บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

บทบาทของน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว

โดยทั่วไปแล้วพืชมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 70-90 % น้ำมีบทบาทสำคัญหลายประการอาทิเช่น เป็นส่วนประกอบของเซลล์ เป็นตัวกลางของปฏิกิริยาเคมี เป็นตัวกลางของการลำเลียง หรือเคลื่อนย้ายสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เป็นตัวกลางรักษาความเต่งและรูปทรงของเซลล์ เป็นวัตถุดิบสำหรับการสังเคราะห์แสง และเป็นทั้งตัวช่วยรักษาระดับอุณหภูมิในต้นและระบายความร้อนออกจากต้นผ่านทางกระบวนการคายน้ำ ดังนั้นพืชแต่ละชนิดจึงมีความต้องการน้ำในปริมาณแตกต่างกันออกไป สำหรับข้าวนั้นเป็นพืชที่ต้องการน้ำในปริมาณค่อนข้างมากตลอดฤดูปลูก คือประมาณ 800-1,200 มม. (De Datta, 1981) ดังนั้นการปลูกข้าวโดยทั่วไปจึงนิยมขังน้ำในแปลงนาตลอดช่วงการเจริญเติบโต ซึ่ง ทวี (2541) รายงานว่าควรรักษาระดับน้ำในนาให้น้อยที่สุดตลอดฤดูปลูกไม่ควรเกิน 10 ซม. เพื่อลดปัญหาการยืดปล้อง ทำให้ต้นข้าวแข็งแรง ไม่ล้มง่าย และควรระบายน้ำออกหลังจากข้าวออกรวงประมาณ 15-20 วัน

ในสภาพนาอาศัยน้ำฝนข้าวจะขาดน้ำในระหว่างการเจริญเติบโต เนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงจึงทำให้เกิดความแห้งแล้งขึ้น โดยข้าวในระยะต้นกล้าหรือระยะออกดอกเป็นระยะวิกฤต ซึ่งทำให้ผลผลิตข้าวลดต่ำลงมาก (Dubey, 1994) มีรายงานว่า การขาดน้ำอย่างรุนแรงในระยะแตกกอของข้าว มีผลทำให้จำนวนหน่อต่อกอ ดัชนีพื้นที่ใบ อัตราการเจริญเติบโต ปริมาณไนโตรเจนในใบ การสะสมน้ำหนักแห้งของส่วนยอดและราก และความหนาแน่นของข้าวลดลงอย่างมาก (Cruz *et al*., 1985) สำหรับในระยะการเจริญทางระบบสืบพันธุ์ การขาดน้ำในช่วงก่อนการผสมพันธุ์ของข้าวจะมีผลทำให้การติดเมล็ดของข้าวลดลง (Cruz and O'Toole, 1984) เนื่องจากมีดอกเป็นหมันมาก (Hsiao, 1982) นอกจากนี้เอกสงวน (2544) ยังกล่าวว่า การขาดน้ำในช่วง reproductive phase จนถึง ripening phase (ช่วงก่อนออกดอก 1 เดือน จนถึง 20 วัน หลังออกดอก, dough stage) จะทำให้เมล็ดข้าวไม่สมบูรณ์ ผลผลิตต่ำ และระยะเวลาแก่ เก็บเกี่ยวคลาดเคลื่อนไป แต่อย่างไรก็ตามข้าวที่ปลูกในดินที่มีการระบายน้ำออกมีแนวโน้มว่าจะมีคุณภาพการสีดีกว่าข้าวที่ปลูกในดินที่ไม่มีการระบายน้ำออกประมาณ 2.7 % และการระบายน้ำออกก่อนการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มว่าจะมีค่าท้องไข่ของเมล็ดข้าวน้อยกว่าที่ไม่มีการระบายน้ำออก (อนนท์ และคณะ, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คุณภาพการสี (milling quality)

คุณภาพการสี เป็นคุณภาพทางกายภาพอย่างหนึ่งของข้าว ซึ่งเริ่มต้นด้วยการนำเมล็ดข้าวเปลือกมาเข้าเครื่องกะเทาะแบบ Satake แยกส่วนที่เรียกว่าข้าวกล้อง (brown rice) ออกจากเปลือกหุ้ม หรือแกลบ (hull) และขัดสีเยื่อหุ้มส่วนผิวข้าวกล้อง จนได้ข้าวสาร (milled rice) ที่มีความยาวแตกต่างกัน เนื่องจากการแตกหักระหว่างการสี นำข้าวสารที่ได้ไปคัดแยกโดยแบ่งออกเป็นข้าวเต็มเมล็ดและข้าวหักที่มีขนาดแตกต่างกัน คุณภาพการสีข้าวประกอบด้วย 2 ส่วนด้วยกัน คือ ปริมาณผลผลิตข้าวสาร (milling rice) ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักระหว่างข้าวสารทั้งหมดต่อน้ำหนักข้าวเปลือกที่นำไปสี และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (head rice) ซึ่งหมายถึงอัตราส่วนโดยน้ำหนักของข้าวสารเต็มเมล็ด หรือ ข้าวสารที่หักส่วนปลายแต่ยังเหลือความยาวเมล็ดตามมาตรฐานที่กำหนดต่อน้ำหนักข้าวเปลือกที่นำไปสี (IRRI, 1992) มาตรฐานข้าวไทย พ.ศ. 2541 กำหนดสัดส่วนของเมล็ดข้าวเป็น 10 ส่วน โดยข้าวเต็มเมล็ดคือข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเต็มทั้ง 10 ส่วน ต้นข้าว (head rice) หมายถึง ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 8-9.9 ส่วน ข้าวหักใหญ่ คือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 5-7.9 ส่วน ข้าวหักเล็กคือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 2.5-4.9 ส่วน และปลายข้าว คือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเล็กกว่า 2.5 ส่วน คุณภาพการสีของข้าวประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (whole grain) และต้นข้าว (head rice) ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เป็นข้าวที่เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหัก (broken rice) น้อย ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจึงมีบทบาทมากในการกำหนดราคา Efferson (1985) รายงานว่า ราคาข้าวเปลือกที่มีการแตกหักน้อยมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีการแตกหักประมาณ 25 % โดยจากราคาที่แตกต่างกันนี้ คุณภาพการสีหรือเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจึงเป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อราคาข้าวโดยตรง โดยคุณภาพการสีของข้าวจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว 40-50% คุณภาพการสีอยู่ในระดับดี, มากกว่า 50 % คุณภาพการสีอยู่ในระดับดีมาก ประสูติและคณะ, 2539) ในการค้าข้าวได้แบ่งราคาข้าวเป็น 3 กลุ่ม คือกลุ่มที่ 1 ได้แก่ ข้าวที่มีคุณภาพการสีที่ดี (ข้าว 5 %) กลุ่มที่สองข้าวคุณภาพการสีปานกลาง (ข้าว 15 %) และกลุ่มที่สาม คือข้าวที่มีคุณภาพการสีต่ำ (ข้าว 25 %) (OAE, 1999) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าคุณภาพการสีของข้าวจึงเป็นส่วนที่สำคัญมากในการผลิตข้าว

ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การหักของเมล็ดข้าวและเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว

เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวนั้นบอกถึงระดับการแตกหักของข้าวสารเต็มเมล็ดเมื่อผ่านขบวนการขัดขาว และมีค่าความแปรปรวนมากกว่าเปอร์เซ็นต์ข้าวสาร โดยพบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 25- 55 เปอร์เซ็นต์ (IRRI, 1992; Juliano *et al*., 1992) จึงมีบทบาทในการกำหนดคุณภาพการสีมากกว่า โดยข้าวหักมีราคาเพียงครึ่งหนึ่ง หรือ น้อยกว่าของข้าวเต็มเมล็ดหรือต้นข้าว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

(Wadswort, 1994; Siebenmorgen, 1994) มีรายงานวิจัยหลายงานรายงานว่าโอกาสแตกหักของเมล็ดข้าวนั้นสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลายอย่าง ได้แก่ ขนาดและรูปร่างของเมล็ด (IRRI, 1992; Juliano *et al*., 1992; Mattews *et al*., 1970; Goodman and Rao, 1985) สัดส่วนเมล็ดที่เป็นท้องไข่ (chalkiness) หรือลักษณะขุ่นขาวในเมล็ดที่เกิดจากการที่แป้งจับตัวกันไม่แน่นในเอนโดสเปิร์ม (Bangwaek, 1994; เครือวัลย์ และคณะ, 2528) มีรายงานว่าควบคุมโดยพันธุกรรมหลายลักษณะ (จารุวรรณ และ ประโยชน์, 2542) ที่สัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายปัจจัย เช่น อุณหภูมิ (Bangwaek, 1994; เครือวัลย์ และคณะ, 2528; Yoshida and Hara, 1977) รวมทั้งอัตราปุ๋ยไนโตรเจน (Srinivas and Bhasyam, 1985; บุญลักษณ์ และคณะ, 2517) และอัตราการเกิดรอยร้าวของเมล็ดข้าวกล้องก่อนขัดขาว อันเนื่องมาจากความเครียดในเมล็ดที่เกิดจากความแตกต่างของความชื้นภายในเมล็ดกับความชื้นภายนอก (Kondo and Okamura, 1929 (อ้างโดย Rhind, 1962); Kunze, 1985; ไมตรี 2541) ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะพันธุกรรม โครงสร้างเมล็ด และอัตราการดูดน้ำและคายน้ำของเมล็ด (Srinivas and Bhasyam, 1985; Siebenmorgen and Jindal, 1986; Kunze and Calderwood, 1985)

การเกิดรอยร้าวเนื่องจากความเครียดดังกล่าวนี้สัมพันธ์กับระยะเวลาเก็บเกี่ยวและระดับความชื้นเมล็ด (Huysmans, 1965; Seetanun and De Datta, 1973; เครือวัลย์ และคณะ, 2528) และสัมพันธ์กับระดับความไม่สม่ำเสมอของการสุกแก่ของเมล็ด (non uniformity of maturity) อันเนื่องมาจากประชากรเมล็ดข้าวในแปลงมีระยะพัฒนาการต่างกัน ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการสีในระยะเวลาหนึ่งอย่างมาก โดยทำให้ที่เวลาหนึ่ง ๆ จะมีทั้งข้าวเมล็ดที่ยังอ่อน ความชื้นสูง และสะสมน้ำหนักยังไม่เต็มที่ และมีเมล็ดที่สุกแก่ก่อน จะมีความชื้นต่ำ และมีการดูดความชื้นกลับจนทำให้เกิดรอยร้าว และทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง (Matsubayashi et al., 1965; Kunze, 1985; Jongkaewwattana et al., 1993; Steffe et al., 1980; Siebenmorgen, 1994) นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอัตราปุ๋ยไนโตรเจน และพบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการระบายน้ำออกจากแปลงก่อนเก็บเกี่ยวด้วย (Jongkaewwattana, 1990)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การกำหนดมูลค่าข้าว

มาตรฐานการวัดคุณภาพข้าวจะแตกต่างกันตามรสนิยมของผู้บริโภค ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ รวมถึงปัจจัยทางเศรษฐกิจ (อัมรา และ วิโรจน์, 2533) แต่ในกระบวนการซื้อขายข้าว และการวิเคราะห์ จะกำหนดคุณภาพข้าวโดยพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี

โดยคุณสมบัติทางกายภาพเป็นคุณสมบัติที่กำหนดมาตรฐานการซื้อขายข้าวทั้งในประเทศและตลาดโลก ที่อ้างอิงกับกระบวนการสีข้าว และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่ ข้าวกล้อง และข้าวสารที่มีความยาวขนาดต่าง ๆ แกลบ และรำข้าว ซึ่งโดยทั่วไปคุณสมบัติทางกายภาพนี้พิจารณาถึงคุณภาพการสีซึ่งประกอบไปด้วย เปอร์เซ็นต์การสีเป็นข้าวสาร หมายถึงอัตราส่วนโดยน้ำหนักของข้าวสารต่อข้าวเปลือกที่นำไปสี และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวซึ่งเป็นสัดส่วนโดยน้ำหนักของต้นข้าว (head rice) ต่อข้าวเปลือกที่นำไปสี (จิราวัฒน์, 2539)

สำหรับคุณสมบัติทางเคมีนั้นมีส่วนสำคัญในการกำหนดคุณภาพการหุงต้ม ซึ่งประกอบไปด้วยอัตราส่วนของอมิโลสในแป้ง ความคงตัวของแป้ง (gel consistency) อุณหภูมิที่แป้งสุก (gelatinization temperature) ความยืดของเมล็ดข้าว (elongation) ความชื้นในเมล็ดข้าว และกลิ่นหอมของข้าว ทั้งนี้แป้งในเมล็ดข้าวประกอบด้วย อมิโลส และอมิโลแพคติน อมิโลสจะดูดซับน้ำได้ดี ทำให้ข้าวหุงขึ้นหม้อและร่วน แต่ถ้าอมิโลสสูงจะทำให้ข้าวแข็ง ในขณะที่อมิโลแพคตินทำให้ข้าวเหนียวนุ่ม อัตราส่วนระหว่างอมิโลสและอมิโลแพคตินจะแปรผกผันกัน และแตกต่างกันตามพันธุ์ เช่น ข้าวหอมมะลิ 105 มีอมิโลส 12-18% ข้าวพันธุ์ IR 8 มี 35 % เป็นต้น ในกรณีที่มีอมิโลสใกล้เคียงกัน พันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งต่ำจะนุ่มกว่าข้าวพันธุ์ที่มีความคงตัวของแป้งสูง สำหรับอุณหภูมิที่แป้งสุกนั้น คืออุณหภูมิที่เมล็ดข้าวเริ่มพองตัวในน้ำร้อน นิยมให้มีอุณหภูมิต่ำถึงปานกลาง เพราะถ้าอุณหภูมิสูงจะหุงสุกช้า หรือไม่สามารถทำให้สุกได้ด้วยวิธีปกติได้ คุณสมบัติในด้านความยืดของเมล็ดข้าวเป็นอีกตัวแปรหนึ่ง กล่าวคือ ตลาดแถบตะวันออกกลางไม่นิยมข้าวที่เมื่อนำมาหุงแล้วขยายตัวตามยาวและเส้นรอบวง (ยาวขึ้นและใหญ่ขึ้น) ซึ่งเป็นคุณสมบัติของข้าวไทย แต่นิยมข้าวที่มีความยืดของเมล็ดตามยาวอย่างเดียว เช่นข้าวพันธุ์บาสมาติของอินเดียและปากีสถาน ส่วนความชื้นในเมล็ดข้าวมีผลต่อการหุงขึ้นหม้อและความร่วนของข้าว ข้าวที่มีความชื้นต่ำ (ข้าวเก่า) หุงขึ้นหม้อและมีความร่วนมากกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง (ข้าวใหม่) ในไทยผู้บริโภคนิยมข้าวเจ้าเก่า ทำให้ราคาข้าวเจ้าเก่าสูงกว่าข้าวเจ้าใหม่ และคุณสมบัติทางเคมีอีกอย่างคือ กลิ่นหอมของข้าว ซึ่งอำนาจและคณะ (2540) พบว่า ความหอม ความนุ่ม ความขาว ความเหนียว และความเลื่อมมันของข้าวหุงสุก จะแปรผกผันกับเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

บทบาทของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการสีของข้าว

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญ และจำเป็นต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชโดยทั่วไปอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิค หรือนิวคลีโอไทด์ คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์ หรือน้ำย่อยต่าง ๆ ในพืชก็มีความสำคัญมากต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนอ่อนในพืช เช่น ยอด

อ่อน ใบอ่อน กิ่ง ก้านอ่อน รากอ่อน ปมอ่อน ซึ่งเป็นส่วนที่กำลังเจริญเติบโตทั้งหลาย ก็คือการเจริญเติบโตของเซลล์พืชหรือการเพิ่มเซลล์ ในเซลล์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ซึ่งโปรตีนจำเป็นที่จะต้องมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและเป็นส่วนสำคัญในการแบ่งเซลล์ หรือเพิ่มการเจริญเติบโตของเซลล์ (เฉลิมพล, 2542;ยงยุทธ, 2543)

เมื่อข้าวได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้มีการเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูง ซึ่งในช่วงแรกของการเจริญเติบโต (ตั้งแต่ระยะปักดำถึงแตกกอสูงสุด) จะได้ไนโตรเจนจากปุ๋ยรองพื้นและมีการดูดใช้ในการสร้างใบ ลำต้น ราก เพื่อเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนกอและขนาดของกอให้มากขึ้น ส่วนในระยะสืบพันธุ์จะได้ไนโตรเจนจากปุ๋ยแต่งหน้าและมีการนำไปใช้ในการสร้างช่อดอก รวงอ่อน เพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวง ความยาวของรวงและเพิ่มขนาด และเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด ซึ่งเป็นแหล่งสะสม (sink) ในขั้นสุดท้าย (Maruta and Matsushima, 1975) เช่นเดียวกับที่ Murata (1982) รายงานว่า ธาตุไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนต้นต่อกอ จำนวนดอกต่อรวง และกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของข้าวสูงขึ้น และ De Datta (1981) กล่าวว่าไนโตรเจนจำเป็นสำหรับข้าวในระยะเริ่มแตกกอ (tillering stage) จนถึงระยะแตกกอสูงสุด (maximum tiller stage) และเริ่มสร้างรวงอ่อน ซึ่งในระยะนี้ข้าวหยุดการเจริญเติบโตทางลำต้น แต่จะมีการสะสมแป้ง (คาร์โบไฮเดรต) มากขึ้นโดยไนโตรเจนมีบทบาทเพิ่มจำนวนดอกต่อรวงและเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ด Murayama (1979) รายงานว่าในสภาพปกติข้าวจะดูดใช้ไนโตรเจน เพื่อการสร้างผลผลิตเมล็ดประมาณ 19-21 กก.ไนโตรเจนต่อตันข้าวเปลือก Yang *et al*. (1996) พบว่าข้าวจะให้ผลผลิตสูงสุดที่ระดับไนโตรเจน 225 กก.ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (36 กก. ไนโตรเจนต่อไร่) นอกจากนั้น Carreres *et al*. (2000) พบว่าในดินเหนียวร่วน (loamy clay) ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มระดับปุ๋ยไนโตรเจนจาก 0 จนกระทั่งถึง 100 กก. ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (16 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) และการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่ระดับ 150 กก. ไนโตรเจนต่อเฮกตาร์ (24 กก.ไนโตรเจนต่อไร่) ในครั้งที่สองในระยะกำเนิดช่อดอกข้าว จะช่วยเพิ่มผลผลิต ซึ่งจากที่กล่าวมาปริมาณไนโตรเจนที่ข้าวต้องการเพื่อให้ได้ผลผลิตที่เหมาะสมนั้นก็จะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าวที่ปลูก ชนิดของดิน ปริมาณวัชพืช และอื่น ๆ (Sims, 1965)

นอกจากนี้ บุญลักษณ์และคณะ (2517) รายงานว่าไนโตรเจนสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวโดยเฉพาะพันธุ์ที่เป็นท้องไข่ สามารถลดระดับความเป็นท้องไข่ที่ทำให้เมล็ดแตกหักง่าย และเนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนหรือโปรตีน การเพิ่มไนโตรเจนจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นด้วย และอธิบายว่าไนโตรเจนเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าวทำให้เม็ดแป้งจับตัวกัน จึงมีความต้านทานต่อการแตกหักระหว่างการสีของเมล็ดข้าวมากขึ้น และ มีรายงานว่า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณโปรตีนในแกลบที่เพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดข้าวลดการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศ ทำให้เมล็ดข้าวมีการแตกหักจากการสีน้อยลง(Sajawan *et al.*, 1990)

การสะสมและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนของข้าว

การสะสมและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนในต้นข้าวจะเกิดขึ้นตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว และมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะพวกกรดอะมิโน (amino) เอไมด์ (amide) และยูริไอด์ (ureide) ประมาณ 0.03-0.40% จากการศึกษาของ Rahman and Yashida (1985) พบว่า การที่ข้าวได้รับธาตุอาหารไนโตรเจนในระดับที่สูงจะทำให้การสะสมไนโตรเจนของต้นและกาบใบที่ระยะออกรวงสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มธาตุอาหารไนโตรเจนในระยะข้าวออกรวง (anthesis) ทำให้การสะสมไนโตรเจนในใบธงเพิ่มขึ้นเพื่อใช้ในการสร้างรวงและเมล็ด (Mae, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับ พรพิบูลย์ (2535) รายงานว่าที่ระยะผสมเกสรไนโตรเจนในใบจะเป็นตัวควบคุมการสะสมและเคลื่อนย้ายไนโตรเจนไปใช้ในการพัฒนาเมล็ด และ Guindo *et al.* (1994) พบว่า การดูดใช้ไนโตรเจนของข้าวส่วนใหญ่ถูกส่งไปยังส่วนที่กำลังเจริญเติบโตเสมอ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ถูกส่งไปยังส่วนที่แก่กว่า ซึ่งก่อนระยะข้าวออกรวงจะมีการสะสมไนโตรเจนในใบสูงสุดถึง 70 % โดยที่ใบธงมีการสะสมไนโตรเจนมากที่สุด (Norman *et al*., 1992) เมื่อข้าวสู่ระยะสร้างรวงและเมล็ด พืชจะมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนจากส่วนลำต้นและใบ ไปใช้ในการสร้างและพัฒนาช่อดอก จากการศึกษาของ Wada *et al*. (1986) พบว่าการสะสมไนโตรเจนในใบธงและการถ่ายเทไนโตรเจนมีส่วนสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตข้าว โดยที่พืชจะสร้างสารสังเคราะห์ (photosynthate) แล้วถ่ายเทสารสังเคราะห์จากแหล่งผลิต (source) ที่ได้ไปยังอวัยวะรับ (sink) ที่อยู่ใกล้ที่สุด เช่น จากใบบนไปที่ยอด จากใบล่างไปที่ราก และจากใบธง(flag leaf) ไปที่รวง เป็นต้น และ Terry *et al.* (1995) พบว่าในข้าวสาลีที่มีปริมาณไนโตรเจนในใบธงต่ำสามารถเพิ่มผลผลิตได้โดยการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า ส่วนข้าวสาลีที่มีปริมาณไนโตรเจนในใบธงสูง (มากกว่า 4.2 %) การใส่ปุ๋ยแต่งหน้าไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น Mae and Ohira (1981) ได้ทำการทดลองใส่ปุ๋ยไนโตรเจน (^{15}N) โดยใส่ระยะสร้างรวงอ่อนจะพบว่า เมื่อใบธงเริ่มปรากฏออกมาจะมีการสะสมไนโตรเจน 33 % ซึ่งมาจากการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนเก่าที่สะสมในใบล่าง 45 % และในระยะการพัฒนาใบธงจะมีการสะสมไนโตรเจน 55 % และมีการเคลื่อนย้ายไนโตรเจนเก่าที่สะสมเพิ่มขึ้นเป็น 63 % เพื่อนำมาสะสมไว้สร้างเมล็ด ซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีการถ่ายเทไนโตรเจนจากที่สะสมอยู่เดิมแล้วถูกนำมาใช้ในการสร้างใบธง และ Moore et al. (1981) ได้เปรียบเทียบการสะสมและการถ่ายเทไนโตรเจนภายใต้สภาพการขาดแคลนไนโตรเจน (0 กก. N/เฮกตาร์) กับสภาพที่มีไนโตรเจนสูง (130 กก. N/เฮกตาร์) ในข้าวพันธุ์ Lebonnet พบว่าภายใต้สภาพที่ขาดไนโตรเจนมีการสะสมไนโตรเจนในใบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ธง 25 % ใบแก่และลำต้น 20 % และในเมล็ด 59 % และสภาพที่มีไนโตรเจนเพียงพอมีการสะสมไนโตรเจน 23 % ในใบธง 28 % ในใบแก่และลำต้นและ 49 % ในเมล็ดในระยะเก็บเกี่ยวข้าว ทำให้เห็นว่าภายใต้สภาวะที่ขาดแคลนไนโตรเจนนั้นจะมีการถ่ายเทไนโตรเจนเพื่อไปสร้างเมล็ดมากกว่าภายใต้สภาวะที่มีไนโตรเจนที่เพียงพอ และ Norman *et al*. (1994) พบว่าการสะสมไนโตรเจนในข้าวพันธุ์เดียวกัน (Lebonnet) และอัตราไนโตรเจนเท่ากัน (130 กก. N/เฮกตาร์) กับที่ Moore et al. (1981) ใช้โดยพบว่า ในใบล่าง (bottom leaves) นั้นมีการสะสมไนโตรเจน 13 % ลำต้น (stem + sheaths) 18.63 % และใบธง (flag leaf) 7 % หรืออาจกล่าวได้ว่ามีการสะสมไนโตรเจนในเมล็ด 60 % และในใบและลำต้น 40 % (Reddy and Patrick, 1978) และไนโตรเจนที่สะสมไว้ในใบจะถูกนำมาใช้ในการสร้างเมล็ด (Mae, 1986; Norman *et al*., 1992; Wada *et al*., 1986) และ Norman *et al*. (1994) พบว่ามีการถ่ายเทไนโตรเจนจากใบล่าง ลำต้น และใบธง จากระยะออกดอก ถึงระยะเก็บเกี่ยว โดยที่ข้าวพันธุ์ Lebonnet (ต้นสูง) จะมีไนโตรเจนลดลงจากใบ 31.2 % ลำต้น 68.4 % และใบธง 56.6 % และมีการสะสมไนโตรเจนในรวงเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า ส่วนในข้าวพันธุ์ Lebonnet (ต้นเตี้ย) มีการสูญเสียไนโตรเจน 42.7 %, 61.0 % และ 2.4 % ตามลำดับ และมีการสะสมไนโตรเจนที่รวงเพิ่มขึ้นเป็น 4.1 เท่า

จากการศึกษาของ Mae (1986) พบว่าข้าวได้รับไนโตรเจนในระหว่างการสร้างและพัฒนาเมล็ดจากการดูดใช้ไนโตรเจนจากดิน 14 % และอีก 86 % จากต้นและใบซึ่งสะสมไว้ตั้งแต่ระยะแรกโดยได้จากแผ่นใบ 58 % และกาบใบ 28 % Bufogle *et al*. (1997) พบว่าไนโตรเจนที่สะสมในลำต้นและใบ มีการถ่ายเทไปสะสมในเมล็ดเมื่อข้าวออกรวงได้ 90 % จนถึงระยะเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับ Mikkelsen *et al*. (1995) พบว่า ในระยะสร้างรวงอ่อนจะมีการสะสมไนโตรเจนที่ใบ 50 % ของไนโตรเจนทั้งหมด เมื่อถึงระยะเก็บเกี่ยว 2 ใน 3 ของไนโตรเจนทั้งหมดจะถูกถ่ายเทไปสะสมที่เมล็ด นอกจากนั้นปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในเมล็ดยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมด้วย และระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก็มีผลต่อปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในเมล็ดเช่นกัน (Wilson *et al*., 1989)

นอกจากนี้ ไนโตรเจนสามารถเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าวให้สูงขึ้นได้ (Von Uexkull, 1993) ทั้งนี้เพราะไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน เมื่อมีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงขึ้น ปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีน (% โปรตีน = 6.25 x % ไนโตรเจน)ในเมล็ดจะสูงขึ้นตาม (สุมิตร และ Epperdorfer, 2535) จากการศึกษาของปรัชญา (2521) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะแรก ๆ ไนโตรเจนจะสะสมอยู่ในส่วนใบข้าวปริมาณสูง แต่ในระยะเก็บเกี่ยว ไนโตรเจนจะสะสมอยู่ในเมล็ดถึง 2 ใน 3 ของไนโตรเจนที่มีอยู่ทั้งหมด และ Won *et al*. (1999) พบว่าปริมาณไนโตรเจนในใบธงมีความสัมพันธ์ทางบวกกับผลรวมของไนโตรเจนและความเข้มข้นของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไนโตรเจนในใบธงมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิต ซึ่งจากที่กล่าวมาทั้งหมดนั้นจะเห็นว่าไนโตรเจนสามารถเพิ่มผลผลิต และปริมาณโปรตีนในเมล็ดให้สูงขึ้นได้ โดยไนโตรเจนที่ใบธงจะเคลื่อนย้ายไปยังเมล็ด ทำให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดสูงขึ้น เนื่องจากใบธงเป็นใบที่สำคัญที่สุดในการเคลื่อนย้ายสารอาหารไปยังเมล็ด

การเพิ่มประสิทธิภาพปุ๋ยไนโตรเจนในนาข้าว

การเพิ่มประสิทธิภาพหรือลดการสูญเสียไนโตรเจนในดินนาทำได้หลายวิธี (สาคร, 2530) เช่น การใช้พันธุ์ข้าวที่มีประสิทธิภาพในการดูดปุ๋ยไนโตรเจน การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนลึกใต้ผิวดิน และการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนละลายช้า เป็นต้น แต่วิธีการที่น่าจะเหมาะสมที่สุดสำหรับเกษตรกรไทย เพื่อนำไปปฏิบัติได้ในภาวะปัจจุบัน คือการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในระยะเวลาที่เหมาะสมกับความต้องการของต้นข้าว ซึ่ง ระยะที่ต้นข้าวต้องการไนโตรเจนสูงโดยทั่วไปมีอยู่ 2 ระยะ คือ ระยะที่ข้าวกำลังแตกกออย่างรวดเร็วเพื่อเพิ่มจำนวนต้นและจำนวนรวง และระยะกำเนิดช่อดอกเพื่อเพิ่มจำนวนเมล็ดต่อรวง (Heenan and Bacon, 1978) ดังนั้นการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 2 ครั้ง ที่ระยะปักดำเป็นปุ๋ยรองพื้น และระยะกำเนิดช่อดอกเป็นปุ๋ยแต่งหน้า จึงเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยไนโตรเจนได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว และควรแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากครั้งกว่านี้ในดินเนื้อหยาบ หรือดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่ปลูกข้าวพันธุ์หนัก (Prasad and De Datta, 1979 และ De Datta, 1981)

Tanaka et al. (1959) แนะนำว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเป็น 2 ช่วง คือช่วงแรกใส่ช่วงปักดำ และอีกช่วงหนึ่งในระยะกำเนิดช่อดอกจะทำให้ได้ผลผลิตสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของพันธุ์ข้าวอายุปานกลาง และพันธุ์ข้าวหนัก อย่างไรก็ตามสำหรับพันธุ์อายุสั้น (ประมาณ 100 วัน หรือน้อยกว่า) ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรองพื้นช่วงปลูกจะมีประสิทธิภาพสูงสุด แต่การตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนค่อนข้างดีในช่วงการใส่ปุ๋ยระยะกำเนิดช่อดอก

สำหรับการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ครั้ง เมื่อเปรียบเทียบกับการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ได้มีงานทดลองของ De Datta *et al*. (1974) ในฤดูนาปรัง พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างการแบ่งใส่ 2 หรือ 3 ครั้ง ยกเว้นในแปลงทดลองที่มีลักษณะดินเป็นดินเหนียว การแบ่งใส่ 2 ครั้งจะให้ผลผลิตสูงกว่า De Datta (1985) รายงานว่าการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีข้อดี คือ สามารถเพิ่มความเป็นประโยชน์ของปุ๋ยให้แก่ข้าวได้มากยิ่งขึ้นตลอดฤดูปลูกอย่างต่อเนื่อง โดยป้องกันการขาดแคลนในระยะหลังการเจริญเติบโตและลดการสูญเสียไนโตรเจนโดยกระบวนการต่าง ๆ ซึ่งมักเกิดอย่างมากในช่วง 10 วันภายหลังการใส่ปุ๋ย นอกจากนี้การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ยังช่วยป้องกันไม่ให้ข้าวนำไนโตรเจนไปใช้ในการสร้างการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบเป็นส่วนใหญ่ แทนที่จะนำ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

มาสร้างรวง และเมล็ด ข้าวบางพันธุ์เมื่อได้รับปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงครั้งเดียวพร้อมปักดำมักจะเฝื่อใบ และล้มก่อนการเก็บเกี่ยว ทำให้ผลผลิตลดลง และเกิดปัญหาในการเก็บเกี่ยวได้ ซึ่งโดยทั่วไปมักปรากฏว่าต้นข้าวสามารถใช้ประโยชน์จากปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่เป็นปุ๋ยแต่งหน้าระยะข้าวเริ่มสร้างรวงอ่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าใส่ปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูกในอัตราและปุ๋ยชนิดเดียวกัน (Shiga et al., 1977) ทั้งนี้เพราะในระยะหลังของการเจริญเติบโต ระบบของรากข้าวได้เจริญเติบโตแพร่กระจายเต็มที่ แล้วจึงสามารถดูดใช้ไนโตรเจนให้เป็นประโยชน์ได้ทันทีเมื่อใส่ลงไปก่อนที่จะเกิดการสูญหาย หรือเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved