

ผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของข้าว^{1/}

Effects of micronutrients on rice growth^{1/}

ผู้ทำสัมมนา
อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวอรอนงค์ ประทีป^{2/}
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี แก้วระหัน^{3/}

บทคัดย่อ

การเพิ่มผลผลิตข้าวนอกจากมีการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุอาหารหลักแล้ว การใส่ธาตุอาหารเสริมร่วมสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าว ธาตุอาหารเสริมที่นิยมใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว ประกอบด้วย แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และซิลิคอน (Si) วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อรวบรวมผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของข้าว ผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว เมื่อได้รับZnหรือ Si อย่างเดียวร่วมกับธาตุอาหารหลัก หรือใช้Zn ร่วมกับSi หรือ Zn ร่วมกับCu จะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวมากกว่าใช้ธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว โดยมีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของผลผลิต ยกเว้นน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ส่วนZn + Cu+ Mn +B ร่วมกับธาตุอาหารหลัก มีผลเช่นเดียวกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุมน้อยกว่าการร่วมตัวการใช้ในข้างต้น ดังนั้นการใช้ธาตุอาหารเสริมร่วมกับธาตุอาหารหลักสามารถส่งเสริมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของข้าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงความแข็งแรง การเจริญเติบโตของต้นข้าวในระยะกล้าได้จึงนำไปสู่การส่งเสริมผลผลิตในข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: ข้าว; ธาตุอาหารเสริม; การเจริญเติบโต

^{1/}เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา

^{2/}นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

^{3/}อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของโลก เป็นอาหารหลักสำหรับประชากรมากกว่าครึ่งโลก มีการผลิตทั่วโลก 510.6 ล้านตัน (FAO, 2018) Muthayya และคณะ (2014) สันเกตว่าข้าวผลิตได้ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณแคลอรีในอาหารสำหรับผู้คนนับล้านที่อาศัยอยู่ในความยากจนในเอเชีย เป็นพืชอาหารที่สำคัญในอเมริกา และแอฟริกา แต่ระดับโลกต้องการข้าวอย่างน้อย 617 ล้านตัน คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 958 ล้านไร่ โดยที่ประมาณร้อยละ 90 มีการผลิตและบริโภคอยู่ในทวีปเอเชีย (Food and Agriculture Organization, 2018) และข้าวยังเป็นอาหารหลักของคนไทย สำหรับประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 71 ไร่ ผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 33 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าว ทั้งการจัดการที่ไม่เหมาะสมด้านปริมาณที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการ หรือสัดส่วนของธาตุอาหารที่ไม่เหมาะสมเกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ซึ่งจำกัดการเจริญเติบโต และศักยภาพการให้ผลผลิต ธาตุอาหารเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช มีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงทำให้เอนไซม์ทำงานได้ตามปกติและเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมกระบวนการที่เซลล์หรือจุลินทรีย์ใช้สารอาหารเสริมสร้างการดำรงชีวิต และส่วนประกอบของโครงสร้างหรือไปแตกตัวสารต่าง ๆ ของเซลล์ให้อยู่ในรูปที่มีหน้าที่เฉพาะ ในการจัดการธาตุอาหารคือ ส่วนสำคัญของระบบการจัดการดินและพืช ธาตุอาหารที่จำเป็นในทุกขั้นตอนของการเจริญเติบโต และความสามารถของดินในการจัดหาสารอาหารที่จำเป็นนั้นมีความสำคัญต่อการผลิตพืช ธาตุอาหาร 16 ชนิด มีความสำคัญต่อพืช โดยที่ มหธาตุ (Macronutrients) ธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก ที่ได้จากดินมีอยู่ 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ กำมะถัน (S) และจุลธาตุ หรือธาตุอาหารเสริม (Micronutrients) มี 8 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) คลอรีน (Cl) และ ซิลิคอน (Si) ที่พืชต้องการใช้ในปริมาณน้อยกว่าธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ในดินทั่วไปมักมีธาตุเหล่านี้อยู่ จึงไม่ค่อยปรากฏว่าขาดธาตุในดินที่ทำให้การเพาะปลูกทั่ว ๆ ไป เนื่องจากธาตุอาหารที่ต้องการมีปริมาณน้อย ดังนั้นการทำสมมนาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่ออภิปรายผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของข้าว

1. ข้าว

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญสำหรับประเทศในเขตร้อนรวมทั้งประเทศไทย วิธีการจัดการในการปลูกที่เหมาะสมสามารถเพิ่มผลผลิต การเจริญเติบโต และการสร้างประสิทธิภาพ (Singh et al., 2005) การเลือกใช้ธาตุอาหารที่เหมาะสมต่อข้าวเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเจริญเติบโต และความแข็งแรงของต้นข้าว โดยเฉพาะธาตุอาหารเสริม อาจไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าว (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

2. การเจริญเติบโตของข้าว

2.1 การเจริญเติบโตทางลำต้น และใบ โดยมี 2 ระยะคือ

ระยะต้นกล้า (seedling stage) เป็นระยะจากข้าวงอก จนถึงข้าวแตกกอ ใช้ระยะเวลาประมาณ 20 วัน สิ้นสุดระยะนี้ต้นข้าวจะมีใบ ประมาณ 5-6 ใบ

ระยะแตกกอ (tillering stage) นับจากข้าวเริ่มแตกกอ จนถึงข้าวเริ่มสร้างช่อดอกอ่อน (panicle initiation) ใช้เวลาประมาณ 30-50 หลังจากระยะต้นกล้าขึ้นอยู่กับการตอบสนองต่อช่วงแสงของพันธุ์ข้าว

2.2 การเจริญเติบโตทางระบบสืบพันธุ์

เริ่มจากข้าวเริ่มสร้างช่อดอกอ่อน ผ่านระยะตั้งท้อง (booting stage) จนถึงการออกช่อดอก และผสมเกสร (heading, flowering, fertilization) โดยจะใช้ระยะเวลาช่วงนี้ประมาณ 30-35 วัน

2.3 การพัฒนาการของเมล็ด

ระยะการผสมเกสร ซึ่งรังไข่ที่ได้รับการผสมจะเจริญเติบโต อาหารที่ได้รับการสังเคราะห์แสงจะถูกสะสมในเมล็ดเป็นลำดับ ในหลายแห่งจึงเรียก ระยะนี้ว่าระยะสะสมในเมล็ด (grain filling period) ในระยะแรกจะอยู่ในระยะน้ำนม เปลี่ยนเป็นแป้งอ่อน (dough) จนกระทั่งเมล็ดสุก (ripening) เป็นแป้งแข็งเป็นระยะสุกแก่ หรือเก็บเกี่ยว (harvest maturity) จะใช้เวลาการพัฒนาการของเมล็ดทั้งหมดประมาณ 25-30 วัน

3. ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของข้าว

ปัจจัยที่มีอิทธิพลที่เกี่ยวข้องต่อการเจริญเติบโตของข้าวได้แก่ ดิน น้ำ อุณหภูมิ แสงสว่าง อากาศ และธาตุอาหาร พืชจะเจริญเติบโต และให้ผลผลิตได้ดีต้องมีที่ยึดเหนี่ยวที่แข็งแรงเพื่อให้ลำต้นทรงงอได้ในลักษณะที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้ส่วนต่างๆ และช่วงลดอุณหภูมิภายในต้นพืชซึ่งจะเกี่ยวข้องกับทั้งคุณภาพน้ำ และปริมาณน้ำ ระดับน้ำซึ่งจะเกี่ยวข้องต่อเนื่องกับดิน ธาตุอาหาร ความชื้นในดินหรือน้ำ อุณหภูมิที่เหมาะสมจะส่งเสริมให้พืชมีการเจริญเติบโต และพัฒนาการที่ดี ซึ่งอยู่ประมาณ 25-33 องศาเซลเซียสเหมาะสมสำหรับข้าวแตกกอ หากอุณหภูมิที่ต่ำเกินไปหรือ สูงเกินไป (ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส) จะมีผลต่อการงอกของเมล็ด การยืดของใบ การแตกกอ การสร้างช่อดอกอ่อน การผสมเกสร หากอุณหภูมิที่สูงเกินไปหรือ ต่ำเกินไปช่วงที่มีการออกดอกจะทำให้ดอกข้าวเป็นหมัน ซึ่งจะทำให้ได้ผลผลิตต่ำ แสงสว่างในส่วน of พืชนั้นต้องการแสงสว่างเพื่อใช้ในขบวนการสังเคราะห์แสง และสภาพอากาศซึ่งจะเกี่ยวเนื่องไปกับปัจจัยด้านอากาศอย่างเพียงพอเพื่อให้การ

หายใจเกิดขึ้นได้อย่างเต็มที่ ต้องการพลังงานที่ได้จากการหายใจจึงต้องมีอากาศ และอุณหภูมิ ในการเจริญเติบโต และพัฒนาการที่ดี นอกจากนี้ พืชยังต้องการแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อใช้ในการสังเคราะห์แสง นอกจากปัจจัยสภาพแวดล้อมดังกล่าวแล้ว ธาตุอาหารพืชนับเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตของข้าว ซึ่งจะสร้างเสริมการเจริญเติบโต และสร้างผลผลิตให้สมบูรณ์เต็มศักยภาพของพันธุ์ข้าว (กรมการข้าว, 2559)

4. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว

การเจริญเติบโตข้าวจำเป็นต้องได้รับธาตุอาหารต่าง ๆ อย่างเพียงพอ และอย่างมีสมดุล จึงจะทำให้สามารถเจริญเติบโตได้เป็นปกติ ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว แม้ว่าจะต้องการแต่ละธาตุในปริมาณมากบ้างน้อยบ้างแตกต่างกันไป แต่ถ้าขาดธาตุอาหารใด ธาตุหนึ่งข้าวจะชะงักการเจริญเติบโต และแสดงอาการผิดปกติ และอาจตายในที่สุด ถ้าข้าวได้รับธาตุนั้น ๆ อย่างเพียงพอ และถ้าได้แก้ไขด้วยการเติมธาตุอาหารที่ขาดนั้นลงไปในดินให้ข้าวดูดใช้ ข้าวจะกลับมาเจริญเติบโตอย่างปกติ (ลัดดาวลย์, 2543)

ธาตุอาหารคือ ธาตุอาหารที่พืชจำเป็นต้องใช้เพื่อให้ดำรงชีวิตอยู่ได้ อย่างสมบูรณ์ หากพืชขาดธาตุนั้นอย่างรุนแรงมาก จะไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวัฏจักรชีวิต ถ้าขาดแคลนธาตุนั้น รุนแรงพอประมาณพืชจะมีการผิดปกติ และความต้องการธาตุนั้น ๆ มีความจำเพาะเจาะจงมาก เนื่องจากแต่ละธาตุมีบทบาทสำคัญแตกต่างกัน (ยงยุทธ โอสดสภา, 2552)

4.1 มหธาตุ (Macronutrients)

มหธาตุหรือธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก ที่ได้จากดินมี 6 ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ กำมะถัน (S) แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2565)

4.2 ธาตุอาหารหลัก หรือธาตุปุ๋ย

ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เนื่องจากสามธาตุนี้ พืชต้องการใช้ในปริมาณมาก แต่มักจะได้รับดินไม่ค่อยเพียงพอกับความต้องการของพืช

4.3 ธาตุอาหารรอง

ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และ กำมะถัน (S) เป็นกลุ่มที่พืชต้องการใช้ในปริมาณที่น้อยกว่า และไม่ค่อยมีปัญหาขาดแคลนในดินทั่ว ๆ ไป

4.4 จุลธาตุ (Micronutrients)

จุลธาตุ คือธาตุอาหารเสริม หรือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการนำมาใช้ในปริมาณไม่มากนัก โดยในดินมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 8 ธาตุ ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และ คลอรีน (Cl) นิกเกิล (Ni) มีความสำคัญต่อพืช เช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก และธาตุอาหารรอง เนื่องจากธาตุอาหารจุลภาคเป็นธาตุอาหารพืชที่มีความสำคัญต่อการดำเนินกิจกรรมของเซลล์ ตั้งแต่กระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ กระบวนการสังเคราะห์แสง เป็น

องค์ประกอบของเอนไซม์ กระตุ้น หรือปลุกฤทธิ์ (activator) การทำงานของเอนไซม์ แรงปฏิกิริยาในการสังเคราะห์ หรือสลายสารต่าง ๆ และเป็นตัวพา (carrier) สารภายในเซลล์

5. บทบาทและความสำคัญของธาตุอาหารเสริม

ธาตุเหล็ก (Fe)

เหล็กเป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์และเอนไซม์เพอร์ออกซิเดส เป็นส่วนประกอบของไซโตโครมซึ่งเป็นสารตัวกลางในการถ่ายทอดอิเล็กตรอน ทั้งในกระบวนการสังเคราะห์ ด้วยแสง และการหายใจ เป็นส่วนประกอบของเฟอรिटอกซินที่อยู่ใน คลอโรพลาสต์ ซึ่งเป็นสารสำคัญในการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนของกระบวนการสังเคราะห์ ด้วยแสง ของพืช นอกจากนี้ธาตุเหล็กยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างคลอโรพลาสต์ โดย 75 เปอร์เซ็นต์ของคลอโรพลาสต์จะมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบปริมาณของคลอโรฟิลล์ในพืชมีความสัมพันธ์อยู่กับปริมาณของธาตุเหล็กที่พืชได้รับ เมื่อพืชได้รับธาตุเหล็กใน ปริมาณที่เพียงพอจะทำให้กระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์เกิดได้ดีขึ้น และเมื่อพืชเกิดการขาด เหล็กใบของพืชจะหยุดสร้างคลอโรฟิลล์ทันทีอาการผิดปกติ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

อาการขาด

คือใบมีสี เหลืองซีดหรือขาวซีดธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งมีส่วนช่วยในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการผลิตอาหารของพืช มีบทบาทในการกระตุ้นกระบวนการหายใจ และการเจริญเติบโตให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

ธาตุแมงกานีส (Mn)

แมงกานีสเกี่ยวข้องกับระบบแคตะลิสต์และเอนไซม์ต่าง ๆ ในพืช เป็นของเอนไซม์หลายชนิด มีผลต่อการเจริญของใบ ดอกและการออกผล มีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และลิพิด ช่วยกระตุ้นการถ่ายทอดอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระตุ้นปฏิกิริยาการแตกตัวของน้ำ การปลดปล่อยออกซิเจนในระบบแสง II และเกี่ยวข้องกับการสร้างเมมเบรนของคลอโรพลาสต์ การขาดแมงกานีสมีผลให้โครงสร้างจุลภาคของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์ชำรุดและสูญเสียอนุภาคซึ่งเป็นหน่วยทำหน้าที่ของระบบแสง II เมื่อให้แมงกานีสอย่างพอเหมาะ อนุภาคดังกล่าวของเยื่อหุ้มไทลาคอยด์จะกลับคืนสู่สภาพเดิม (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

อาการขาด

ใบอ่อนของพืชจะมีสีเหลืองและสีอ่อนจาง ในขณะที่เส้นใบยังคงมีเขียวสด ซึ่งส่งผลต่อการเหี่ยวเฉาและร่วงโรยของใบพืช (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

ธาตุโบรอน (B)

ธาตุทำหน้าที่ช่วยให้พืชสามารถดูดซึมแคลเซียมและไนโตรเจนได้ดียิ่งขึ้น มีส่วนช่วยในการออกดอกและการผสมเกสรของพืช มีบทบาทสำคัญในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผล การเคลื่อนย้ายฮอร์โมน และการแบ่งเซลล์ของพืชอีกด้วย (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

อาการขาด

มีส่วนยอดและตายอดจะบิดงอ ใบอ่อนบางและโปร่งใสผิดปกติ เส้นกลางใบหนา กร้าน มีตกรกระ สารเหนียว ๆ ออกมาตามเปลือกของลำต้น กิ่งก้านจะเหี่ยว การแตกกิ่งและการออกผลไม่สมบูรณ์ ลำต้นแคระแกร็น ลักษณะของใบจะอ่อนและบางลง (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

ธาตุทองแดง (Cu)

ทองแดงเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หรือของโปรตีนในออกเซนเซลล์เช่น ไมโทคอนเดรียคลอโรพลาสต์ เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาหรือเป็นองค์ประกอบในโมเลกุลของเอนไซม์บางชนิด เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ต่าง ๆ เช่น ไทโรซิลเลส แลคเตส ช่วยใน กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืช เป็นองค์ประกอบของพลาสโทไซยานิน ซึ่งเป็นโปรตีนที่ทำหน้าที่เป็นพาหะ ของอิเล็กตรอนเพื่อให้อิเล็กตรอนเคลื่อนย้ายระหว่างระบบแสง II และระบบแสง I ในคลอโรพลาสต์ 50 เปอร์เซ็นต์ของทองแดงในคลอโรพลาสต์เป็นองค์ประกอบอยู่ในพลาสโทไซยานิน ใบพืชบางชนิดเช่น ข้าวโพด ทองแดงมีความสำคัญในการสะสมธาตุเหล็ก และมีส่วนเกี่ยวข้องกับกระบวนการเมตาโบลิซึมของพวกไขมัน ในกระบวนการและปฏิกิริยาของระบบหายใจ หนึ่งในธาตุที่มีส่วนช่วยในกระบวนการสร้างคลอโรฟิลล์ เป็นหนึ่งในตัวเร่งปฏิกิริยาหรือตัวกระตุ้นในกระบวนการต่าง ๆ ของพืช เช่น กระบวนการหายใจ การทำงานของเอนไซม์ การสร้างอาหารและกระบวนการสืบพันธุ์ ซึ่งส่งผลต่อการผลิตดอกออกผลของพืช (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

อาการขาด

มีการเจริญของตายอดและลำต้นไม่สมบูรณ์ มีการเปลี่ยนสีของใบอ่อนเป็นสีเหลือง เส้นใบเปลี่ยนสีเป็นสีชมพูขาวจาง ลักษณะใบเหี่ยวเฉาและร่วงโรยได้ง่าย (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

ธาตุสังกะสี (Zn)

สังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ในพืช เอนไซม์หลายชนิดมีสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักอยู่ในโครงสร้าง เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์ carbonicanhydrase ซึ่ง 1 โมเลกุลของ carbonic anhydrase มีสังกะสีถึง 6 อะตอม พบเอนไซม์นี้ทั้งใน ไโซโทพลาสซึม และคลอโรพลาสต์บทบาทที่สำคัญของเอนไซม์นี้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง คือ ช่วยในการรักษาสมดุล ระหว่าง CO_2 และ HCO_3^- เพื่อให้มี CO_2 ที่ละลายได้ในไซโทซอลของมีโซฟิลล์ เพียงพอสำหรับการสังเคราะห์ด้วยแสง มีบทบาทในเมแทบอลิซึมของดีเอ็นเอ และอาร์เอ็นเอ ช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน มีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์ทริปโทเฟนซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการสังเคราะห์ IAA เมื่อพืชขาดสังกะสีนอกจากกิจกรรมของเอนไซม์ carbonic anhydrase จะลดลงอย่างมากแล้ว ยังมีผลทำให้กิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ลดลงสังกะสีมีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการสร้างคลอโรพลาสต์ ถ้าขาดสังกะสีจะ แสดงอาการคลอโรซิส การสร้างคลอโรพลาสต์จะหยุดชะงัก (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

อาการขาด

ใบอ่อนจะมีสีเหลืองซีดและปรากฏสีขาว ๆ ประปรายตามแผ่นใบ โดยเส้นใบยังเขียว รากสั้น ไม่เจริญตามปกติ (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

ซิลิคอน (Si)

ซิลิคอนมีความสำคัญต่อการสุกแก่ของช่อดอกของข้าว ทำให้ใบและลำต้นของพืชมีความแข็งแรง ทำให้ลำต้น ไม่หักล้มง่าย ช่วยควบคุม ป้องกัน หรือ ลดการเกิดโรคและการทำลายของแมลงศัตรูพืชได้ และยังช่วยป้องกันการเกิดโรคใบไหม้ โรคราสนิมข้าว ลดความเป็นพิษของการเกิดโรคต่าง ๆ ในพืช (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

อาการขาด

ใบเหี่ยวและเนื้อใบบางส่วนตาย (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน)

6. การดูดซึมธาตุอาหารของข้าว

ปฏิกริยาระหว่างธาตุอาหารพืชสามารถทำให้เกิดผลลัพธ์ที่เป็นปฏิปักษ์หรือเสริมฤทธิ์กันซึ่งส่งผลต่อประสิทธิภาพของการใช้ธาตุอาหาร การดูดซึมสารอาหารขึ้นอยู่กับปฏิกริยาของธาตุอาหารแต่ละชนิด ธาตุอาหารสามารถลดการดูดซึมสารอาหารอื่นที่เรียกว่าการเป็นปฏิปักษ์ การรับสามารถปรับปรุงร่วมกัน ปฏิสัมพันธ์นี้เรียกว่าการทำงานร่วมกัน (Farago,1994) ปฏิสัมพันธ์ที่ปฏิปักษ์และเสริมฤทธิ์กันสามารถเกิดขึ้นได้ระหว่างสารอาหารระดับมหธาตุ และระดับจุลภาค สารอาหารอาหารขนาดเล็กบางชนิดสามารถมีอิทธิพลต่อการดูดซึมสารอาหารระดับมหธาตุได้ (วาสนา และคณะ 2553)

7. ปฏิสัมพันธ์ของธาตุอาหาร

ตัวอย่างที่ 1 ปฏิสัมพันธ์ของธาตุอาหาร

ลำดับ	ปฏิสัมพันธ์ของธาตุอาหาร
1	ระดับต่ำของ N, S และ Mg แสดงการดูดซึม Mn สูง และดูดซึม Fe ต่ำ
2	P การประยุกต์ใช้ K ช่วยลดระดับ Mn และ Fe ในต้นข้าว
3	การใช้ Zn ยับยั้ง Fe ที่สกัดได้ แต่เพิ่ม Mn ในดินนาข้าวที่แช่น้ำ
4	ปริมาณธาตุเหล็กสูงในดินยับยั้งการดูดซึมของทองแดง Mn ยับยั้งการดูดซึม Zn โดยรากข้าว การโยกย้าย Zn ในพืช Mn ยับยั้งการเคลื่อนไหวของเหล็กจากรากสู่ยอด
5	ความเป็นพิษของเหล็กเกิดขึ้นในดินที่เป็นกรด

ที่มา: วาสนา และคณะ (2553)

8. ผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของข้าว

เบญจพร กลุณิตย์ ชลิตา วังภูมิใหญ่ และคณะ (2564) ได้ทำการทดลองศึกษาผลของสังกะสี (zinc, Zn) และซิลิกอน (silicon, Si) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (สูตร 16-16-8 และ 46-0-0 อัตรา 22.5 และ 10.0 กก./ไร่ ตามลำดับ) (T2) 3) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำร่วมกับ Zn อัตรา 1.1 กก./ไร่ (T3) 4) ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำร่วมกับ Si อัตรา 195.6 กก./ไร่ (T4) และ 5) ใส่ปุ๋ยเคมี อัตราแนะนำร่วมกับ Zn อัตรา 1.1 กก./ไร่ และ Si อัตรา 195.6 กก./ไร่ (T5) ผลการศึกษา พบว่า กรรมวิธี T2-T5 ให้องค์ประกอบของการเจริญเติบโต องค์ประกอบของผลผลิต และผลผลิตเมล็ดของข้าวสูงกว่ากรรมวิธีไม่ใส่ปุ๋ย (T1) ($P < 0.01$) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำร่วมกับ Zn และ Si (T3-T5) มีแนวโน้มทำให้องค์ประกอบของผลผลิต และผลผลิตเมล็ดสูงกว่าใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำ (T2) ($P > 0.05$)

ตารางที่ 1 น้ำหนักแห้งด้านบนและด้านล่าง และอัตราส่วนของยอด รากตามที่ได้รับอิทธิพลจากการสังกะสี และซิลิกอน

ทรีทเมนต์	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม/ต้น)	น้ำหนักแห้งยอด/ อัตราส่วนราก (กรัม/ต้น)
T1	3.08c(-)	2.20d (-)	1.40b (-)
T2	4.69b (+52%)	3.02c (+37%)	1.55ab (+11%)
T3	5.67a (+84%)	3.39b (+54%)	1.623a (+19%)
T4	5.42a (+76%)	3.65ab (+66%)	1.49ab (+7%)
T5	5.77a (+87%)	3.91a (+78%)	1.48ab (+5%)
F-test	**	**	**
C.V. (%)	6.49	4.71	6.87

ค่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญด้วย LSD ($P < 0.01$ (**), $P < 0.05$ (*)) +% แสดงถึงปริมาณสัมพัทธ์ที่เพิ่มขึ้นของน้ำหนักแห้งเหนือ และใต้พื้นดินเมื่อเทียบกับ T1 (ไม่ใส่ปุ๋ย)

ที่มา: เบญจพร กลุณิตย์ และคณะ 2562

เบญจพร กลุณิตย์ และคณะ (2564) ได้ทำการทดลองศึกษาการเจริญเติบโตด้านความสูงของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้นที่ 15 30 45 60 75 และ 90 วันหลังปักดำพบว่า ความสูงของข้าวเพิ่มขึ้นจากวันที่ 15 ถึงวันที่ 60 หลังปักดำ และวันที่ 60 มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด จากนั้นความสูงเริ่มคงที่จากวันที่ 60-90 วันหลังปักดำ โดยกรรมวิธี T5 มีแนวโน้มความสูงที่สุดแต่ไม่แตกต่างจากกรรมวิธี T3 T4 และ T2 ($P > 0.05$) แต่ให้ความสูงมากกว่ากรรมวิธี T1 ($P < 0.01$) (Figure 1) ซึ่งความสูงของข้าวจะสูงในช่วงระยะแรกของการเจริญเติบโต (vegetative stage) จากนั้นความสูงของข้าวจะเริ่มคงที่จนกระทั่งถึงระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยการใส่ปุ๋ยจะให้ความสูงของข้าวมากกว่าไม่ใส่ปุ๋ย เนื่องจากธาตุอาหารพืชไปช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ซึ่งจำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช (Marschner, 1995) และการใส่ Zn และ Si มีแนวโน้มให้ความสูงของข้าวมากกว่าใส่ปุ๋ย N P และ K เพียงอย่างเดียวซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Ghasemi et

al. (2013) และ Song et al. (2014) ที่พบว่า การใส่ Zn และ Si ทำให้ความสูงมากกว่าไม่ใส่ Zn และ Si

ผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว (BRRI dhan29)

Siddika et al. (2016) ได้ทำการทดลองศึกษาการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว หลังจากการใช้ธาตุอาหารรองที่แตกต่างกัน พบว่า ความสูงของต้น จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวง จำนวนของเมล็ดต่อรวง และน้ำหนักแห้งรวมแตกต่างกัน ในทรีตเมนต์ที่ได้รับ NPKS+Zn+Cu มีปริมาณสูงที่สุด รองลงมาคือทรีตเมนต์ NPKS+Zn+Cu+Mn มากกว่าทรีตเมนต์ NPKS+Zn และ NPKS+Zn+Cu+Mn และทรีตเมนต์ควบคุมมีปริมาณต่ำที่สุด ส่วนน้ำหนัก 1,000 เมล็ดไม่ได้รับผลกระทบ ดังนั้นในบรรดาธาตุอาหารรอง Zn และ Cu เมื่อรวมกับ NPK มีประสิทธิภาพสูงสุดในการเพิ่มปริมาณของการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว (BRRI dhan29) ในทางตรงกันข้ามธาตุอาหารเสริมอาจมีผลเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของข้าว

ตารางที่ 2 การเจริญเติบโต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าว (BRRI dhan29) หลังได้รับธาตุอาหารเสริมที่แตกต่างกันร่วมกับ NPKS

ทรีตเมนต์	ความสูง (เซนติเมตร)	จำนวนรวง/กอ	ความยาวข้อ (เซนติเมตร)	จำนวนเมล็ด/รวง	1,000 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนักแห้ง (g plant ⁻¹)
T1 (Control NPKS)	85.67±0.72c	12.10±0.82d	20.70±0.12	20.60±0.52b	70.30±8.55d	5.70±0.30c
T2 (NPKS+ Zn)	89.00±1.15b	14.20±1.25c	24.10±0.81a	108.90±11.45b	20.80±0.31	6.94±0.48b
T3 (NPKS+Zn+Cu)	92.13±0.92a	18.40±0.98a	25.00±0.75a	128.50±13.25a	22.10±0.29	8.45±0.45b
T4 (NPKS+Zn+Cu+Mn)	89.73±1.24ab	16.50±1.35b	23.10±0.68a	121.30±9.52a	21.40±0.21	7.07±0.52b
T5(NPKS+Zn+Cu+Mn+B)	87.53±0.85bc	13.50±0.85c	22.10±0.29a	89.40±8.75b	20.70±0.18	6.66±0.32b
CV (%)	1.71	3.20	5.08	5.07	5.54	7.96

หมายเหตุ ตัวเลขในคอลัมน์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ที่มา: Siddika et al. (2016)

ตารางที่ 3 ผลผลิตข้าวและฟางข้าว (BRRI dhan29) ที่ได้รับอิทธิพลจากธาตุอาหารรองต่างๆ

ทรีตเมนต์	ผลผลิตข้าว (ตัน/เฮกตาร์)	% เพิ่มขึ้นจาก ชุดควบคุม	ผลผลิตฟาง (ตัน/เฮกตาร์)	% เพิ่มขึ้นจาก ชุดควบคุม
T1 (Control NPKS)	4.55±0.07c	-	5.560±0.09c	-
T2 (NPKS+ Zn)	5.79±0.24ab	27.25	6.530±0.18ab	17.45
T3 (NPKS+Zn+Cu)	6.13±0.17a	34.72	7.230±0.14a	30.03
T4 (NPKS+Zn+Cu+Mn)	5.85±0.21ab	28.57	6.670±0.15ab	19.96
T5(NPKS+Zn+Cu+Mn+B)	5.33±0.11b	17.14	6.230±0.06bc	12.05
CV (%)	4.17	-	-	-

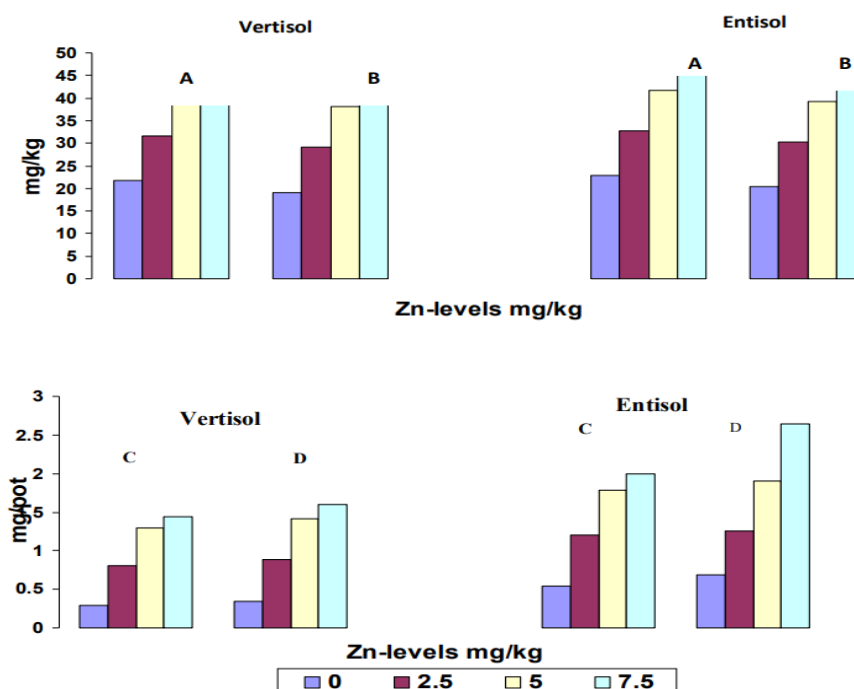
ค่า CV (%) 4.17 ตัวเลขในคอลัมน์ที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับนัยสำคัญ 5%

ที่มา: Siddika et al. (2016)

ธาตุอาหารเสริมที่มีผลต่อผลผลิตข้าวและฟางข้าว

Siddika et al.(2016) ได้ทำการทดลองศึกษาการใช้สารอาหารเสริมเพียงอย่างเดียวหรือร่วมกับธาตุอาหารหลักมีผลอย่างมากต่อผลผลิตข้าว ผลลัพธ์ของเราเปิดเผยว่าการใช้ธาตุอาหารรอง ได้แก่ Zn, Cu, Mn และ B ให้ผลเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อผลผลิตเมล็ดพืชและฟางของข้าว (BRRI dhan29) เมื่อใช้ร่วมกับ NPKS การรวมกันของ Zn และ Cu กับธาตุอาหารหลักให้ค่าผลผลิตเมล็ดพืชสูงสุดและผลผลิตฟางข้าว (BRRI dhan29) ในการศึกษาครั้งนี้ การใช้ Zn ร่วมกับสารอาหารรองอื่นๆ รวมทั้ง Cu และ Mn ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนั้นดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ Zn เพียงครั้งเดียว อย่างไรก็ตาม การผสม Zn+Cu+Mn+B ใช้ร่วมกับ NPKS ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นในเปอร์เซ็นต์ที่น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับชุดควบคุม เนื่องจากการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไม่ดี (ตารางที่ 3)

Muthukumararaja (2012) ได้ทำการทดลองศึกษาปริมาณความเข้มข้นของสังกะสี และการดูดซึมของพืช มีความแตกต่างกันขึ้นกับระดับของสังกะสีที่ใส่ลงดิน (รูปที่ 1) ความเข้มข้นและการดูดซึมสังกะสีเพิ่มขึ้นตามปริมาณที่ใส่ลงดิน (สูงสุดคือ 7.5 มก. Zn ต่อ กก.) ความเข้มข้นของสังกะสีในพืชลดลงตามการเจริญเติบโตของข้าว ความเข้มข้นของสังกะสีในเมล็ดพืชอยู่ระหว่าง 22.36 -46.57 ppm และฟาง 19.74 - 43.95 ppm ปริมาณสังกะสีในเมล็ดพืชสูงกว่าในฟาง



ที่มา: Muthukumararaja (2012)

ภาพที่ 1 ผลของปุ๋ยสังกะสีต่อ A) Zn ในเมล็ด B) Zn ในฟาง C) Zn ในเมล็ด D) การดูดซึมของ Zn ในฟาง

การดูดใช้สังกะสีเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโตของพืช การดูดใช้สังกะสีในเมล็ดพืชและ ฟางมีตั้งแต่ 0.41 -1.71 มก. และ 0.51 -2.12 มก. ตามลำดับ การดูดใช้ Zn สูงสุด (1.71 มก./ กระถาง) และการดูดซึม Zn ฟาง (2.12 มก./) ที่ 7.5 มก. Zn กก. การเพิ่มขึ้นของการดูดซึม Zn นั้น เนื่องมาจากการใช้ที่เพิ่มขึ้นนั้นสามารถอธิบายได้จากความผันแปรในความพร้อมของ Zn ที่นำไปใช้ในเขตรากและบทบาทในการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นระบุว่าปริมาณ Zn ของเมล็ดข้าวและการดูดซึม Zn ของเมล็ดพืชคิดเป็นความแปรปรวน 89.64 และ 89.01% ของผลผลิตข้าว (Muthukumararaja et al., 2012) (ภาพที่ 1)

สรุป

ผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตของข้าว ผลของธาตุอาหารเสริมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าว เมื่อได้รับZnหรือ Si อย่างเดียวร่วมกับธาตุอาหารหลักหรือใช้Zn ร่วมกับSi หรือ Zn ร่วมกับCu จะช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวมากกว่าใช้ธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว โดยผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของผลผลิต ยกเว้นน้ำหนัก 1,000 เมล็ด ส่วนZn + Cu+ Mn +B ร่วมกับธาตุอาหารหลัก มีผลเช่นเดียวกัน แต่มีเปอร์เซ็นต์การเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับชุดควบคุม น้อยกว่าการร่วมตัวการใช้ในข้างต้น ดังนั้นการใช้ธาตุอาหารเสริมร่วมกับธาตุอาหารหลักสามารถส่งเสริมต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของข้าว สามารถใช้เป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารเพื่อปรับปรุงความแข็งแรง การเจริญเติบโตของต้นข้าวในระยะกล้าได้จึงนำไปสู่การส่งเสริมผลผลิตในข้าว พันธุ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- กัญญกุลณัช คำปวง สิทธิเศวตร์ ลอดแก้ว และชนกานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย. 2564. ผลของการจัดการปุ๋ยสังกะสีต่อการเจริญเติบโตในต้นข้าวพันธุ์ชัยนาท 1 และกำดอยสะเก็ดที่เพาะในวัสดุปลูกซีเถ้าแกลบ. วารสารแก่นเกษตร 49(4): 810-817.
- ณัฐวดี อยู่เจริญกิจ ศุภิมา ธนะจิตต์ และสมชัย อนุสนธิ์ พรเพิ่ม. 2564. การตอบสนองของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ต่อ ปุ๋ยสังกะสีและทองแดงในดินนาต่างชนิด. วารสารเกษตร 37(3): 371-383.
- เบญจพร กลุณิตย ชลิตา วังภูมิใหญ่ มงคล วงศ์สวัสดิ์ ธนกร สิริตระกูลศักดิ์ กัลยรัตน์ มณีประดิษฐ์ และ ปัทมา วิตยากร .2562. ผลของสังกะสีและซิลิกอนต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105. วารสารแก่นเกษตร 47(4): 839-850.
- วาสนา ยอดปรางค์. 2553. ผลของการใช้ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุทางใบในรูปของคีเลต กรดอะมิโนต่อการดูดใช้ธาตุอาหารการเจริญเติบโตและผลผลิตของพริก. แหล่งที่มา: <http://sutir.sut.ac.th>. สืบค้นเมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2565.
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน. แหล่งที่มา: <http://oss101.ldd.go.th>. สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม 2565.
- Muthukumararaja, T.M., M.T.Srirmachandrasekhara. 2012. Effect of zinc on yield, zinc nutrition and zinc use efficiency of lowland rice. Journal of Agricultural Technology 8(2): 1-11.
- Siddika, Most Aysha, Md. Joinul Abedin Mian, Tahsina Sharmin Hoque, Md. Abu Hanif and Polash Chandra Ray. 2016. Effect of Different Micronutrients on Growth and Yield of Rice. International Journal of Plant & Soil Science 12(6): 2-6.
- Shrestha, Jiban, Manoj Kandel, Subash Subedi. 2020. ROLE OF NUTRIENTS IN RICE (Oryza sativa L.): A REVIEW. Agrica 9(1): 53-62.

