บทปฏิบัติการที่ 8

STUDY ON THE PHOTOSYNTHESIS CHANGES OF CROP UNDER CLIMATIC CONSTRAINS: NUTRITION STRESS

การขาดธาตุอาหารพืชเกิดจากสาเหตุดังนี้ ธาตุอาหารในดินไม่เพียงพอ หรือธาตุอาหารมาก แต่ไม่อยู่ในรูปที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อพืช และสมบัติทางฟิสิกส์ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญของราก เนื่องจากพืชดูดธาตุอาหารเฉพาะในรูปที่เป็นประโยชน์ หากสมบัติทางเคมีของดินไม่เหมาะสมและธาตุเหล่านี้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ พืชย่อมดูดไปใช้ยาก ดินที่มีสภาพกรดหรือด่างสูงเกินไปจะมีปัญหาดังกล่าวมาก เช่น ความเป็นประโยชน์ของเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสจะต่ำในดินด่าง แต่จะสูงในดินกรด ส่วนความเป็นประโยชน์ของแคลเซียมและแมกนีเซียมจะสูงในดินด่างแต่จะต่ำกว่าในดินกรด เป็นต้น

อาการขาดธาตุอาหารของพืชบางธาตุ อาจเกิดจากการขาดสมดุลของธาตุอาหาร เช่น เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินมากเกินไป ทำให้พืชดูดแมกนีเซียมและแคลเซียมได้น้อยลงนอกจากนี้การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตราสูงยังอาจทำให้พืชขาดธาตุเหล็กหรือสังกะสีได้เช่นเดียวกัน (Brady, 1990)

ลักษณะอาการผิดปกติของพืชเนื่องจากธาตุอาหารพืช

ความผิดปกติเนื่องจากธาตุอาหารพืชมี ประเภท คือ

1) การขาดแคลน (deficiencies) เมื่อพืชได้รับน้อยจึงไม่เพียงพอแก่การดำรงชีวิตตามปกติ
2) การเป็นพิษ (toxicities) เมื่อพืชได้รับมากเกินกว่าที่จะดำรงชีวิตได้

การดูดธาตุอาหารของพืช

การดูดใช้อาหารของพืชนั้น หมายถึง การที่ไอออนของธาตุอาหารพืชมาสัมผัสกับลำต้นและราก ทำให้เกิดการดึงดูดธาตุอาหารนั้นเข้าไป ดังนั้นการดูดซับน้ำและไอออนธาตุอาหารจะประกอบด้วยการที่กลไกที่ไอออนในดินมาสู่ใบ ลำต้นและราก และกลไกการดูดซับธาตุอาหารของพืชของเซลล์พืช

การดูดธาตุอาหารของพืชโดยใช้ส่วนต่างๆของพืช

พืชได้รับคาร์บอนและออกซิเจนจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยการสังเคราะห์แสงจากใบพืชและส่วนที่มีสีเขียว ส่วนธาตุอาหารพืชในรูปของไอออนพืชได้รับเช่นกัน การดูดธาตุอาหารพืชโดยส่วนต่างๆของพืช มีดังนี้

1) การดูดใช้ธาตุอาหารทางใบและลำต้น พืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารทางใบและลำต้นได้โดยผ่านทางคิวติเคิล (cuticle) และเอกโตเดสมาตา (ectodesmata) มีการศึกษาพบว่าช่องปากใบไม่ใช่ช่องทางที่แท้จริงที่สารจะเข้าสู่เซลล์ผิวใบเพราะคิวติเคิลบนผิวใบกับคิวติเคิลในโพรงใต้ใบต่อเนื่องเป็นเนื้อเดียวกันแต่คิวติเคิลในโพรงใต้ใบบางกว่า เล็กกว่า จึงยอมให้สารละลายผ่านได้ดีกว่าคิวติเคิลบนผิวใบ (ยงยุทธ, 2543)

ดังนั้นกลไกการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชเข้าสู่ใบจึงประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เป็นการซึมผ่านผิวเคลือบคิวตินเมื่อสารละลายของธาตุอาหารพืชสัมผัสผิวเคลือบสารจะแพร่ผ่านผิวเคลือบตามความแตกต่างของระดับความเข้มข้นและสารละลายจะผ่านผิวเคลือบที่บางได้ง่ายกว่าผิวเคลือบที่หนา การแพร่และอัตราของการแพร่จะขึ้นกับอุณหภูมิ ความแตกต่างของระดับความเข้มข้น และขนาดของไฮเดรตไอออน (Hydrate ion) สำหรับไอออนที่มีขนาดเล็กจะผ่านได้เร็วซึ่งจะเรียงลำดับจากเร็วไปหาช้าดังนี้ Cs^{+}, Rb^{+}, K^{+}, Na^{+}, Li^{+}, Mg^{+}, Sr^{2+} และ Ca^{2-}

ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเคลื่อนย้ายผ่านผนังเซลล์ เป็นการเคลื่อนผ่านเอกโตเดสมาตา ซึ่งเป็นบริเวณที่สารละลายเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ได้สะดวกที่สุด เนื่องจากผนังเซลล์มีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบที่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการซึมผ่านของสารละลายหรือการเคลื่อนที่ผ่านผนังเซลล์ที่มีการยืดตัวและบริเวณผนังเซลล์ที่มีการชำรุดและกำลังซ่อมแซม ขณะเซลล์มีความเต่งมากสารละลายมีการผ่านได้เช่นกัน เมื่อสารละลายผ่านผิวเคลือบของใบพืชแล้วจะเข้าสู่ผนังเซลล์ได้สะดวก

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อดูดใช้ธาตุอาหารของใบพืช

การดูดใช้ธาตุอาหารของพืชทางใบ จะมีปัจจัยต่างๆ อีกหลายปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้แก่

1) อุณหภูมิ ขณะที่บรรยากาศมีอุณหภูมิสูง จะมีผลต่อการขยายขนาดของใบสูงขึ้น จึงมีการดูดใช้ธาตุอาหารเพิ่มขึ้น แต่ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้สารละลายของธาตุอาหารพืชบนใบแห้งเร็ว ซึ่งทำให้การดูดใช้ธาตุอาหารลดต่ำลง (ยงยุทธ, 2543)

2) ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ จะมีผลต่อการระเหยของธาตุอาหารของธาตุอาหารที่ผิวใบพืชโดยถ้ามีความชื้นสัมพัทธ์สูง การระเหยของสารละลายจะช้ามากทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของสารละลายภายนอกและภายในใบน้อยจะไม่ส่งเสริมการแพร่หรือการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารเข้าสู่ใบจะน้อยลงเช่นกัน

3) อายุของใบพืช ใบที่มีอายุน้อยจะมีการสะสมของไขและผิวเคลือบยังไม่หนาเต็มที่ ธาตุอาหารจึงเคลื่อนที่เข้าสู่ใบได้เร็วกว่าใบแก่

4) ลักษณะผิวใบ ผิวใบล่างของพืชส่วนใหญ่จะดูดธาตุอาหารได้มากกว่าผิวใบด้านบน เนื่องจากใบล่างมีจำนวนใบปากใบ และความถี่ของเอกโตเดสมาตาต่อพื้นที่มากกว่าผิวใบบน นอกจากนี้ผิวใบที่มีขนจะมีการดูดใช้ธาตุอาหารสูงกว่าผิวใบเรียบ

ดังนั้นการให้ปุ๋ยทางใบจึงมีหลายปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารพืช จึงมีผลทำให้ปุ๋ยที่พืชได้รับจะมีปริมาณน้อย เปลืองแรงงาน หากใช้ไม่เหมาะสมจะไม่คุ้มค่าจึงมีการเลือกใช้ปุ๋ยทางใบในพืชที่ตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยทางใบในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการดูดซับธาตุอาหารพืชของรากหรือในการเพิ่มเติมเสริมให้แก่พืชในช่วงที่เหมาะสมหรือการเร่งการเจริญเติบโตในบางกรณีเท่านั้น

2) การดูดซับธาตุอาหารของพืชทางราก รากเป็นอวัยวะหลักในการดูดซับธาตุอาหารพืช รากพืชจะดูดธาตุอาหารพืชในรูปแบบของไอออน ทั้งไอออนบวกและไอออนลบ จะเข้าสู่ช่องว่างของเซลล์รากพืชและช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยไอออนของธาตุอาหารจะเดินทางผ่านระบบของวาสคูล่าร์ เคลื่อนไปสู่ส่วนยอดของพืชส่วนของรากพืชจะมีประสิทธิภาพในการดูดและการส่งผ่านไอออนของธาตุอาหารพืชได้ดีจะอยู่ในช่วงของปลายราก การดูดซับธาตุอาหารของรากพืชมีปัจจัยที่ควบคุมหลายปัจจัย เช่น ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน อุณหภูมิของดิน ปริมาณก๊าซออกซิเจนและพลังงานที่ได้จากกระบวนการหายใจของพืช เป็นต้น

สาเหตุการเป็นพิษของธาตุอาหารพืช

ความเป็นพิษของธาตุอาหารต่อพืชมาจาก 3 สาเหตุ คือ ดินเป็นกรดจัด ดินประเภทนี้อาจมีแมงกานีส เหล็ก และอลูมินัม มากจนถึงระดับเป็นพิษ ส่วนในดินเค็ม มีโซเดียม และคลอไรด์ไอออนสูงมาก และการใส่ปุ๋ยอัตราสูงเกินไป หากใส่ปุ๋ยเคมีในดินอัตราสูงและการกระจายไม่สม่ำเสมอ บางบริเวณพืชได้รับมากจะเป็นพิษ ส่วนการฉีดพ่นสารละลายปุ๋ยทางใบอัตราสูงเกินไปก็ทำให้พืชเป็นอันตรายง่าย (Plaster, 1997)

เนื่องจากพืชชั้นสูงดูดธาตุอาหารจากดินทางรากแล้วเคลื่อนย้ายต่อไปยังส่วนอื่นๆ ทางระบบท่อลำเลียง (vascular system) ซึ่งมีเครือข่ายทั่วทั้งต้น กลุ่มท่อลำเลียง (vascular bundle) มีหน้าที่เฉพาะการเคลื่อนย้ายน้ำ ธาตุอาหาร และอินทรีย์สารจากเมทาบอลิซึม (metabolic products) ไปยังส่วนต่างๆของพืช ระบบท่อลำเลียงที่เห็นชัดที่สุดคือ เส้นใบ (leaf veins) การจัดเรียงเส้นใบและสภาพเคลื่อนที่ได้ของธาตุอาหารในพืชจะมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับอาการที่ปรากฏ เช่น ใบพืชที่ขาดแมงกานีส เนื้อเยื่อแผ่นใบบริเวณใกล้เส้นในหลักจะมีอาการคลอโรซิสช้าที่สุด เนื่องจากเนื้อเยื่อส่วนนั้นได้รับแมงกานีสจากน้ำลำเลียง (sap) ที่ไหลตามท่อลำเลียงมาใช้ก่อนส่วนอื่นๆที่อยู่ห่างออกไป

จากความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดระหว่างแบบอย่างอาการ (system pattern) กับลักษณะการจัดเรียงของเส้นใบนี้เอง จึงสามารถนำข้อมูลมาจำแนกอาการผิดปรกติซึ่งมิได้เกิดจากธาตุอาหารออกไป เนื่องจากอาการที่เกิดจากสาเหตุอื่นๆ ซึ่งปรากฏที่ใบจะไม่มีความสัมพันธ์ กับแบบอย่างเส้นใบ

ลักษณะสำคัญของอาการขาดธาตุอาหารที่ใบพืชมี 7 ประการ (Bennett, 1994) คือ

1) เกิดอาการที่ใบซึ่งระดับอายุหนึ่งโดยเฉพาะ เช่น ใบอ่อน อายุปานกลาง หรือใบแก่
2) แบบอย่างของอาการมีระบบ และสัมพันธ์กับการจัดเรียงของเส้นใบ
3) การเปลี่ยนแปลงของสีใบหรือเยื่ออื่นมีลักษณะค่อยเป็นค่อยไปมิใช่เปลี่ยนสีรวดเร็ว โดยจะไม่เห็นความแปลี่ยนแปลงภายใน 1-2 วัน

4) บริเวณที่ใดแสดงอาการคลอโรซิส จะมีส่วนซึ่งสีซีดอยู่ในวงล้อมของสีเขียวแต่สีจะค่อยๆกลืนกันไม่มีขอบเขตที่ชัดเจน ซึ่งแตกต่างจากอาการที่เกิดจากสารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืช หรือไวรัสซึ่งมีขอบเขตที่แสดงอาการชัดเจน

5) พื้นที่บนแผ่นซึ่งแสดงอาการจะไม่มีขอบเขตที่เป็นเหลี่ยม หรือรูปเชิงมุม (angular) หากมีลักษณะอาการดังกล่าว มักเกิดจากโรค

6) เนื่องการขาดธาตุอาหารมีผลกระทบต่อกิจกรรมภายในเซลล์จึงไม่มีผลให้ผิวเคลือบคิวติเคิล (cuticle) ชำรุดเสียหาย หากมีร่องรอยของอาการที่ผิวใบแสดงว่าเกิดจากสาเหตุอื่น

7) จะพบอาการครั้งแรกบริเวณเนื้อเยื่อซึ่งห่างจากสันใบมากที่สุด เช่น เนื้อเยื่อระหว่างเส้นใบ ปลายใบ หรือขอบใบ

อาการผิดปรกติของพืชที่แสดงได้ชัดเจน คือ คลอโรซิส (chlorosis) และเนโครซีส (necrosis)

อาการผิดปรกติที่สำคัญของพืชซึ่งเกิดขึ้นเมื่อขาดหรือเป็นพิษจากธาตุอาหารตลอดจน เมื่อมีความเค้นจากสิ่งแวดล้อม (environment stress) คือ คลอโรซิสและเนโรซิส

ลักษณะอาการที่ ขาดธาตุอาหาร

แคลเซียม (Ca) ใบอ่อนบิดเบี้ยว ขอบใบม้วนลง ขอบใบไม่เรียบ ขาด แห้ง ยอดอ่อนตาย รากสั้น ไม่มีเส้นใบ ผลมะเขือเทศก้นเน่า

เหล็ก (Fe) ยอดอ่อนมีสีขาว-เหลือง เส้นใบมีสีเขียว ต่อมายอดแห้งตาย

แมงกานีส (Mn) ในใบอ่อนระหว่างเส้นใบจะขาวสีเขียวหรือเกิดจุดขาว-เหลืองไม่ออกดอกผล

โบรอน (B) ส่วนยอดมีสีเหลืองและแห้งตาย พืชหัวเกิดจุดดำ-น้ำตาลมีต้นหรือผลแตก

กำมะถัน (S) ใบยอดมีขนาดเล็ก สีเหลือง เส้นใบอาจยังเขียว พวกผักใบล่างหนา กระด้าง มีสีเขียว-เหลือง พวกถั่วใบยอดเหลือง

ทองแดง (Cu) ช่วงแรกใบมีสีเขียวจัด แล้วเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ยอดตาย ในข้าวโพดจะเห็นตามขอบโคนใบแห้งตาย

สังกะสี (Zn) ใบยอดมีสีเหลืองที่บริเวณระหว่างเส้นใบ ข้อสั้น เกิดอาการโรคใบสั้นในส้ม

โมลิบดีนัม (Mo) ใบเหลืองด่างขอบใบหงิกงอ-แห้งตาย

คลอรีน (Cl) ใบเหลืองด่าง พืชทั่วไปมีคลอรีนเพียงพอ

แมกนีเซียม (Mg) ระหว่างเส้นใบขาดสีเขียว อาจมีสีขาว-เหลือง หรือแห้งตายฝ้ายมีใบสีแดง

โพแทสเซียม (K) ปลายใบ ขอบใบ จะเหลืองต่อมาแห้งตาย พืชหัวมีแป้งลดลง อ้อยมีน้ำตาลน้อย คุณภาพของดอกไม้และผลไม้ลดลง

ไนโตรเจน (N) ปลายใบมีสีเหลืองลุกลามเข้าเส้นกลางใบ ต่อไปแห้งตาย การเจริญเติบโตลดลง

ฟอสฟอรัส (P) ใบเหลือง อาจมีสีอื่นปน เช่น ในข้าวโพดมีสีม่วงแดง ดอกผลน้อย รากไม่เจริญ

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาถึงปัจจัยของสภาพภูมิอากาศและสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสง รวมถึงการให้ผลผลิต
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดที่ได้รับปุ๋ยปริมาณที่แตกต่างกัน โดยใช้เครื่องมือ Leaf Chamber Analyzer Type : LCA-4
3. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดที่ให้ปุ๋ยปริมาณที่แตกต่างกัน

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดอัตราการสังเคราะห์แสง Leaf Chamber Analyzer Type : LCA-4
2. ข้าวโพดที่ปลูกในทรีตเมนต์ต่างกัน คือ
   ทรีตเมนต์ที่ 1 ให้ปุ๋ย 12 กรัม/ต้น
   ทรีตเมนต์ที่ 2 ให้ปุ๋ย 8 กรัม/ต้น
   ทรีตเมนต์ที่ 3 ให้ปุ๋ย 4 กรัม/ต้น
   ทรีตเมนต์ที่ 4 ไม่ใส่ปุ๋ย
3. ตู้อบ (Hot air oven)
4. ถุงกระดาษ
5. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
6. ไม้บรรทัด

วิธีการทดลอง

1. เพาะเมล็ดข้าวโพด (วัน/เดือน/ปี) ในแปลงทดลอง โดยใช้ระยะปลูก 75 x 25 ซม. จำนวน 6 แถว (แถวคุม 2 แถว) แถวละ 10 หลุม โดยเพาะหลุมละ 4 เมล็ด ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้น หลุมละ 8 กรัม
2. ทำการถอนแยกหลังจากเมล็ดงอกได้ 1 สัปดาห์ ให้เหลือหลุมละ 2 ต้น
3. เริ่มใส่ปุ๋ย โดยใช้วิธีให้ปุ๋ย 4 แบบ (4 ทรีตเมนต์)
   ทรีตเมนต์ที่ 1 ให้ปุ๋ย 12 กรัม/ต้น
   ทรีตเมนต์ที่ 2 ให้ปุ๋ย 8 กรัม/ต้น

ทรีตเมนต์ที่ 3 ให้ปุ๋ย 4 กรัม/ต้น

ทรีตเมนต์ที่ 4 ให้ปุ๋ย 0 กรัม/ต้น

4. แบ่งการให้ปุ๋ยเป็น 3 ระยะ คือ รองก้นพื้น (วัน/เดือน/ปี) , ระยะใบ 2 คู่ (วัน/เดือน/ปี) และระยะใบ 4 คู่ (วัน/เดือน/ปี)
5. เลือกต้นข้าวโพดที่จะทดสอบ จำนวน 8 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น เลือกใบที่ต้องการแล้วติด Tag
6. ใช้เครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสง Leaf Chamber Analysis Type (LCA-4) วัดค่าต่างๆ ที่ใบเดิมติดต่อกันเป็นระยะเวลา 7 วัน
7. เมื่อทำการวัดค่าต่างๆ ครบ 7 วันแล้ว จึงทำการขุดต้นข้าวโพด ที่วัดใบต้นนั้นออกมาจากแปลง โดยระมัดระวังไม่ให้รากขาด โดยทำทุกทรีตเมนต์
8. นำต้นข้าวโพดแต่ละทรีตเมนต์แต่ละซ้ำมาแยกราก ใบ และลำต้น โดยส่วนรากให้ทำความสะอาด โดยล้างดินออกให้หมด
9. ชั่งน้ำหนักสดทั้งต้น (ลำต้น+ใบ+ราก) ของข้าวโพดแต่ละทรีตเมนต์ แต่ละซ้ำ
10. ทำการวัดพื้นที่ใบของข้าวโพดแต่ละทรีตเมนต์ แต่ละซ้ำ
11. เมื่อทำการวัดพื้นที่ใบ และน้ำหนักสดแล้ว ให้นำข้าวโพดแต่ละทรีตเมนต์แต่ละซ้ำใส่ถุงกระดาษ จากนั้นนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง
12. ชั่งน้ำหนักแห้งของข้าวโพดแต่ละทรีตเมนต์แต่ละซ้ำ
13. หาค่า Dry matter
14. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติหาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ โดยใช้สมการรีเกรซชั่น

การรวบรวมข้อมูล

1. วัดอัตราการสังเคราะห์แสงของข้าวโพดทั้ง 4 ทรีตเมนต์ จำนวน 8 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น โดยวัดค่าต่างๆ ที่ใบเดิมติดต่อกัน 7 วัน ด้วยเครื่อง Leaf Chamber Type : LCA-4

2. น้ำหนักสดของข้าวโพดทั้งต้น (ลำต้น+ใบ+ราก) ทั้ง 4 ทรีตเมนต์

3. วัดพื้นที่ใบของข้าวโพดทั้ง 4 ทรีตเมนต์

4. น้ำหนักแห้งของข้าวโพดทั้งต้น (ลำต้น+ใบ+ราก) ทั้ง 4 ทรีตเมนต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์วาเรียนซ์ (ANOVA) ด้วยโปรแกรม SPSS v.13 for window และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) ของข้าวโพดทั้ง 5 ทรีตเมนต์

เอกสารอ้างอิง

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: ปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. 424 หน้า.

Bennett, W.F. 1994. Plant nutrient utilization and diagnostic plant symptoms. In nutrient deficiencies and toxicities in crop plant. (W.F. Bennett ad.) The American phytopathological Society Minnesota. Pp. 1-10.

Brady, N. 1990. Nature and properties of soils. New York: MacMillan Publishing Company.

Plaster, E.J. 1997. Soil Science and Management. 3rd Edition. London: An International Thomson Publishing Company. 402 p.