สภาพฟ้าอากาศที่เปลี่ยนแปลง : ผลกระทบของอากาศหนาวเย็นต่อผลผลิตของข้าวในเขตภาคเหนือตอนล่าง

Climate Change : Impact of Cool Weather on Rice Yield in the Lower North Thailand

อัจฉราพร ณ ลำปาง เนินพลับ[1)]

Acharaporn Na Lampang Noenplab[1)]

Abstract

Rice growing areas in the Lower North of Thailand has been severely affected by extreme climate change seen as cold injury in 2007 dry season. The total affected area was 621,176 rai (99,388 ha) resulted in a drastic loss of 2,749 million Baht ($US 89 million). Since it has been reported that the most sensitive stage to cool temperature is the young microspore stage, approximately 8.5-10 days before flowering, and the critical range of temperature for cold injury resulted in panicle sterility is 15-20 °C. This preliminary investigation firstly aimed to observe visible changes after exposing to cool temperatures. Secondly, to observe the relationship between low temperature and sterility. Thirdly, to measure a subsequent reduction in grain yield of rice cv. Suphanburi 3 sown during 2007 dry season on 26th October 2006 and harvested on 26th February 2007. The temperature recorded on a 3-h basis showed that the daily minimum temperature throughout the growth period was between 1-7 a.m. starting from 25 °C at sowing and continued to reduce further to mostly lower than 20 °C from mid December to the first week of February. This cool period was assumed to be the panicle initiation to grain filling stage. Thus, the most sensitive young microspore stage was estimated to be from 4-6 January 2007 with the minimum daily temperature being 19.3-21.3 °C. Results revealed that low daily minimum temperatures from 25 °C and below throughout the growing period of Suphanburi 3 caused leaf discoloration at tillering, 67% spikelet sterility on average, some panicle tip degeneration, extension of maturity by 13 days and a drastic yield loss being 54%.

Keywords : rice, climate change, cold injury, young microspore stage, panicle sterility, leaf discoloration, tip degeneration, yield loss, lower North Thailand, Supanburi 3

บทคัดย่อ

พื้นที่ปลูกข้าวในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย เริ่มได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากสภาพฟ้าอากาศแปรปรวนและเปลี่ยนแปลง จากสภาพอากาศหนาวเย็นผิดปกติอย่างต่อเนื่องในฤดูนาปรัง 2550 ทำให้ผลผลิตข้าวในจังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร เสียหายรวม 621,176 ไร่ คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 2,749 ล้านบาท และมีข้อมูลผลงานวิจัยในประเทศเขตหนาวว่าระยะที่ข้าวอ่อนแอที่สุดต่ออากาศหนาว คือ ระยะ young microspore หรือประมาณ 8.5-10 วันก่อนออกรวง และอุณหภูมิที่ทำให้การเป็นหมันสูง คือ 15-20 °ซ. จึงได้เริ่มดำเนินการวิจัยเป็นกรณีศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลเบื้องต้น ด้านความสัมพันธ์ของอุณหภูมิต่ำขณะที่ข้าวกำลังเจริญเติบโต กับการเป็นหมันและความเสียหาย

1) ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก อ. วังทอง จ. พิษณุโลก 65130 โทรศัพท์ 0-5531-1184
Phitsanulok Rice Research Center, Wangthong, Phitsanulok 65130 Tel. 0011-66-5531-1184
E-mail: acharaporn@ricethailand.go.th , nacharaporn@yahoo.com

Bureau of Rice Research and Development

ต่อผลผลิตข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 3 ที่ปลูกในฤดูนาปรัง ณ ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ปลูกวันที่ 26 ตุลาคม 2549 และเก็บเกี่ยว 26 กุมภาพันธ์ 2550 จากข้อมูลอุณหภูมิราย 3 ชั่วโมง พบว่า อุณหภูมิต่ำสุดของแต่ละวันตั้งแต่เริ่มปลูก เริ่มจาก 25 °ซ. และลดลงเรื่อยๆ ไปจนถึงช่วงตั้งแต่กลางเดือนธันวาคมจนถึงสัปดาห์แรกของเดือนกุมภาพันธ์ ที่อุณหภูมิต่ำสุด ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 20 °ซ. ซึ่งเป็นระยะเริ่มสร้างรวงอ่อน-สะสมแป้ง ช่วงที่คาดว่าน่าจะเป็นระยะวิกฤติ คือ young microspore ซึ่งอุณหภูมิต่ำสุดอยู่ที่ 16.3-21.3 °ซ. ผลของอุณหภูมิต่ำตลอดฤดูปลูก ทำให้ข้าวสุพรรณบุรี 3 มีอาการเหลืองในระยะแตกกอ เมล็ดเป็นหมัน 67% บางรวงมีปลายรวงฝ่อ อายุการเก็บเกี่ยวยืดออกไปอีก 13 วัน และผลผลิตลดลงถึง 54%

คำสำคัญ : ข้าว อากาศหนาวเย็น ผลกระทบ young microspore รวงเป็นหมัน ปลายรวงฝ่อ ผลผลิตข้าว สุพรรณบุรี 3 ภาคเหนือตอนล่าง

คำนำ

สภาพฟ้าอากาศที่แปรปรวนและเปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องมาจากภาวะเรือนกระจกหรือที่เรียกกันว่า ภาวะโลกร้อน นั้น เป็นที่กล่าวกันทั่วโลกมาเป็นเวลานาน ก่อให้เกิดภัยธรรมชาติหลายอย่างที่ฉับพลันและร้ายแรง จากรายงานข่าวทั้งในและต่างประเทศบ่อยครั้งในระยะ 2-3 ปีที่ผ่านมา ทั้งสภาวะร้อนจัด หนาวจัด น้ำท่วม และฝนแล้งรุนแรงอย่างที่ไม่เคยเป็นมาก่อน สภาพเช่นนี้ ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรงเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบทางอ้อมต่อพืชอาหารอีกด้วย ข้าว นับเป็นพืชอาหารที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก และนับวันจะทวีความสำคัญมากขึ้น ก็ได้รับผลกระทบนี้ด้วยเช่นกัน ในขณะนี้ (เมษายน 2551) เกิดภาวะการขาดแคลนข้าวในประเทศผู้ผลิตและผู้บริโภคหลายประเทศเนื่องจากภัยธรรมชาติ แต่เป็นความโชคดีของประเทศไทยและชาวนาไทย เพราะในฤดูปลูกที่ผ่านมา ข้าวไทยได้ผลผลิตดี และไม่ได้รับผลกระทบจากภัยธรรมชาติมากเช่นประเทศอื่นๆ มีรายงานข่าวว่า 40 ประเทศได้ออกประกาศห้ามส่งข้าวขายต่างประเทศ เนื่องจากกลัวว่าจะไม่มีข้าวเพียงพอต่อการบริโภคภายในประเทศ และได้มีมาตรการจัดการต่างๆกันไป เหตุการณ์ครั้งนี้ ถึงแม้จะเป็นผลดีต่อประเทศไทยในแง่ของการค้า และเพิ่มแรงจูงใจสำหรับชาวนาในการปลูกข้าว เนื่องจากราคาข้าวสูงขึ้น 2-3 เท่า และยังคงขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ไม่ควรประมาท และทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องควรเตรียมรับมือไว้เสียแต่เนิ่นๆ เนื่องจากสัญญาณอันตรายจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ได้แสดงให้เห็นในรูปของอากาศหนาวเย็นกว่าปกติเป็นระยะเวลานาน

ในภาคเหนือตอนล่างหลายจังหวัด ในฤดูนาปรังของปี 2550 ส่วนใหญ่เริ่มปลูกข้าวในเดือนพฤศจิกายน-ธันวาคม 2549 และเก็บเกี่ยวประมาณเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม 2550 ปรากฏว่า ข้าวในพื้นที่เหล่านี้แสดงอาการเป็นหมัน เมล็ดลีบ ผลผลิตเสียหายอย่างรุนแรง นอกจากนี้ ยังพบอาการร่วมกับโรคเมล็ดด่าง เนื่องจากสภาพอากาศเอื้ออำนวยต่อการระบาดคือเย็นและชื้น มีรายงานความเสียหายที่เกิดกับข้าว ดังข้อมูลภัยพิบัติทางธรรมชาติอันเนื่องมาจากอากาศหนาวของสำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร จำนวนพื้นที่เสียหายในฤดูนาปรัง 2550 รวม 621,176 ไร่ คิดเป็นมูลค่าผลผลิตที่เสียหายโดยคำนวณจากข้อมูลผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ในแต่ละจังหวัด และราคาข้าวโดยเฉลี่ยของฐานข้อมูลปี 2549/50 คิดเป็นเงิน 2,749 ล้านบาท พื้นที่เสียหายแต่ละจังหวัด คือ กำแพงเพชร 210,271 ไร่ (874 ล้านบาท) สุโขทัย 182,170 ไร่ (844 ล้านบาท) พิษณุโลก 179,446 ไร่ (808 ล้านบาท) และพิจิตร 49,289 ไร่ (223 ล้านบาท) (สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร, 2550)

สำหรับผลผลิตที่เสียหาย ชาวนาบางจังหวัดได้รับค่าชดเชยตามเกณฑ์ที่จังหวัดประเมิน เนื่องจากมีปัญหาในการจำแนกระดับความเสียหายของผลผลิต ผู้เขียนได้รับทราบจากการเข้าร่วมประชุมภัยพิบัติของจังหวัดกำแพงเพชรว่า ในการชดเชย ปกติตัดสินจากความเสียหายของผลผลิตทั้งหมด แต่ความเสียหายจากอากาศหนาวนั้น มีหลายระดับ ตั้งแต่เสียหายบางส่วนจนถึงเสียหายทั้งหมด ขึ้นอยู่กับช่วงการเจริญเติบโตของข้าวที่เผชิญอากาศหนาว และข้าวแต่ละพันธุ์ตอบสนองต่างกันไป เนื่องจากไม่มีข้อมูลทางวิชาการเพียงพอที่จะกล่าวได้

Bureau of Rice Research and Development

ว่า ข้าวแต่ละพันธุ์ที่นิยมปลูกในพื้นที่ตอบสนองต่อสภาพอากาศเย็นจัดอย่างไร และจะได้ผลผลิตเท่าใด เพราะในภาคเหนือตอนล่างไม่เคยมีปรากฏการณ์เช่นนี้มาก่อน ผลการศึกษาเรื่องนี้ ส่วนใหญ่เป็นของนักวิจัยชาวญี่ปุ่น ซึ่งศึกษาในข้าว japonica เป็นหลัก ส่วนข้าวไทยเป็นข้าวประเภท indica จึงควรศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนและปรับใช้ได้ในสภาพจริง

ปัญหาเกี่ยวกับอากาศเย็นและความชื้นสูงจากหมอกและน้ำค้างจัดในฤดูหนาว ก็คือ ถึงแม้จะได้ผลผลิตข้าวบางส่วน แต่ผลผลิตนั้นไม่มีคุณภาพ เพราะเป็นโรคเมล็ดด่าง เมื่อนำไปสีจะหักง่ายและดูสกปรก เพราะมีจุดดำของเชื้อราบริเวณจุดเจริญไม่เหมาะต่อการบริโภค ขายไม่ได้ราคา และไม่คุ้มกับค่าเก็บเกี่ยว ดังนั้น เมื่อพบกับสภาพฟ้าอากาศดังกล่าว ก็อาจคาดการณ์ได้ว่าจะเกิดความเสียหายรุนแรง และชาวนาต้องประสบปัญหาการขาดทุน สภาพฟ้าอากาศเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลกระทบ เช่นนี้ อาจจะไม่เกิดครั้งเดียว แต่อาจพบอีกได้ในโอกาสต่อๆ ไป ผลกระทบของอากาศหนาวเย็นที่มีต่อผลผลิตข้าวที่ปลูกในภาคเหนือตอนล่าง มีความเสี่ยงต่อความเสียหายอย่างรุนแรง จึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาเร่งด่วน เพื่อเป็นแนวทางที่จะแนะนำชาวนาในการปฏิบัติที่ถูกต้อง และเพื่อเป็นเกณฑ์ในการประเมินความเสียหาย ในกรณีที่จะให้ความช่วยเหลือชดเชยความเสียหายผลผลิตต่อไป

พื้นที่ปลูกข้าว ผลผลิต และมูลค่าของข้าวเปลือกในภาคเหนือตอนล่าง

ในปี 2548/49 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวรวม 67,677,000 ไร่ เป็นข้าวนาปี 2548 จำนวน 57,774,000 ไร่ และข้าวนาปรัง 2549 ซึ่งเป็นช่วงเวลาต่อจากนาปี 2548 จำนวน 9,903,000 ไร่ ผลผลิตรวม 2 ฤดูปลูก เป็น 30,289,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 200,000 ล้านบาท พื้นที่ภาคเหนือตอนล่างในความรับผิดชอบของศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลกมี 5 จังหวัด คือ ตาก กำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ปลูกข้าวเพื่อการค้า มีพื้นที่ปลูกข้าวรวม 6,896,932 ไร่ คิดเป็น 10.2 % ของประเทศ เป็นข้าวนาปี 2548 จำนวน 4,812,213 ไร่ และ นาปรัง 2549 จำนวน 2,084,719 ไร่ ได้ผลผลิตรวมทั้งสิ้น 3,863,639 ตัน คิดเป็น 12.8 % ของผลผลิตรวมของประเทศ คิดเป็นมูลค่า 25,500 ล้านบาท เป็นผลผลิตข้าวนาปี 2,475,956 ตัน มูลค่า 16,341 ล้านบาท และ นาปรัง 1,387,683 ตัน มูลค่า 9,159 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549)

ความเสียหายของผลผลิตข้าวภาคเหนือตอนล่างที่ได้รับผลกระทบจากอากาศหนาวในฤดูนาปรัง 2550 คิดเป็นมูลค่า 2,749 ล้านบาท หรือประมาณ 30 % ของมูลค่าผลผลิต ซึ่งนับว่าเป็นความสูญเสียจำนวนไม่น้อย และเป็นเรื่องน่าเสียดายหากเหตุการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นอีก ในขณะที่ราคาข้าวอ่อนไหวมากและอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างสูงในปัจจุบัน ซึ่ง รายงาน ณ วันที่ 31 มีนาคม - 4 เมษายน 2551 ข้าวเปลือกเจ้านาปีความชื้น 14-15 % ราคาเฉลี่ยตันละ 10,643.70 บาท (สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ข้าว, 2551) และจากรายงานข่าวของสำนักข่าวไทย (28 เมษายน 2551) ราคาข้าวตันละ 28,500 บาท

ความเสียหายของข้าวจากอากาศหนาวเย็น

ในอดีตการปลูกข้าวมีแค่เพียงในเขตร้อนชื้น แต่ปัจจุบันนี้มีการปลูกข้าวอย่างแพร่หลายในหลายประเทศ ในประเทศญี่ปุ่นซึ่งอยู่ในเขตหนาว ข้าวได้รับผลกระทบจากอากาศหนาวในภาคเหนือของประเทศที่มีอากาศหนาวเย็น โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่เกาะฮอกไกโด ได้รับผลกระทบอยู่เสมอ จากสภาพอากาศเย็นจัดผิดปกติในฤดูร้อนบางปี ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงตั้งแต่ 240 กก./ไร่ จนถึงไม่ได้ผลผลิตเลย (Satake, 1976) ส่วนภาคใต้ของประเทศญี่ปุ่นซึ่งอุณหภูมิสูงกว่าภาคเหนือ ก็ได้รับผลกระทบจากอากาศหนาวเย็นเช่นกัน สืบเนื่องมาจากการขาดแคลนอาหารหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 จึงมีการขยายพื้นที่ปลูกไปยังภูเขาสูงที่มีอากาศหนาวเย็น นอกจากนี้ยังเป็นผลมาจากการปลูกเร็วกว่าปกติอีกด้วย (Sato, 1967)

ผลกระทบจากอากาศหนาวเย็นนี้ไม่เพียงแต่จะพบในประเทศที่อยู่ในเขตหนาวเท่านั้น ยังเกิดในเขตร้อนชื้นในหลายประเทศ เช่น ออสเตรเลีย บังคลาเทศ โคลอมเบีย อินโดนีเซีย แคชเมียร์ เกาหลี เนปาล ปากีสถาน เปรู ศรีลังกา ไต้หวัน และสหรัฐอเมริกา (Kaneda, 1972) โดยผลกระทบจากอากาศเย็นในเขตร้อนนั้น เกิดจากการปลูกข้าวไม่ไวต่อช่วงแสงในฤดูนาปรัง (Owen, 1971) ซึ่งสอดคล้องกับผลกระทบที่เกิดในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทยในฤดูนาปรัง 2550

Bureau of Rice Research and Development

ประเภทของผลกระทบจากอากาศหนาวเย็น

จากการประมวลผลหลายประเทศ สรุปได้ว่า อากาศหนาวเย็นเกิดผลกระทบต่อข้าว 8 ประการด้วยกัน ได้แก่ ข้าวไม่งอก เติบโตช้า แคระแกร็น เหลือง ปลายรวง ไม่พัฒนา อายุยืดออกไป เป็นหมัน และสุกแก่ไม่พร้อมกัน ทั้งนี้ ผลกระทบที่พบในทุกประเทศ คือ เป็นหมันสูง ออกรวงช้า และสุกแก่ไม่พร้อมกัน (Kaneda, 1972) ผลกระทบจากอากาศหนาวเย็นที่มีต่อข้าว นับเป็นปัญหาที่สำคัญมากสำหรับประเทศญี่ปุ่น จึงมีการศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลอุตุนิยมวิทยากับการเป็นหมันของข้าว 32 พันธุ์ เป็นเวลา 14 ปี และสรุปว่า อุณหภูมิของอากาศทำให้เกิดการเป็นหมัน แต่ความเข้มของแสงและความชื้นสัมพัทธ์ ไม่มีผลต่อการเป็นหมัน (Akemine and Hoshika, 1939)

การเป็นหมันเกิดจากความผิดปกติของเซลล์สืบพันธุ์

มีการศึกษาความสัมพันธ์ของการผสมเกสร กับการเป็นหมันของข้าวเมื่อกระทบอุณหภูมิต่ำ พบว่า เมื่อให้อุณหภูมิต่ำในระยะ meiotic ข้าวที่ไม่ได้รับการผสมเกสรจะเป็นหมันสูงมาก แต่ข้าวที่ได้รับการผสมเกสรในจำนวนที่เหมาะสม มีการติดเมล็ดเกือบเป็นปกติ กล่าวได้ว่าสาเหตุหลักของการเป็นหมันเกิดจากความผิดปกติของเกสรตัวผู้ (Hayase *et al*., 1969) ในดอกย่อย 1 ดอก จะมีอับเรณู 6 อัน ทำหน้าที่ผลิตเรณูประมาณ 5,000-7,000 เรณู (Sawada and Saka, 1971) เรณูเพียง 10 เรณูหรือมากกว่านี้ เมื่อตกลงบนเกสรตัวเมียและงอกได้ ก็จะเกิดการปฏิสนธิ (Togari and Kuchiwakura, 1958)

ระยะการเจริญเติบโตที่อ่อนแอต่ออากาศหนาวเย็น

มีการศึกษาและรายงานระยะการเจริญเติบโตของข้าวที่กระทบอากาศหนาวเย็นแล้วเป็นหมันสูงสุด พบว่าเป็นระยะ meiotic คือประมาณ 10-11 วัน ก่อนออกรวง (Kariizaki and Kido, 1938; Kondo, 1952; Shimazaki *et al*., 1960 ; Tero *et al*., 1940 ; Hayase *et al*., 1969; Satake and Hayase, 1970) ต่อมาจึงพบว่า ระยะการเจริญเติบโตที่อ่อนแอต่ออากาศเย็นจัดที่ คือ ระยะ young microspore ซึ่งเป็นสปอร์ที่ยังอ่อนอยู่และจะพัฒนาไปเป็นเรณู โดยได้มาจากการแบ่งตัวแบบ meiosis ซึ่งเกิดขึ้นในเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Satake and Hayase, 1970) ในเกสรตัวผู้ที่ยังไม่แก่จะมี 4 ช่อง ซึ่งมี microspore บรรจุอยู่หลายสปอร์ หรือที่เรียกว่า pollen mother cell แต่ละ mother cell จะแบ่งตัว 2 ครั้ง เกิด tetrad ของ 4 microspores แต่ละ microspore จะพัฒนาไปเป็นเรณู หรือที่เรียกว่า pollen grain โดยมีผนังหนาขึ้น มีการแบ่งตัวของ nucleus ของ microspore เพื่อสร้าง tube cell nucleus และ generative nucleus เมื่อเกสรตัวผู้แก่ อับเรณูจะเปิดและเรณูจะกระจายออกไป (วรวิทย์, 2546)

เนื่องจากช่วงเวลาระหว่างการเกิด meiotic stage กับ young microspore ห่างกันประมาณ 1-1.5 วัน (Satake, 1976) ดังนั้น ช่วงเวลาวิกฤติที่เมื่อกระทบอุณหภูมิต่ำผิดปกติแล้วเป็นหมันสูง ประเมินว่าน่าจะเป็นช่วง 8.5-10 วัน ก่อนออกรวง

อุณหภูมิต่ำที่เป็นอันตราย

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำ ที่มีต่อการเป็นหมัน โดยให้อุณหภูมิคงที่อย่างต่อเนื่องทั้งกลางวันและกลางคืน พบว่า พันธุ์ข้าวที่ทนต่ออากาศหนาวเย็น มีช่วงอุณหภูมิวิกฤติที่ทำให้เกิดการเป็นหมันระหว่าง 15-17 °ซ. ส่วนพันธุ์อ่อนแอต่ออากาศหนาวเย็น อยู่ระหว่าง 17- 19 °ซ. (Nishiyama *et al*., 1969) ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าความเป็นหมันจะรุนแรงมากเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าช่วงวิกฤติ คือ 15 - 20 °ซ. นอกจากนี้ ยังมีข้อมูลเพิ่มเติมจากการทดลองที่น่าจะใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่า คือ การศึกษาผลของอุณหภูมิกลางวันและกลางคืนที่แตกต่างกันที่มีต่อการเป็นหมัน โดยให้อุณหภูมิเช่นนี้ในระยะ meiotic พบว่า ความเป็นหมันจะรุนแรงเมื่ออุณหภูมิต่ำอย่างต่อเนื่อง แต่อาการจะไม่ค่อยรุนแรงเมื่ออุณหภูมิกลางวันค่อนข้างอุ่นแต่กลางคืนเย็นจัด (Matsushima *et al*., 1958; Shimazaki *et al*., 1964)

ขั้นตอนที่ทำให้เกิดการเป็นหมัน

มีการศึกษาความผิดปกติอย่างเป็นขั้นตอน ในระยะดอกบาน โดยให้ข้าวได้รับอุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 4-5 วัน เพื่อค้นหาสาเหตุเริ่มแรกของการเป็นหมัน พบว่า สาเหตุโดยตรงมาจากการที่อับเรณูไม่เปิดออกเนื่องจากเรณูไม่สุกแก่ (Satake, 1976) โดยพบความผิดปกติหลายประการด้วยกัน คือ ส่วนประกอบบางอย่างในอับเรณูมีปริมาณลดลง เช่น ธาตุอาหาร N P K กรดอะมิโน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง proline ซึ่งมีอยู่ในปริมาณ 40% ของกรด

Bureau of Rice Research and Development

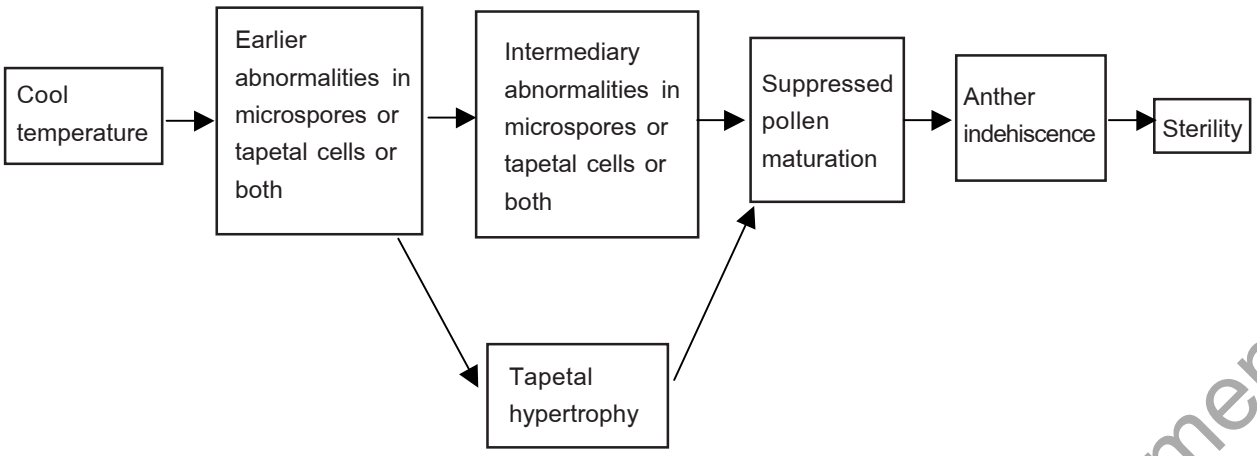

Fig. 1 Causal sequence from cool temperature to sterility (Nishiyama, 1970)

อะมิโนทั้งหมดในอับเรณู มีปริมาณลดลงอย่างมาก นอกจากนี้โปรตีนและขบวนการหายใจก็ลดลงด้วย แต่ส่วนประกอบที่เพิ่มขึ้น คือ ปริมาณ reducing sugar ซึ่งทำให้เกิด osmotic pressure สันนิษฐานว่า ปริมาณ reducing sugar ที่สะสมมากผิดปกติ ส่งผลให้ microspore ผิดปกติไป และทำให้ผนังกั้นระหว่าง tapetal cells ที่อยู่ในอับเรณูแตกออก ทำให้เรณูไม่สุกแก่ อับเรณูไม่เปิด และข้าวเป็นหมันในที่สุด ขั้นตอนการเป็นหมันจากการกระทบอุณหภูมิต่ำ ได้แสดงไว้ใน Fig. 1

ผลของอุณหภูมิต่ำที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการสังเคราะห์แสงและโปรตีน

หลัง ปี พ.ศ. 2513 (1970) เป็นต้นมา งานวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของอุณหภูมิต่ำที่มีต่อข้าวได้ว่างเว้นไปนับทศวรรษ จนกระทั่งมีผู้ให้ความสนใจผลของอากาศหนาวเย็นต่อการสังเคราะห์แสง โดยศึกษาความแตกต่างของพันธุ์ข้าวในการสังเคราะห์แสง อันเนื่องมาจากผลกระทบของสภาพอากาศเย็นแห้งแต่มีลมชื้น ที่เรียกว่า dry cold dew wind ในภาคตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศจีน ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงอย่างรุนแรง Huang และคณะ (1989) ได้ทดสอบข้าวทั้ง japonica และ indica จำนวน 5 พันธุ์ โดยให้อุณหภูมิ กลางวัน/กลางคืน เป็น 21/10 °ซ. เมื่อ 14 วันหลังการผสมเกสร เป็นเวลา 3 วันติดต่อกัน พบว่าข้าวพันธุ์ Hungarian-1 จากยุโรปตอนกลาง ซึ่งมีลักษณะคล้าย japonica และ พันธุ์ Lemont จาก Texas ซึ่งคล้าย indica ได้รับผลกระทบจากอุณหภูมิต่ำในการสังเคราะห์แสงน้อยกว่า พันธุ์ Gui Chao-2 กับ Er Bai Ai จากจีน และ IR8 จากฟิลิปปินส์ ในภาพรวม พบว่า การสังเคราะห์แสงในเวลากลางวันของข้าวทุกพันธุ์จะลดลงอย่างมากหากอุณหภูมิของรากและอากาศต่างกัน 5 -7 °ซ. ในตอนเช้า แต่ถ้าอุณหภูมิของรากสูงที่ 20 °ซ. ทั้งกลางวันและกลางคืน และอุณหภูมิของอากาศกลางวัน/กลางคืน อยู่ที่ 21 /10 °ซ. ต่างกัน 11 °ซ. ผลกระทบที่มีต่อการสังเคราะห์แสงจะน้อยลงมาก

นอกจากนี้ ยังพบว่าพันธุ์ข้าวที่ทนต่ออุณหภูมิต่ำ ปริมาณ soluble sugar ในใบลดลงตลอดระยะเวลาที่ทดสอบ แต่พันธุ์อ่อนแอจะยังคงมี soluble sugar ในใบอยู่ในปริมาณสูงจนกระทั่งอุณหภูมิกลับสู่ปกติ แสดงว่าการชะงักการสังเคราะห์แสงอาจเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำตาลสูงระหว่างที่กระทบอุณหภูมิต่ำ มีข้อสังเกตเพิ่มเติมว่า ในพันธุ์ที่ผลผลิตลดลงมาก ใบค่อนข้างแผ่ขนานกับพื้น เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ที่ได้รับผลกระทบน้อยกว่าใบค่อนข้างตั้งตรง ลักษณะเช่นนี้อาจเกี่ยวข้องกับขบวนการควบคุมการเคลื่อนย้ายอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงไปยังเมล็ด

การเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบภายในของข้าวที่ได้รับผลกระทบจากอากาศหนาวเย็นนั้น นอกจากปริมาณน้ำตาลแล้ว ยังมีผู้ศึกษาผลของอุณหภูมิต่ำต่อการสร้างโปรตีน (Imin *et al.*, 2006) โดยให้ข้าวในระยะ young microspore ได้รับอุณหภูมิ 12 °ซ. เป็นเวลา 2-3 วัน แล้วสกัดโปรตีนจากอับเรณูของข้าวทั้งพันธุ์อ่อนแอและต้านทานที่ได้รับอุณหภูมิต่ำ เปรียบเทียบกับที่สภาพไม่ได้รับ พบว่า หลังการทดลอง 1, 2 และ 4 วัน ข้าวพันธุ์อ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ มีโปรตีนในอับเรณู 37 ชนิด ที่เปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 2 เท่า และพบโปรตีนชนิดใหม่

Bureau of Rice Research and Development

ชื่อ Oryza sativa cold-induced anther protein (OsCIA)

แบบจำลอง (model) การพยากรณ์ผลผลิตข้าวที่กระทบอากาศหนาวเย็น

การทำนายการเป็นหมันของข้าว เป็นสิ่งจำเป็นในการพยากรณ์ผลผลิตข้าวที่กระทบอากาศหนาวเย็น ทีมนักวิจัยชาวญี่ปุ่น (Shimono *et al*., 2005) เป็นกลุ่มแรกที่พยายามนำอุณหภูมิของอากาศ (Ta) อุณหภูมิของน้ำ (Tw) อุณหภูมิของรวง (Tp) และความลึกของน้ำ มาศึกษาความสัมพันธ์ที่มีต่อการเป็นหมันของดอกข้าวในรูปของแบบจำลอง แล้วทดสอบโดยใช้ข้อมูลการทดสอบในแปลงนาทางภาคเหนือของประเทศญี่ปุ่นจำนวน 9 แห่ง ในช่วงเส้นรุ้งที่ 41- 45 °N และเส้นแวง 140 - 142 °E เป็นเวลา 4 ปี รวม 23 ชุด ศึกษาความแตกต่างในการตอบสนองของพันธุ์ข้าวต่ออุณหภูมิต่ำในการเป็นหมันของดอกย่อยโดยการใช้น้ำเย็น พบว่า การเป็นหมันของดอกย่อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของรวงข้าวมากกว่าอุณหภูมิของน้ำหรืออากาศ และได้สร้างแบบจำลอง 6 แบบด้วยกันโดยใช้หลักการของ "Cooling degree-day" พบว่า แบบจำลองที่ใช้อุณหภูมิของรวงร่วมด้วย แม่นยำกว่าแบบที่ใช้อุณหภูมิของน้ำหรืออากาศเพียงอย่างเดียว และอุณหภูมิเฉลี่ยเป็นปัจจัยที่ช่วยในการพยากรณ์ผลผลิตได้ดีกว่าอุณหภูมิต่ำสุด

นอกจากนี้ การนำเอาความแตกต่างในการตอบสนองต่ออุณหภูมิของพันธุ์ข้าวมาประกอบใน Model ยังช่วยให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้นอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปีทดสอบที่ฤดูร้อนมีอากาศหนาวเย็นกว่าปกติ อย่างไรก็ดี ผู้วิจัยกล่าวว่ายังมีปัจจัยอีกหลายประการที่อาจจะมีผลต่อความแม่นยำของการประเมินผลผลิต แต่ไม่ได้นำมาคิดคำนวณ เช่น ปริมาณของปุ๋ยที่ใส่ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเป็นหมันและความยาวของลำต้น สำหรับความยาวของลำต้นนั้นโยงไปถึงตำแหน่งของรวงซึ่งเกี่ยวข้องกับการวัดอุณหภูมิของรวง การที่อุณหภูมิของน้ำไม่สม่ำเสมอใน

Table 1 Average fertile (seeds/panicle), fertility percentage, total grain yield/m^2 (g), estimated grain yield (kg/rai) and yield loss percentage of rice var. Suphanburi 3 sown at Phitsanulok Rice Research Center in the Lower North on 26th October, 2006, as a result from exposure to natural cool temperatures during panicle initiation to grain filling

1 m^2 Sampling No.	Ave. fertile (seeds/panicle)	Ave. sterile (seeds/panicle)	Fertility percentage	Ave. 1,000 grain weight (g)	Total grain yield (g/m^2)
1	58.3	61.1	49	22.8	150
2	38.5	52.8	43	27.3	210
3	39.6	62.7	39	28.0	390
4	24.5	41.0	37	27.8	385
5	17.0	22.6	43	27.8	320
6	28.8	81.2	26	26.7	155
7	2.1	102.5	20	5.4 (150 seeds)[1]	6
8	5.3	128.4	4	4.2 (78 seeds)[1]	4
9	20.4	57.5	26	27.1	390
10	56.1	63.8	47	27.5	221
Total 10 m^2	290.6	673.6	334	2151	2,231
Ave.	29.06	67	33	26.875	223.1
Estimated grain yield (kg/rai*)					356.96
Normal grain yield (kg/rai*)					774
Yield loss(%)					54

Note: 1 No of seeds in sample 7 and 8 were inadequate and excluded

* 1 ha = 6.25 rai

Bureau of Rice Research and Development

ทุกระดับความลึก ระยะการเติบโตที่แตกต่างกันของหน่อในกอเดียวกัน ความอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำในระยะออกรวง เป็นต้น

อากาศหนาวเย็นในฤดูนาปรังและผลผลิตข้าวในภาคเหนือตอนล่าง

กรณีศึกษา ภาคเหนือตอนล่างเริ่มประสบอากาศหนาวจัดผิดปกติในฤดูนาปรังปี 2542 และ 2546 แต่ผลกระทบของอากาศหนาวที่ทำให้ข้าวเป็นหมันเห็นได้อย่างชัดเจนในฤดูนาปรังปี 2550 ผู้เขียนสนใจในความผิดปกตินี้ และได้เก็บข้อมูลผลผลิตข้าวเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้น จากนาหว่านข้าวสุพรรณบุรี 3 (ดอนเจดีย์) ในแปลงพันธุ์หลักศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก (ตั้งอยู่บริเวณเส้นรุ้งที่ 16° 50' เหนือ เส้นแวงที่ 100° 50' ตะวันออก) หว่านเมื่อ 26 ตุลาคม 2549 โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้ (Table 1)

- สุ่มเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 1 ตารางเมตร จำนวน 10 จุด วันเก็บเกี่ยว 26 กุมภาพันธ์ 2550 (123 วัน อายุปกติประมาณ 110 วัน) แต่ละจุดสุ่ม 10 รวง นำมานับเมล็ดดี เมล็ดลีบ แล้วคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

- ชั่ง น้ำหนักเมล็ดดี รวม 10 รวง น้ำหนักเมล็ดดีของรวงที่เหลือ และ น้ำหนักเมล็ดดีทั้งหมดในแต่ละจุดเป็นกรัม ชั่งน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นกรัม คำนวณประเมินผลผลิตเป็นกิโลกรัมต่อไร่

การประเมินผลผลิต

- จำนวนเมล็ดต่อรวง พบตั้งแต่ 2.1 - 58.3 เมล็ด เฉลี่ย 29.06 เมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี พบตั้งแต่ 4 - 49% เฉลี่ย 33% การเป็นหมัน เฉลี่ย 67%

- น้ำหนัก เมล็ดดีเฉลี่ย 1,000 เมล็ด พบตั้งแต่ 22.8 - 28.0 กรัม เฉลี่ย 26.875 กรัม

- ผลผลิตเฉลี่ย 223.1 กรัม/ตร.ม. หรือคิดเป็น 356.96 กก./ไร่ ซึ่งผลผลิตปกติเฉลี่ย 774 กก./ไร่ คิดเป็นผลผลิตที่เสียหาย 54%

ในฤดูนาปรังปี 2550 ที่จังหวัดพิษณุโลกอากาศหนาวจัดกว่าปกติ ตลอดฤดูปลูกของข้าวสุพรรณบุรี 3 อากาศเย็นในตอนกลางคืนถึงรุ่งเช้า อุณหภูมิทุก 3 ชั่วโมงของสถานีอุตุนิยมวิทยาพิษณุโลก อุณหภูมิต่ำสุดในแต่ละวันส่วนใหญ่จะเป็นเวลา 07.00 น. เริ่มตั้งแต่ช่วงปลูก (26 ตุลาคม 2549) เป็นต้นไป คือ 25 °ซ. หรือต่ำกว่า และค่อยๆ ลดลงถึง 1-2 °ซ. ในเดือนพฤศจิกายน และอากาศเย็นจัดมากอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ประมาณกลางเดือนธันวาคม-สัปดาห์แรกของเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนใหญ่อุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 20 °ซ. อุณหภูมิต่ำสุดระหว่างการเจริญเติบโตอยู่ที่ 12.5 °ซ. เวลา 07.00 น. ของวันที่ 22 ธันวาคม 2549

อุณหภูมิในช่วงต่างๆ ของการเจริญเติบโตของข้าวสุพรรณบุรี 3 (Table 2) ปกติข้าวพันธุ์นี้มีอายุประมาณ 110 วัน ดังนั้น ข้าวที่หว่าน 26 ตุลาคม 2549 ควรจะเริ่มสร้างรวงอ่อนเมื่ออายุ 50 วัน (15 ธันวาคม 2549) และจะออกรวงเมื่ออายุได้ 80 วัน (14 มกราคม 2550) โดยคาดว่าช่วง young microspore จะอยู่ที่ประมาณ 8.5 -10 วันก่อนออกรวง หรืออายุ 70 - 72 วัน

Table 2 Maximum, minimum and average temperature (°C) at different growth stage of rice var. Suphanburi 3 sown at Phitsanulok Rice Research Center during 2006-2007, dry season

Temperature (°C)	Growth stage of rice/ Days after sowing(DAS)/ Date			
	Broadcasting-Panicle initiation (0 DAS) 26 Oct.-14Dec. 2006	Panicle initiation-Young microspore (50 DAS) 15 Dec. 2006-3 Jan. 2007	Young microspore (70-72 DAS) 4-6 Jan. 2007	Flowering - harvesting (80 DAS) 14 Jan. - 25 Feb. 2007
Max.	30.8-34.5	26.0-31.6	30.8-31.6	26.2-36.0
Min.	20.6-25.5	12.5-21.6	16.3-21.3	13.5-25.6
Ave.	27.7	25.6	24.3	25.6

Harvesting date : 26 Feb. 2007 (123 DAS)

Bureau of Rice Research and Development

(a) (b)

(c) (d)

(e) (f)

Bureau of Rice Research and Development

Fig. 2 Cold injury and grain yield evaluation in rice var. Suphanburi 3 sown during 2007 dry season at Phitsanulok Rice Research Center (a) Discoloration at tillering stage (b) Overview at grain filling stage (c) Sterile panicle tip at early grain filling stage (d) Sterile spikelets at late grain filling stage (e) Maturity stage and (f) Yield samplings at maturity stage

(4-6 มกราคม 2550) ซึ่งเป็นระยะที่อ่อนแอมากที่สุดต่ออุณหภูมิต่ำ 15-20 °ซ. และอุณหภูมิต่ำสุดที่วัดได้ในระยะการเจริญเติบโตช่วงนี้ เมื่อเวลา 07.00 น. คือ 16.3 - 21.3 °ซ. ส่วนอุณหภูมิสูงสุดเมื่อเวลา 16.00 น. อยู่ระหว่าง 30.8-31.6 °ซ. ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิแต่ละวัน อยู่ระหว่าง 22.7-26.0 °ซ. และอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืนแตกต่างกันระหว่าง 9.9-15.3 °ซ. นอกจากนี้ อุณหภูมิต่ำสุดในตอนกลางคืนหลังจากออกรวงแล้ว ยังคงเย็นจัดอย่างต่อเนื่องและส่วนใหญ่อยู่ต่ำกว่า 20°ซ. ตั้งแต่ 15 มกราคม - 11 กุมภาพันธ์ 2550 เป็นเวลาถึง 28 วัน ยกเว้น 4 วันในสัปดาห์สุดท้ายของเดือนมกราคม 2550 เท่านั้นที่อุณหภูมิต่ำสุดสูงกว่า 20 °ซ. เล็กน้อย แต่ก็อยู่ในช่วง 21-24 °ซ.

ข้อมูลนี้ สนับสนุนผลงานวิจัยข้างต้นโดยเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ อุณหภูมิต่ำในตอนกลางคืนถึงเช้า ในระยะวิกฤติ (young microspore) และในระยะสะสมแป้ง ทำให้ข้าวสุพรรณบุรี 3 แสดงอาการเหลืองในระยะแตกกอ เมล็ดในรวงเป็นหมันเฉลี่ย 67% บางรวงมีปลายรวงฝ่อ อายุการเก็บเกี่ยวยืดออกไปอีก 13 วัน และผลผลิตลดลงสูงถึง 54% (Fig. 2 a-f) ดูเหมือนว่า ข้าวสุพรรณบุรี 3 จะอ่อนแอต่ออุณหภูมิต่ำ มากกว่าพันธุ์ข้าว japonica และ indica และช่วงความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิกลางวัน/กลางคืน ค่อนข้างกว้าง เนื่องจากอุณหภูมิในตอนกลางวันเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 30-33 °ซ. (สูงกว่า 30 หรือ 21 °ซ. ที่นิยมใช้ทดสอบ) เพราะประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน และไม่ว่าจะเป็นข้าวหรือพืชอื่นๆก็ตาม เมื่อปลูกที่ใดก็ย่อมต้องปรับตัวให้เข้ากับสภาพอุณหภูมิและสิ่งแวดล้อมในที่นั้น เมื่อสภาพอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปแม้แต่เล็กน้อย ก็จะมีผลกระทบที่เห็นได้ชัดเจน

อย่างไรก็ดี การมีการศึกษาในรายละเอียดเพิ่มเติมให้มากยิ่งขึ้น ทั้งข้าวพันธุ์นี้และพันธุ์อื่นๆ ที่นิยมปลูกในพื้นที่ เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินความเสียหายและเพื่อหาทางลดหรือหลีกเลี่ยงความเสียหายด้วยวิธีการต่างๆ ต่อไป นอกเหนือจากการเน้นการให้ความรู้แก่ชาวนาในการจัดเวลาปลูก เพื่อหลีกเลี่ยงผลกระทบจากอากาศหนาวจัด การวางแผนปรับปรุงพันธุ์ข้าวไทยให้ต้านทานหรือทนทานต่อสภาพอุณหภูมิที่ต่ำมากและ/สูงมากใน Phytotron พร้อมทั้งการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงการระบาดของศัตรูข้าว ซึ่งจะเป็นการเตรียมข้อมูลเพื่อความพร้อมในการเผชิญกับสภาพฟ้าอากาศแปรปรวนอย่างรุนแรง ที่อาจพบบ่อยครั้งขึ้นในอนาคต

บทสรุป

อากาศหนาวเย็นมีผลกระทบต่อข้าว 8 ประการ คือ ข้าวไม่งอก เติบโตช้า แคระแกร็น เหลือง ปลายรวงไม่พัฒนา อายุยืดออกไป เป็นหมัน และสุกแก่ไม่พร้อมกัน แต่ผลกระทบที่พบทั่วไป คือ เป็นหมันสูง ออกรวงช้า และสุกแก่ไม่พร้อมกัน โดยอุณหภูมิต่ำระยะ meiotic ข้าวที่ไม่ได้รับการผสมเกสรจะเป็นหมันสูงมาก เหตุหลักเกิดจากความผิดปกติของเกสรตัวผู้ และระยะข้าวที่อ่อนแอต่ออากาศเย็นจัด คือ ระยะ young microspore ช่วงวิกฤติที่ข้าวกระทบอุณหภูมิต่ำและเป็นหมันสูง ประเมินว่าเป็นช่วง 8.5-10 วัน ก่อนออกรวง สำหรับระดับอุณหภูมิต่ำที่เป็นจุดวิกฤตทำให้ข้าวเป็นหมัน พบว่า ในข้าวพันธุ์ที่ทนต่ออากาศหนาวเย็น ช่วงอุณหภูมิวิกฤตที่ทำให้ข้าวเป็นหมันอยู่ระหว่าง 15-17 °ซ. ส่วนข้าวพันธุ์อ่อนแอต่ออากาศหนาวเย็น จะอยู่ระหว่าง 17-19 °ซ. โดยข้าวที่เป็นหมันจะรุนแรงมากเมื่ออุณหภูมิต่ำกว่าช่วงวิกฤต คือ 15-20 °ซ. และอุณหภูมิต่ำ อย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ อุณหภูมิต่ำยังมีผลกระทบทำให้การสังเคราะห์แสงของข้าวลดลงอย่างมาก หากอุณหภูมิของรากและอากาศต่างกัน 5-7 °ซ. ซึ่งส่งผลกระทบต่อปริมาณน้ำตาลในใบข้าวด้วย และพันธุ์ข้าวอ่อนแอเมื่อกระทบต่ออุณหภูมิต่ำ ปริมาณ โปรตีนในอับเรณูของข้าวจะเปลี่ยนแปลงไปมากกว่า 2 เท่า

กรณีศึกษาผลกระทบของอากาศเย็นต่อผลผลิตข้าวในภาคเหนือตอนล่าง ได้ดำเนินการที่ศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ในฤดูนาปรัง ปี 2549/2550 โดยศึกษากับข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 3 ช่วงที่ทำการศึกษาอากาศหนาวเย็นจัดกว่าปกติ อากาศเย็นในตอนกลางคืนจนถึงรุ่งเช้า ส่วนใหญ่อุณหภูมิต่ำสุดต่ำกว่า 20 °ซ. ช่วง young microspore ซึ่งเป็นระยะที่อ่อนแอมากที่สุดต่ออุณหภูมิต่ำ 15-20 °ซ. ในช่วงนั้นอุณหภูมิที่วัดได้ คือ 16.3-21.3 °ซ. และอุณหภูมิต่ำสุดในตอนกลางคืนหลังจากข้าวออกรวงแล้ว ยังคงเย็นจัดต่อเนื่อง ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 20 °ซ. เป็นเวลาถึง 28 วัน ข้าวสุพรรณบุรี 3 แสดงอาการเหลืองในระยะแตกกอ เมล็ดเป็นหมัน 67% บางรวงมีปลายรวงฝ่อ อายุการเก็บ

Bureau of Rice Research and Development

เกี่ยวยืดออกไป 13 วัน และผลผลิตลดลงถึง 54% อย่างไรก็ดี ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม รวมทั้งในข้าวพันธุ์อื่น ๆ ที่ชาวนานิยมปลูก เพื่อเป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินความเสียหายของข้าวเนื่องจากผลกระทบจากสภาพอากาศหนาวเย็น

คำขอบคุณ

ผู้เขียนขอขอบคุณทุกท่าน ที่มีส่วนทำให้การดำเนินงานลุล่วงไปได้ด้วยดี ดังรายนามต่อไปนี้

ดร. มณฑล ปุญญฤทธิ์ ผู้อำนวยการศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัย เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบงานภัยธรรมชาติ สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร สุโขทัย พิษณุโลก และพิจิตร ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลความเสียหายของพื้นที่ปลูกข้าวจากอากาศหนาว คุณสมบูรณ์ ทองเสน งานผลิตเมล็ดพันธุ์หลักที่อนุญาตให้เก็บตัวอย่างพร้อมทั้งสนับสนุนแรงงานเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว คุณอนันต์ โต๊ะทับทิม หัวหน้าสถานีอุตุนิยมวิทยาพิษณุโลก พร้อมทั้งเจ้าหน้าที่ 2 ท่าน คือคุณนาฏอนงค์ ผึ้งสีใส และคุณโชติกา ยศปัญญา ที่ส่งข้อมูลอุตุนิยมวิทยามาให้อย่างสม่ำเสมอ

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเกษตรจังหวัดกำแพงเพชร. 2550. แบบสรุปข้อมูลภัยพิบัติทางธรรมชาติ พืชกระทบหนาว ช่วงเกิดภัย 12 ธันวาคม 2549 -10 กุมภาพันธ์ 2550. เอกสารประกอบการประชุม ก.ช.ภ. จ. กำแพงเพชร ครั้งที่ 3/2550. 26 เมษายน 2550. 20 หน้า.

สำนักงานเกษตรจังหวัดพิจิตร. 2550. พื้นที่ปลูกข้าวนาปรังที่ประสบภัยหนาว ปี 2549/50 ของจังหวัดพิจิตร. งานภัยธรรมชาติ. 1 หน้า.

สำนักงานเกษตรจังหวัดพิษณุโลก. 2550. รายงานพื้นที่การเกษตรประสบภัยธรรมชาติ (ภัยอากาศหนาวจัด) ปี 2550 (ด้านพืช) จังหวัดพิษณุโลก ช่วงการเกิดภัย 1 - 18 กุมภาพันธ์ 2550. งานภัยธรรมชาติ. 1 หน้า.

สำนักงานเกษตรจังหวัดสุโขทัย. 2550. พื้นที่การเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากภัยหนาว/โรคพืช จังหวัดสุโขทัย. งานภัยธรรมชาติ. 4 หน้า.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2548. เอกสารสถิติการเกษตร เลขที่ 414. ศูนย์สารสนเทศการเกษตร. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพมหานคร. 121 หน้า.

สำนักนโยบายและยุทธศาสตร์ข้าว. 2551. สถานการณ์ข้าวรายสัปดาห์. เอกสารวิชาการฉบับที่ 25/2551. 3 หน้า.

วรวิทย์ พาณิชพัฒน์. 2546. การปรับปรุงพันธุ์และขยายพันธุ์ข้าว. สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 613 หน้า.

Akemine, M. and Y. Hoshika, 1939. The intervarietal difference and the effect of environmental factors in respect to sterility in paddy rice (in Japanese). Farm Special Research, Faculty of Agriculture, Hokkaido University 7 : 1-151.

Hayase, H., T. Satake, I. Nishiyama and N. Ito. 1969. Male sterility caused by cooling treatment at the meiotic stage in rice plants. II. The most sensitive stage to cooling and the fertilizing ability of pistils. Proceedings of Crop Science Society, Japan 38 : 706-711.

Huang, L.K., S.C. Wong, I. Terashima, X. Zhang, D.X. Lin and C.B. Osmond. 1989. Chilling injury in mature leaves of rice. I Varietal differences in the effects of chilling on canopy photosynthesis under simulated 'dry cold dew wind' conditions experienced in South-east China. Australian Journal of Plant Physiology 16(4) : 321-337.

Imin, M., K. Tursun, J.J. Weinman and B.G. Rolfe. 2006. Low temperature treatment at the young microspore Stage induces protein changes in rice anthers. Molecular & Cellular Proteomics 5 : 274-292.

Kakizaki, Y. and M. Kido. 1938. The sensitive stage to sterile injuries by low temperature during panicle development in paddy rice plants (in Japanese). Agriculture and Horticulture 13 : 59-62.

Kaneda, C. 1972. Terminal Report on Studies on the Breeding for Cold Resistance. International Rice research Institute, Los Banos, Phillipines. 80 p.

Kondo, Y. 1952. Physiological studies on cool-weather resistance of rice varieties (in Japanese with English summary). Bulletin. National Institute of Agricultural Science 3 : 114-228.

Matsushima, S., K. Tsunoda and T. Manaka. 1958. Effects of air temperature, light intensity, difference between day and night temperature, at different stages of growth on ripening in rice plants (in Japanese). Agriculture and Horticulture 33 : 877-883.

Bureau of Rice Research and Development

Nishiyama, I. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. VII Electron microscopical observations on tapetal cells dilated by the cooling treatment. Proceedings of Crop Science Society, Japan 39 : 480-486.

Nishiyama, I., N. Ito, H. Hayase and T. Satake. 1969. Protecting effect of temperature and depth of irrigation water from sterile injury caused by cooling treatment at the meiotic stage of rice plants (in Japanese). Proceedings of Crop Science Society, Japan 38 : 554-555.

Owen, P.C. 1971. The effects of temperature on the growth and development of rice. (Review). Field Crop Abstract 24 : 1-8.

Satake, T. 1976. Sterile-type cool injury in paddy rice plants, pp. 281-300. *In*: Proceedings of the Symposium on Climate & Rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Satake, T. and H. Hayase. 1970. Male sterility caused by cooling treatment at the young microspore stage in rice plants. V Estimations of pollen developmental stage and the most sensitive stage to coolness. Proceedings of Crop Science Society, Japan 39 : 468-473.

Sato, S. 1967. Rice crop yield in Kyushu in relation to cool weather (in Japanese). Journal of Agricultural Meteorology 22 : 121-126.

Sawada, S. and S. Saka. 1971. The number of pollen grains in rice plants. Research Bulletin. Obihiro Zootechnical University Service 1(7) : 357-363.

Shimazaki, Y., Y. Doi and N. Ito. 1960. Studies on cool weather injuries of rice plants in Northern part of Japan. I Drift of growth and fertility of rice plants influenced by low temperature in several growth stages. (in Japanese with English summary). Research Bulletin. Hokkaido National Agriculture Experimental Station 75 : 7-15.

Shimazaki,Y. T. satake, N. Ito, Y. Doi and K. Watanabe. 1964. Studies on cool weather injuries of rice plants in Northern part of Japan. III Sterile spikelets in rice plants during booting stage (in Japanese with English summary). Research Bulletin. Hokkaido National Agriculture Experimental Station 83 : 1-9.

Shimono, H., T. Hasegawa, M. Moriyama, S. Fujimura and T. Nagata. 2005. Modeling spikelet sterility induced by low temperature in rice. Agronomy Journal 97 : 1524-1536.

Tereo, H., Y. Otani, M. Siraki and M. Yamasaki. 1940. Physiological studies on the rice plant with special reference to the cause of failure caused by the occurrence of unseasonable low temperature (II) Panicles affected by low temperature at different stage of their development (in Japanese with English summary). Proceedings of the Crop Science Society, Japan 12 : 177-195.

Togari, Y. and Y. Kashiwakura. 1958. Studies on the sterility in rice plant induced by superabundant nitrogen supply and insufficient light intensity (in Japanese with English summary). Proceedings of the Crop Science Society, Japan 27 : 3-5.

Bureau of Rice Research and Development