บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

คุณภาพการสี

คุณภาพการสี เป็นคุณภาพทางกายภาพอย่างหนึ่ง ที่อ้างอิงกับขบวนการสีข้าว (rice milling) ซึ่งเป็นกรรมวิธีแยกข้าวสารออกจากข้าวเปลือก โดยเริ่มจากการแยกส่วนที่เรียกว่าข้าวกล้อง (brown rice) ออกจากเปลือกหุ้ม หรือแกลบ (hull) และขัดสีเยื่อหุ้มส่วนผิวข้าวกล้อง จนได้เป็นข้าวสาร (milled rice) ความยาวต่างๆ เนื่องจากการแตกหักในระหว่างการสี และข้าวสารที่ได้นี้คัดแยกขนาดออกเป็นข้าวที่เต็มเมล็ด และข้าวหักที่มีขนาดความยาวต่างๆ ออกเป็นเกรดต่างกันตามเกณฑ์ของแต่ละตลาด (จิรวัฒน์, 2539) โดยคุณภาพการสี ประกอบด้วย ส่วนของข้าวที่เป็นข้าวสารทั้งหมด (milled rice recovery หรือ milling yield หรือ milling rice) และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (head rice recovery) ซึ่งหมายถึงต้นข้าว (head rice) หรือข้าวที่เหลือความยาวอย่างน้อยในสัดส่วนของข้าวเต็มเมล็ด ตามมาตรฐานที่กำหนดต่อข้าวเปลือกหรือต่อข้าวกล้อง (IRRI, 1992) ซึ่งกรมวิชาการเกษตร (2543) กำหนดสัดส่วนของเมล็ดข้าวเป็น 10 ส่วน โดยข้าวเต็มเมล็ดคือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเต็มทั้ง 10 ส่วน ต้นข้าวคือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 8-9.9 ส่วน ข้าวหักใหญ่คือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 5-7.9 ส่วน ข้าวหักคือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ด 2.5-4.9 ส่วน และปลายข้าวคือ ข้าวที่มีส่วนของเมล็ดเล็กกว่า 2.5 ส่วน ในส่วนของเปอร์เซ็นต์ข้าวสารรวมมีความแปรปรวนไม่มากนักและอยู่ในช่วง 55-70% เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่มีบทบาทมากกว่าในการกำหนดราคา และมีความผันแปรมาก โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 25-50% ของข้าวเปลือก (นิยม, 2519 ; IRRI, 1992 ; Juliano *et al.*, 1992) และ Efferson (1985) รายงานว่า ราคาของข้าวเปลือกที่มีการแตกหักน้อย มีราคาสูงกว่าข้าวที่มีการแตกหักมากประมาณ 25% โดยจากราคาที่แตกต่างกันนี้ คุณภาพการสีหรือเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่อราคาข้าวโดยตรง โดยคุณภาพการสีของข้าวจะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (40-50% คุณภาพการสีดี, มากกว่า 50% คุณภาพการสีดีมาก) และค่าท้องไข่อยู่ในระดับต่ำ (น้อยกว่า 1) (ประสูติ และคณะ, 2539)

กระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดมาตรฐานการส่งออกโดยใช้เปอร์เซ็นต์การหัก หรือคุณภาพการสีของข้าว เป็นตัวกำหนดและแบ่งคุณภาพข้าวได้เป็น 3 ระดับ ได้แก่ ข้าวคุณภาพดี (ข้าวหอมข้าวขาว 100% - 5%) ข้าวคุณภาพปานกลาง (ข้าวขาว 10% – 5% ข้าวเหนียว 10%) และข้าวคุณภาพต่ำ (ข้าวขาว 25% และปลายข้าว) (สำนักวิจัยเศรษฐกิจเกษตร, 2542) โดย Kunze (1985) พบว่า สัดส่วนของเมล็ดข้าวที่ร้าว จะเกิดการแตกหักเมื่อนำไปขัดสี สัมพันธ์กับขนาดของเมล็ด รูปร่างเมล็ด

ระบบการสี และระดับการสี และ De Datta (1981) รายงานว่า การเก็บเกี่ยวเร็วเกินไป เมล็ดข้าวยังไม่สมบูรณ์เต็มที่ และมีความชื้นภายในเมล็ดสูง ข้าวแห้งยาก ทำให้เกิดการแตกหักง่ายเมื่อนำไปขัดสี หรือการเก็บเกี่ยวช้าเกินไป ข้าวก็จะเกิดการแตกหักเนื่องจากการดูดความชื้นเข้าไปอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Seetanun and De Datta (1973) และ Sajawan *et al.* (1990) รายงานว่า ไนโตรเจนช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว โดยเฉพาะลดความเป็นท้องไข่ที่ทำให้เมล็ดแตกหักง่าย โดย บุญลักษณ์ และคณะ (2517) อธิบายว่า ไนโตรเจนเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าว ทำให้เมล็ดแป้งจับตัวกัน ข้าวจึงต้านทานการแตกหักจากการขัดสี

บทบาทของไนโตรเจนที่มีต่อพืช

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชโดยทั่วไปเป็นอย่างมาก เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของกรดอะมิโนหรือโปรตีน ดังนั้นไนโตรเจนจึงมีบทบาทในการสร้างโปรตีนให้แก่พืช เอ็นไซม์และโคเอ็นไซม์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและการสะสมอาหารของเซลล์พืช กรดนิวคลีอิค ที่เกี่ยวข้องกับขบวนการแบ่งเซลล์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Thompson and Troch, 1975) และ เฉลิมพล (2540) กล่าวว่า ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ amino acids, amides, purine, pyrimidines, proteins และ coenzymes อื่นๆ พืชจะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบโดยเฉลี่ย 2-4% (น้ำหนักแห้ง) หรืออาจสูงถึง 6% ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแก่อ่อนและชนิดของพืช โดยสอดคล้องกับ สิรินทร์ และคณะ, 2523 รายงานว่า ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ ที่มีความสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืช และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอ็นไซม์ ที่มีหน้าที่ควบคุมการเร่งปฏิกิริยาชีวเคมีภายในต้นพืช โดยพืชที่ได้รับไนโตรเจนใบจะมีสีเขียวเข้มเนื่องจากไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มปริมาณและกระตุ้นการทำงานของเม็ดคลอโรพลาสในเซลพืช ทำให้พืชสามารถสังเคราะห์อาหารได้เพิ่มขึ้น (Mitsui, 1970) และ เฉลิมพล (2540) รายงานว่า การขาดไนโตรเจนของพืชจะทำให้จำกัดการแบ่งตัวและการขยายตัวของเซลล์ พืชที่ขาดไนโตรเจนมีผลทำให้การเจริญเติบโตช้า แคระแกร็น ใบมีสีเหลือง หรือมีลักษณะเป็น Chlorosis เพราะการขาดไนโตรเจนจะมีผลไปยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์

นอกจากนี้ Lauer and Partridge (1990) พบว่า การเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนในข้าวบาร์เลย์จาก 0 กก.N/เฮกตาร์ เป็น 202 กก. N/เฮกตาร์ ทำให้ความหนาแน่นของรวงเพิ่มขึ้น 39% จำนวนเมล็ดต่อรวงเพิ่มขึ้น 63% ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 3,400 กก./เฮกตาร์ เป็น 4,900 kg./เฮกตาร์ ประสูติเฮกตาร์ และปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นจาก 102 g./kg. เป็น 121 g./kg. แต่ไม่มีผลทำให้น้ำหนักแห้งของเมล็ดเพิ่มขึ้น และปุ๋ยไนโตรเจนไม่เพียงแต่เพิ่มผลผลิตเท่านั้น หากยังมีผลต่อคุณภาพทาง

โภชนาการ โดยเฉพาะคุณภาพโปรตีนของเมล็ด เนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบสำคัญของโปรตีน ปุ๋ยไนโตรเจนจึงมีอิทธิพลโดยตรงต่อปริมาณและคุณภาพโปรตีนในเมล็ด กล่าวคือ เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงขึ้น ปริมาณไนโตรเจนหรือโปรตีน (%โปรตีน = 6.25 x %N) ในเมล็ดจะสูงขึ้น ซึ่งความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดมีอิทธิพลโดยตรงต่อส่วนประกอบของกรดอะมิโนในโปรตีน โดยที่เมื่อปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดข้าวโพดสูงขึ้น ความเข้มข้นของกรดอะมิโน (หน่วยเป็น g./16g.N) lysine, threonine, methionine, cystine และ tryptophan ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (สุมิตรา และ Eppendorfer, 2535) ซึ่งสอดคล้องกับ Price (1956) พบว่า การเพิ่มขึ้นของโปรตีนรวมในข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ และข้าวสาลี จะทำให้เปอร์เซ็นต์ของ lysine ลดต่ำลง

การสะสมและถ่ายเทไนโตรเจนของข้าว

การสะสมและถ่ายเทไนโตรเจนในต้นข้าวจะเกิดขึ้นตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว และมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะพวกกรดอะมิโน (amino) เอไมด์ (amide) และยูริไอด์ (ureide) ประมาณ 0.03-0.40% (เฉลิมพล, 2540) ซึ่ง Eady and Postfate (1974) กล่าวว่า ไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน ซึ่งทำหน้าที่สังเคราะห์โปรตีน เป็นส่วนประกอบของเอ็นไซม์ นอกจากนั้น ไนโตรเจนยังช่วยกระตุ้นการทำงานและการพัฒนาของราก และช่วยสนับสนุนการ Uptake ของธาตุอาหารตัวอื่นๆ (Olson and Kurtz, 1982)

Yoneyama and Takeba (1984) รายงานว่า ข้าวที่ให้ผลผลิตสูงนั้น นอกจากจะมีการสะสมไนโตรเจนในระหว่างการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบไว้มากแล้ว ยังจะต้องมีการถ่ายเทไนโตรเจนในระหว่างการเจริญเติบโต และการสะสมน้ำหนักของเมล็ดที่ดีด้วย โดย Yoshida (1981) รายงานว่า ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโตจะถูกใช้ไปกับการเจริญทางลำต้นเป็นส่วนมาก แต่ไนโตรเจนที่ถูกดูดซึมในระยะหลังของการเจริญเติบโตจะถูกใช้ไปกับการให้ผลผลิตเป็นส่วนใหญ่ ส่วน Mae (1986) และ Wada *et al.* (1986) กล่าวว่า การสะสมไนโตรเจนในใบธงและการถ่ายเทไนโตรเจนมีส่วนสัมพันธ์กับการให้ผลผลิตของข้าว โดยในช่วงแรกไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้ในการสร้างราก ลำต้น ใบ การเพิ่มพื้นที่ใบ จำนวนกอ และขนาดของกอ ในระยะสืบพันธุ์ไนโตรเจนจะถูกนำไปใช้ในการสร้างรวงอ่อน เมล็ดข้าว การเพิ่มความยาวของรวง จำนวนเมล็ดต่อรวง ขนาดของเมล็ด และการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ด (ชยงค์ และคณะ, 2527) และ Beauchamp *et al.* (1976) รายงานว่า เมื่อพืชมีอายุมากขึ้นความเข้มข้นของไนโตรเจนในลำต้นและใบจะลดลง แต่ความเข้มข้นในเมล็ดจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่สามารถถูกเคลื่อนย้ายได้ในพืช (mobile element) ดังนั้นเมื่อพืชขาดไนโตรเจนจึงปรากฏอาการที่ใบแก่ก่อน ทำให้ใบ

แก่กลายเป็นสีเหลือง (senescence) เร็วยิ่งขึ้น เป็นผลให้ช่วงเวลามีอายุของใบ (leaf area duration) สั้นลง ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการสะสมน้ำหนักของเมล็ดหรือผลผลิตได้ในที่สุด (เฉลิมพล, 2540)

นอกจากนี้ Juliano *et al.* (1973) พบว่า ความเข้มข้นของ lysine ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่จำเป็นและมีอยู่ค่อนข้างน้อยในธัญพืชและในเมล็ดจะข้าวลดลง เมื่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ดสูงกว่า 1.6% N หรือโปรตีนในเมล็ดสูงกว่า 10% หลังจากนั้นปริมาณความเข้มข้นของ lysine จะค่อนข้างคงที่ แต่ Patrik *et al.* (1974) รายงานว่า ในข้าวนั้น อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อปริมาณ lysine ในเมล็ดนั้นมีค่อนข้างน้อย ซึ่ง Von Uexkull (1993) กล่าวว่า ไนโตรเจนสามารถเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าวได้ และในหลายประเทศมีข้าวเป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญ ดังนั้นการเพิ่มขึ้นของโปรตีนเพียงเล็กน้อย จะส่งผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อสภาวะโภชนาการของประชากรได้ โดย Carrect and Christian (1991) รายงานว่า ในข้าวบาร์เลย์การเพิ่มอัตราปุ๋ยไนโตรเจน 25-30 กก.N/เฮกตาร์ จะทำให้มีปริมาณไนโตรเจนในเมล็ดเพิ่มขึ้น 0.1%

อิทธิพลของไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพการสีของข้าว

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่มีความจำเป็นต่อพืชและสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นอย่างมากรวมทั้งของข้าว เนื่องจากไนโตรเจนมีอิทธิพลต่อต้นข้าวทั้งในระยะ Vegetative growth และ Reproductive growth มีผลต่อการเจริญของลำต้นและใบ ดัชนีพื้นที่ใบ ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสง และการสะสมน้ำหนักแห้งตลอดระยะการเจริญเติบโตของข้าว โดยค่าดัชนีพื้นที่ใบจะเพิ่มขึ้นตามอายุของพืช และสูงสุดในระยะที่ข้าวออกรวง (heading) หลังจากนั้นค่าดัชนีพื้นที่ใบจะลดลงเป็นลำดับเนื่องจากใบล่างแห้งตาย ข้าวอาจให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบถึง 10 หรือมากกว่าถ้าหากปลูกด้วยระยะปลูกที่ชิด และให้ปุ๋ยไนโตรเจนมากพอ (IRRI, 1970) ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าวเป็นอย่างมาก และอัตราและวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนก็มีส่วนสัมพันธ์กับการดูดใช้และการให้ผลผลิตของข้าว โดย สุชาติ (2530) กล่าวว่า ข้าวที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบแบ่งใส่มีประสิทธิภาพการนำไนโตรเจนไปใช้ได้ดีกว่าการใส่ด้วยวิธีรองพื้นเพียงอย่างเดียว เนื่องจากการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนแบบแบ่งใส่จะช่วยให้พืชใช้ประโยชน์จากปุ๋ยได้อย่างเต็มที่ และป้องกันการสูญเสียปุ๋ยจากการชะล้างได้ดีกว่า นอกจากนี้ผลผลิตของข้าวจะสัมพันธ์กับค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index:HI) โดยมีความสัมพันธ์ในทางลบกับความสูงของลำต้น ซึ่งความสูงนี้อยู่ภายใต้อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนเป็นสำคัญ ส่วนสาเหตุที่ทำให้ค่า HI ต่ำเนื่องจากข้าวเกิดการหักล้มทำให้ผลผลิตเสียหาย (IRRI, 1977) สอดคล้องกับที่ ประสูติ และคณะ (2539) รายงานว่า ข้าวบาสมาติพันธุ์ BMT5854 เป็นข้าวต้นสูง ฟางอ่อน เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูงจะทำให้ข้าวหักล้ม เมล็ดร่วงหล่น ควรพิจารณาใส่ปุ๋ยอัตรา 8-4-4 กก.N/ไร่ ส่วนข้าวพันธุ์ PK487 เป็นข้าวต้นเตี้ย แตกกอดี ควร

พิจารณาใส่ปุ๋ยอัตรา 12-4-4 กก.N/ไร่ จะเห็นว่าพันธุ์ข้าวที่มีลำต้นเตี้ยจะสามารถตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงได้ดีกว่า และมีอัตราการหักล้มน้อยกว่าพันธุ์ข้าวที่มีลำต้นสูง ดังนั้นเราจึงควรศึกษาอัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อพันธุ์ข้าว เพื่อให้ได้ข้าวที่มีคุณภาพและให้ผลผลิตได้สูงสุด

นอกจากนี้มีรายงานพบว่า ไนโตรเจนสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว โดยเฉพาะพันธุ์ที่เป็นท้องไข่ สามารถลดระดับความเป็นท้องไข่ที่ทำให้เมล็ดแตกหักง่าย และเนื่องจากไนโตรเจนเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโนหรือโปรตีน การเพิ่มไนโตรเจนจึงทำให้มีปริมาณโปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้นด้วย และอธิบายว่าไนโตรเจนเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าวทำให้เม็ดแป้งจับตัวกัน จึงมีความต้านทานต่อการแตกหักระหว่างการสีของเมล็ดข้าวมากขึ้น (บุญลักษณ์ และคณะ, 2517) และมีรายงานว่า ปริมาณโปรตีนในแกลบที่เพิ่มขึ้นทำให้เมล็ดข้าวลดการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศ ทำให้เมล็ดข้าวมีการแตกหักจากการสีน้อยลง (Sajawan *et al.*, 1990) นอกจากนั้น Nangju and De Datta (1970) และ Seetanum and De Datta (1973) พบว่า ไนโตรเจนเป็นตัวเพิ่มโปรตีนในเมล็ดข้าว ทำให้เม็ดแป้งจับตัวกัน และทำให้เกิดความต้านทานต่อการแตกหักระหว่างการสีเพิ่มขึ้น

บทบาทของโพแทสเซียมที่มีต่อพืช

Tanaka and Yoshida (1975) และ De Datta (1981) กล่าวว่า โพแทสเซียมเป็นโคแฟคเตอร์ของเอ็นไซม์มากกว่า 40 ชนิด นอกจากนั้นโพแทสเซียมยังช่วยส่งเสริมให้ต้นข้าวมีการแตกกอได้มากขึ้น เพิ่มขนาดและน้ำหนักของเมล็ด และ Yoshida (1981) พบว่า ข้าวมีความต้องการโพแทสเซียมสูงสุดในระยะแรกของการเจริญเติบโต หลังจากนั้นความต้องการจะลดลงหลังจากการแตกกอ และเพิ่มความต้องการอีกในระยะหลังของการเจริญเติบโต ดังนั้นข้าวจึงมีความจำเป็นต้องการธาตุโพแทสเซียมมากในระยะการกำเนิดช่อดอกจนถึงระยะที่ข้าวออกรวงสมบูรณ์ โดย Von (1976) รายงานว่า โพแทสเซียมจะถูกดูดได้สูงสุดหลังจากระยะแตกกอจนถึงระยะกำเนิดช่อดอก และการที่ข้าวจะมีระบบรากที่สมบูรณ์ ผลผลิตสูง อัตราการเป็นหมันต่ำ และมีน้ำหนัก 1,000 เมล็ดสูงได้นั้น ต้นข้าวจำเป็นต้องได้รับธาตุโพแทสเซียมอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะสุกแก่ และ Patel and Ghildyal (1983) พบว่า เมื่อมีการแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม น้ำหนักแห้งของข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะกำเนิดช่อดอก และจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในระยะสุกแก่ ซึ่ง Hewitt (1951) และ Tisdale and Nelson (1963) กล่าวว่า พืชไม่ได้นำธาตุโพแทสเซียมไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเหมือนไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่จะพบธาตุโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อของพืชในรูปของเกลืออนินทรีย์ หรือเกลืออินทรีย์ที่ละลายน้ำได้

Peaslee and Moss (1973) พบว่า โพแทสเซียมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งได้แก่ การปิดเปิดของปากใบ และการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และถ้าพืชขาดโพแทสเซียมจะทำให้ปากใบ ซึ่งเป็นช่องทางให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไหลซึมผ่านเข้าในใบพืช เพื่อเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในการสังเคราะห์แสงมีขนาดเล็กลง ทำให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชลดลงด้วย นอกจากนี้ ปริมาณการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบข้าวโพดที่ขาดโพแทสเซียม มีความสัมพันธ์ในทางลบกับค่า stomata resistance คือถ้าค่า stomata resistance สูงขึ้น อัตราการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบข้าวโพดจะลดลง เมื่อต้นข้าวโพดมีโพแทสเซียมอย่างเพียงพอ ปากใบจะเปิดกว้าง ค่า stomata resistance ลดลง ทำให้อัตราการดูดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบข้าวโพดเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Graham and Ulrich (1972) กล่าวว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมเป็นตัวกำหนดความเต่งของเซลล์พืช ถ้าพืชขาดโพแทสเซียมจะทำให้ความเต่งของเซลล์พืชลดลง ทำให้ปากใบปิด เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของพืชลดลง สำหรับอิทธิพลของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีต่อกรดอะมิโนจะเป็นผลในทางอ้อม คือจะมีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจนในเมล็ด และความเข้มข้นของ amino acids, glutamic acid, leucine, tyrosine และ phenylalanine เพิ่มขึ้นเมื่อเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในเมล็ดสูงขึ้น (สุมิตรา และ Eppendorfer, 2535)

การสะสมและถ่ายเทโพแทสเซียมของข้าว

Hartt (1969,1970) รายงานว่า ถ้าต้นพืชขาดโพแทสเซียม การสังเคราะห์ซูโครสจะลดลง ส่งผลให้กระบวนการเคลื่อนย้ายน้ำตาลไปยังส่วนต่างๆ ของต้นพืชลดลงด้วย และ Murata and Akazwa (1968) รายงานว่า โพแทสเซียมช่วยในการ กระตุ้นการทำงานของ starch synthase จากรากมันเทศและจากพืชชนิดอื่นๆ และ Nitsos and Evan (1969) พบว่า โพแทสเซียมช่วยในการกระตุ้นการทำงานของ enzyme ในคลอโรพลาสที่สำคัญในเมล็ดและหัวของพืชหลายชนิด ให้มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แป้งและน้ำตาลให้เพิ่มขึ้น โดย Ward (1959) พบว่า เมื่อใส่โพแทสเซียมเพิ่มขึ้น ทำให้มีการสะสมแป้งมากขึ้น เพราะโพแทสเซียมจะช่วยเร่งปฏิกิริยาของ enzyme ในการสังเคราะห์แป้ง ซึ่งสอดคล้องกับ Hawker และคณะ (1974) รายงานว่า ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแป้งในใบพืชกับความเข้มข้นของโพแทสเซียม เป็นความสัมพันธ์ในทางบวก คือ ถ้ามีโพแทสเซียมในปริมาณมากขึ้น กิจกรรมของ starch synthase จะเพิ่มมากขึ้นด้วย

นอกจากนี้ Prattley and Stanley (1982) รายงานว่า พืชที่มีโปรตีนสูงในระยะเก็บเกี่ยว จะมีโพแทสเซียมสูงด้วย เนื่องจากในระยะที่พืชเจริญเติบโต พืชมีการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมอย่างรวดเร็วไปยังเมล็ด ซึ่งธาตุโพแทสเซียมนี้จะไปช่วยในการเคลื่อนย้ายและถ่ายเทสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เพื่อสังเคราะห์เป็นโปรตีนต่อไป

จากการทดลอง เจิม และคณะ (2519) ได้ศึกษาการแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในเวลาและอัตราส่วนต่างๆ กัน ของการทำนาในดินชุดร้อยเอ็ด พบว่า การไม่แบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ถ้าใส่ในระยะก่อนปักดำ หรือ 15 วันหลังปักดำ ไม่มีผลแตกต่างกัน แต่จะให้ผลแตกต่างกันเมื่อใส่ในระยะกำเนิดช่อดอก ส่วนการแบ่งใส่หรือไม่แบ่งใส่ไม่มีผลแตกต่างกันมากนัก และ Singh *et. al.* (1976) พบว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมครั้งละเท่าๆ กัน คือ 33.3% ในระยะปักดำ ระยะแตกกอ และระยะกำเนิดช่อดอก จะให้ผลผลิตสูงสุดมากกว่าการใส่เป็นปุ๋ยรองพื้น 100% เพียงครั้งเดียว ซึ่ง Ram and Prasad (1985) รายานว่า น้ำหนักแห้งของข้าวจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะกำเนิดช่อดอก และหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในระยะสุกแก่ และปริมาณความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตอซังจะลดลงตั้งแต่ระยะแตกกอจนถึงระยะสุกแก่ โดยเพื่อให้ได้จำนวนเมล็ดสูง ปริมาณโพแทสเซียมในใบแก่ของข้าวไม่ควรจะลดลงต่ำกว่า 2% ในระยะข้าวตั้งท้อง (Kiuchi and Ishizaka, 1961)

สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบพืช เกี่ยวข้องกับอายุของใบ ปริมาณโพแทสเซียมในใบพืชมีมากที่สุดในช่วงที่ใบกำลังขยายตัวเต็มที่ และค่อยๆลดลงหลังจากนั้น (Hill, 1980) นอกจากนั้น Tisdale and Nelson (1963) รายงานว่า การให้ปุ๋ยทางใบโดยการให้ปุ๋ยเข้าทางคิวติเคิลของใบหรือปากใบและเข้าไปในเซลล์พืช เป็นวิธีการให้อาหารมีประโยชน์ต่อพืชโดยตรง และรวดเร็วกว่าการให้ทางดิน อย่างไรก็ตามการตอบสนองเป็นเพียงระยะชั่วคราวเท่านั้น ซึ่งเมื่อมีปัญหาการเกิดการตรึงธาตุอาหารในดิน การให้ปุ๋ยทางใบจะให้ผลดีกว่า และ สัมพันธ์ (2526) กล่าวว่า การให้ปุ๋ยทางใบจะกระทำกับพืชชนิดใดก็ต่อเมื่อพืชชนิดนั้นสามารถทนต่อการให้ปุ๋ยทางใบได้เท่านั้น และการให้ปุ๋ยหรือธาตุอาหารโดยวิธีนี้มีประสิทธิภาพเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถของธาตุอาหารที่จะซึมผ่านคิวติเคิลลงไปในใบ โดยทั่วไปแล้วการให้ธาตุอาหารทางใบจะกระทำเมื่อการให้ธาตุอาหารทางดินมีปัญหา หรือเมื่อต้องการแก้ปัญหาการขาดธาตุอาหารในพืชโดยทันทีทันใด

อิทธิพลของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว

Von (1976) รายงานว่า โพแทสเซียมมีผลอย่างชัดเจนเกี่ยวกับจำนวนดอกและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อรวง โดยข้าวจะนำโพแทสเซียมไปสร้างดอก เมล็ด และทำให้ละอองเกสรแข็งแรงมากกว่าการเพิ่มการแตกกอ ซึ่งสอดคล้องกับ Ismunadji and Parlohasdjono (1979) กล่าวว่า ผลผลิตเมล็ด

และความสูงของข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น แต่ไม่มีผลต่อการแตกกอ และ Feng and Salnada (1978) พบว่า การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม จะช่วยเพิ่มความสูงของข้าว แต่ไม่ทำให้จำนวนรวงเพิ่มขึ้น และช่วยทำให้ผลผลิตของข้าวทั้ง 2 พันธุ์เพิ่มขึ้น เมื่อทดลองกับข้าวพันธุ์ IR 8 และพันธุ์ Juma I นอกจากนี้ Islam and Islam (1973) พบว่า เมื่อดินมีการขังน้ำ K^+ในสารละลายของดินจะมีปริมาณมากขึ้น ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวสูงขึ้น ซึ่ง Kiuchi and Ishizaka (1961) รายงานว่า โพแทสเซียมมีผลอย่างมากต่อน้ำหนัก 1,000 เมล็ด คือ ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวสูงขึ้น โดยที่โพแทสเซียมจะช่วยรักษาใบธงของข้าวให้สามารถดำเนินกิจกรรมของกระบวนการทางสรีรวิทยาได้เป็นเวลานาน และการที่ข้าวจะให้ผลผลิตได้สูงนั้น ข้าวจะต้องได้รับโพแทสเซียมอย่างต่อเนื่องจนถึงระยะสุกแก่ เนื่องจากผลของโพแทสเซียมจะแสดงให้เห็นในระยะหลังของการเจริญเติบโต Das and Sarkar (1981) พบว่า การพ่นโพแทสเซียมไนเตรท 0.25-1.0 % ให้ข้าวและข้าวสาลี ในระยะเริ่มออกรวง หรือหลังจากนั้น 15-30 วัน ทำให้จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักตอซังเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะถ้าพ่นที่ความเข้มข้น 0.5% นอกจากนั้นยังทำให้ใบธง และใบที่ 2 ใต้ใบธง มีปริมาณคลอโรฟิลล์เพิ่มขึ้น และช่วยในการชลอการร่วงของดอก ในระยะที่ข้าวเริ่มติดเมล็ด นอกจากนี้ Gurmani *et. al.* (1984) พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 0-125 กก.K_2O/เฮกตาร์ ในแปลงเกษตรกรในประเทศปากีสถาน ทำให้ผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจาก 3.75 ตัน/เฮกตาร์ เป็น 5.58 ตัน/เฮกตาร์

จากการทดลองของ ประสิทธิ์ และคณะ (2524) ศึกษาผลของโพแทสเซียม ที่อัตราต่างๆ ต่อผลผลิตข้าวไม่ไวแสง (กข 2) และข้าวไวต่อช่วงแสง (เหนียวสันป่าตอง) ในดินร่วนปนทรายชุดร้อยเอ็ด และดินเค็มชุดร้อยเอ็ด พบว่า ในดินร่วนปนทรายชุดร้อยเอ็ดโพแทสเซียมที่ใส่ทุกระดับเพิ่มผลผลิตข้าวใกล้เคียงกัน แต่ให้ผลผลิตดีกว่าแปลงที่ไม่ใส่โพแทสเซียม ส่วนในดินเค็มชุดร้อยเอ็ด พบว่า โพแทสเซียมมีแนวโน้มในการเพิ่มผลผลิตข้าว คือ $K_{18}>K_{12}>K_6>K_0$ กก.K_2O/ไร่ แสดงว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มในการเพิ่มผลผลิตของข้าว และ Mondal *et al.* (1982) รายงานว่า การแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมจะให้ผลผลิตสูงมากกว่าการใส่เพียงครั้งเดียวเป็นปุ๋ยรองพื้น และพบว่าองค์ประกอบของผลผลิตเพิ่มขึ้นเนื่องจาก จำนวนรวงต่อตารางเมตร เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น เมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมที่ระดับ 80, 120 และ 160 กก.K_2O/เฮกตาร์ มากกว่า 40 กก.K_2O/เฮกตาร์ ส่วนระดับปุ๋ยระหว่าง 80, 120 และ 160 กก.K_2O/เฮกตาร์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่จำนวนดอกต่อรวงเพิ่มขึ้น

ผลของการใส่โพแทสเซียมไอโอไดด์ต่อคุณภาพข้าว

ไอโอดีนเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่พบอยู่ในพืชด้วยเช่นกัน การมีธาตุไอโอดีนอยู่ในพื้นที่ดอนหรือน้ำท่วมไม่ถึงไอโอดีนจะอยู่ในรูปของ Organic matter ซึ่งจะไม่ละลายน้ำ จึงไม่เป็นอันตรายต่อต้นข้าว แต่ถ้ามีไอโอดีนอยู่ในพื้นที่ลุ่มหรือน้ำท่วมถึงไอโอดีนจะอยู่ในรูปของ Iodide ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ และความเข้มข้นของ Iodide ที่สูงตั้งแต่ 0.7-3 ppm. จะทำให้พืชเกิดอาการเป็นพิษเมื่อถูกดูดซึมเข้าไป จากการทดลองพบว่าอาการเป็นพิษจาก Iodine จะเริ่มแสดงเมื่อมีความเข้มข้นประมาณ 1 ppm. (Watanabe and Tensho, 1970)

จากงานทดลองของ ศักดา และคณะ (2539) พบว่า อิทธิพลของโพแทสเซียมไอโอไดด์ที่ใส่ให้แก่ต้นข้าวในอัตรา 1 กก./ไร่ หรือการฉีดพ่นในอัตรา 0.05 g.% มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบต่อรวงของข้าวที่ได้ลดลง และมีผลต่อการเพิ่มคุณภาพการสีหรือเปอร์เซ็นต์ข้าวสารเต็มเมล็ดที่สูงขึ้นมากกว่าข้าวที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นหรือหว่านโพแทสเซียมไอโอไดด์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าต้นข้าวสามารถดูดซึมและสะสมโพแทสเซียมไอโอไดด์ไว้ในเมล็ดข้าวได้ และทำให้ผลผลิตของข้าวมีคุณภาพการสีสูงขึ้น ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้นก็จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาคุณภาพผลผลิต คุณภาพทางโภชนาการและราคาของข้าวในประเทศไทยให้สูงขึ้นต่อไป