บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

2.1 ปัญหาจากอุณหภูมิสูง

2.1.1 การเกิดภาวะโลกร้อน (Global Warming)

ภาวะโลกร้อน หมายถึง การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิโลก ไม่ว่าจะเป็นอากาศบริเวณใกล้ผิวโลกหรือน้ำในมหาสมุทร ซึ่งอาจเกิดจากปัจจัยธรรมชาติหรือจากการกระทำของมนุษย์ IPCC ประเมินว่ากิจกรรมของมนุษย์ที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน คือ กิจกรรมที่ทำให้ปริมาณก๊าซเรือนกระจกในบรรยากาศเพิ่มมากขึ้น เช่น การเผาไหม้เชื้อเพลิง การตัดไม้ทำลายป่า ส่งผลให้ภาวะเรือนกระจกตามสภาวะธรรมชาติมีความรุนแรงขึ้น ซึ่งทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกเพิ่มสูงขึ้น ตามรายงานของ IPCC (2001) พบว่า ในช่วงตั้งแต่กลางศตวรรษที่ผ่านมาอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้นถึง 0.74±0.18 องศาเซลเซียส และจากแบบจำลองการคาดคะเนภูมิอากาศพบว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของโลกจะเพิ่มขึ้น 1.4 ถึง 5.8 องศาเซลเซียส ภายในปี ค.ศ. 2100 ซึ่งอยู่ในช่วง พ.ศ. 2544-2643 นอกจากนั้นยังพบว่าอุณหภูมิบริเวณภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2504 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.1 ถึง 0.3 องศาเซลเซียสต่อทศวรรษ ปริมาณน้ำฝนรวมมีแนวโน้มลดลง และมีโอกาสที่จะเกิดสภาวะความรุนแรงของสภาพอากาศเพิ่มขึ้น (IPCC, 2007) การเกิดภาวะโลกร้อนส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate change) ตามมา ซึ่งเป็นลักษณะอากาศที่มีการเบี่ยงเบนไปจากค่าปกติ ในทิศทางใดทิศทางหนึ่งติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดความแปรปรวนของภูมิอากาศที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยตามสถานการณ์ปกติ เช่น ความแปรปรวนของอุณหภูมิ การกระจายตัวของฝน ความแปรปรวนเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาวะความรุนแรงของสภาพอากาศที่มีผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์และสมดุลของสิ่งแวดล้อม (อำนาจ 2553) ผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศต่อระดับน้ำทะเล อันเนื่องมาจากอุณหภูมิของน้ำในมหาสมุทรเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระแสน้ำในมหาสมุทร โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์เอลนินโญ่ หรือ ENSO (Timmermann, 2007) ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับความแปรปรวนของระบบอากาศในซีกโลกใต้ (Southern oscillation) และในหลายพื้นที่ปรากฏการณ์เอลนินโญ่ มีผลต่อการก่อตัวของเมฆและฝนเหนือน่านน้ำบริเวณเอเชียตะวันออกเฉียง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย เมื่อเกิดปรากฏการณ์เอลนินโญ่ จะส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนรวมรายปีมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าปกติ และอุณหภูมิของอากาศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น (Limsakul and Gose, 2008 และ กรรวี 2550) ซึ่งผลกระทบดังกล่าวย่อมมีผลต่อการเพาะปลูกในประเทศไทยและในภูมิภาคเอเชียอย่างแน่นอน

2.1.2 ผลกระทบจากภาวะโลกร้อนต่อการเกษตร

ภาวะโลกร้อนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก โดยเฉพาะอุณหภูมิที่สูงขึ้น ส่งผลต่อระบบการเกษตร ทำให้ได้รับผลกระทบจากฤดูกาลที่แปรปรวนไป ฝนไม่ตกตามฤดูกาล เกิดความรุนแรงของภัยธรรมชาติที่เพิ่มมากขึ้น หรือวงจรของแมลงศัตรูพืชอาจมีการขยายพันธุ์ที่รวดเร็วขึ้น อันเนื่องมาจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป เกิดศัตรูพืชพันธุ์ใหม่ๆ ระบาดอย่างหนักและทำลายผลผลิตทางการเกษตร (Chakraborty *et al*., 2000) อุณหภูมิกลางวันที่เปลี่ยนแปลงไปจากอุณหภูมิเฉลี่ย สำคัญสำหรับการออกดอก โดยอุณหภูมิสูงในช่วงออกดอก ทำให้ความสามารถในการติดเมล็ดและการติดผลของพืชต่างๆนั้นลดลง (Wheeler *et al*., 2000) อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ อาจไม่ได้มีผลในทางลบเสมอไป จากการศึกษาของ Parry (1999) ได้รายงานถึงผลผลิตที่จะเพิ่มขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในเขต high และ mid-latitudes แต่จะลดลงในเขต lower latitudes นอกจากนี้ ในพื้นที่ทางตอนเหนือของเขตอบอุ่น ผลกระทบจากอุณหภูมิต่ำไปจำกัดการเพาะปลูกและการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ยืดระยะเวลาในการเพาะปลูกออกไป การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวอาจส่งผลดีในพื้นที่นี้ แต่ต้องมีการแนะนำหรือคัดเลือกพันธุ์พืชชนิดใหม่ๆ ให้เหมาะสมกับพื้นที่ (Olesen and Bindi, 2002)

2.1.3 อุณหภูมิของประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปเอเชีย ระหว่างละติจูด 5 องศา 37 ลิบดาเหนือ กับ 20 องศา 27 ลิบดาเหนือ และระหว่างลองจิจูด 97 องศา 22 ลิบดาตะวันออก กับ 105 องศา 37 ลิบดาตะวันออก สภาวะอากาศโดยทั่วไปจึงร้อนอบอ้าวเกือบตลอดปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีของประเทศไทยมีค่าประมาณ 27 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะมีความแตกต่างกันไปในแต่ละพื้นที่และฤดูกาล นอกจากนี้อุณหภูมิประเทศไทยอาจแบ่งออกเป็น 2 อาณาเขตอย่างกว้างๆ คือ ประเทศไทยตอนบนได้แก่ ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคกลาง และภาคตะวันออก ส่วนอีกอาณาเขตหนึ่งคือประเทศไทยตอนล่าง ได้แก่ภาคใต้ทั้งหมด

ประเทศไทยตอนบน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นผืนแผ่นดิน มีส่วนที่ติดกับฝั่งทะเลเล็กน้อยทางตอนใต้ และเนื่องจากเป็นอาณาเขตที่อยู่ในเขตโซนร้อน จึงทำให้อุณหภูมิของอากาศอยู่ในเกณฑ์สูง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เกือบทั่วไป ยกเว้นบริเวณที่อยู่ใกล้ทะเล ระดับอุณหภูมิในตอนบ่ายจะลดลงบ้างเนื่องจากมีลมทางทะเลพัดเข้ามา อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยในตอนบ่ายสำหรับประเทศไทยตอนบนนั้นจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในระหว่าง 33 องศาเซลเซียส ถึง 38 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 8 องศาเซลเซียส ถึง 12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจะแตกต่างกันมากระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว และระหว่างกลางวันกับกลางคืน โดยในช่วงฤดูร้อนอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่าย ปกติจะสูงถึงเกือบ 40 องศาเซลเซียส หรือมากกว่านั้นในช่วงเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม โดยเฉพาะเดือนเมษายนจะเป็นเดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดในรอบปี ส่วนฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้ามืดจะลดลงอยู่ในเกณฑ์หนาวถึงหนาวจัด โดยเฉพาะเดือนธันวาคมถึงมกราคมเป็นช่วงที่มีอากาศหนาวมากที่สุดในรอบปี ซึ่งในช่วงดังกล่าวอุณหภูมิอาจลดลงต่ำกว่าจุดเยือกแข็งได้ในภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือบริเวณพื้นที่ซึ่งเป็นเทือกเขาหรือบนยอดเขาสูง

ประเทศไทยตอนล่างหรือภาคใต้ อุณหภูมิตลอดทั้งปีไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากเป็นบริเวณที่ติดกับทะเลทั้งสองฝั่ง ระดับอุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือต่ำเกินไปนั้นไม่ค่อยปรากฏ ความแตกต่างประจำวันของอุณหภูมิต่ำที่สุดและสูงที่สุดของบริเวณนี้มีค่าประมาณ 10 องศาเซลเซียส กล่าวคืออุณหภูมิต่ำสุดในตอนเช้าจะมีประมาณ 22 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิสูงสุดในตอนบ่ายจะมีค่าประมาณ 32 องศาเซลเซียส สำหรับพื้นที่ซึ่งอยู่ติดทะเลได้แก่ภาคตะวันออกตอนล่าง และภาคใต้ความผันแปรของอุณหภูมิในช่วงวันและฤดูกาลจะน้อยกว่า โดยฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัดและฤดูหนาวอากาศไม่หนาวจัดเท่าพื้นที่ซึ่งอยู่ลึกเข้าไปในแผ่นดิน (กรมอุตุนิยมวิทยา 2554) (ตารางที่ 2.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 สถิติอุณหภูมิของประเทศไทยในฤดูกาลต่างๆ ในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543)

อุณหภูมิ (°C)	ภาค	ฤดูหนาว	ฤดูร้อน	ฤดูฝน
เฉลี่ย	เหนือ	23.1	28.0	27.3
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	23.9	28.5	27.7
	กลาง	26.1	29.6	28.3
	ใต้			
	- ฝั่งตะวันออก	26.3	28.1	27.7
	- ฝั่งตะวันตก	26.8	28.3	27.4
สูงสุดเฉลี่ย	เหนือ	30.8	35.8	32.2
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	30.3	35.0	32.3
	กลาง	31.7	35.5	32.8
	ใต้			
	- ฝั่งตะวันออก	29.9	32.8	32.1
	- ฝั่งตะวันตก	31.9	34.0	31.4
ต่ำสุดเฉลี่ย	เหนือ	17.1	21.4	23.7
	ตะวันออกเฉียงเหนือ	18.3	23.0	24.2
	กลาง	21.1	24.6	24.8
	ใต้			
	- ฝั่งตะวันออก	22.0	23.2	23.7
	- ฝั่งตะวันตก	22.9	23.7	24.1

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

2.1.4 ความแปรปรวนของอุณหภูมิในประเทศไทยกับการผลิตข้าว

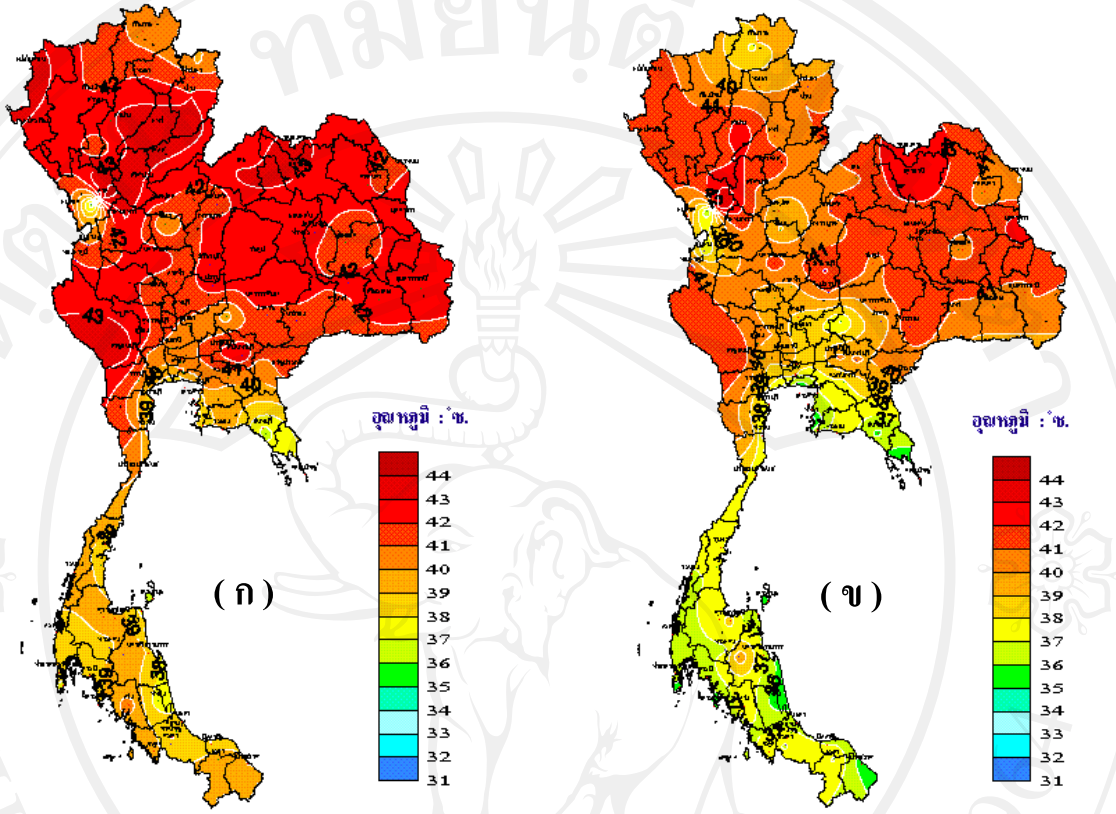
ความแปรปรวนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้นในประเทศไทย จะมีความแตกต่างกันไปตามฤดูกาลและสถานที่ เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตอิทธิพลของมรสุม จึงทำให้ประเทศไทยมีฤดูกาลที่เด่นชัดอยู่ 2 ฤดู คือ ฤดูฝนกับฤดูแล้งสลับกัน แต่สำหรับฤดูแล้งถ้าพิจารณาให้ละเอียดลงไปสามารถแยกออกได้เป็นฤดูร้อนกับฤดูหนาว ดังนั้นสามารถแบ่งฤดูกาลของประเทศไทยได้เป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว ซึ่งในแต่ละฤดูจะมีอุณหภูมิสูงและอุณหภูมิต่ำแตกต่างกันไป โดยฤดูร้อนในประเทศไทยเริ่มตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ไปจนถึงกลางเดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยเฉพาะเดือนเมษายนบริเวณประเทศไทยได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์เต็มที่ สภาวะอากาศจึงร้อนอบอ้าวและแห้งแล้งโดยทั่วไป ปริมาณฝนน้อย โดยจะร้อนมากที่สุดประมาณเดือนเมษายน ส่วนฤดูฝนในประเทศไทย เริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคม เมื่อลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้เริ่มพัดเข้าสู่ประเทศไทยจะหมดฤดูฝนประมาณกลางเดือนตุลาคม รวมระยะเวลาประมาณ 5 เดือน แต่ในภาคใต้เดือนตุลาคมและเดือนพฤศจิกายนยังมีฝนตกหนาแน่น โดยทั่วไปแล้วฝนในประเทศไทยมีค่าเฉลี่ยประมาณ 1,100-1,500 มิลลิเมตรต่อปี และฤดูหนาวในประเทศไทยจะเริ่มตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ เมื่อมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมประเทศไทยตั้งแต่กลางเดือนตุลาคม โดยช่วงกลางเดือนตุลาคมนานราว 1-2 สัปดาห์ เป็นช่วงเปลี่ยนฤดูจากฤดูฝนเป็นฤดูหนาว อากาศแปรปรวน ไม่แน่นอนอาจเริ่มมีอากาศเย็นหรืออาจยังมีฝนฟ้าคะนอง โดยเฉพาะบริเวณภาคกลางตอนล่างและภาคตะวันออกลงไปซึ่งจะหมดฝน และเริ่มมีอากาศเย็นช้ากว่าภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมอุตุนิยมวิทยา 2554)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิในช่วง พ.ศ.2494-2549 ของศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา พบความแปรปรวนของอุณหภูมิในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน โดยในช่วงฤดูหนาวอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยตลอดฤดูมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดช่วงฤดูก็มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน ส่วนในช่วงฤดูร้อน ทั้งอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยตลอดฤดูมีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการวิเคราะห์ข้อมูลอุณหภูมิประเทศไทยของกรรวี สิทธิชีวภาค (2550) พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยมีแนวโน้มของอุณหภูมิสูงขึ้นอย่างชัดเจน เมื่อพิจารณาเป็นรายภาคแนวโน้มของอุณหภูมิก็มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันคือมีแนวโน้มสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิของประเทศไทยมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งอุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยและอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย สำหรับสถิติอุณหภูมิสูงสุดที่ตรวจวัดได้ในภาคเหนือ 45.5 องศาเซลเซียส ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 43.9 องศาเซลเซียส ภาคกลาง 43.5 องศาเซลเซียส ภาคตะวันออก 42.9 องศาเซลเซียส ภาคใต้ฝั่งตะวันออก 41.2 องศาเซลเซียส และภาคใต้ฝั่งตะวันตก 40.5 องศาเซลเซียส (นงค์นาถ 2544) (ภาพที่ 2.1)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



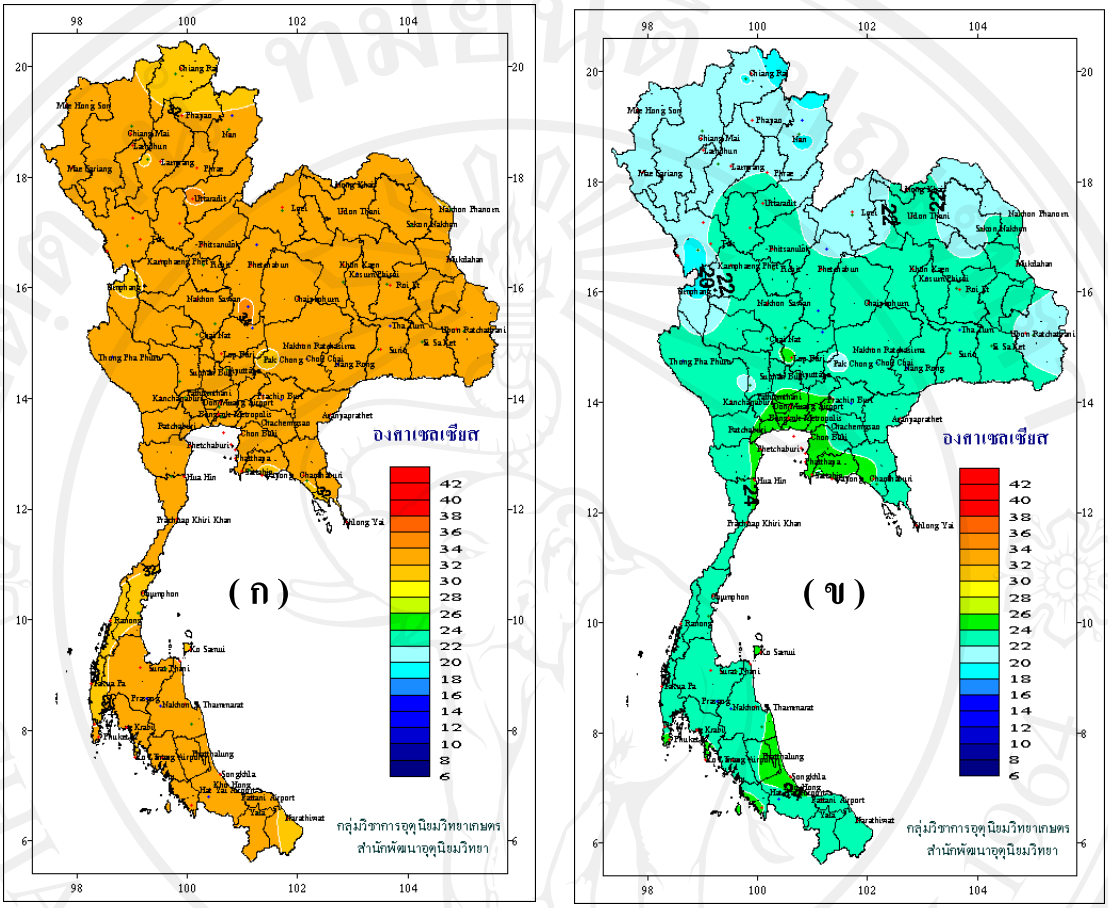
ภาพที่ 2.1 แสดงพื้นที่อุณหภูมิสูงที่สุดของประเทศไทย (ที่มา: ดัดแปลงจาก กรรวี (2550))

(ก) = พ.ศ. 2521-2550

(ข) = เฉพาะพ.ศ. 2550

จากความแปรปรวนของอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (อุณหภูมิกลางวัน) และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (อุณหภูมิกลางคืน) ในแต่ละวันมีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดข้าวเป็นอย่างมาก (Moomaw and Vergara , 1965 อ้างโดย De Datta, 1981) เมื่อนำข้อมูลอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยในปี พ.ศ. 2552-2553 จากกรมอุตุนิยมวิทยามาเปรียบเทียบกับช่วงฤดูปลูกข้าวนาปี (เดือนพฤษภาคม-เดือนตุลาคม) ซึ่งมีพื้นที่เพาะปลูกทั้งประเทศประมาณ 61 ล้านไร่ และนาปรัง (เดือนพฤศจิกายน-เดือนเมษายน) มีพื้นที่ประมาณ 16 ล้านไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2554) พบว่าในบางจังหวัดของประเทศไทยที่ปลูกข้าวเกือบตลอดทั้งปีมีความเสี่ยงจากความแปรปรวนของอุณหภูมิที่เกิดขึ้น (ภาพที่ 2.2 และ 2.3)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



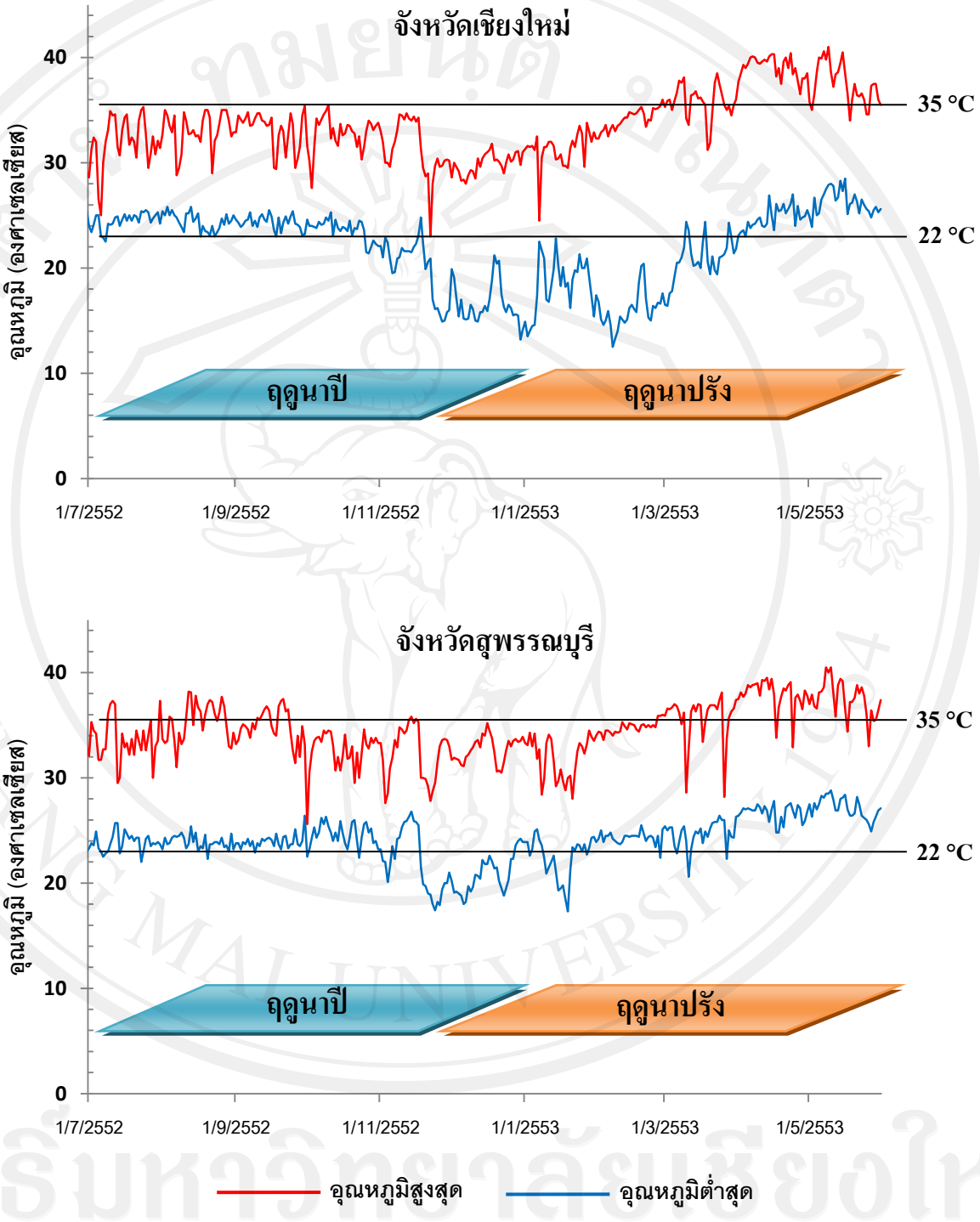
ภาพที่ 2.2 แสดงอุณหภูมิเฉลี่ยของแต่ละภาคในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2552

(ที่มา: ดัดแปลงจากกรมอุตุนิยมวิทยา (2554))

(ก) = สูงสุดเฉลี่ย

(ข) = ต่ำสุดเฉลี่ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 2.3 แสดงอุณหภูมิสูงสุด (กลางวัน) และต่ำสุด (กลางคืน) ของจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดสุพรรณบุรีในช่วงฤดูนาปีและนาปรัง พ.ศ. 2552-2553

ที่มา: ข้อมูลอุณหภูมิจากศูนย์อุตุนิยมวิทยาภาคเหนือ กรมอุตุนิยมวิทยา (2554)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2 การปลูกข้าวในประเทศไทย

2.2.1 ฤดูการปลูกข้าวในประเทศไทย

1. ข้าวนาปี หรือข้าวนาน้ำฝน (rainfed rice) คือข้าวที่ปลูกในฤดูกาลทำนาปกติ อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ ควบคุมระดับน้ำได้ยาก ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด การปลูกข้าวในฤดูนาปีจะแตกต่างกันไปในแต่ละภาคและท้องที่ ส่วนมากจะใช้พันธุ์ข้าวที่ไวแสงและไม่ไวแสง พันธุ์ข้าวที่ปลูกในฤดูนาปียังแบ่งออกเป็นข้าวพันธุ์เบา พันธุ์กลาง และพันธุ์หนัก ตามอายุการเก็บเกี่ยว สำหรับการทำนาปีในประเทศไทยจะเริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม และเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นอย่างช้าที่สุดไม่เกินสิ้นเดือนกุมภาพันธ์

2. ข้าวนาปรัง หรือการทำนานอกฤดู (off-season rice) คือข้าวที่ปลูกนอกฤดูกาลทำนาปกติ หรือการทำนาในฤดูแล้ง อาศัยน้ำจากการชลประทาน ปลูกได้ตลอดทั้งปี ประเทศไทยมีเนื้อที่ปลูกข้าวนาปรังประมาณ 24 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด พื้นที่ส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคกลางและพื้นที่ที่มีการชลประทานที่ดี พันธุ์ข้าวส่วนใหญ่จะใช้พันธุ์ข้าวที่ไม่ไวแสง สามารถกำหนดอายุเก็บเกี่ยวของแต่ละพันธุ์ได้ค่อนข้างแน่นอน การทำนาปรังจะเริ่มตั้งแต่เดือนมกราคมและเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน(จำรัส 2534) เห็นได้ว่าการทำนาปรังนั้นเสี่ยงต่อการได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงต่อผลผลิตข้าวอย่างมาก โดยอุณหภูมิสูงสุดในแต่ละวันมากกว่า 35 องศาเซลเซียสในช่วงออกดอก ทำให้ข้าวเกิดเมล็ดลีบและเป็นหมันในอัตราที่สูงขึ้น (Osada *et al*, 1973)

2.2.2 ระบบการปลูกข้าวในประเทศไทย

ระบบการปลูกข้าวในประเทศไทยมีหลายรูปแบบเนื่องจากมีความแตกต่างกันทางด้านเศรษฐกิจ สังคม สภาพภูมิอากาศและสภาพของพื้นที่ปลูก สามารถแบ่งระบบการปลูกข้าวตามสภาพพื้นที่ปลูกได้เป็น 3 ระบบ คือ (1) ข้าวไร่ จะปลูกทั้งบนที่ราบและที่ลาดชันหรือบนดอยที่สูง ไม่ต้องทำคันนากักเก็บน้ำเพราะไม่ชอบน้ำขัง ปลูกโดยการหว่าน หยอดเป็นหลุมหรือโรยเป็นแถว และต้องปลูกในฤดูนาปีเพราะต้องอาศัยน้ำฝนที่ตกตามฤดูกาล (2) ข้าวนาสวน เป็นการปลูกข้าวในที่ราบลุ่มทั่วๆไป ในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าวตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเก็บเกี่ยว สามารถรักษาระดับน้ำได้ และระดับน้ำต้องไม่สูงเกินกว่า 1 เมตร สามารถแบ่งเป็นข้าวนาสวนนาชลประทาน และข้าวนาสวนนาน้ำฝน และ (3) ข้าวขึ้นน้ำกับข้าวน้ำลึก เป็นการปลูกข้าวในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณปลูกสูงกว่า 1 เมตร ต้องปลูกข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่าข้าวขึ้นน้ำ ข้าวลอย เพราะจะมีลักษณะพิเศษในการยืดตัวหนีน้ำได้ (สถาบันวิจัยข้าว 2541)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.2.3 วิธีการปลูกข้าวในประเทศไทย

การเลือกวิธีปลูกข้าวมักขึ้นอยู่กับลักษณะของที่นา ปริมาณและความสม่ำเสมอของฝน ตลอดจนปริมาณแรงงานที่สามารถนำมาใช้ในการทำนา โดยทั่วไปวิธีการปลูกข้าวอาจแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. การปลูกข้าวนาดำ เป็นการปลูกข้าวโดยการเพาะเมล็ดให้งอกและเจริญเติบโตในที่หนึ่งก่อนแล้วจึงย้ายไปปลูกในอีกที่หนึ่ง ทำให้สามารถกำหนดระยะห่างของการปลูกข้าวได้อย่างเหมาะสมและสะดวกในการกำจัดวัชพืช พื้นที่ทำนาดำจะต้องมีคันนาที่แข็งแรงในการควบคุมระดับน้ำได้และต้องมีฝนตกในปริมาณมากและในช่วงเวลาที่นานพอ นอกจากนี้ดินจะต้องเป็นชนิดที่สามารถเก็บกักน้ำได้ดีพอสมควร ขั้นตอนการทำนาดำมี 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ คือ การตกกล้าและการปักดำ

2. การปลูกข้าวนาหว่าน เป็นการปลูกข้าวที่แตกต่างจากการปลูกข้าวนาดำโดยที่ไม่มีการตกกล้า แต่จะใช้เมล็ดข้าวเปลือกแห้งหรือทำให้งอกแล้วหว่านลงในที่นาที่มีการเตรียมพื้นที่ปลูกโดยการไถดะและไถแปรเช่นเดียวกับนาดำ การปลูกข้าวโดยวิธีหว่านจะช่วยประหยัดแรงงานที่ใช้ในการปักดำและยังหลีกเลี่ยงความเสี่ยงอันเนื่องจากความแปรปรวนของฝนฟ้าอากาศที่อาจจะทำให้เกิดน้ำท่วมขังหรือภาวะแห้งแล้งในพื้นที่ปลูกข้าวอีกด้วย การปลูกข้าวนาหว่านมี 4 แบบ คือ การหว่านสำรวย การหว่านคราดกลบ การหว่านข้าวงอก และการหว่านน้ำตม

3. การปลูกข้าวนาหยอด เป็นการปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีปัญหาด้านความแปรปรวนในการตกของฝน เช่น มีฝนมาเร็วแต่ตกน้อยในช่วงปลายเดือนเมษายนแล้วเกิดฝนทิ้งช่วงในระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกรกฎาคม ซึ่งทำให้ไม่สามารถปักดำข้าวได้เหมือนปกติ ขั้นตอนการทำนาหยอดเริ่มจากการเตรียมพื้นที่โดยการไถดะ ไถแปรและคราดเก็บวัชพืช แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์มีความงอกสูง มาหยอดในหลุมลึกประมาณ 1 นิ้ว 3-5 เมล็ดต่อหลุม ใช้ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร หรืออาจโรยเป็นแถวในแถวลึกประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วกลบด้วยดินโดยใช้ระยะห่างระหว่างแถว 25 เซนติเมตร

4. การปลูกข้าวไร่ หรือข้าวนาดอน เป็นการปลูกข้าวบนที่ดอนภายใต้สภาพไร่ อาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติในการเจริญเติบโต การปลูกข้าวไร่ทั่วไปมักปลูกตามที่ราบเชิงเขาในดินที่มีการระบายน้ำดี อาจปลูกเป็นพืชเดี่ยว หรือแซมกับพืชอื่น เช่น ข้าวโพด มันสัมปะหลังหรือยางพารา ก่อนปลูกต้องมีการเตรียมดินโดยการไถดะ ไถแปร เพื่อกำจัดวัชพืชและย่อยเนื้อดินให้ละเอียด วิธีการปลูกข้าวไร่อาจทำได้ 3 วิธี คือ การปลูกโดยวิธีการหยอดหลุม การปลูกโดยวิธีโรยเมล็ดเป็นแถว และการปลูกโดยวิธีหว่าน (บุญหงษ์ 2547)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 ผลกระทบจากอุณหภูมิสูงต่อการสร้างผลผลิตในข้าว

2.3.1 กระบวนการสร้างผลผลิตของข้าว

ผลผลิตของข้าวที่ปรากฏออกมาให้เห็นก็คือจำนวนเมล็ดที่ข้าวสร้างขึ้นมา และผลผลิตของข้าวนั้นขึ้นอยู่กับความสัมพันธ์ขององค์ประกอบผลผลิตในแต่ละส่วน ซึ่งประกอบด้วย จำนวนรวงต่อพื้นที่ จำนวนรวงต่อกอ จำนวนเมล็ดต่อรวง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดโดยเฉลี่ย การที่ข้าวจะสร้างผลผลิตขึ้นได้นั้น เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและพัฒนาการของข้าวตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระยะใหญ่ๆ คือ ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางลำต้น (Vegetative phase) ระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางด้านการสืบพันธุ์ (Reproductive phase) และระยะการเจริญเติบโตและพัฒนาการทางด้านการสร้างเมล็ดและการสุกแก่ของเมล็ด (Grain formation and ripening phase) ซึ่งองค์ประกอบผลผลิตในแต่ละส่วนจะถูกกำหนดจากการเจริญเติบโตของข้าวแต่ละระยะ (Matsushima, 1970 อ้างโดย Yoshida, 1981) ระยะการเจริญเติบโตที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบผลผลิตของข้าว มีดังนี้

1. ระยะแตกกอ (Tillering stage) เป็นการเกิดของหน่อจากตาด้านข้างที่อยู่บริเวณข้อของลำต้นด้านล่างสุด หลังจากที่หน่อชุดแรกแตกจากต้นแม่หมดแล้ว จึงจะเกิดการแตกหน่อชุดที่สอง จากนั้นจึงจะเกิดหน่อชุดที่สามขึ้นตามมา จำนวนหน่อจะเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ จนถึงระยะที่มีจำนวนหน่อสูงสุด เมื่อมาถึงตรงนี้จะมีหน่อข้าวบางหน่อแห้งตายลงไปเรื่อยๆ จนถึงจุดหนึ่งแล้วจึงจะหยุดลง หน่อทั้งหมดที่เหลือหลังจากนี้จะกลายเป็นหน่อที่ให้รวงข้าว ซึ่งวัดได้หลังจากแตกกอสูงสุด 10 วัน ตามปกติแล้วต้นข้าวจะหยุดสร้างหน่อหลังจากที่มีการแตกหน่อชุดที่สาม และการปลูกแบบปักดำระหว่างต้น ข้าวจะมีการแตกกอมากกว่าการปลูกโดยใช้เมล็ดโดยตรง

2. ระยะการเริ่มปรากฏของตาดอก (Panicle initiation) ในพันธุ์ข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง ระยะนี้จะเกิดใกล้เคียงหรือพร้อมๆ กันกับระยะแตกหน่อสูงสุด และระยะย่างปล้อง โดยตายอดจะเริ่มเปลี่ยนแปลงเป็นตาดอกในช่วง 60-70 วัน หลังจากที่ทำการหว่านเมล็ด และหลังจากนั้น 2-3 วัน จึงจะปรากฏเป็นตาดอกให้เห็นได้ด้วยตาเปล่า ถ้าทำการผ่าลำต้นบริเวณโคนต้นตามแนวยาวดู ตาดอกจะเริ่มเกิดขึ้นในต้นหลักก่อน แล้วจึงจะเกิดขึ้นในหน่อต่อๆ ไป สำหรับข้าวพันธุ์ที่ไวต่อช่วงแสง หลังจากสิ้นสุดระยะแตกหน่อสูงสุดแล้วปล้องที่อยู่ที่ฐานจะมีการยืดตัวก่อนแล้วจึงจะเริ่มเกิดตาดอก

3. ระยะพัฒนาการของช่อดอกข้าว (Panicle development) ตลอดช่วงระยะเวลานี้ดอกข้าวจะถูกสร้างขึ้นและจะเริ่มปรากฏให้เห็น ช่อดอกของข้าวจะเริ่มเจริญเติบโตและดันช่อดอกที่เจริญแล้วออกมาจนกระทั่งช่อดอกยาวได้ 5 เซนติเมตร หรือประมาณ 7 วัน หลังจากเริ่มมองเห็นช่อดอก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

จำนวนของดอกข้าว (หรือเมล็ดข้าว) จะถูกตัดสินในช่วงนี้ ซึ่งในช่วงดังกล่าวข้าวมักถูกกระทบโดยความเครียดต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับต้นข้าว เช่น อุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม การขาดน้ำ การขาดธาตุอาหาร

4. ระยะตั้งท้องของข้าว (Booting stage) ระยะนี้เป็นระยะปลายของพัฒนาการทางช่อดอกของข้าว ซึ่งจะเกิดหลังจากที่ช่อดอกข้าวปรากฏให้เห็น โดยที่ช่อดอกของข้าวมีการเจริญขยายตัวขึ้น ทำให้ดันกาบใบข้าวโป่งออก ลักษณะลำต้นกลมพองออกมา ซึ่งเรียกอาการนี้ว่า ข้าวตั้งท้อง ในระยะนี้ใบของข้าวที่บริเวณฐานของต้นข้าวและหน่อที่ไม่ให้รวงจะเริ่มแห้งและตายลงไป ปกติระยะตั้งท้องจะอยู่ในช่วงเวลา 5-6 วันก่อนออกรวง

5. ระยะออกรวง (Heading stage) เป็นระยะที่รวงของข้าวโผล่พ้นกาบใบธงออกมา ซึ่งจะเกิดขึ้นในระยะเวลาประมาณ 30 วันก่อนการเก็บเกี่ยว ในระยะนี้ต้นข้าวจะมีการยืดปล้องสุดท้ายจากปลายสุดของลำต้นอย่างสมบูรณ์ก่อน หลังจากนั้นปล้องสุดท้ายก็จะยืดตัวอย่างรวดเร็วเพื่อดันให้รวงโผล่พ้นออกมาจากกาบใบธง

6. ระยะดอกบาน (Flowering or Anthesis stage) เป็นระยะเวลาการเปิดและปิดของดอกข้าว ปกติจะใช้เวลาประมาณ 1-2.5 ชั่วโมง ระยะนี้ก่อนที่กลีบดอกใหญ่และกลีบดอกเล็ก (lemma and palea) จะเปิดออก อับละอองเรณู (anther) จากภายในดอกจะแตกและละอองเรณู (pollen grain) จะหลุดจากอับละอองเรณูไปตกบนยอดเกสรตัวเมียและงอกเข้าไปผสมกับไข่ทำให้เกิดการผสมตัวเองเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อกลีบดอกทั้งสองอ้าออก ก้านเกสรตัวผู้จะยืดตัวออกให้อับเรณูโผล่พ้นออกมาจากกลีบดอก จึงทำให้ละอองเรณูบางส่วนฟุ้งกระจายตกลงบนยอดเกสรตัวเมียของดอกอื่นทำให้เกิดการผสมข้ามได้บ้างไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยปกติการออกดอกและการผสมเกสรของข้าวจะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 1 - 3 วัน หลังการออกรวง โดยดอกที่อยู่ส่วนปลายรวงจะเปิดปิดก่อน รวงข้าวแต่ละรวงจะออกดอกและผสมเกสรครบสมบูรณ์ทุกดอกภายใน 7-10 วัน โดยทั่วไปข้าวในเขตร้อนดอกจะเริ่มบานในเวลาประมาณ 8.00 น. และสิ้นสุดในเวลาประมาณ 13.00 น. ซึ่งขึ้นอยู่กับความชื้นของอากาศ อุณหภูมิ แสงแดด

7. ระยะการถ่ายละอองเรณูและการปฏิสนธิ (Pollination and Fertilization) เป็นระยะที่ละอองเรณูจะถูกดีดหลุดออกมาจากถุงเรณู (pollen sac) ไปตกลงบนยอดเกสรตัวเมีย (stigma) โดยมีน้ำยางเหนียว (stigma fluid) จากยอดเกสรตัวเมียเป็นตัวช่วยยึดละอองเรณูให้ติดแน่นกับยอดเกสรตัวเมีย ซึ่งเรียกขั้นตอนนี้ว่า การถ่ายละอองเรณู (pollination) จากนั้นละอองเรณูจะดูดน้ำหรือความชื้นจากยอดเกสรตัวเมียจนมีลักษณะพองขึ้นจนละอองเรณูเริ่มงอกแล้ว จึงสร้างท่อละอองเรณู (pollen tube) จากนั้นมีการยืดของท่อละอองเรณูแทงทะลุผ่านยอดเกสรตัวเมียลงไปตามก้านเกสรตัวเมีย (style) ผ่านเข้าทางท่อผนังรังไข่ เมื่อมาถึงตำแหน่งนี้นิวเคลียสของท่อละอองเรณูจะสลายตัวไป ส่วนเจเนอเรทีฟนิวเคลียสจะแบ่งตัวแบบไมโทซิสอีก 1 ชุด (n) ขณะที่ท่อละอองเรณูจะยืดตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อไปจนแทงทะลุผ่านถุงไข่ (embryo sac) เพื่อให้สเปิร์มเข้าผสมกับไข่ภายในถุง หลังจากนั้นส่วนของท่อละอองเรณูทางด้านปลายจะแตกออกทำให้สเปิร์มตัวหนึ่งเข้าผสมกับไข่กลายเป็นไซโกต (zygote) ที่มีโครโมโซมเป็น 2 ชุด (2n) หลังจากนั้นจะพัฒนาเป็นคัพภะของเมล็ด ส่วนสเปิร์มที่เหลืออีก 1 ตัวจะเข้าผสมกับโพลาร์นิวคลีไอ กลายเป็นเอ็นโดสเปิร์ม หรือส่วนที่เป็นแป้งของเมล็ดที่มีจำนวนโครโมโซม 3 ชุด (3n) การที่สเปิร์ม 2 ตัวเข้าผสมกับไข่และโพลาร์นิวคลีไอในเวลาเดียวกัน จึงเรียกกระบวนการนี้ว่า การปฏิสนธิเชิงซ้อน (double fertilization) โดยปกติการปฏิสนธิจะเสร็จสมบูรณ์ภายในเวลาประมาณ 5-6 ชั่วโมง หลังจากดอกบาน

8. ระยะพัฒนาการสร้างเมล็ด และระยะสุกแก่ของเมล็ด (Grain formation and ripening phase) เป็นระยะหลังจากดอกข้าวผสมติดแล้ว เมล็ดจะเริ่มเจริญเติบโตและพัฒนาขึ้นเรื่อยๆ โดยทั่วไปใช้ระยะเวลาประมาณ 30 วัน สำหรับข้าวในเขตร้อน ส่วนข้าวในเขตอบอุ่น เช่น ญี่ปุ่น ทางใต้ของออสเตรเลีย จะใช้เวลาประมาณ 60 วัน หลังข้าวออกดอก โดยในช่วงนี้เมล็ดเริ่มมีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้น การที่น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้นนั้นเป็นเพราะได้มีการลำเลียงอาหารแป้งและน้ำตาลที่สะสมอยู่ในลำต้นและกาบใบมายังเมล็ดโดยตรง ก่อนที่เมล็ดมีการสุกแก่เต็มที่นั้น มีขั้นตอนการพัฒนาเป็น 3 ระยะ ได้แก่ ระยะน้ำนม (milky stage) เป็น ระยะที่แป้งในเมล็ดมีลักษณะเป็นของเหลวใส และต่อมาจะเพิ่มความข้นมากขึ้น ระยะเนื้อเมล็ด (dough stage) เป็นระยะที่แป้งน้ำนมในเมล็ดจะเปลี่ยนจากลักษณะเหลวมาเป็นเนื้อแป้งแต่ยังไม่แข็งตัวเต็มที่ และระยะสุกแก่ของเมล็ด (maturity stage) เป็นระยะที่เมล็ดมีการพัฒนาขนาดอย่างเต็มที่ สีของเปลือกเมล็ดจะเริ่มเปลี่ยนจากสีเขียวมาเป็นสีเหลือง ระยะนี้เป็นระยะที่ข้าวมีน้ำหนักแห้งของเมล็ดสูงสุด หลังจากนั้นน้ำหนักของเมล็ดจะลดลงเล็กน้อยเนื่องจากความชื้นในเมล็ดลดลง และพร้อมที่จะเก็บเกี่ยวได้ (บุญหงษ์ 2547)

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับกระบวนการสร้างผลผลิตของข้าว

อุณหภูมิของอากาศนับว่าเป็นปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อระยะเวลาการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของต้นข้าวและยังมีผลต่อพัฒนาการด้านการสืบพันธุ์ ซึ่งส่งผลไปสู่การให้ผลผลิตเมล็ดของข้าว ในช่วงการเจริญเติบโตของข้าว อุณหภูมิเฉลี่ย อุณหภูมิสะสม ช่วงอุณหภูมิ และการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิทั้งกลางวันและกลางคืนในแต่ละวัน มีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดของข้าวเป็นอย่างมาก (Moomaw and Vergara ,1965 อ้างโดย De Datta, 1981) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและพัฒนาการในระยะต่างๆ ของข้าวนั้นต้องการอุณหภูมิในแต่ระยะการเจริญเติบโตในช่วงต่างๆไม่เท่ากัน (ตารางที่ 2.2) นอกจากนี้ข้าวยังมีการตอบสนองต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปไม่เหมือนกัน ในอุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงจนเกินไปจากอุณหภูมิเหมาะสม ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตเมล็ดของข้าว โดยได้รับผลกระทบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตั้งแต่การงอกของเมล็ด การตั้งตัวของต้นกล้า การแตกกอ การสร้างดอก การผสมเกสร และการสะสมน้ำหนักเมล็ด (Yoshida, 1981) อุณหภูมิต่ำส่งผลกระทบต่อข้าวตั้งแต่การงอกของเมล็ด ต้นกล้าเจริญเติบโตช้าและมีสีซีด ต้นข้าวแคระแกร็น ความสูงและการแตกกอลดลง สร้างรวงช้า การแทงรวงช้าและไม่สมบูรณ์ และที่สำคัญเกิดเมล็ดลีบและเป็นหมัน (Nishiyama, 1985; Farrell *et al*., 2006) ส่วนอุณหภูมิสูงนั้นมีผลกระทบโดยตรงต่อการให้ผลผลิตเมล็ดของข้าวในหลายประเทศในเขตร้อน ซึ่งอุณหภูมิสูงก่อให้เกิดเมล็ดลีบและเป็นหมันในอัตราที่สูง มีรายงานว่าการปลูกข้าวในฤดูนาปรังช่วงฤดูร้อนของประเทศไทย ทำให้เพิ่มเปอร์เซ็นต์ของเมล็ดลีบและเป็นหมันของข้าวสูงขึ้น จากการศึกษาพบว่าความสมบูรณ์ของเมล็ดจะลดลงเหลือประมาณ 75 และ 55 เปอร์เซ็นต์ เมื่อต้นข้าวในระยะออกดอกได้รับอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และ 38 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง และยังพบว่าถ้าเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 41 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้ความสมบูรณ์ของเมล็ดข้าวลดลงเหลือเพียง 15 เปอร์เซ็นต์ (Osada *et al*., 1973; Satake and Yoshida, 1978) ซึ่งจากผลดังกล่าวทำให้ทราบถึงผลกระทบที่สำคัญที่สุดจากอุณหภูมิสูงต่อผลผลิตข้าวคือการเกิดเมล็ดลีบและเป็นหมัน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ผลผลิตของข้าวลดลงมากที่สุด จากการศึกษาพบว่า ต้นข้าวที่อยู่ในระยะดอกบานเป็นระยะที่อ่อนแอและได้รับผลกระทบจากจากอุณหภูมิสูงมากที่สุด ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากดอกเริ่มบาน ช่วงเวลาก่อนและหลังดอกบานนั้นได้รับผลกระทบไม่มากจากอุณหภูมิสูง (Satake and Yoshida, 1978; Sato *et al*. 1973) อุณหภูมิสูงชักนำให้ดอกข้าวเป็นหมันโดยไปลดจำนวนละอองเรณูในอับละอองเรณู และไปยับยั้งความสามารถในกระบวนการแตกของอับละอองเรณู (anther dehiscence) การโปรยของละอองเรณู (pollen shedding) ทำให้จำนวนกับความมีชีวิตของละอองเรณูลดลง ส่งผลให้ไปลดจำนวนและการงอกของละอองเรณูบนยอดเกสรตัวเมีย (Satake and Yoshida, 1978; Matsui *et al*., 2000, 2001, 2005; Prasad *et al*., 2006) หลังจากละอองเรณูงอก ท่อละอองเรณู (pollen tube) จะใช้เวลาประมาณ 30 นาทียืดตัวลงไปแทงทะลุผ่านถุงไข่ (embryo sac) นอกจากนี้อุณหภูมิสูงยังไปยับยั้งกระบวนการยืดของท่อละอองเรณูทำให้การผสมเกสรล้มเหลว (Satake and Yoshida, 1978; Yamada, 1964 อ้างโดย Matsui *et al*., 2001) ส่งผลให้ไปลดเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีในที่สุด นอกจากนี้ผลกระทบของอุณหภูมิสูงทั้งกลางวันและกลางคืนที่ระยะเติมเต็มเมล็ดสามารถลดน้ำหนักเมล็ดลงได้ โดยไปลดขนาดของเซลล์ทำให้ขนาดเซลล์ในเอ็นโดสเปิร์มมีขนาดลดลง (Yoshida and Hara, 1977; Morita *et al*., 2005) ส่งผลให้น้ำหนักของเมล็ดลดลง ซึ่งจากผลกระทบทั้งหมดทำให้ผลผลิตเมล็ดข้าวลดลงไปในที่สุด

นอกจากนี้ยังพบว่าผลผลิตข้าวอาจได้รับความเสียหายไปแล้วจากการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิกลางคืน (วัดด้วยอุณหภูมิต่ำสุดของวัน) จากรายงานการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิอากาศที่สถาบันวิจัยข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

นานาชาติ (IRRI) ประเทศฟิลิปปินส์ในช่วง 25 ปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2522 ถึง 2546 พบว่าอุณหภูมิกลางวัน (วัดด้วยอุณหภูมิสูงสุดของวัน) เพิ่มขึ้น 0.35 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิกลางคืนเพิ่มขึ้น 1.13 องศาเซลเซียส จากอุณหภูมิกลางคืนที่ได้เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าอุณหภูมิกลางวันถึง 3 เท่า (Peng *et al*., 2004) เมื่อนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของผลผลิตข้าวและลักษณะอื่น พบว่าในช่วง dry season อุณหภูมิกลางวันไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิตเมล็ดข้าวแต่กลับพบว่าอุณหภูมิกลางคืนมีความสัมพันธ์ไปในทางตรงกันข้ามกับผลผลิตเมล็ดข้าว และการสะสมมวลชีวะของต้นข้าวในระยะสุกแก่ โดยผลผลิตเมล็ดของข้าวพันธุ์ IR72 ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์เมื่ออุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยในตอนกลางคืนตลอดฤดูปลูกเพิ่มขึ้นทุก 1 องศาเซลเซียส เมื่อเทียบจากฐานอุณหภูมิ 22 องศาเซลเซียส โดยอุณหภูมิกลางคืนที่เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนดอกและมวลชีวะของข้าวลดลง (Peng *et al*. 2004) ซึ่งสอดคล้องกับ Nagarajan *et al*. (2010) ที่รายงานว่า อุณหภูมิกลางคืนที่สูงขึ้นจาก 22 องศาเซลเซียส ทำให้ผลผลิตเมล็ดและคุณภาพความหอมของพันธุ์ข้าว 5 พันธุ์ที่ทำการทดลองนั้นลดลง จากอิทธิพลของอุณหภูมิดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการสร้างผลผลิตเมล็ดของข้าวเป็นอย่างมาก

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าอุณหภูมิวิกฤติและอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวระยะต่าง ๆ

Growth Stage	Temperature (°C)		
	Low critical	High critical	Optimum
Germination	10	39-45	20-35
Seedling growth	12-13	35	25-30
Rooting	16	35	25-28
Leaf elongation	7-12	45	31
Tillering	9-16	33	25-31
Panicle initiation	15	-	-
Panicle differentiation	15-20	38	-
Anthesis	22	35	30-33
Ripening	12-18	>30	20-25

ที่มา: ดัดแปลงจาก Yoshida, 1981

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในความทนทานต่ออุณหภูมิสูง

2.4.1 ความแตกต่างระหว่างพันธุ์ข้าวในแต่ละกลุ่ม

ข้าวปลูกที่ใช้ปลูกในปัจจุบันได้วิวัฒนาการมาจากข้าวป่ามากว่า 7,000 ปี (Chang, 1976) ข้าวที่มนุษย์ใช้บริโภคมีอยู่ 2 ชนิด คือ ข้าวปลูกเอเชีย (*Oryza sativa*) ซึ่งปลูกกันอยู่ทั่วไปในเขตต่างๆ ของโลก และข้าวปลูกแอฟริกา (*Oryza glaberrima*) ซึ่งปลูกอยู่บ้างในเขตแอฟริกาตะวันตก ข้าวปลูกเอเชียมีความหลากหลายทางพันธุกรรมค่อนข้างมาก จึงสามารถปลูกได้ในพื้นที่ตั้งแต่ที่ดอนมีความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 1,500 เมตร จนถึงในพื้นที่ลุ่มที่มีระดับน้ำลึก 1-5 เมตร ความสามารถในการปรับตัวที่ค่อนข้างสูงของข้าวปลูกเอเชีย รวมไปถึงการวิวัฒนาการภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันทั้งทางด้านภูมิศาสตร์และภูมิอากาศที่หลากหลาย ทำให้เกิดพันธุ์ข้าวที่มีรูปแบบมากมาย จากการจำแนกลักษณะสัณฐานวิทยา รวมทั้งการปรับตัวในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งข้าวปลูกเอเชียออกเป็น 3 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มอินดิกา (indica) เป็นข้าวเมล็ดยาวเรียวเจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในบริเวณเขตร้อน (tropical) ปลูกกันแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศอินเดีย ศรีลังกา ไทย จีนตอนใต้และตอนกลาง อินโดนีเซีย บังกลาเทศ และประเทศในเขตร้อนอื่นๆ ข้าวกลุ่มนี้ไม่ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำแต่ทนทานต่อความแห้งแล้ง (2) กลุ่มจาโปนิกา (japonica) เป็นข้าวเมล็ดสั้นป้อม มีเปอร์เซ็นต์อะไมโลสต่ำ เจริญเติบโตและปรับตัวได้ดีในเขตอบอุ่น (temperate) และตามที่สูงของเขตร้อน (tropical uplands) ปลูกกันแพร่หลายในประเทศจีนเขตภาคเหนือและตะวันออก ญี่ปุ่น เกาหลี ยุโรปตอนใต้ ข้าวกลุ่มนี้ทนทานต่ออุณหภูมิต่ำแต่ไม่ทนทานต่อความแห้งแล้ง และ (3) กลุ่มจาวานิกา (javanica) เป็นข้าวต้นสูง เมล็ดใหญ่ป้อม ส่วนใหญ่จะปลูกในประเทศอินโดนีเซียและตามไหล่เขาของประเทศฟิลิปปินส์เท่านั้น (บุญหงษ์ 2547)

2.4.2 ความแตกต่างในการปรับตัวต่ออุณหภูมิในข้าวต่างชนิด (กลุ่ม indica และ japonica)

จากการปรับตัวในสภาพแวดล้อมในเขตร้อนและเขตอบอุ่นที่แตกต่างกันของข้าวทั้งสองกลุ่ม ทำให้เกิดความหลากหลายในความสามารถในการปรับตัวต่ออุณหภูมิที่ต่างกัน อุณหภูมิที่ต่ำหรือสูงเกินไปทำให้มีการตอบสนองที่ต่างกันระหว่างข้าวทั้งสองกลุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตอบสนองต่ออุณหภูมิสูง Prasad *et al*. (2006) พบว่า ดัชนีเก็บเกี่ยวและเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดของข้าวทั้งสองกลุ่มเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นนั้นแตกต่างกัน โดยข้าวกลุ่ม japonica พันธุ์ที่อ่อนแอสูง มีดัชนีเก็บเกี่ยวและเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดลดลงมากกว่า 66 เปอร์เซ็นต์ ส่วนข้าวกลุ่ม indica พันธุ์ที่ทนทานนั้นลดลงน้อยกว่า 33 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นยังพบความแตกต่างในลักษณะการสร้างจำนวนละอองเรณูในอับเรณูและจำนวนละอองเรณูที่ตกลงบนยอดเกสรตัวเมียเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยข้าวกลุ่ม indica มีจำนวนละอองเรณูในอับเรณูและจำนวนละอองเรณูที่ตกลงบนยอดเกสรตัวเมียที่ลดลงน้อยกว่าข้าวกลุ่ม japonica ดังนั้นข้าวกลุ่ม indica จึงทนทานต่ออุณหภูมิสูงมากกว่ากลุ่ม japonica แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการปรับตัวที่แตกต่างกันต่ออุณหภูมิของข้าวทั้งสองกลุ่ม

2.4.3 ความหลากหลายของพันธุ์ข้าวในประเทศไทย

ประเทศไทยอยู่ในแหล่งศูนย์กลางความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าว (Oka, 1988) ทั้งข้าวป่าและข้าวปลูก จากความหลากหลายของสภาพภูมิประเทศ หรือภูมิศาสตร์ทางการเกษตร จึงมีผลต่อความหลากหลายทางพันธุกรรมของพันธุ์ข้าวในประเทศไทย โดยเกิดลักษณะต่างๆ ของพันธุ์ข้าวที่เฉพาะเจาะจงต่อสภาพแวดล้อมในแต่ละท้องถิ่นมากมาย เช่น พันธุ์ข้าวไร่ ข้าวขึ้นน้ำ ข้าวนาสวน เป็นต้น สถาบันวิจัยข้าวได้รวบรวมพันธุ์ข้าวปลูกและข้าวป่าของไทยไว้มากกว่า 19,000 ตัวอย่าง ส่วนมากชื่อข้าวปลูกต่างกัน ลักษณะที่เห็นชัดเจนคือ ชนิดข้าวจ้าว ข้าวเหนียว พันธุ์อายุเบา กลาง หนัก และภายในแต่ละลักษณะยังมีความหลากหลายภายในอีก เช่น ปริมาณอไมโลสที่ต่างกัน (สงกรานต์ 2544) และยังพบว่าพันธุ์ข้าวเหล่านี้มีทั้งพันธุ์ข้าวพื้นเมืองและพันธุ์ข้าวปรับปรุง ประเทศไทยมีพันธุ์ข้าวปลูกทุกชนิด (*Oryza spp L.*) ที่ได้รวบรวมไว้ที่ศูนย์ปฏิบัติการและเก็บเชื้อเมล็ดพันธุ์ข้าวแห่งชาติไว้จำนวน 23,903 ตัวอย่าง จัดเป็นข้าวพื้นเมือง 17,093 ข้าวสายพันธุ์ดี 2,335 ข้าวสายพันธุ์ต่างประเทศ 3,391 ข้าวป่า 1,065 และข้าวอื่นๆ (*Oryza glaberima*) 19 ตัวอย่างพันธุ์ (ฉวีวรรณ 2543)

จากความหลากหลายของพันธุ์ข้าวไทยที่สามารถปรับตัวได้หลากหลายและจำเพาะต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวนในแต่ละท้องถิ่น ซึ่งความหลากหลายดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งพันธุกรรมในการปรับปรุงพันธุ์ได้ มีรายงานว่า พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ มีความอ่อนไหวต่ออุณหภูมิที่ต่างกัน ในข้าวกลุ่ม indica ซึ่งปลูกกันอย่างแพร่หลายในเขตร้อนของภูมิภาคเอเชียนั้น มีการตอบสนองที่ไวต่ออุณหภูมิสูงแตกต่างกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีลักษณะที่มีความสำคัญของความหลากหลายในการปรับตัวต่ออุณหภูมิสูง (Satake and Yoshida, 1978; Mutsushima *et al*., 1982) ซึ่งพันธุ์ข้าวในประเทศไทยส่วนใหญ่อยู่ในข้าวกลุ่มนี้ แสดงให้เห็นว่าจะต้องมีกลไกในการปรับตัวต่ออุณหภูมิสูงอยู่แล้วในฐานพันธุกรรมของข้าวไทย และมีความเป็นไปได้ที่จะนำกลไกดังกล่าวมาศึกษาเพื่อให้เกิดประโยชน์ในด้านการคัดเลือกหรือปรับปรุงพันธุ์เพื่อใช้รับมือกับผลกระทบจากอุณหภูมิสูงที่เกิดขึ้นจากภาวะโลกร้อนได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved