บทที่ 2

การทบทวนเอกสาร

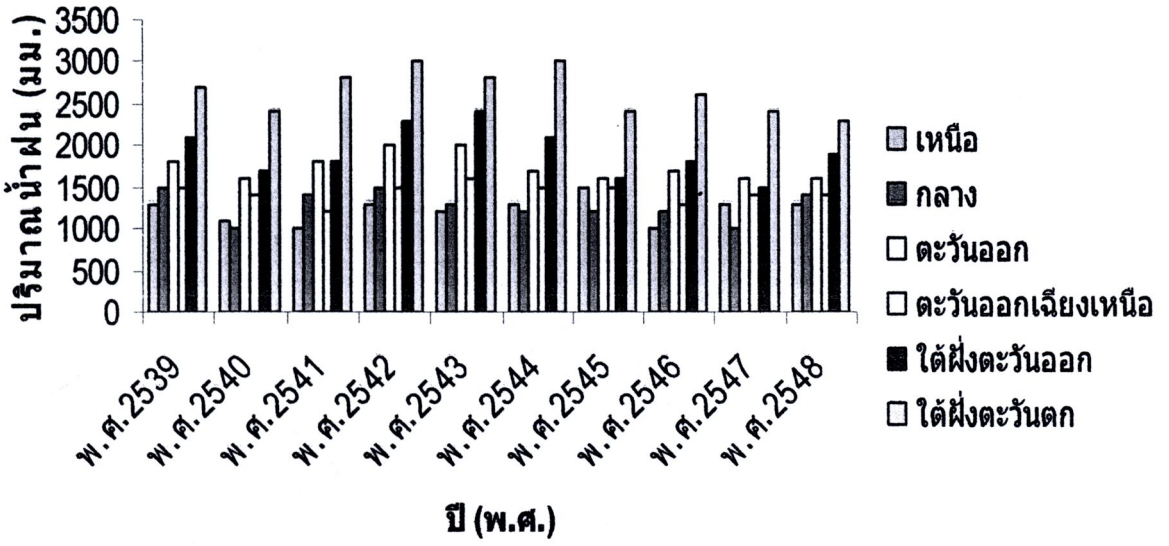
1. พื้นที่ปลูกข้าวในนิเวศน์นาน้ำฝนและผลกระทบจากสภาวะน้ำท่วม

1.1 พื้นที่ปลูกข้าวในนิเวศน์นาน้ำฝน

พื้นที่ปลูกข้าวทั่วโลกมีประมาณ 949.6 ล้านไร่ ซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียตอนใต้ แหล่งผลิตข้าวหลักที่สำคัญคือ ประเทศอินเดีย จีน อินโดนีเซีย บังคลาเทศ ไทย เวียดนาม พม่า และฟิลิปินส์ ซึ่งมีพื้นที่ 272.8, 181.0, 73.2, 69.4, 63.9, 45.3, 39.1 และ 25.4 ล้านไร่ ตามลำดับ (Foreign Agricultural Service, 2006) การปลูกข้าวในพื้นที่ดังกล่าวส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรน้ำฝน (rainfed agriculture) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด การปลูกข้าวในพื้นที่นี้จึงขึ้นอยู่กับรูปแบบของน้ำฝน (rain fall pattern) เป็นหลัก ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนและการแพร่กระจายของน้ำฝน นับว่าเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการจำกัดผลผลิตในแหล่งที่ผลิตแบบอาศัยน้ำฝน พื้นที่ในเขตเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียตอนใต้ โดยปกติมักจะได้รับปริมาณน้ำฝนราว 1,000-2,000 มิลลิเมตร/ปี อย่างไรก็ตามถ้าหากมีปริมาณน้ำฝน 1,200-1,500 มิลลิเมตร/ปี ก็เพียงพอต่อการปลูกข้าวในหนึ่งฤดู สำหรับในประเทศที่เป็นแหล่งผลิตข้าวใหญ่ๆ เช่น อินเดีย และจีน พื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณฝนตกทั้งปีต่ำกว่า 1,200 มิลลิเมตร ซึ่งในพื้นที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนเหล่านี้มักจะมีปัญหาการขาดน้ำในฤดูปลูก นอกจากนั้นแล้วความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝนในบางปีพบว่า ปริมาณของฝนที่ตกมีมากเกินไปจนทำให้เกิดน้ำท่วมซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายต่อผลผลิตข้าว การปลูกข้าวในพื้นที่ดังกล่าวมักจะมีความแตกต่างด้านกายภาพของพื้นที่ปลูก ทำให้พื้นที่ปลูกข้าวนาน้ำฝนมีความแตกต่างกันในแต่ละภูมิภาค Mackill (1996) พบว่า พื้นที่การปลูกข้าวนาน้ำฝนโดยทั่วไปมีลักษณะพื้นที่เป็นที่ราบขั้นบันได ลดหลั่นจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำริมแม่น้ำ หรือลำห้วยแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งจำแนกตามลักษณะสัณฐานภูมิประเทศเป็น 4 ลักษณะ คือ 1) นาดอน (unfavorable-drought prone) สภาพพื้นที่เป็นที่ราบขั้นบันไดชั้นบน มีการกักเก็บน้ำได้ในระยะสั้น มักจะประสบปัญหาการขาดน้ำในกรณีฝนทิ้งช่วง หรือในปลายฤดูที่มีปริมาณฝนน้อย ในสภาพเช่นนี้จะทำให้มีโอกาสเกิดสภาวะแล้งได้ตลอดฤดูปลูก 2) นาดอนสลับนาลุ่ม (shallow favorable-drought prone) สภาพพื้นที่เป็นที่ราบขั้นบันไดชั้นต่ำลงมาจากนาดอน สภาพนาจะมีลักษณะเป็นลูกคลื่น มีทั้งนาดอนและนาลุ่มสลับกัน 3) นาลุ่ม (shallow favorable-less drought) สภาพพื้นที่เป็นที่ราบเหมาะสำหรับการทำนา ดินค่อนข้างมีความอุดมสมบูรณ์ 4) นาลุ่มต่ำน้ำ

ท่วม (medium deep, waterlogged) สภาพพื้นที่เป็นที่อยู่ริมแหล่งน้ำ ในช่วงกลางฤดูฝนจะมีน้ำในระดับสูง มีโอกาสเกิดน้ำท่วมฉับพลันได้ง่ายถ้ามีฝนในปริมาณมาก

ในประเทศไทยพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 64.3 ล้านไร่ อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ ที่ครอบคลุมเป็นพื้นที่ 36.7, 14.2, 10.9, และ 2.6 ล้านไร่ คิดเป็น 57, 22, 17 และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) ในพื้นที่ดังกล่าวมีมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นการปลูกแบบอาศัยน้ำฝนซึ่งต้องอาศัยน้ำฝนตามฤดูกาลตามธรรมชาติเป็นส่วนใหญ่ กรมอุตุนิยมวิทยา (2549) มีรายงานว่า ในฤดูฝนของประเทศไทยนั้นจะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ หรือจะนำความชื้นมาจากมหาสมุทรอินเดีย ทำให้เกิดฝนตกในภาคต่างๆระหว่างเดือน พฤษภาคม ถึงเดือน ตุลาคม จะมีฝนทิ้งช่วงระยะสั้นในเดือน มิถุนายน และเดือน กรกฎาคม หลังจากนั้นจะมีฝนตกชุกเนื่องมาจากพายุโซนร้อนจากทะเลจีนใต้ ซึ่งปริมาณน้ำฝนจะมีมากหรือน้อยจะได้รับอิทธิพลมาจาก พายุดีเปรสชั่น พายุโซนร้อน หรือพายุใต้ฝุ่น หากมีลมมรสุมเข้ามามากก็จะทำให้ปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมามาก จากสถิติปริมาณน้ำฝนในช่วงปี 2539-2548 พบว่า ในปี 2539 มีจำนวนวันที่ฝนตก 139 วัน ปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 1,734 มิลลิเมตร ลดลงเป็นฝนตกเฉลี่ยทั้งปี 134 วัน และ 128 วัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,607 และ 1,579 มิลลิเมตร ในปี 2545 และ 2548 ตามลำดับ (ภาพที่ 2.1) หากพิจารณาตามรายภาค จะเห็นว่าภาคใต้ฝั่งตะวันตกมีปริมาณน้ำฝนโดยเฉลี่ยและจำนวนวันที่ฝนตกมากที่สุดตลอดปี โดยในปี 2548 มีปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ย 2,293 มิลลิเมตร และจำนวนวันที่ฝนตก 162 วันในขณะที่มีปริมาณน้ำฝนทั้งปีเฉลี่ยน้อยที่สุดในภาคเหนือ 1,295 มิลลิเมตร และจำนวนวันที่ฝนตกเพียง 126 วัน สำหรับเดือนที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยสูงสุด คือ เดือนกันยายน 289 มิลลิเมตร ส่วนเดือนที่มีปริมาณฝนตกเฉลี่ยน้อยสุด คือ เดือนกุมภาพันธ์ 3 มิลลิเมตร จากความแตกต่างของระบบนิเวศน์การปลูกข้าวสภาพอาศัยน้ำฝนจึงมักจะทำให้ต้องประสบปัญหาต่างๆ เช่น สภาพความแห้งแล้ง หรือการเกิดน้ำท่วม ซึ่งเป็นปัญหาของการปลูกข้าวนาน้ำฝน (Mackill at el., 1996) โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีความแปรปรวนของปริมาณและการกระจายของน้ำฝน เช่น ฝนตกล่าช้า ฝนทิ้งช่วง การกระจายของฝนไม่ดี ปริมาณน้ำฝนน้อย รวมทั้งสภาพและคุณสมบัติของดินที่ส่วนใหญ่เป็นดินทราย มีความอุดมสมบูรณ์และความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เมื่อเกิดฝนทิ้งช่วงจึงทำให้ข้าวขาดน้ำอยู่เสมอ (Somrith และ Chamarerk, 1996) นอกจากนี้แล้วในบางปีที่มีการตกของฝนในปริมาณมากประกอบกับการระบายน้ำไม่ทัน จนทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลันได้ โดยเฉพาะพื้นที่นาลุ่มตอนล่างที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ลำคลองหรือที่ลุ่มมากๆ (ดุษฎี, 2547)



ภาพที่ 2.1 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี จำแนกตามภาค ปี 2539-2548

ที่มา : กรมอุตุนิยมวิทยา (2549)

1.2 ผลกระทบจากสภาวะน้ำท่วมต่อการผลิตข้าว

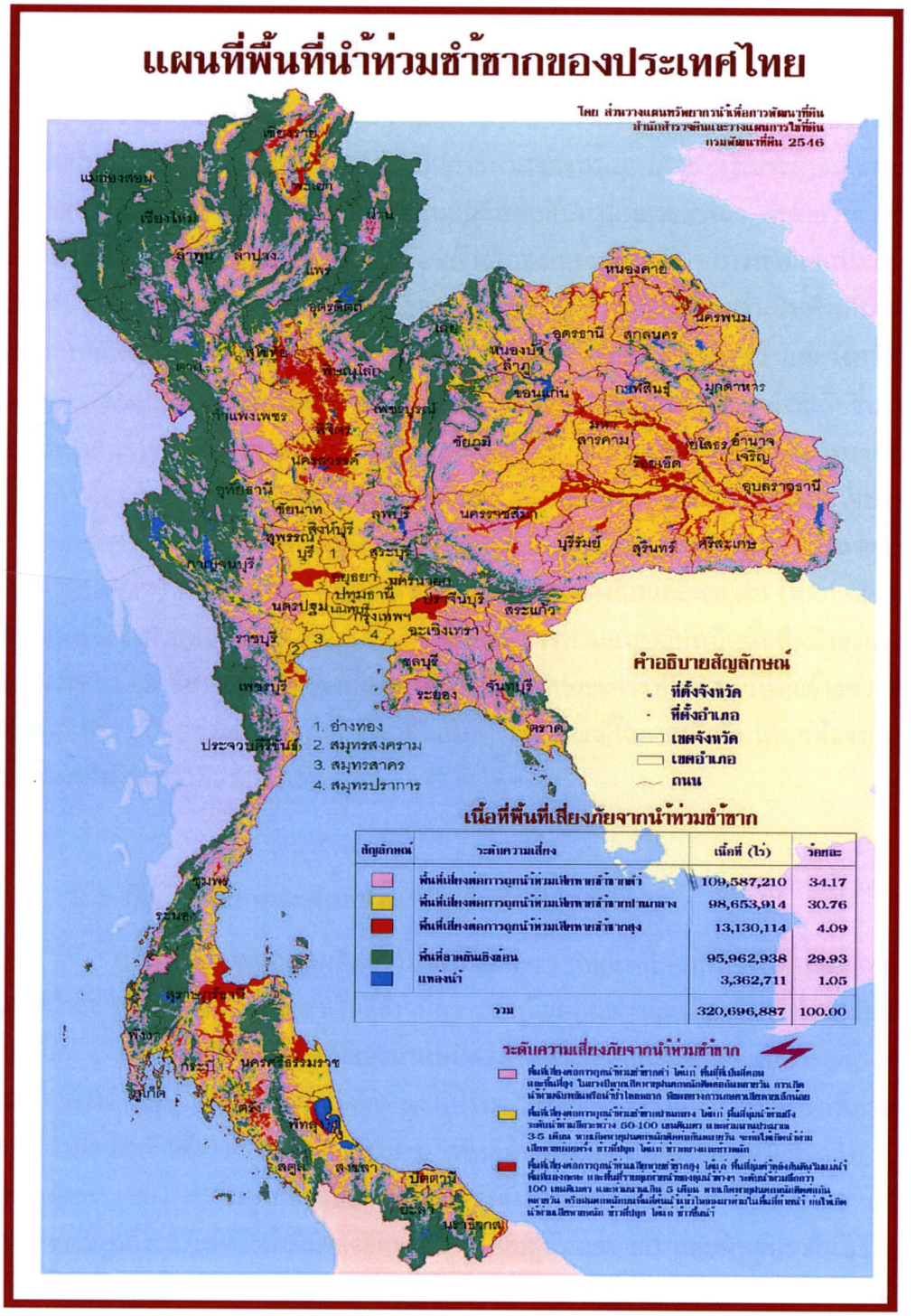
ข้าวปลูกในพื้นที่ลุ่มในพื้นที่ปลูกอาศัยน้ำฝนหลายพื้นที่ ได้รับผลกระทบจากน้ำท่วม สภาวะน้ำท่วมทำความเสียหายต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตข้าว การเกิดน้ำท่วมนั้นอาจเกิดขึ้นได้ทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าว ตั้งแต่ระยะกล้า จนถึงระยะออกรวง ทำให้ต้นข้าวเสียหายได้ เช่นระยะต้นอ่อนทำให้ต้นอ่อนตายเป็นจำนวนมาก ระยะแตกกอทำให้ชะงักการแตกแขนง ระยะกำเนิดช่อดอกทำให้รวงโผล่ไม่พ้นกาบใบ ระยะออกดอกทำให้เมล็ดลีบ ระยะก่อนเก็บเกี่ยวทำให้รวงเน่าและเมล็ดงอก (วิไลลักษณ์, 2544) เกรียงไกร (2548) ได้ทำการทดสอบความทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลัน ที่อำเภอปากคาด จังหวัดหนองคาย พบว่า การเกิดน้ำท่วมในระยะแตกกอ มีผลกระทบทำให้จำนวนรวงต่อตารางเมตรมีน้อย และการเกิดน้ำท่วมในระยะออกดอกมีผลกระทบทำให้มีเมล็ดลีบเป็นจำนวนมาก ทวี (2543) พบว่า อายุต้นข้าวขณะที่ถูกน้ำท่วมฉับพลันมีผลกระทบที่แตกต่างกัน ต้นข้าวที่มีอายุมากกว่ามีความทนทานต่อน้ำท่วม มีการฟื้นตัวหลังน้ำลด และสามารถให้ผลผลิตได้ดีกว่า ต้นข้าวที่มีอายุน้อยในขณะที่ถูกน้ำท่วมฉับพลัน

2. สภาวะน้ำท่วมในพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทย

2.1 พื้นที่เสี่ยงต่อการท่วมและสาเหตุของการท่วม

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดน้ำท่วม หมายถึง พื้นที่ที่มีโอกาสที่จะได้รับความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมในรูปแบบต่างๆ ซึ่งในแต่ละครั้งของการเกิดจะมีขอบเขตของความเสียหายมากน้อยแตกต่างกันตามภูมิภาค ลักษณะภูมิประเทศ และระดับความรุนแรงของการเกิดภัยธรรมชาตินั้นๆ (Ward, 1978) พื้นที่เสี่ยงของการปลูกข้าวในสภาพน้ำท่วม ของทั่วโลกมีประมาณ 71.6 ล้านไร่ ประมาณ 87.4 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในทวีปเอเชีย และที่เหลืออยู่ในแถบแอฟริกา ในทวีปเอเชียส่วนใหญ่จะอยู่ในที่ราบลุ่มปากแม่น้ำของเอเชียใต้และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น บังคลาเทศ อินเดีย อินโดนีเซีย กัมพูชา พม่า ไทย และเวียดนาม (Detta, 1981) พื้นที่การปลูกข้าวดังกล่าวประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ที่ได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน สำหรับในประเทศไทย Huke และ Huke (1997) รายงานว่า พื้นที่ปลูกข้าวที่เสี่ยงต่อน้ำท่วมมีประมาณ 21.9 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด หรือประมาณ 13.1 ล้านไร่ การเกิดน้ำท่วมฉับพลันในพื้นที่ปลูกข้าวของประเทศไทย นับเป็นปัญหาหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตเสียหาย ซึ่งมีความรุนแรงเป็นประจำทุกปี โดยเฉพาะพื้นที่ราบลุ่มต่ำที่อยู่ใกล้แม่น้ำ ลำคลองหรือที่ลุ่มมากๆ ดุษฎี (2547) มีรายงานว่าลุ่มแม่น้ำที่สำคัญ ที่มักจะสร้างความเสียหายกับพื้นที่ปลูกข้าวในประเทศไทยมีอยู่ 25 ลุ่มแม่น้ำที่กระจายอยู่ทั่วทุกภาคของประเทศ ดังแสดงไว้ใน ภาพที่ 2.2

ความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมฉับพลันในประเทศไทยมักจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกมากทำให้ระบายน้ำไม่ทัน และเกิดจากการเอ่อล้นของลำน้ำ (วิไลลักษณ์, 2544) ซึ่งมักจะเกิดในช่วงการเจริญเติบโตของข้าว (เกรียงไกร, 2549) ความรุนแรงของความเสียหายในแต่ละปีมีไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับปริมาณการตกของฝน ข้อมูลจากกรมชลประทาน (2546) ระบุมี 25 ลุ่มแม่น้ำในประเทศไทย ส่วนหนึ่งในจำนวนนั้นในพื้นที่ลุ่มริมแม่น้ำเกิดการท่วมเป็นประจำ กรมพัฒนาที่ดิน (2546) ได้กำหนดเขตพื้นที่การเกิดน้ำท่วมซ้ำซากทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งจะมีระดับความรุนแรงที่แตกต่างกันดังแสดงไว้ใน ภาพที่ 2.3 ความเสียหายจากการเกิดน้ำท่วมฉับพลัน ในปี 2545 มีรายงานว่าได้เกิดขึ้นใน 72 จังหวัดทั่วทุกภาคของประเทศไทย โดยจากพื้นที่การเพาะปลูกข้าวทั้งหมด 64.4 ล้านไร่ ได้รับความเสียหายครอบคลุมพื้นที่มากกว่า 10.4 ล้านไร่ บนพื้นที่เกษตรกร 18,510 หมู่บ้าน (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2545)



ภาพที่ 2.2 แผนที่แสดงพื้นที่น้ำท่วมซ้ำซากในประเทศไทย

ที่มา : กรมพัฒนาที่ดิน (2546)

2.2 ลักษณะการท่วมของน้ำในพื้นที่ปลูกข้าว

จรูญ (2527) ได้แบ่งลักษณะการท่วมของน้ำตามสาเหตุและขนาดของการเกิด คือ ลักษณะที่หนึ่งคือ การท่วมยาวนาน เป็นการท่วมของน้ำแบบค่อย ๆเพิ่มระดับและท่วมขังเป็นระยะเวลายาวนาน น้ำท่วมชนิดนี้เกิดจากฝนตกติดต่อกันนานหลายชั่วโมง หลายวัน หรือหลายสัปดาห์ หรือเกิดจากพายุดีเปรสชั่นที่เคลื่อนตัวจากทะเลขึ้นสู่พื้นดิน การท่วมเช่นนี้มักจะเกิดในพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำซึ่งจะมีสภาวะน้ำท่วมยาวนานกว่า 1 เดือน ซึ่งอาจเรียกว่าเป็นพื้นที่น้ำท่วมแบบซ้ำซาก เช่นพื้นที่ในเขตจังหวัดอยุธยา จังหวัดสุพรรณบุรี จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดสระแก้ว (อภิชาติ, 2540) ลักษณะที่สองคือการท่วมฉับพลัน เป็นการท่วมของน้ำที่เกิดขึ้นและลดลงอย่างฉับพลันอันเนื่องมาจากฝนที่ตกหนักในบริเวณพื้นที่ หรือในบริเวณต้นน้ำที่อยู่ห่างออกไป ทำให้เกิดการเอ่อล้นของลำน้ำ โดยเฉพาะในพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำ น้ำท่วมฉับพลันอาจเกิดจากการหลากของน้ำจากภูเขาหรือที่สูงลงสู่ที่ต่ำอย่างฉับพลัน อันเนื่องมาจากฝนตกหนักในระยะเวลาอันสั้น (จรูญ 2527) การท่วมมักเป็นการตกผสมกันของฝนท้องถิ่นและพายุฝน ในลักษณะพายุหมุนโซนร้อนหรือดีเปรสชั่น ในพื้นที่ปลูกข้าว ลักษณะการท่วมแบบฉับพลันนั้นคือน้ำจะเอ่อเข้าท่วมขังเป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ แล้วจึงลดลงอย่างรวดเร็ว ลักษณะการท่วมแบบนี้ได้สร้างความเสียหายต่อผลผลิตข้าวเป็นอย่างมากในระยะเวลาอันสั้น และมีโอกาสเกิดขึ้นได้ทุกท้องที่โดยไม่อาจคาดหมายได้ (อภิชาติ, 2540)

2.3 พันธุ์และลักษณะพันธุ์ข้าวที่ปลูกในพื้นที่น้ำท่วม

ความเสียหายต่อผลผลิตข้าวมากหรือน้อย นอกเหนือจากปัจจัยด้านสภาพและความรุนแรงในการท่วมแล้ว ชนิดของพันธุ์ข้าวมีความสำคัญต่อผลกระทบและการให้ผลผลิตเป็นอย่างมากด้วย ในพื้นที่ที่มีการท่วมของน้ำแบบค่อย ๆเพิ่มระดับและท่วมขังเป็นระยะเวลายาวนานดังกล่าวข้างต้นนั้น พันธุ์ข้าวควรมีลักษณะที่ปรับตัวโดยการยืดปล้องตามระดับน้ำที่ท่วม ในระดับน้ำมีความลึกตั้งแต่ 0.5-1 เมตร พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในสภาพเช่นนี้เรียกว่า ข้าวน้ำลึก (deepwater rice) ความสูงของต้นข้าวจะอยู่ในระดับปานกลางระหว่าง 1.20-1.50 เมตร หรืออาจมีความสูงถึง 2 เมตร ถ้ามีน้ำขังลึกพอ เช่น พันธุ์หันตรา 60 และพันธุ์ปราจีนบุรี 1 ส่วนในพื้นที่ที่มีระดับน้ำลึกเกิน 1 เมตร หรืออาจมีความลึก 5-6 เมตร และมีการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ 5-10 เซนติเมตรต่อวัน หรืออาจมีมากถึง 20-30 เซนติเมตรต่อวัน พันธุ์ข้าวที่ใช้ปลูกในสภาพเช่นนี้เรียกว่า ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวฟางลอย (floating rice) ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่มีความสามารถยืดปล้องได้ดี การเจริญเติบโตของข้าวพัฒนาไปพร้อมกับการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ เช่น พันธุ์เล็บมือนาง 111 พลายงามปราจีนบุรี และปิ่นแก้ว 56 (สถาบันวิจัยข้าว, 2546) พันธุ์ข้าวขึ้นน้ำและข้าวทนน้ำลึกดังกล่าว จะมีความสามารถพิเศษในการยืดตัวได้ดีเพื่อหนีน้ำ ในลักษณะการเจริญเติบโตและความลึกของน้ำที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับการปรับตัวของข้าวแต่ละพันธุ์ ส่วนมากจะมี

ความสามารถในการยืดตัวได้เมื่อมีอายุ 4-6 สัปดาห์ เมื่อข้าวมีอายุมากขึ้นความสามารถในการยืดตัวก็จะมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ข้าวขึ้นน้ำมีความสามารถยืดตัวได้ยาว 10-25 เซนติเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง การยืดตัวของข้าวจะมีไปจนถึงระยะข้าวออกดอก ฉะนั้นเมื่อเกิดสภาพน้ำท่วมระดับสูงในระยะข้าวออกดอก ก็จะทำให้ผลผลิตเสียหาย (Vergara, 1985) การยืดตัวของข้าวเป็นลักษณะพิเศษที่จะชูส่วนยอด และรวงเพื่อให้อยู่เหนือผิวน้ำ เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้น เมื่อข้าวหยุดการยืดตัวจะทำให้ข้าวเอนไปตามผิวน้ำ และส่วนยอดจะชูอยู่บนผิวน้ำซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์แสง และทำให้รวงไม่ได้รับความเสียหาย

ในพื้นที่ที่เกิดสภาวะการท่วมฉับพลันมักเกิดผลกระทบที่รุนแรง เนื่องด้วยต้นข้าวตายไม่ให้ผลผลิต พันธุ์ข้าวที่ทนทานต่อน้ำท่วมจะสามารถมีชีวิตอยู่ใต้น้ำได้ระยะหนึ่ง และเมื่อระดับน้ำลดลงก็จะสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ปลูกข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งผลิตข้าวที่สำคัญในพื้นที่อาศัยน้ำฝน เช่น ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือตอนบน พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกกันมากที่สุดคือ ขาวดอกมะลิ 105, กข15 และ กข6 (อนันต์, 2547) ซึ่งทั้ง 3 พันธุ์ ล้วนแต่ไม่มีความทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลัน

ในสภาวะน้ำท่วม ข้าวอาจมีความเสียหายแตกต่างกัน ทวี (2543) พบว่าข้าวที่ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม หรือปลูกจากเมล็ดโดยตรง จะมีความสามารถทนต่อน้ำท่วมฉับพลัน และฟื้นตัวหลังน้ำท่วมได้ดีและเร็วกว่า และสามารถให้ผลผลิตสูงกว่าต้นข้าวที่ปลูกด้วยวิธีปักดำ นอกจากนี้ สภาพแวดล้อมก็มีผลต่อความสามารถอยู่รอดได้ ในสภาพที่จมอยู่ใต้น้ำได้เป็นเวลานานนั้นอาจขึ้นอยู่กับ อายุของต้นข้าว ระยะเวลาที่น้ำท่วมขัง ความลึก ความขุ่น อุณหภูมิของน้ำ และธาตุไนโตรเจนที่มีอยู่ในดิน (วิไลลักษณ์ 2544)

3. สภาพแวดล้อมของข้าวภายใต้สภาวะน้ำท่วม

Setter และ Belford (1990) พบว่า ในสภาพสภาวะน้ำท่วมนั้นจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้ออกซิเจนในการหายใจ (anaerobic bacteria) จะเริ่มเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนมากขึ้น เนื่องจากสิ่งมีชีวิตเหล่านี้สามารถผลิตพลังงานได้ โดยอาศัยสารประกอบอินทรีย์อื่นแทนออกซิเจน แล้วจุลินทรีย์จะปลดปล่อยก๊าซต่าง ๆออกมาสู่ดิน เช่นคาร์บอนไดออกไซด์ มีเทน ไฮโดรเจนซัลไฟด์ และเอทธิลีน ถ้าก๊าซเหล่านี้เกิดสะสมเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆจนถึงระดับหนึ่งก็จะเป็นพิษต่อพืช การเกิดก๊าซมีเทนนั้นจะมีมากจนเห็นได้ชัดเมื่อปฏิกิริยา sulfate reduction หมดไปแล้ว จุลินทรีย์ที่ผลิตก๊าซมีเทนจะได้รับพลังงานจากการย่อยสลายกรดไขมันอย่างง่าย เช่น กรดฟอร์มิค (formic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) กรดโพรพาโนอิค (propanoic acid) และสารประกอบอย่างง่ายบางชนิด เช่น เมธานอล (methanal) และ เอทานอล (ethanal) โดยใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวรับอิเลคตรอนใน กระบวนการหายใจ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้ถูกรีดิวส์ จะเกิดเป็นก๊าซมีเทน (ทัศนีย์, 2531) ซึ่งก๊าซมีเทนจะแพร่ผ่านรากข้าวและลำเลียงผ่าน

ช่องอากาศ (aerenchyma) และ โพรงอากาศระหว่างเซล (intercellular gas space) ส่งผ่านแบบพาสซีป (passive transfer) ผ่านออกทางช่อง microspores ของใบข้าว (Nouchi et al.,1990; Jean and roger, 2001) ในการเกิดก๊าซมีเทนจะเกิดขึ้นได้ทั่วไปในดินที่มีสภาวะน้ำท่วม ปริมาณการเกิดและการปลดปล่อยก๊าซมีเทนจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับ คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน พันธุ์ข้าว การเขตกรรม การใส่ปุ๋ย เป็นต้น (นิวัติและคณะ, 2542) Mitra et al. (1999) พบว่า จำนวนแขนงของต้นข้าวที่แตกกอมีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณก๊าซมีเทนที่ปลดปล่อยออกจากนาข้าว โดยเฉพาะในระยะข้าวแตกกอ และระยะก่อนเจริญพันธุ์ นิวัติและคณะ. (2542) พบว่า การปลดปล่อยก๊าซมีเทนในนาข้าวขึ้นน้ำ และข้าวทนน้ำลึก พันธุ์ตะเภาแก้ว 161 มีการปลดปล่อยก๊าซมีเทนสูงกว่าพันธุ์อื่น มีปริมาณการปลดปล่อย 64.24 กรัม/ตรม./ฤดู ซึ่งปริมาณการปลดปล่อยอยู่ระหว่าง 31.65-49.50 กรัม/ตรม./ฤดู การปลดปล่อยไม่มีความสัมพันธ์กับผลผลิต แสดงให้เห็นว่าการปลดปล่อยก๊าซมีเทนขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ในถั่วพุ่มเมื่อสภาวะน้ำท่วมจะทำให้การผลิตและการสะสมเอธิลีนที่ถูกผลิตขึ้นในปมในปริมาณที่มากกว่าปกติ จะมีผลต่อการพัฒนาของปมและทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ ไนโตรจีเนส ลดลง (Takele และ Mcdavid,1994) ในข้าวโพดเมื่ออยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนต่ำจะกระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์เอธิลีนเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้เกิดการสร้างโพรงอากาศและรากพิเศษ โดยจะเร่งให้เกิดกิจกรรมของเอนไซม์ เซลลูเลส ที่ช่วยทำลายเซลคอร์ติคอล (cortical cell) ซึ่งจะเกิดขึ้นในรากส่วนที่เกิดใหม่ (apical zone) แต่ไม่ได้เกิดขึ้นในรากเก่าที่เกิดก่อนได้รับสภาวะน้ำท่วมของรากเดียวกัน (He et al., 1994)

4. ผลกระทบและการตอบสนองของข้าวเมื่ออยู่ในสภาวะน้ำท่วม

4.1 ผลของสภาวะน้ำท่วมที่มีต่อลักษณะภายนอก

ถึงแม้ข้าวเป็นพืชที่มีการเจริญเติบโตได้ดีในที่มีน้ำขัง แต่ถ้าหากได้รับน้ำมากอาจทำให้พืชสูญเสียผลผลิตหรือตายได้ เนื่องจากการเกิดสภาพเครียด (stress) การท่วมในระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นอาจทำให้ข้าวชะงักการเจริญเติบโต มีการสะสมน้ำหนักแห้งต่ำและส่งผลให้ผลผลิตต่ำในที่สุด Khush (1984) กล่าวว่าข้าวที่จมน้ำมิด (complete submergence) ระยะเวลาไม่เกิน 10 วัน จะทำให้ผลผลิตข้าวลดลง หรือเสียหายทั้งหมด การท่วมในระยะออกรวงทำให้ข้าวลีบไม่ให้ผลผลิต และการท่วมในระยะสร้างเมล็ดทำให้คุณภาพของเมล็ดเสียหาย

4.1.1 ผลของสภาวะน้ำท่วมต่อระบบราก

เมื่ออยู่ในสภาพสภาวะน้ำท่วมข้าวจะมีการสร้างรากพิเศษ (Adventitious root) เพื่อหาอากาศและพัฒนาระบบรากขึ้นที่ผิวน้ำ เพื่อทดแทนรากที่ตายไปหลังจากสภาวะน้ำท่วม จะทำให้มีความสามารถในการดูดซึมก๊าซออกซิเจนได้ ในสภาพน้ำท่วมนั้นจะทำให้บริเวณ Rhizosphere เกิด Anaerobic condition การดูดธาตุอาหารของข้าวจะลดลง เพราะจะต้องมีการใช้

พลังงานจากการหายใจ ซึ่งจะเป็นการสลายสารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่ได้รับจากการสังเคราะห์แสง ในการหายใจของข้าวนั้นต้องใช้ออกซิเจน แต่ในสภาพ Anaerobic นั้นขาดออกซิเจน จะทำให้ข้าวมี total dry matter สูงกว่าข้าวที่ได้รับออกซิเจนสูง เนื่องจากในสภาพน้ำท่วมขังจะทำให้ข้าวเพิ่ม leaf area duration จึงมี Net assimilate สูง Krishnaya et al (1990) พบว่า การที่รากข้าวถูกน้ำท่วมเป็นเวลานาน การทำงานของเอนไซม์ Peroxydase ในรากข้าวพันธุ์ที่ทนต่อน้ำท่วม เพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าหลังจากน้ำท่วม ส่วนในพันธุ์ที่ไม่ทนต่อน้ำท่วมจะลดลงอย่างช้า ๆ ในระหว่างการจมน้ำ Sharma และ Swarup (1989) พบว่า ข้าวสาลีที่ถูกน้ำท่วมขังเมื่ออายุ 25 วัน ทำให้การเจริญเติบโตของรากถูกจำกัด ทำให้มีผลต่อการดูดธาตุอาหารต่าง ๆ ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซี่ยม แคลเซี่ยม แมกนีเซี่ยม และสังกะสีลดลง Huang และคณะ (1994) พบว่า การเจริญเติบโตของรากและต้นข้าวสาลี ที่ถูกน้ำขังจะถูกยับยั้งภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนต่ำ การเหนี่ยวนำปากใบลดลง และทำให้มีการสร้างโพรงอากาศในราก

4.1.2 ผลของสภาวะน้ำท่วมต่อความสามารถในการแตกต้นแขนง (tillering ability)

ในสภาพปกติข้าวจะมีการแตกแขนง (tillering) ซึ่งจะประกอบไปด้วย ลำต้นหลัก (main culm) และต้นแขนง (tillers) จำนวนต้นแขนงที่ให้รวงจะมีความสัมพันธ์กับการให้ผลผลิต เกรียงไกร (2549) ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบผลผลิตของสายพันธุ์ข้าว ขาวดอกมะลิ 105 ผสมกลับ ที่อำเภอปากคาด จังหวัดหนองคาย พบว่า สายพันธุ์ทดสอบให้ผลผลิตดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพราะมีจำนวนต้นแขนงที่ให้รวงที่มากกว่า

ในสภาวะน้ำท่วม ข้าวจะมีความสามารถแตกต้นแขนงใหม่ที่ข้อ (node) ซึ่งจะเกิดขึ้นบริเวณข้อที่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำ 10-25 เซนติเมตร และจะเกิดขึ้นหลังจากข้าวหยุดการยืดปล้อง หรือเมื่อระดับน้ำคงที่แล้ว วิไลลักณ์ (2544) พบว่า ข้าวขึ้นน้ำและข้าวทนน้ำลึกที่ปลูกในฤดูฝน ในขณะที่ฝนตกชุกและมีน้ำเข้าท่วมขังนา ข้าวไม่สามารถที่จะแตกแขนงได้เต็มที่ที่ผิวดิน เพราะข้าวต้องเร่งการยืดตัวเพื่อหนีน้ำ ทำให้ต้นข้าวมีรากที่พื้นดินน้อย แต่จะมีความสามารถแตกแขนงใหม่ที่ข้อแทน (Thakur, 1982) Sharma และ Swarup (1989) พบว่า ข้าวสาลีที่ถูกน้ำท่วมขังเมื่ออายุ 25 วัน จะทำให้การแตกต้นแขนงลดลง การออกรวงล่าช้าออกไป ทำให้ผลผลิตลดลงเป็นจำนวนมาก ผลผลิตจะลดมากขึ้นเมื่อระยะเวลาในการท่วมขังนานยิ่งขึ้น

4.2 ผลของสภาวะน้ำท่วมที่มีต่อปฏิกิริยาและกระบวนการภายในพืช

4.2.1 ผลของสภาวะน้ำท่วมที่มีต่อปฏิกิริยาเคมี

ปฏิกิริยาเคมีเป็นขบวนการเมทาโบลิซึมที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับกลไกการทำงานของเอนไซม์ มีเอนไซม์หลายชนิดที่สามารถย่อยโปรตีนและเป็นส่วนหนึ่งของโปรตีน เช่น pepsin, trypsin, chymotrypsin และมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นปฏิกิริยาในการเปลี่ยน ซูโครส ให้เป็น กลูโคสและฟรุคโตส Scandalios (1974) พบว่า

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 26 ส.ค. 2555
203399

เอนไซม์หลายชนิดสามารถอยู่ในรูป isozyme ได้เช่น lactate dehydrogenase (LDH) alcohol dehydrogenase (ADH) ซึ่ง isozyme แต่ละตัวจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาการของพืชที่แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างเช่น อุณหภูมิ หรือ pH นอกจากนี้แล้วปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช ยังเกี่ยวข้องกับสารควบคุมการเจริญเติบโตหรือฮอร์โมนพืช ซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการกระตุ้นการเจริญเติบโตเช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน ไซโตไคนิน กรดแอบซิสิค และ เอทธิลีน ปฏิกิริยาของฮอร์โมนพืชจะเกิดจากการสังเคราะห์จากส่วนหนึ่งแล้วจะเคลื่อนย้ายไปยังอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของพืช

Davies (1980) พบว่า การควบคุมความเป็นกรด ในไซโตพลาสซึม จะมีความสัมพันธ์กับการเกิด เอธานอล และแลคเตท เนื่องจากในสภาพสภาวะน้ำท่วมระดับ pH ในไซโตพลาสซึมจะลดลง ทำให้ไปยับยั้งการทำงานของเอนไซด์ lactate dehydrogenase (LDH) ในขณะที่ไปเพิ่มการทำงานของเอนไซด์ pyruvate decarboxylase (PDC) และ alcohol dehydrogenase (ADH) ซึ่งจะเร่งทำให้เกิดการสังเคราะห์เอธานอลขึ้น สำหรับพืชที่ทนทานต่อน้ำท่วมนั้นเมื่อระดับ pH ลดลง จะสามารถรักษาระดับความเป็นกรดเป็นด่างได้ โดยกระบวนการ alkalinization จากการสร้าง iminobutyric acid จะสะสมเอไมด์ (amide) และ อาร์จินีน (arginine) ในขณะที่เกิดการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน (anaerobic) ทำให้รักษาระดับของ pH ไม่ให้ลดลงได้ (Pezeshki, 1994)

4.2.2 ผลของสภาวะน้ำท่วมที่มีต่อกระบวนการหายใจ

การหายใจเป็นกระบวนการออกซิไดซ์สารอาหาร โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆภายในเซลล์ ในการออกซิไดซ์สารอาหารให้เป็นคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำจะมีปฏิกิริยาเกิดขึ้น เช่น ปฏิกิริยา phosphorylation, hydration, oxidation, decarboxylation, isomerization และในระหว่างการหายใจ กลูโคสจะเป็นสารที่สำคัญที่จะเปลี่ยนไปเป็น pyruvic acid โดยกิจกรรมของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ ภายในไซโตพลาสซึม แล้ว pyruvic acid จะถูกออกซิไดซ์ให้ให้เป็นกรดอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในกระบวนการหายใจกลูโคสจะรวมกันทางเคมีกับออกซิเจนจนได้ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ และการปล่อยพลังงานออกมา พลังงานจะถูกเก็บไว้ในรูปของอาหาร จะถูกนำไปใช้โดยกระบวนการหายใจ การหายใจของพืชคือการ ย่อยสลายของโมเลกุลกลูโคสซึ่งได้จากการสังเคราะห์แสงของตนเอง

เมื่ออยู่ในสภาพสภาวะน้ำท่วม ออกซิเจนนับว่ามีความสำคัญในการดำรงชีวิต เพราะพืชต้องใช้ในขบวนการต่าง ๆ ความสามารถในการละลายน้ำของออกซิเจนมีจำกัดและขึ้นอยู่กับความกดดันของบรรยากาศ อุณหภูมิของน้ำ และเกลือแร่ต่าง ๆที่มีอยู่ในน้ำ ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำจืดอยู่ระหว่าง 14.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 0 องศาเซลเซียส และ 6.9 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 35 องศาเซลเซียส ในสภาพความกดดัน 1 บรรยากาศ ดังนั้นเมื่อความกดดันของบรรยากาศเปลี่ยนแปลงไป ก็จะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนเปลี่ยนแปลง

ไปด้วย นอกจากนี้ออกซิเจนละลายในน้ำได้น้อยลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น เช่นเดียวกับน้ำที่มีความเค็มสูงก็จะทำให้มีออกซิเจนละลายน้อยลง ตามปกติเมื่ออยู่ในสภาพสภาวะน้ำท่วม แหล่งที่มาของออกซิเจนในน้ำคือ มาจากบรรยากาศโดยตรง ซึ่งจะเกิดจากแรงกดดันของบรรยากาศที่มีมากกว่าในน้ำ หรือเกิดจากกระแสลมที่พัดผ่านผิวน้ำ ก็จะทำให้ออกซิเจนจากบรรยากาศละลายในน้ำได้แต่ก็มีปริมาณไม่มาก เพราะจะเกิดขึ้นช้า ๆทีละน้อย และมาจากขบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ของพืช ซึ่งจะเป็นแหล่งที่ให้ออกซิเจนในน้ำมากที่สุด โดยในเวลากลางวันพืชจะทำการสังเคราะห์แสง และผลิตออกซิเจนออกมาละลายน้ำ

4.2.3 ผลของสภาวะน้ำท่วมที่มีต่อการดูดน้ำและแร่ธาตุอาหาร

เมื่ออยู่ในสภาวะน้ำท่วมข้าวเกิดสภาวะการขาดออกซิเจน ทำให้การหายใจและการเจริญเติบโตของรากลดลง มีผลทำให้การดูดและการเคลื่อนย้ายของน้ำและแร่ธาตุอาหารถูกยับยั้ง (Pezeshki, 1994) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการแพร่กระจาย (distribution) ของธาตุอาหารไปยังส่วนต่าง ๆของพืชอีกด้วย ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนเหนือดินทั้งหมดไม่ได้บอกถึงสภาวะของธาตุอาหาร สำหรับการเจริญเติบโตของพืชที่ถูกน้ำท่วมขัง เพราะการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารจากรากไปสู่ส่วนเหนือดินภายใต้สภาวะน้ำท่วมขังถูกจำกัด การดูดธาตุอาหารที่ถูกยับยั้งและการขาดธาตุอาหารมีผลโดยตรงที่ทำให้ใบร่วง และการเจริญเติบโตของส่วนที่อยู่เหนือดินหยุดชะงักลง Bradford และ Yang (1981) พบว่า ในสภาพน้ำท่วมขังที่รากพืชขาดออกซิเจน มีผลทำให้การดูดน้ำลดลง เพราะในสภาพน้ำท่วมขังทำให้มีการสร้าง ไซโตไคนิน (cytokinin) และจิบเบอเรลลิน (gibberellin) ลดลง เพราะรากถูกทำลายหรือตายไป แต่จะมีการสร้าง กรด abscisic acid (ABA) มากขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อการเปิด ปิด ปากใบ Bradford และ Hsiao (1982) พบว่า มะเขือเทศที่ถูกน้ำท่วมขังนาน 24 ชั่วโมง จะมีการเหนี่ยวนำปากใบและการคายน้ำลดลง 30-40 เปอร์เซ็นต์ การเหนี่ยวนำรากลดลง และมีการผลิตเอธิลีน ซึ่งจะชักนำให้ก้านใบโค้งงอ การดูดน้ำจะลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อน้ำท่วมขังนาน 60 ชั่วโมง ข้าวบาร์เล่ย์ และข้าวโพด จะดูดธาตุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแตสเซี่ยมได้ช้าลง ซึ่งจะมีผลต่อกลไกในการดูดน้ำและธาตุอาหารของราก (Kramer, 1996)

สภาพน้ำท่วมขังจะทำให้ระดับของไนโตรเจนในดินลดลง เพราะเกิดกระบวนการ denitification นอกจากนี้แล้วความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารอื่น ๆ ก็จะเปลี่ยนไป เช่น Mn^{4+} จะเปลี่ยนไปเป็น Mn^{2+} Fe^{3+} จะเปลี่ยนไปเป็น Fe^{2+} และ So_4^{2-} จะเปลี่ยนไปเป็น S^{2-} (จักรี, 2539) การยับยั้งการดูดธาตุไนโตรเจนในสภาพน้ำท่วมขังนั้น จะสังเกตใบพืชมีสีเหลืองซีด และใบจะร่วงเร็วกว่าปกติ เนื่องจากพืชมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากใบแก่ไปสู่ใบอ่อน (Drew Siswaro,1979 ; Cowie et al., 1996; Huang, 1995) พบว่า เมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วมขัง ใบและลำต้นของข้าวสาลี มีธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซี่ยม แมกนีเซี่ยม และสังกะสีลดลง จะมีสัดส่วนของเหล็กสูงขึ้น โดยเฉพาะพันธุ์ที่อ่อนแอต่อสภาพน้ำท่วมขัง แต่ในรากจะมีธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรองเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า Sharme และ Swarup (1989) พบว่า เมื่ออยู่ใน

สภาพน้ำท่วมขัง การเจริญเติบโตของรากข้าวสาลีลดลง ทำให้การดูดอิออน โดยเฉพาะ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปแตสเซี่ยม แมกนีเซี่ยม และสังกะสีลดลง แต่มีการดูดโซเดี่ยม เหล็ก และแมงกานีส มากขึ้นมีผลทำให้การแตกกอ ความสูง และผลผลิตลดลงจนมีผลทำให้การออกดอกล่าช้าออกไป

4.2.4 ผลของสภาวะน้ำท่วมที่มีต่อการสังเคราะห์แสง

เมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วม พืชจะปิดปากใบเพื่อตอบสนองต่อสภาวะน้ำท่วม จึงทำให้การสังเคราะห์แสงลดลงตามไปด้วย เพราะการปิดปากใบทำให้การแพร่ของคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นวัตถุดิบในการสังเคราะห์แสง ผ่านปากใบเข้าไปไม่ได้ (Erik และ David,1996) เมื่อการสังเคราะห์แสงลดลง ทำให้กิจกรรมทางชีวเคมีอื่นๆเปลี่ยนไป เช่น การดูดแร่ธาตุอาหาร และการสังเคราะห์เอนไซด์ เป็นต้น ส่งผลให้การเจริญเติบโต และการเก็บอาหารสำรองลดลงตามไปด้วย จากการศึกษาการสังเคราะห์แสงของข้าวทนน้ำท่วมของ Rai et al. (1976) พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ในพันธุ์ที่ไม่ทนน้ำท่วมลดลง เมื่อระยะเวลาการจมน้ำเพิ่มขึ้น การสังเคราะห์แสงที่เกิดขึ้นใต้น้ำจะมีอัตราลดลง เนื่องจากออกซิเจนและความเข้มข้นของแสงลดลง การสังเคราะห์แสงจะเกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ RuBP Carboxylase ซึ่งอยู่ใน Chloroplast เมื่อจมน้ำมิด ทำให้การทำงานของ RuBP Carboxylase ลดลงทำให้การสังเคราะห์แสงระหว่างการจมน้ำนั้นอาจจะลดลง เนื่องจากการลดลงของแสง ออกซิเจน และ คลอโรฟิลล์ จึงทำให้ต้นข้าวเน่าตาย เช่นเดียวกับ Setter et al. (1988) รายงานว่า ในระหว่างการจมน้ำออกซิเจนลดลง การสังเคราะห์แสงลดลงเพราะความเข้มข้นของแสงลดลง จึงมีผลทำให้ปริมาณออกซิเจนภายในพืชลดลงด้วย ทำให้การหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจนเพิ่มขึ้น สาเหตุนี้ทำให้มีการใช้คาร์โบไฮเดรตอย่างรวดเร็วทำให้ปริมาณแป้งลดลงเมื่อเกิดการจมน้ำ

5. การปรับตัวและกลไกที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วม

ในสภาพที่มีการเจริญเติบโตตามปกติ ข้าวมีลำต้นซึ่งประกอบไปด้วย ข้อ (node) และปล้อง (internode) ปล้องที่อยู่บริเวณโคนจะใหญ่กว่าและสั้นกว่าปล้องที่อยู่ส่วนปลาย ปล้องของข้าวจะมีรูปร่างเป็นทรงกระบอกข้างในกลวง และจะตันบริเวณข้อเท่านั้น การยืดตัวของลำต้น (stem elongation) เป็นการพัฒนาและการเจริญเติบโตทางความสูง (ประพาส, 2523; Vergara and Chang, 1985) ข้าวจะมีการเจริญเติบโตเมื่อยอดอ่อนโผล่พ้นเมล็ดได้ 3 วัน เมื่อเห็นใบแรกโผล่ออกมา หลังจากนั้นอีก 5-10 วัน ใบที่ 2-3 จะเกิดขึ้น จากนั้นอีก 15-20 วัน จะแตกใบที่ 5-7 เมื่อข้าวอายุได้ 35-45 วัน ข้าวจะอยู่ในระยะยืดตัวทางลำต้น (stem elongation) ระยะเวลาในการยืดตัวของข้าวจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธุ์ และมีค่าที่แน่นอนในแต่ละพันธุ์ พันธุ์ข้าวที่มีความไวต่ออุณหภูมิจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่ได้รับ โดยอุณหภูมิต่ำจะทำให้ระยะเวลาในการยืดตัวนานขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ระยะเวลาสั้นลง (ประพาส, 2523;

Vergara and Chang, 1985) Liu (1998) พบว่า จิบเบอเรลลินมีหน้าที่ส่งเสริมการยืดตัวและการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากจิบเบอเรลลินมีมีอิทธิพลต่อกระบวนการ ไฮโดรเลส (hydrolase) ของแป้ง (starch), น้ำตาลฟรักแทน (fructans) และน้ำตาลซูโครส (sucrose) เปลี่ยนไปเป็นโมเลกุลของ กลูโคส (glucose) และ ฟรักโตส (fructose) ทำให้ผนังเซลล์มีศักย์ของน้ำลดลง น้ำจึงเข้าไปในเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งมีผลทำให้มีการยืดตัวของลำต้น

5.1 การหลีกหนีการท่วม (submergence avoidance)

พืชจำพวกกึ่งน้ำกึ่งบก (Semi-aquatic) จำนวนหนึ่งมีความสามารถในการหลีกหนีการท่วม (submergence avoidance) เพื่อให้มีชีวิตอยู่รอด โดยการยืดลำต้น และก้านใบ โผล่พ้นน้ำขึ้นสู่อากาศ กลไกที่ช่วยในการหลีกหนีน้ำท่วมดังกล่าว ทำให้พืชสามารถดำเนินกิจกรรมในต้นที่ต้องใช้อากาศ (aerobic metabolic activity) ต่อไปได้ (Voesenek, et al. 2006; Kende, et al. 1998) เมื่อต้นข้าวอยู่ในสภาวะการท่วมของน้ำ โดยปกติจะมีการยืดลำต้นและใบ ซึ่งนับว่าเป็นลักษณะพิเศษในการปรับตัวทางสรีระวิทยาของข้าว (Hamamura และ Kupkanchanakul, 1979) ในข้าวขึ้นน้ำและข้าวทนน้ำลึก จะมีความสามารถพิเศษในการยืดตัวได้ดีเพื่อหลีกหนีการท่วมของน้ำ ในลักษณะการเจริญเติบโตและความลึกของน้ำที่ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับการปรับตัวของข้าวแต่ละพันธุ์ ส่วนมากจะมีความสามารถในการยืดตัวได้เมื่อมีอายุ 4-6 สัปดาห์ เมื่อข้าวมีอายุมากขึ้นความสามารถในการยืดตัวก็จะมากขึ้นตามไปด้วยเช่นกัน ข้าวขึ้นน้ำมีความสามารถยืดตัวได้ยาว 10-25 เซนติเมตร ในเวลา 24 ชั่วโมง การยืดตัวของข้าวจะมีไปจนถึงระยะข้าวออกดอก ฉะนั้นเมื่อเกิดสภาพน้ำท่วมระดับสูงในระยะข้าวออกดอก ก็จะทำให้ผลผลิตเสียหาย (Vergara, 1985) การยืดตัวของข้าวเป็นลักษณะพิเศษที่จะชูส่วนยอด และรวงเพื่อให้อยู่เหนือผิวน้ำ เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้น ส่วนมากจะพบในข้าวขึ้นน้ำพันธุ์พื้นเมือง เมื่อข้าวหยุดการยืดตัวจะทำให้ข้าวเอนไปตามผิวน้ำ และส่วนยอดจะชูอยู่บนผิวน้ำซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการสังเคราะห์แสง และทำให้รวงไม่ได้รับความเสียหาย

5.2 การทนต่อสภาวะน้ำท่วม (submergence tolerance) และสาเหตุที่ทำให้ข้าวแสดงลักษณะทนต่อสภาวะน้ำท่วม

ภายใต้สภาวะน้ำท่วมและต้นข้าวจมมิดอยู่ใต้น้ำ ความสามารถของข้าวที่จะทำให้มีชีวิตรอดได้ยาวนาน มีการฟื้นตัวและเจริญเติบโตได้อย่างต่อเนื่อง หลังจากต้องอยู่ในสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลาหลายวัน นับเป็นการทนน้ำท่วม (submergence tolerance) (Adkin et al., 1988) ในลักษณะการทนน้ำท่วมนี้ข้าวจะต้องมีการปรับตัวและประหยัดพลังงานเมื่ออยู่ในสภาพ

น้ำท่วม ข้าวจะมีการยืดลำต้นไม่มากจึงไม่ได้ใช้อาหารสะสมมากเกินไป และภายหลังน้ำลดลงจะมีการฟื้นตัว (recovery) จากนั้นมีการเจริญเติบโตต่อไป และให้ผลผลิต

5.2.1 ความสามารถในการรักษาระดับคาร์โบไฮเดรตในต้น (shoot carbohydrates)

ความสามารถในการรักษาระดับคาร์โบไฮเดรตในต้น เป็นขบวนการที่พืชสีเขียวนำเอาพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้ในการสร้างอาหารจำพวก แป้งและน้ำตาล ซึ่งเป็นอาหารหลักที่พืชต้องนำไปใช้ในขบวนการเมทาโบลิซึม เพื่อสร้างและสะสมพลังงาน (Palada และ Vergara, 1972) จึงเป็นลักษณะที่สำคัญที่สุดในข้าวที่มีลักษณะทนน้ำท่วม จากการศึกษาได้บ่งชี้ว่าการรอดตายของต้นข้าว (ภายหลังน้ำลด) มีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตในต้น วิไลลักษณ์ (2544) พบว่า อาหารสะสมมีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการต่าง ๆของข้าวในระหว่างน้ำท่วม ต้นข้าวที่มีอายุมากจะมีความทนต่อน้ำท่วมได้ดีกว่าต้นข้าวที่มีอายุน้อย เนื่องจากมีการสะสมคาร์โบไฮเดรตที่มากกว่า เช่นเดียวกับ ทวี (2543) พบว่า ในสภาพน้ำท่วมนั้นต้นข้าวอาจตายเพราะขาดแสงแดดและคาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง หรือสังเคราะห์แสงได้ในอัตราต่ำ ทำให้อัตราการใช้คาร์โบไฮเดรตเร็วยิ่งขึ้น

5.2.2 การลดการยืดลำต้นอย่างจำกัดทำให้ประหยัดพลังงาน

การยืดตัวของลำต้นนับว่าเป็นลักษณะสำคัญที่ทำให้ข้าวเสียหายมากขึ้น นั่นคือความพยายามในการยืดตัว (stem elongation) ระหว่างที่ข้าวถูกน้ำท่วม ทำให้อาหารสะสมถูกใช้ไปอย่างรวดเร็ว แต่เนื่องจากความเร็วในการเพิ่มขึ้นของระดับน้ำ ทำให้ข้าวไม่สามารถยืดตัวได้ทัน ฉะนั้น ข้าวอาจตายก่อนถึงผิวน้ำหรือเมื่อภายหลังน้ำลดข้าวที่ยืดตัวจะหักล้ม และมักจะไม่สามารถฟื้นตัวได้ดังเดิม ซึ่งผิดกับข้าวทนน้ำท่วมที่มียีน ***Sub1*** จะไม่มีการยืดตัวมาก จึงไม่ใช้พลังงานโดยไม่จำเป็น แต่สามารถปรับขบวนการหายใจ และสังเคราะห์แสงให้พอเหมาะ เมื่อภายหลังน้ำลดลงจึงทำให้ต้นไม่หักล้มและฟื้นตัวอย่างรวดเร็ว ส่วนสายพันธุ์ที่ไม่มียีนทนน้ำท่วม จะพยายามยืดตัวเพื่อหนีน้ำ แต่ด้วยความเร็วของระดับน้ำที่เพิ่มขึ้น ข้าวไม่สามารถยืดตัวได้ทันทำให้ข้าวตายก่อนที่จะโผล่พ้นน้ำ หรือหลังน้ำลดข้าวที่ยืดตัวจะหักล้มไม่สามารถฟื้นตัวดังเดิมได้ทำให้ตายไปในที่สุด (Vergara, 1985) จากงานทดลองของ อภิชาติ (2540) พบว่า สายพันธุ์ในกลุ่มที่มียีนทนน้ำท่วม (***Sub1***) เมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วมจะมีการยืดตัวน้อย ในขณะที่สายพันธุ์ในกลุ่มที่ไม่มียีนทนน้ำท่วม จะมีการยืดตัวมากกว่า เช่นเดียวกับงานทดลองของ Fukao et al. (2006) ที่พบว่า เมื่ออยู่ในสภาพน้ำท่วมขังเป็นเวลา 14 วัน สายพันธุ์ M202 ที่มียีนทนน้ำท่วม (***Sub1***) จะมีการยืดตัวน้อยและมีใบเขียวเป็นปกติ แสดงออกในลักษณะการมีความทนทานต่อน้ำท่วม ส่วนสายพันธุ์ M202 ที่ไม่มียีนทนน้ำท่วมนั้นข้าวจะยืดแผ่นใบยาวมากและมีใบตาย

Suge (1988) พบว่าลักษณะการยืดลำต้น (stem elongation) ของข้าว มีความสัมพันธ์ระหว่าง ก๊าซเอธิลีน กับ gibberellic acid (GA) ซึ่งจะมีส่วนสำคัญในการยืดตัวของข้าว และได้แสดงให้เห็นว่าลักษณะการยืดตัวนี้ถูกควบคุมด้วยหน่วยพันธุกรรม 2 คู่ สายพันธุ์ข้าว

ที่มียีนทนน้ำท่วม (*Sub1*) จะลดการทำงานของก๊าซเอธิลีน จึงส่งผลให้สายพันธุ์ข้าวยืดลำต้นน้อย ในสภาพจมน้ำการสร้างเอทธีลีนจะถูกยับยั้งโดย amino ox acetic acid และ amino ethoxyvinylg lysine ทำให้ความยาวของข้อไม่ยาวขึ้น แต่ถ้าสร้างสาร ACC ก็จะทำให้ข้อยาวขึ้นและยังพบว่าเอทธีลีนจะเป็นตัวกระตุ้นทำให้เกิดการเจริญเติบโตของข้าว การเพิ่มความเข้มข้นของก๊าซเอธิลีนจะเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของ gibberrellic acid ด้วย (Raskin และ Kende, 1984) ซึ่งก็จะทำให้ลดระดับความเข้มข้นของกรด abscisic acid (ABA) ในข้อของต้นข้าวลง (Hoffmann et al., 1992)

6. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวให้ทนน้ำท่วม

6.1 พันธุกรรมที่ส่งผลให้ข้าวทนทานต่อสภาวะน้ำท่วม

ได้มีการค้นพบข้าวทนน้ำท่วม FR13A ซึ่งเป็นข้าวของประเทศอินเดีย โดยข้าวสายพันธุ์นี้แสดงอาการทนน้ำท่วมคือ เมื่ออยู่ในสภาวะน้ำท่วมจะมีการยืดตัวของใบและยืดปล้องน้อย นอกจากนี้ข้าวสายพันธุ์นี้ยังมีคุณลักษณะพิเศษในความสามารถฟื้นตัวได้ดีภายหลังน้ำลด (Singh et al., 2001; Das et al., 2005) ต่อมานักวิจัยได้บ่งชี้ว่า QTL (quantitative trait loci) ที่ให้ชื่อว่า Submergence-1 (*Sub1*) ซึ่งอยู่บนโครโมโซม 9 ส่งผลให้เกิดการทนน้ำท่วมฉับพลัน ในการศึกษาการแสดงออกของ *Sub1* ที่ปรากฏในประชากรข้าวต่างๆ มีความทนน้ำท่วมระหว่าง 35-69 เปอร์เซ็นต์ (Xu and Mackill, 1996; Nandi et al., 1997; Sripongpangkul et al., 2000; Xu et al., 2000; Toojinda et al., 2003) เหตุผลของการทนน้ำท่วมเนื่องด้วย *Sub1* ควบคุมการลดลงของแป้ง (starch) และคาร์โบไฮเดรตประเภทละลายน้ำ (soluble carbohydrate) ที่สะสมอยู่ในต้นข้าวให้เป็นไปอย่างช้าๆ (Fukao et al., 2006)

Fukao et al. (2006) ได้ศึกษาอิทธิพลของ *Sub1* ต่อปฏิกิริยาและผลกระทบด้านต่างๆ ต่อสายพันธุ์ข้าวที่มี และไม่มี *Sub1* การศึกษาชี้ให้เห็นว่า เมื่อน้ำท่วม 7 และ 14 วัน หลังจากนั้นระบายน้ำออก 7 วัน หลังระบายน้ำออกพบว่าสายพันธุ์ที่ไม่มี *Sub1* ข้าวฟื้นตัวเพียงเล็กน้อย และมีใบตายเป็นจำนวนมาก ในขณะที่สายพันธุ์ที่มี *Sub1* มีการฟื้นตัวที่ดี ต้นและใบยังมีสภาพเขียวค่อนข้างเห็นผลกระทบน้อย Xu et al. (2006) พบว่า พืชสามารถดำรงชีวิตในใต้น้ำได้ โดยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่งกรดอะมิโนที่มีชื่อว่า โพรรีนไปเป็น กรดอะมิโนที่มีชื่อว่า เซอร์รีน ซึ่งช่วยกระตุ้นปัจจัยทางชีวเคมีทำให้พืชดังกล่าวทนน้ำท่วม โดยพืชจะสามารถหายใจโดยไม่ใช้ ออกซิเจนได้ในสภาพขาดหรือไร้อากาศ

6.2 การใช้โมเลกุลเครื่องหมายช่วยในการปรับปรุงพันธุ์

มีการศึกษาถึงความทนต่อสภาวะน้ำท่วมนั้น มีความสัมพันธ์กับอัตราพันธุกรรมสูงมาก ซึ่งถูกควบคุมโดยยีนหนึ่งหรือมากกว่านั้น (Suprihatno and Coffman, 1981) Ray et al.

(1990) รายงานถึงความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการยืดตัว (elongation) และการทนต่อสภาวะน้ำท่วม อายุของพืช ระดับของน้ำ และอุณหภูมิ ความหนาแน่นของการไหลของ photon และสภาพของดิน เป็นปัจจัยที่สำคัญในการกำหนดความทนของต้นข้าวต่อสภาพน้ำท่วม สำหรับการทนต่อสภาวะน้ำท่วม ได้ถูกแสดงให้เห็นก่อนหน้านั้นบนโครโมโซม 6, 7, 9, 11 และ 12 (Xu และ Mackill, 1996) QTLs เหล่านี้ได้มาจาก สายพันธุ์ท้องถิ่นอินเดียน FR13A ได้มีการศึกษาลักษณะความทนทานต่อน้ำท่วม และอิทธิพลของยีนที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลัน มีรายงานว่า ข้าวทนน้ำท่วมฉับพลันถูกควบคุมด้วยยีนเด่น โดยมียีนอย่างน้อย 3 คู่ที่ควบคุมลักษณะนี้ (Suprihatno and Coffman, 1981) ในขณะที่ Mohanty et al. (1982) และ Haque et al. (1989) พบว่าอย่างน้อยมียีนเด่น 1 คู่ หรือกลุ่มของยีนที่เกี่ยวข้องกับการทนน้ำท่วมของข้าว ส่วน Ray et al (1990) ชี้ให้เห็นว่าอย่างน้อยมียีนเด่น 2 คู่ เกี่ยวข้องกับลักษณะนี้ ซึ่งจากการศึกษาดังกล่าว การทนต่อน้ำท่วมถูกควบคุมด้วยยีนที่มีพฤติกรรมทั้งแบบ additive และ non-additive

Xu (1997) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้ Marker โดยใช้วิธีการ gene tagging เพื่อหาลักษณะทางพันธุกรรมของยีนต้านทานน้ำท่วม โดยทำการผสมพันธุข้าวต้านทานน้ำท่วม IR40931-26-3-3-5 (indica line) กับพันธุ์อ่อนแอ PI543851 (japonica) ซึ่ง IR40931-26-3-3-5 มีระดับความทนทานเทียบเท่า FR13A แล้วทำการคัดเลือกจากชั่วรุ่นที่ 2 จำนวน 200 ต้น ได้ 169 ต้น ทำการทดลองในเรือนทดลองระยะกล้าในลูกชั่วที่ 3 โดยใช้เวลาให้สภาวะน้ำท่วม 14-16 วัน ทำการให้คะแนน 1-9 (1 tolerance; 9 susceptible) ได้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1.6-8.9 และพบว่าอย่างน้อยมี 2 ยีนที่เกี่ยวข้องกับการทนน้ำท่วม

Seanglew (2000) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของยีนที่เกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วม โดยใช้แผนที่จีโนม ของข้าว Recombinant Inbred Lines (RILs) จากคู่ผสมระหว่างพันธุ์ทนน้ำท่วม FR13A กับพันธุ์อ่อนแอ CT6241 โดยใช้ดีเอนเอเครื่องหมาย RFLP, SSLP, และ SSCP จำนวน 41, 111, และ 1 เครื่องหมายตามลำดับทำการประเมินความทนน้ำท่วมโดยใช้ต้นข้าวอายุ 28 วัน จำนวน 405 สายพันธุ์ ทดสอบความทนน้ำท่วมในระดับความลึก 100-120 เซนติเมตร พบว่าการยืดตัวที่ช้า ความสามารถในการคงความเขียวของใบ มีความสัมพันธ์กับการฟื้นตัวหลังน้ำท่วม อิทธิพลของยีนบนโครโมโซม 9 มีลักษณะเกี่ยวข้องกับความทนทานต่อน้ำท่วม และสามารถอธิบายถึง การยืดตัวของข้าว ความเขียวของใบอัตราการฟื้นตัว และความสามารถในการฟื้นตัวหลังจากปล่อยน้ำออกได้ 9%, 45%, 51%, และ 63% ตามลำดับ นอกจากนั้นยังมียีนรองอยู่บนโครโมโซม 2 และ7 ที่ช่วยส่งเสริมบทบาทการแสดงออกของยีนบนโครโมโซม 9 ในเชิงบวก อิทธิพลของอัลลีจาก FR13A และ CT6241 จากยีนแต่ละตำแหน่งแสดงให้เห็นว่าความสามารถในการฟื้นตัวได้เร็ว และความสามารถในการคงความเขียวของใบหลังจากถูกน้ำท่วมได้ถูกถ่ายทอดจาก FR13A ส่วนการยืดตัวภายใต้น้ำท่วมถูกถ่ายทอดจาก CT624 ในขณะที่การยืดตัวในสภาพปกติได้รับการถ่ายทอดจาก FR13A

7. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวนาสวนนาน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

7.1 ปัญหาและข้อจำกัดในการให้ผลผลิตในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

พื้นที่ปลูกแบบอาศัยน้ำฝน ถือเป็นพื้นที่เสี่ยงสำหรับการปลูกข้าว ผลผลิตที่ได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ในปี 2548-2549 มีผลผลิตเฉลี่ย 319 กิโลกรัมต่อไร่ ในขณะที่ผลผลิตเฉลี่ยทั่วโลกอยู่ที่ 644 กิโลกรัม/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2549) สาเหตุมาจากมีความแปรปรวนของสภาพแวดล้อมสูง เช่น ความแปรปรวนของปริมาณน้ำฝน มีมากเกินไปก็จะทำให้เกิดน้ำท่วมฉับพลัน หรือน้อยเกินไปทำให้เกิดสภาพแล้ง ปัญหาโรคและแมลงที่สำคัญเช่น โรคไหม้ หนอนกอ ปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ มีอินทรียวัตถุต่ำ มีสภาพเป็นดินกรด บางแห่งเป็นพื้นที่ดินเค็ม (อนันต์ และคณะ, 2547)

ปริมาณน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักจะมีความแปรปรวนไม่แน่นอน บางปีที่ฝนตกหนักมีปริมาณของฝนมากเกินไปจนทำให้เกิดน้ำท่วม จะสร้างความเสียหายให้กับผลผลิตเป็นอย่างมาก ความเสียหายจากน้ำท่วมมักจะเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี ส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากปริมาณน้ำฝนที่ตกมากทำให้ระบายน้ำไม่ทัน และเกิดจากการเอ่อล้นของลำน้ำ ซึ่งมักจะเกิดในช่วงการเจริญเติบโตของข้าว (เกรียงไกร, 2549) เช่น ในปี 2545 มีพื้นที่เสียหายจากน้ำท่วมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือครอบคลุมพื้นที่ถึง 19 จังหวัด รวมเป็นพื้นที่ 4.6 ล้านไร่ จากพื้นที่ปลูกข้าวทั้งหมด 32.4 ล้านไร่ คิดเป็นความเสียหาย 14.3 เปอร์เซ็นต์ (กรมป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย, 2545)

สภาวะความแห้งแล้งในสภาพนาน้ำฝน สามารถเกิดได้ทุกเวลาในช่วงฤดูปลูกข้าว ความรุนแรงขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่ปลูก นั่นคือในสภาพนาดอนจะได้รับผลกระทบมากกว่านาลุ่ม (Mackill et al., 1996) Fukai et al. (1995) พบว่า การปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในสภาพนาน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สภาวะแล้งจะทำให้ผลผลิตลดลงถึง 40 เปอร์เซ็นต์

โรคไหม้ ถือว่าเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียผลผลิตมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 เป็นข้าวที่อ่อนแอต่อโรคไหม้ ดังมีรายงานความเสียหายจากการทำลายของโรคเกือบทุกปี เช่น ในปี พ.ศ. 2535 มีพื้นที่เสียหายจากโรคไหม้ 1.25 ล้านไร่ สร้างความเสียหายมากถึง 30 เปอร์เซ็นต์ ของผลผลิตรวมหรือประมาณ 650,000 ตัน คิดเป็นมูลค่าความเสียหายไม่ต่ำกว่า 550 ล้านบาท และมีการระบาดของโรคไหม้คอรวง ในภาคเหนือตอนบนและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มากถึง 70 เปอร์เซ็นต์ (Disthaporn, 1994)

เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลและหนอนกอ จากรายงานของกรมวิชาการเกษตร ในปี 2533 การระบาดของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล ทำให้ผลผลิตลดลง 1.5-1.8 ล้านตันข้าวเปลือก คิดเป็นมูลค่าในขณะนั้นประมาณ 5,000 - 6,000 ล้านบาท สำหรับความเสียหายจากแมลง วัชระ (2514) พบว่า ในแต่ละปี ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้รับความเสียหายจากหนอนกอเฉลี่ย 5-20 เปอร์เซ็นต์ หรือในบางปีอาจจะมีความเสียหายมากถึง 50 เปอร์เซ็นต์

สภาพดินในนาน้ำฝนของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่นาทั้งหมดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นดินที่มีปัญหาและขาดความอุดมสมบูรณ์ (กรรณิกา และคณะ 2541) เนื้อดินเป็นดินทรายหรือทรายร่วน มีความสามารถในการอุ้มน้ำน้อย และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีอินทรียวัตถุต่ำนั่นคือ น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซี่ยมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ (น้อยกว่า 6 ppm และ น้อยกว่า 60 ppm) คือ 3 ppm และ 47 ppm ดวงใจ (2541) พบว่า ดินชุดต่าง ๆคือ ชุดร้อยเอ็ด ชุดอุบล และชุดพิมาย ซึ่งทุกชุดมีปริมาณ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซี่ยม ในปริมาณที่ต่ำไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว นอกจากนี้ปัญหาของดินเค็มยังมีอยู่ทั่วไป ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ถึง 17.8 ล้านไร่ (อรุณี, 2546) ข้าวที่ปลูกในพื้นที่ดินเค็มจะมีผลกระทบทำให้ปลายใบขาวซีดม้วนงอ ถ้าอยู่ในระยะแตกกอจะทำให้แตกกอน้อย ระยะติดเมล็ดจะทำให้มีเมล็ดลีบมาก ทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ความเสียหายจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับระดับความเค็มของพื้นที่

ด้วยปัญหาในด้านต่าง ๆ ข้างต้นส่งผลกระทบต่อการให้ผลผลิต กรมการข้าวจึงได้จัดทำแผนกลยุทธ์ในการปรับปรุงพันธุ์ โดยมุ่งรักษาเสถียรภาพในการให้ผลผลิต หรือการรักษาไม่ให้ผลผลิตเสียหายมาก เพื่อยกระดับผลิตภาพในนิเวศน์นาน้ำฝนทั่วประเทศ โดยการมุ่งปรับปรุงพันธุ์โดยการใส่ “ภูมิต้านทาน” ต่าง ๆ รวมถึงการใช้ ***Sub1*** เพื่อแก้ปัญหาความเสียหายในพื้นที่น้ำท่วมด้วย

7.2 กระบวนการและขั้นตอนในการปรับปรุงพันธุ์ข้าวในพื้นที่นาน้ำฝน

สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว (ปรับเปลี่ยนจาก สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร) เป็นหน่วยงานหลักของประเทศในด้านการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าว ให้ผลผลิตที่ดี มีลักษณะทางการเกษตรดี มีคุณภาพเมล็ด และความต้านทานต่อโรคแมลงที่สำคัญ หรือมีลักษณะตรงตามวัตถุประสงค์ของการปรับปรุงพันธุ์ การดำเนินงานประกอบไปด้วยศูนย์วิจัยข้าว 27 แห่งทั่วประเทศ ร่วมกันเป็นเครือข่ายในการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าว (กรมการข้าว, 2551)

ขั้นตอนและกระบวนการในการวิจัยและพัฒนาพันธุ์เพื่อให้ได้ข้าวสายพันธุ์ผสมใหม่ ๆ ขึ้นมา เริ่มจาก การผสมพันธุ์ ทำการคัดเลือกสายพันธุ์จนได้สายพันธุ์ดีที่อยู่ตัว จึงทำการประเมินการให้ผลผลิตข้าวตามขั้นตอนคือ การศึกษาพันธุ์ภายในสถานี (intra-station observation nursery) และการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี (inter-station yield trial) ในขั้นตอนนี้มุ่งเพื่อศึกษาการปรับตัว และการให้ผลผลิตบนความหลากหลายของสภาพแวดล้อมในสภาพนาน้ำฝนในศูนย์วิจัยข้าวเครือข่ายการทำงาน นอกเหนือจากการประเมินการให้ผลผลิตเป็นหลักแล้วต้องมีการประเมินความต้านทานต่อโรค (เช่นโรคไหม้ และขอบใบแห้ง) และแมลง (เช่นเพลี้ยกระโดสีน้ำตาล และแมลงบั่ว) และรวมถึงการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของเมล็ด

เฉพาะสายพันธุ์ดีเด่น (promising line) ที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนการเปรียบเทียบผลผลิตระหว่างสถานี จะนำไปปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในแปลงนาเกษตรกร (on-farm trial) เพื่อศึกษาการให้ผลผลิตในพื้นที่เกษตรกร ที่เป็นเป้าหมายที่จะนำพันธุ์ไปใช้ ขั้นตอนนี้นับเป็นการประเมินผลผลิตขั้นตอนสุดท้ายก่อนที่จะประกาศรับรองพันธุ์ต่อไป

7.3 ปัญหาความผันแปรของสภาพแวดล้อมต่อการปรับปรุงพันธุ์

การแสดงออกของพืช (phenotype) นั้นจะเกิดขึ้นจากสาเหตุ 3 อย่างคือ ลักษณะทางพันธุกรรม (genotype) ที่แสดงออกของยีน ลักษณะความผันแปรจากสภาพแวดล้อม (environment) และลักษณะความผันแปรจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (genotype by environment interactions; G x E) ความผันแปรทางพันธุกรรมสามารถถ่ายทอดไปยังลูกหลานได้ ส่วนความผันแปรอันเนื่องมาจากสภาพแวดล้อมนั้นไม่สามารถถ่ายทอดได้ ถ้าปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีมาก ก็จะทำให้การปรับปรุงพันธุ์นั้นยากยิ่งขึ้น ซึ่งผลที่ได้จากสถานที่หนึ่งหรือฤดูกาลหนึ่ง จะนำไปใช้ในอีกสถานที่หนึ่งหรือฤดูกาลหนึ่งนั้นไม่ได้ (Mackill et al.,1996) Comstock และ Moll (1963) และ Brown et al. (1983) แสดงให้เห็นว่า อิทธิพลของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม ทำให้การคัดเลือกมีความยุ่งยากมากขึ้น กล่าวคือ การคัดเลือกพันธุ์พืชที่มีประสิทธิภาพ ควรทำการทดลองในหลายสภาพแวดล้อมเป็นเวลาหลายปี และปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อมมีมากเท่าใดก็มีความจำเป็นจะต้องทดสอบในหลายสภาพแวดล้อมมากขึ้นเท่านั้น

สภาพแวดล้อมที่ปลูกข้าวในสภาพนาน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่ามีความผันแปรอยู่เสมอ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องจากความไม่แน่นอนของสภาพน้ำฝนในแต่ละพื้นที่ และแต่ละปี โดยมีความผันแปรทั้งในด้านปริมาณ และการกระจายตัว ประกอบกับความไม่สม่ำเสมอในความอุดมสมบูรณ์ของดินในแต่ละพื้นที่ ส่งผลให้การทดสอบผลผลิตขาดความแม่นยำในการบ่งชี้สายพันธุ์ที่ดี การวิเคราะห์การให้ผลผลิตในสภาพนาน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือชี้ให้เห็นถึงการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมกับสภาพแวดล้อม (ประภัศร์, 2532; อัญชลี, 2549; สมหมาย และ สาธิต, 2542)

ในการศึกษาเพื่อทำการคัดเลือกพันธุ์ข้าว ในโครงการวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวนาสวนนาน้ำฝนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว ซึ่งดำเนินงานโดยศูนย์วิจัยข้าวทั้ง 8 แห่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งได้ทำการทดสอบพันธุ์ทั้งในศูนย์วิจัยและในพื้นที่เกษตรกร (รายละเอียดกล่าวใน 6.2) ด้วยปรากฏการณ์และมีการเรียนรู้ด้านการเกิดปฏิสัมพันธ์ระหว่างพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม จึงได้ให้ความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบ

G x E analysis โดยการวิเคราะห์แบบ combined analysis และ cluster analysis (เกรียงไกร, 2552) เพื่อนำมาใช้บ่งชี้ และคัดเลือกสายพันธุ์ที่ปรับตัวและให้ผลผลิตที่ดีในแต่ละพื้นที่

7.4 การพัฒนาพันธุ์ข้าวทนน้ำท่วมฉับพลัน บนความร่วมมือระหว่างศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กับสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว

ภายใต้โครงการร่วมมือในการวิจัย ระหว่างศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ กับสำนักวิจัยและพัฒนาข้าว ได้นำพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 (พันธุ์แม่) กับสายพันธุ์ IR49830-7-1-2-2 และ DH206 (พันธุ์พ่อ) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ทนน้ำท่วมจากสถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) โดยการผสมพันธุ์ระหว่าง FR13A กับ IR49830 และใช้โมเลกุลเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือก พบว่า ยีนที่ควบคุมความทนทานต่อน้ำท่วม (***Sub1***) ที่ถ่ายทอดมาจาก FR13A ซึ่งวางอยู่บนโครโมโซมที่ 9 โดยทำการผสมพันธุ์ที่ สถานีทดลองข้าวบางเขน เมื่อปี 2538 จากนั้นทำการผสมกลับ (Backcross) เข้าหาพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 จำนวนสี่ชั่วผสม (ระหว่างปี 2539-2542) และใช้โมเลกุลเครื่องหมายช่วยในการคัดเลือกสายพันธุ์ที่มียีนทนทานต่อน้ำท่วมฉับพลัน (***Sub1***) สายพันธุ์จากคู่ผสมดังกล่าวนำไปทดสอบความสามารถในการทนน้ำท่วมในสภาพแปลง ที่ศูนย์วิจัยข้าวพระนครศรีอยุธยา สายพันธุ์ที่มีลักษณะทนน้ำท่วม 11 สายพันธุ์ นำไปทดสอบการทนน้ำท่วมในสภาพบ่อทดลอง และทดสอบการให้ผลผลิตเบื้องต้น ที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ต่อมาในระหว่างปี 2547-2548 นำสายพันธุ์ดังกล่าวได้นำไปปลูกทดสอบในนาเกษตรกรในภาคเหนือตอนบน 3 พื้นที่ ใน 2 จังหวัดคือ บ้านสบเปา ตำบลแม่เปา อำเภอพญาเม็งราย จังหวัดเชียงราย, บ้านศรีดอนแก้ว ตำบลห้วยลาน อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา, บ้านปางมดแดง ตำบลอ่างทอง อำเภอเชียงคำ จังหวัดพะเยา และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 7 พื้นที่ ใน 4 จังหวัดคือ บ้านโพนสา ตำบลโพนสา อำเภอท่าบ่อ จังหวัดหนองคาย, บ้านดงใหญ่ ตำบลนาดง อำเภอปากคาด จังหวัดหนองคาย, บ้านโนนต้อง ตำบลนาดี อำเภอเฝ้าไร่ จังหวัดหนองคาย, บ้านหนองลาด ตำบลรัตนวาปี อำเภอรัตนวาปี จังหวัดหนองคาย, บ้านด่านใต้ ตำบลร่องคำ อำเภอร่องคำ จังหวัดกาฬสินธุ์, บ้านธาตุลุ่ม ตำบลสหธาตุ อำเภอเขื่องใน จังหวัดอุบลราชธานี และบ้านผือฮี ตำบลผือฮี อำเภอมหาชนะชัย จังหวัดยโสธร รวมเป็น 10 พื้นที่ 6 จังหวัด (เกรียงไกร, 2549) ผลการทดลองได้ชี้ให้เห็นว่าสายพันธุ์ที่มียีน ***Sub1*** มีใบตายน้อยกว่า และมีความสามารถคงชีวิตเมื่ออยู่ใต้น้ำได้ดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (เกรียงไกร, 2549) การฟื้นตัวและให้ผลผลิตสายพันธุ์ที่มียีน ***Sub1*** ส่วนใหญ่การฟื้นตัวและให้ผลผลิตดีกว่าพันธุ์ ขาวดอกมะลิ 105 (เกรียงไกร, 2549)

7.5 การยอมรับในพันธุ์ข้าวของเกษตรกร

การพัฒนาพันธุ์ข้าวนาน้ำฝนในประเทศไทย ประสบผลสำเร็จและการประกาศรับรองพันธุ์แก่เกษตรกรมากมาย แต่พันธุ์เหล่านั้นกลับไม่เป็นที่ยอมรับของเกษตรกรเท่าที่ควรซึ่ง อนันต์ (2547) พบว่า เกษตรกรที่ปลูกข้าวในสภาพน้ำฝน ของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พันธุ์ข้าวที่นิยมปลูกและเป็นที่ยอมรับมีอยู่เพียง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ประกาศรับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2502 พันธุ์ กข.6 ประกาศรับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2520 และพันธุ์ กข.15 ประกาศรับรองพันธุ์ในปี พ.ศ.2521 (กรมวิชาการเกษตร, 2549) ถึงแม้ว่าทั้ง 3 พันธุ์นี้จะให้ผลผลิตไม่สูงและไม่ต้านทานโรคแมลง แต่เพราะความหอม อ่อนนุ่ม รสชาติดี อายุเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม จึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกในสายพันธุ์ดังกล่าวมาเป็นระยะเวลานาน สาเหตุของการไม่ยอมรับในข้าวที่ปรับปรุงขึ้นมาใหม่อาจเนื่องมาจากปัจจัยหลัก 4 ประการคือ 1) พันธุ์ข้าวที่ปรับปรุงมาใหม่ให้ผลผลิตไม่ดีไปกว่าพันธุ์เก่าที่เกษตรกรปลูก 2) พันธุ์ข้าวที่ปรับปรุงมาใหม่ขาดคุณลักษณะที่เกษตรกรต้องการ 3) เกษตรกรขาดการรับรู้และไม่มีเมล็ดพันธุ์ที่จะทดลองปลูก 4) เงื่อนไขทางเศรษฐกิจและสังคมที่กระทบต่อการยอมรับข้าวพันธุ์ใหม่ของเกษตรกร (เกรียงไกร, 2549) การยอมรับในพันธุ์ข้าวที่พัฒนาขึ้นมาใหม่นั้น เป็นการประเมินสายพันธุ์และคัดเลือกสายพันธุ์ที่เกษตรกรชอบด้วยตัวเอง Ashby et al. (1997) กล่าวว่า เกษตรกรมีความใกล้ชิดกับสายพันธุ์ จะสามารถคัดเลือกสายพันธุ์ได้ด้วยตนเอง และเป็นขั้นตอนที่ง่ายไม่ยุ่งยาก ซึ่งประสบความสำเร็จมาแล้วทั้งในต่างประเทศ Witcombe et al. (2002) ได้ทำการประเมินความชอบของเกษตรกร ในสภาพนาน้ำฝนประเทศอินเดีย โดยให้เกษตรกรทำการคัดเลือกสายพันธุ์ ในแปลงที่นักวิจัยปลูกไว้จากคู่ผสมของ KALINGA III/IR 64 แล้วทำการคัดเลือกจนได้สายพันธุ์ 2 สายพันธุ์ คือ ASHOKA 200 และASHOKA 228 ซึ่งทั้ง 2 สายพันธุ์ ให้ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เปรียบเทียบ สำหรับในประเทศไทย พฤกษ์ (2547) ได้ทำการประเมินความชอบของเกษตรกร โดยดำเนินการในปี พ.ศ.2545 ที่ตำบลน้ำเกี๋ยน กิ่งอำเภอภูเพียง จังหวัดน่าน เกษตรกรได้รวบรวมสมาชิกได้ 22 ราย สายพันธุ์ที่ทำการคัดเลือกประกอบด้วยพันธุ์ ข้าวเบา 32 พันธุ์ อายุปานกลาง 15 พันธุ์ อายุหนัก 5 พันธุ์ และได้ทำการผสมพันธุ์ ข้าวหอมทุ่ง x กข.6 และคัดเลือกพันธุ์ อยู่ในชั่วที่ 5 เกรียงไกร (2549) ได้นำข้าวสายพันธุ์ผสมชั่วที่ 2 จำนวน 10 คู่ผสมนำไปให้เกษตรกรใน 5 หมู่บ้าน ในจังหวัดน่าน ปลูกเพื่อคัดเลือก ในฤดูนาปี 2547

สำหรับความชอบในสายพันธุ์ข้าวของเกษตรกรในสภาพนาน้ำฝน (เกรียงไกร, 2549) กล่าวว่า เกษตรกรมีเงื่อนไขในการยอมรับไว้ 2 ประการ คือ 1) สายพันธุ์ข้าวนั้นจะต้องแสดงลักษณะที่ดีในสภาพแปลงปลูกของเกษตรกร (agronomic character) นั่นก็คือ ควรมีการเจริญเติบโตดี มีลักษณะทางการเกษตร และให้ผลผลิตดี 2) ต้องมีคุณภาพเมล็ด และคุณภาพการหุงต้มรับประทานดี ดังนั้นการประเมินการยอมรับของเกษตรกร จึงได้กำหนดให้มีการประเมิน 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกประเมินการยอมรับในลักษณะทางการเกษตร เมื่อเกษตรกรได้เลือก

สายพันธุ์ที่ตนชอบแล้ว จึงนำสายพันธุ์เหล่านั้นไปประเมินความชอบในลักษณะคุณภาพข้าวเปลือก ข้าวสาร และข้าวสุก อีกครั้ง