมอาหาร 33 วัน และ 43 วัน ตามลำดับ จึงจะได้น้ำหนักเมล็ดสูงสุด

การสะสมน้ำหนักเมล็ดและคุณภาพของเมล็ดข้าวจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเฉลี่ยต่อวันที่เหมาะสมในช่วงของการสะสมอาหารของเมล็ด ข้าวพันธุ์ IR20 มีน้ำหนักต่อเมล็ดอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 19-25 องศาเซลเซียส และข้าวพันธุ์ Fujisaka 5 อยู่ในช่วง 16-22 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ข้าวพันธุ์ IR20 มีน้ำหนักต่อเมล็ดต่ำเมื่อได้รับอุณหภูมิกลางวัน 16 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการสังเคราะห์แสงของข้าวพันธุ์นี้ และเมื่อได้รับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีท้องไข่ 89 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวพันธุ์ Fujisaka 5 มีน้ำหนักต่อเมล็ดต่ำ เมื่อได้รับอุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส และเมล็ดมีท้องไข่สูง 99% (Yoshida and Hara, 1977) ซึ่งลักษณะท้องไข่ ที่เกิด ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในระยะแรกการสะสมอาหารของเมล็ด (Kondo *et al.,* 2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3 Effect of high -temperature treatment on percentage of empty grains, percentage of perfect grains and percentage of imperfect grains in upper and lower parts of panicle.

Cultivars	Panicle weight (g)		Percentage of empty grains (%)		Percentage of perfect grains (%)		Percentage of imperfect grains (%)	
	NT	HT	NT	HT	NT	HT	NT	HT
Japonica								
Murasaki- ine	1.21	1.16	21.80	30.00	23.60	13.20	4.60	6.80
Sanlicun	3.23	2.43	12.05	39.00	29.25	0.90	8.70	10.60
Tainung 67	2.96	2.40	14.85	40.75	26.85	0.00	8.25	8.75
Average	2.46	1.66	16.23	36.58	26.56	4.70	7.18	8.71
Indica								
Belle patna	8.18	2.18	4.00	12.40	42.10	31.05	3.95	6.55
Citanduy	2.93	3.26	7.80	5.45	35.30	39.50	6.85	5.11
Lady Wright	2.91	2.07	5.15	29.70	43.50	9.60	1.35	10.70
Average	4.66	2.50	5.65	15.85	40.30	26.71	4.05	7.45
Javanica								
Siangkat	2.68	2.60	3.40	12.50	41.60	32.70	5.10	4.48

NT: natural temperature (26-31°C for 4 days after heading), HT : hight temperature. (32-40°C for 4 days after heading), Zakaria *et al.,* (2002)

3. ผลของอุณหภูมิสูงต่อการพัฒนาของเมล็ดข้าว

จากการศึกษาข้าว japonica และ indica ชนิดละ 3 พันธุ์ และ Javanica 1 พันธุ์ (Table 3) เมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูง 32-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วันหลังออกรวง พบว่า ข้าวทุกพันธุ์มีน้ำหนักต่อรวงลดลง มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงสูง โดยข้าว japonica มีค่าเฉลี่ยของเมล็ดลีบและเมล็ดไม่สมบูรณ์สูงกว่าข้าว indica และ Javanica (Zakaria, *et al.,* 2002) ซึ่งต้นข้าวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงในระยะสุกแก่ ทำให้เมล็ดมีขนาดเล็ก และลักษณะภายนอกของเมล็ดมีคุณภาพต่ำ เนื่องจากช่วงระยะเวลาการสุกแก่สั้น ทำให้น้ำหนักเมล็ดลดลง เป็นท้องไข่ และเมล็ดแตก (Kondo, 2009) นอกจากนี้ต้นข้าวที่ได้รับอุณหภูมิกลางวัน 36 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางคืน 31องศาเซลเซียส (36/31°C) (Table 4) ในระยะตั้งแต่เริ่มแทงช่อดอกออกมาจากใบธง จนถึงระยะ 12 วันหลังออกดอก อุณหภูมิมีผลอย่างมากต่อการพัฒนาของเมล็ดข้าว โดยทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดที่สมบูรณ์ต่ำมาก แต่หลังจากดอกข้าวบานไปแล้ว 20 วัน อุณหภูมิสูงมีผลต่อการพัฒนาของเมล็ดข้าวน้อย (Tashiro and Wardlaw, 1991)

ชนิดของเมล็ดข้าวที่ได้รับความเสียหาย เมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูงระหว่างออกดอกถึงระยะสุกแก่ พบว่าลักษณะของเมล็ดที่ได้รับความเสียหาย (Figure 3) ดังนี้ a) normal kernel เป็นเมล็ดสมบูรณ์ เมล็ดใส โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วยช่องเล็ก ๆ ที่เป็นส่วนของ endosperm b) parthenocarpic kernel เป็นเมล็ดที่พัฒนาขึ้นมาโดยไม่มีการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ เมล็ดพัฒนามาจากรังไข่โดยไม่มี embryo c) abortive kernel เมล็ดฝ่อเนื่องจากเมล็ดหยุดพัฒนาตั้งแต่ระยะแรก บางครั้งเป็นร่องใหญ่เห็นได้ชัดในบริเวณส่วนกลางของ endosperm ด้านใดด้านหนึ่งมีการพัฒนาผิดปกติ หรืออาจเป็นไปได้ที่ endosperm เสื่อม หรือ เซลล์ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการสะสมอาหารไม่เพียงพอ d) opaque kernel เมล็ดหนาและทึบแสง และ e) a milky-white kernel เป็นลักษณะเมล็ดขุ่นขาวทั้งเมล็ด (Tashiro and Wardlaw, 1991) หรือเมล็ดเป็นท้องไข่ ลักษณะท้องไข่ที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้ 4 ชนิด คือ 1) จุดท้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไข่อยู่ด้านหลังเมล็ด (white-back kernel) 2) เมล็ดมีลักษณะขาวขุ่นทั้งเมล็ด (milky-white kernel) 3) จุดท้องไข่อยู่ด้านเดียวกับคัพภะ (white belly kernel) และ 4) จุดท้องไข่อยู่ตรงกลางของเมล็ด (white-core kernel) (Kondo, 2009) ซึ่งการเกิดท้องไข่นั้นไม่ได้มีเฉพาะอุณหภูมิที่เป็นสาเหตุ แต่ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลให้เกิดท้องไข่ ได้แก่ ปริมาณแสงแดดน้อย หรือมีจำนวนรวงมาก เมล็ดข้าวที่เป็นท้องไข่ มีลักษณะเป็นจุดขาวขุ่นคล้ายชอล์กที่เกิดขึ้นในเนื้อเมล็ด ซึ่งเกิดจากเม็ดแป้ง มีการจับตัวรวมกันอยู่อย่างหลวมๆ กับโปรตีน ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆ ภายในเมล็ด จึงเห็นเป็นลักษณะทึบแสง ทำให้เมล็ดมีโครงสร้างที่อ่อนเปราะ แตกหักง่าย ซึ่งลักษณะนี้ถูกควบคุมโดยพันธุกรรมและสิ่งแวดล้อม ท้องไข่เป็นลักษณะปรากฏที่เห็นได้ชัด และใช้ในการประเมินราคาข้าว ข้าวที่มีท้องไข่มากจะมีราคาต่ำ เนื่องจากมองดูไม่สวยงาม และ ที่สำคัญคือ คุณภาพในการขัดสีต่ำ มีข้าวหักมาก

Table 4 The effect of high temperature (36/3l°C), applied over intervals of 8 days, on kernel damage in the 4th and 5th spikelets from the apex of the central four primary branches of a panicle at maturity Each value is based on the analysis of 80 grains from 10 plants

Time of treatment from heading (days)	Sterile flowers (%)	Partheno-carpic Kernel (%)	Abortive Kernel (%)	Opaque Kernel (%)	Chalky grain (%)	Normal Kernel (%)
Heading	48.0	15.8	0	7.3	28.9	0
4	2.6	0.7	5.5	40.1	51.1	0
8	9.4	2.8	1.9	19.2	65.5	1.2
12	5.4	4.5	0	0	87.2	2.9
16	6.1	2.3	0	1.0	64.7	25.9
20	5.7	3.6	0	0	7.2	83.5
24	3.1	0	0	0	18.2	78.7
28	2.7	0.7	0	0	7.9	88.7
Control	2.3	3.0	0	0	8.1	86.6

Tashiro and Wardlaw (1991)

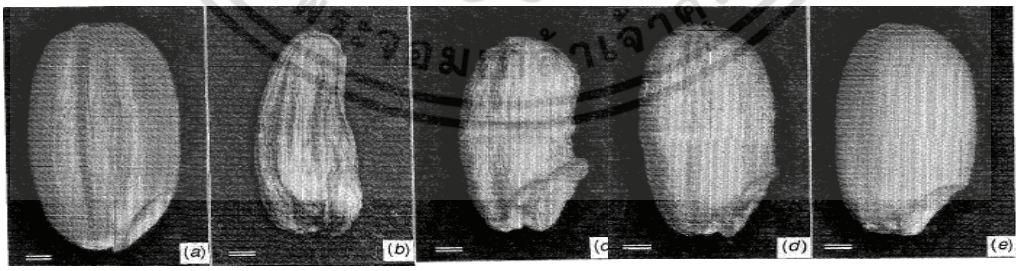

Figure 3 Showing a range of damage induced by high temperature. (a) a normal kernel ; (b) a parthenocarpic kernel (c); abortive kernel (d); an opaque kernel and (e); a milky-white kernel Tashiro and Wardlaw (1991)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุป

อุณหภูมิสูงมีผลต่อการพัฒนาของเมล็ดข้าว ข้าวแต่ละพันธุ์มีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน ต้นข้าวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูง 37.5-40.0 องศาเซลเซียส ในระยะดอกบาน ทำให้ดอกข้าวเป็นหมัน 50 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อต้นข้าวได้รับอุณหภูมิสูง 32-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วันหลังออกรวง มีน้ำหนักต่อรวงลดลง มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงรวงสูง ในระยะการสะสมอาหารของเมล็ด เมื่อได้รับอุณหภูมิกลางวันสูง 34 องศาเซลเซียส ทำให้น้ำหนักต่อเมล็ดต่ำ และเมล็ดมีลักษณะท้องไข 82- 99% นอกจากนี้ต้นข้าวเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงระยะออกดอกถึงระยะสุกแก่ พบลักษณะของเมล็ดที่ได้รับความเสียหาย 4 ลักษณะ ได้แก่ 1) parthenocarpic kernel 2) abortive kernel 3) opaque kernel และ 4) milky-white kernel ซึ่งลักษณะท้องไข่ที่เกิดขึ้นสามารถจำแนกได้ 4 ชนิด คือ 1) จุดท้องไข่อยู่ด้านหลังเมล็ด (white-back kernel) 2) เมล็ดมีลักษณะขาวขุ่นทั้งเมล็ด (milky-white kernel) 3)จุดท้องไข่อยู่ด้านเดียวกับคัพภะ (white belly kernel) และ 4) จุดท้องไข่อยู่ตรงกลางของเมล็ด (white-core kernel)

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. สถานการณ์การผลิต การนำเข้า – ส่งออก. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php

Kondo, M. Morita, S. Nagata, K. Koyama, Y. Ueno, N. Hosoi, J. Ishida, Y. Yamakawa, Z. Hajima, M. Mori, Y. Kimura, H. and M. Sakata. 2006. Effects of air temperature during ripening and grain protein contents on grain chalkiness in rice. Japanese Journal of Crop Science 75: 14-15.

Kondo, M. 2009. Effect of global warming on rice culture and adaptive strategies. International Symposium on Rice Research in the Era of Global Warming, October 6-7, 2009, TARI, Taichung, Taiwan. p 1-9.

Matsui, T. Omasa, K. and T. Horie. 2001. The difference in sterility due to high temperatures during the flowering period among Japonica-rice varieties. Plant Production Science 4(2): 90-93.

Matsui., T. and K. Omasa. 2002. Rice (*Oryza sativa L.*) cultivars tolerant to high temperature at flowering:anther characteristics. Annuals of Botany 89(6): 683-687.

Matsui, T., Kobayashi, K., Nagata, K. and T. Horie. 2005. Correlation between viability of pollination and length of basal dehiscence of the theca in rice under a hot-and-humid condition. Plant Production Science 8(2): 109-114.

Osada, A., Sasiprada, V., Rahong, M., Dhammanuvong, S. and M. Chakrabandhu. 1973. Abnormal occurrence of empty grains of indica rice plants in the dry, hot season in Thailand. Proceedings of the Crop Science Society Japan 42(1): 103-109.

Sakake, T and S. Yoshida. 1978 High temperature-induced sterility in Indica rice at flowering. Japanese Journal of Crop Science 47(1): 6–10.

Sakata, T., Takahashi, H., Nishiyama, I. and A. Higashitani. 2000. Effects of temperature on the development of pollen mother cells and microspres in barley (*hordeum vulgare L.*) Journal of Plant Research 113(4): 395-402.

Sato, K. 1979. High temperature damage to ripening in rice plant. JARQ13(2): 90-95.

Tashiro, T. and I.F. Wardlaw. 1991. The effect of High temperature on kernel dimensions and the type and occurrence of kernel damage in rice. Australian Journal of Agricultural Research 42: 485-96.

Yoshida, S. and T. Hara. 1977. Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and a japonica rice (*Oryza stiva L.)* under controlled environmental condition. Japanese Society Soil Science and Plant Nutrition 23(1): 93-107.

Yoshida, S., Satake, T. and D. S. Mackill. 1981. Heat temperature stress in rice. IRRI research paper series. IRRI, Manila, Philippines. 67: 1-15.

Zakaria, S., Matsuda, T., Tajima, S. and Y. Nitta. 2002. Effects of high temperature at ripening stage on the reserve accumulation in seed in some rice cultivars. Plant Production Science 5(2): 160-168.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้