บทที่ 11
ธาตุอาหารของพืช

บทที่ 11
ธาตุอาหารของพืช
(Plant Nutrition)

การปลูกพืชเศรษฐกิจของประเทศ ไม่ว่าจะเป็นไม้ผล พืชไร่ พืชสวน พืชผัก ไม้ดอกหรือไม้ประดับนั้น ทำการเพาะปลูกบนพื้นดิน เพราะดินเป็นแหล่งให้ธาตุอาหาร และความชื้นแก่ระบบราก ที่ทำหน้าที่ดูดน้ำ และธาตุอาหาร เพื่อการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุอาหาร เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืช เช่น โปรตีน คลอโรฟิลล์ ธาตุอาหารบางอย่างช่วยกระตุ้นกระบวนการต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช ธาตุอาหารดังกล่าวนั้นได้มาจากดิน

ดิน เป็น เทหวัตถุที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ รวมกันขึ้นเป็นชั้น (profile) จากส่วนผสมของแร่ธาตุต่าง ๆ ถูกสลายเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อย กับอินทรีย์วัตถุที่เปื่อยผุพัง อยู่รวมกันเป็นชั้นบาง ๆ ห่อหุ้มผิวโลก เมื่อมีอากาศและน้ำในปริมาณที่เหมาะสมแล้ว จะช่วยค้ำจุน พร้อมทั้งการยังชีพ และการเจริญเติบโตของพืช

ส่วนประกอบของดิน

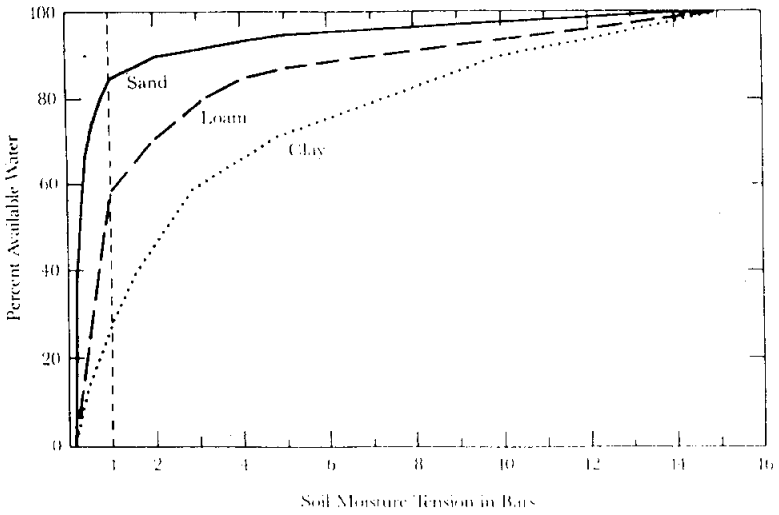
ส่วนประกอบของดิน ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชนั้น แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. **อนินทรีย์สาร** (inorganic matter หรือ mineral material) เป็นส่วนที่เกิดจากชิ้นเล็กชิ้นน้อย ของแร่ธาตุต่าง ๆ ที่สลายตัวโดยทางเคมี ฟิสิกส์ และทางชีวเคมี

2. **อินทรีย์สาร** (O.M. หรือ organic matter) ได้แก่ส่วนที่เกิดจากการเน่าเปื่อยผุพัง หรือการสลายตัวของเศษพืช และสัตว์ ที่ทับถมกันอยู่บนดิน

3. **น้ำ** จะอยู่ระหว่างช่องว่างของก้อนดิน หรืออนุภาคดิน ที่เรียกช่องว่านี้ว่า pore space

4. **อากาศ** ช่องว่างในดินระหว่างก้อนดิน และอนุภาคดินนั้น มีอากาศปนอยู่ ทำให้อากาศในดินนั้นมี ก๊าซไนโตรเจน ออกซิเจน และ คาร์บอนไดออกไซด์



รูปที่ 11.1 ชนิดของดินกับน้ำที่พืชนำไปใช้ได้ และแรงดึงความชื้นในดิน (Bernatzky ,1980)

ปริมาตรของส่วนประกอบของดิน ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช ควรมีสัดส่วนดังนี้

อนินทรีย์สาร	45 %
อินทรีย์สาร	5 %
อากาศ	25 %
น้ำ	25%

ปัจจัยควบคุมการเกิดดิน (soil formation)

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดดิน ได้แก่

1. **ภูมิอากาศ** (climate) มีอิทธิพลต่อการเกิดดินและลักษณะของดิน ภูมิอากาศที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อดิน ทั้งทางตรงและทางอ้อม เพราะเป็นตัวควบคุมการสลายตัวของหินและแร่ ทั้งทางฟิสิกส์และเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ หิมะ น้ำค้าง ความชื้นในอากาศและอื่น ๆ ทำให้เกิดดินประเภทต่าง ๆ อย่างกว้างขวางทั่วโลก เช่น ดินที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศแบบทะเลทราย ดินจึงเป็นแบบ desert soil ดินที่เกิดในบริเวณที่มีอากาศหนาว จัดเป็นดินแบบ tundra soil เป็นต้น

2. **พืชและสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ** (vegetation and living organisms) ภูมิอากาศเป็นตัวกำหนดชนิดของพืช ในขณะเดียวกันพืชเป็นตัวเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดิน

3. **สภาพพื้นที่** (topography) สภาพพื้นที่เป็นตัวการที่จะช่วยให้อิทธิพลอื่น ๆ เช่น ภูมิอากาศรุนแรงขึ้นหรือน้อยลง พื้นที่ที่มีความลาดชัน การพังทลายมีมาก การสร้างดินได้หน้าดินตื้น ถ้าความลาดชันมีน้อยการทับถมก็มีมาก

4. **วัตถุต้นกำเนิดดิน** (parent materials) ชนิดของดินนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของหิน และแร่ที่ให้กำเนิด ซึ่งจะสลายตัวได้เร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและชนิดของวัตถุหินแกรนิตจะให้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีควอตซ์มาก ทำให้ดินที่ได้เป็นดินทราย

5. **เวลา** ระยะเวลามีอิทธิพลต่อการสร้างตัวของดิน ดินที่มีอายุนานกว่า จะมีสภาพของโปรไฟล์ (ดินที่ทับถมกันเป็นชั้นๆตามแนวดิ่ง) ที่สมบูรณ์กว่าดินที่มีอายุน้อย แต่ถ้าดินนั้นเกิดในที่ร้อนและชุ่มชื้น ทำให้การสลายตัวเร็ว และรุนแรง และใช้เวลาน้อยกว่าปกติ

กิจกรรมจุลินทรีย์ในดิน

กิจกรรมจุลินทรีย์ในดินโดยเฉพาะแบคทีเรีย จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อสภาพของดินเป็นกลาง ถ้าดินเป็นกรดแบคทีเรียทำงานช้าลง แต่พวกราจะทำงานได้ดีกว่า กิจกรรมจุลินทรีย์ในดินจะควบคุมระดับไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ ที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เป็นอย่างมาก เพราะจุลินทรีย์ในดิน เกี่ยวข้องกับขบวนการปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านี้ ออกจากอินทรีย์วัตถุ (mineralization)

การตรึงไนโตรเจน จากอากาศโดยพวกจุลินทรีย์บางชนิด จะดำเนินไปด้วยดีเมื่อดิน มีสภาพเป็นกลาง หรือกรดอย่างอ่อน ดังนั้นการปรับ pH ของดินที่เป็นกรด ด้วยปูนขาวให้อยู่ในระดับ 6.5 - 7.0 เป็นสิ่งจำเป็น เมื่อจะปลูกพืชตระกูลถั่วในดินที่เป็นกรด

การเติบโตของพืชกับระดับ pH ของดิน

พืชต่างชนิดกันเจริญเติบโตในระดับ pH ที่แตกต่างกัน พืชตระกูลถั่วชอบดินที่เป็นกลาง หรือด่างอย่างอ่อน พวกมันฝรั่ง และมันเทศชอบดินเป็นกรด แต่พืชส่วนมากเจริญเติบโตได้ดี ในระดับ pH ของดิน ประมาณ 6 - 7

ดินเค็มและดินด่าง (saline and alkali soils)

ดินเค็ม เป็นดินที่มีเกลือ (natural salt) อยู่ในดินเป็นปริมาณมาก จนเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช เกลือส่วนใหญ่เป็นพวก โซเดียม แคลเซียม และแมกนีเซียม pH ของดินพวกนี้สูงประมาณ 8.5 มีระดับ exchangeable Na น้อยกว่า 15%

ดินเค็ม-ด่างเป็นดินที่มีเกลือและมีระดับ exchangeable Na สูงกว่า 15 % ดินพวกนี้เมื่อทำการชะเอาเกลือออกหมดแล้วดิน จะพองตัวเพราะมีโซเดียมมาก ทำให้ดินแน่นทึบ การระบายน้ำกระทำได้ยาก และ pH ของดินจะสูงขึ้นมากกว่า 8.5

ดินด่าง เป็นดินที่มีโซเดียมมากกว่า 15 % เพราะโซเดียมถูก hydrolyze ได้อย่างอิสระ แล้วปลดปล่อย OH^- ดินที่มีโซดียมมาก ดินพวกนี้จะเหนียวและแน่นทึบ ทำให้การไถพรวนลำบาก เมื่อดินแห้งจะแข็งมาก

อันตรายของดินเค็มและดินด่าง

ดินเค็มที่มีความเข้มข้นของเกลือสูง จะทำให้พืชเหี่ยวและใบไหม้ คล้ายๆกับเมื่อมีการใส่ปุ๋ยมากเกินไป ในขณะพืชขาดน้ำ เป็นปรากฏที่เรียกว่า plasmolysis คือน้ำจากต้นพืชไหลออกมาอยู่ใน soil solution นานเข้าพืชก็เหี่ยว ดินด่าง เป็นดินที่ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชเช่นกัน เพราะมี HCO_3^- และ anion เป็นจำนวนมาก จนเป็นพิษกับพืช และโซเดียมที่มีอยู่ในดินด่างเป็นจำนวนมาก ทำให้ metabolism ของพืชไม่สามารถดำเนินต่อไปได้

การแก้ไขและปรับปรุงดินเค็มและดินด่าง

การปรับปรุงแก้ไขดินเค็มและดินด่าง สามารถกระทำได้ แต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและเวลามาก มีวิธีการแก้ไขได้ดังนี้

1. วิธีการชะล้าง

โดยการวางท่อระบายน้ำใต้ดิน ให้น้ำจืดหรือน้ำฝนที่ตกลงมา ชะเกลือจากผิวดินแล้ว ระบายลงท่อไหลออกนอกบริเวณไป หรือถ้าไม่ใช้วิธีวางท่อ อาจใช้วิธีการไถยกร่อง ให้สูงพอที่ราก พืชที่จะปลูกบนร่อง หยั่งลงไปไม่ถึงระดับพื้นราบ ปล่อยให้น้ำจืดหรือน้ำฝนชะล้างสักพัก แล้วระบายน้ำออกไป

2. วิธีการสับเปลี่ยน

วิธีนี้ใช้ได้ผลดีกับดินด่างและดินเค็ม ซึ่งมีเกลือโซเดียมอยู่มาก การชะล้างด้วยน้ำจืดอย่างเดียวไม่เพียงพอ ต้องใส่ $CaSO_4$ หรือ กำมะถันผงลงไปด้วยเพื่อเปลี่ยน Na_2CO_3 และ NaCl ให้เป็น Na_2SO_4 ซึ่งเป็นพิษแก่พืชน้อยกว่าเกลือ NaCl และเปลี่ยน exchangeable Na ให้เป็น Ca เพื่อลดความเป็นพิษของ Na และความแน่นทึบของดิน จากนั้นชะเอาเกลือ Na_2SO_4 ออกด้วยน้ำจืดได้ง่ายขึ้น สำหรับกำมะถันนั้นเมื่อใส่ลงไป จะถูกออกซิไดซ์เป็น H_2SO_4 จากนั้นจะเข้าสับเปลี่ยนกันกับ Na_2CO_3 และ exchangeable Na

นอกจากสองวิธีดังกล่าวแล้ว การควบคุมไม่ให้หน้าดินแห้ง ก็สามารถช่วยได้ เพราะการปล่อยให้หน้าดินแห้งจะทำให้ capillary water จากดินชั้นล่าง เคลื่อนที่ขึ้นมาที่หน้าดิน และพาเอาเกลือมาสะสมไว้ที่หน้าดิน ดังนั้นควรรักษาความชื้นที่หน้าดินไว้ อย่าปล่อยให้หน้าดินแห้ง และมีการชลประทานช่วย การให้น้ำแก่พืชที่ปลูกควรให้ทีละน้อย แต่บ่อยครั้ง และขั้นแรกควรปลูกพืชที่ทนดินเค็ม เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ละมุด ฝรั่ง มะพร้าว มะขาม เป็นต้น

ความเป็นกรดของดิน

ดินเป็นกรด (acid soil) หรือ ที่เรียกกันว่า ดินเปรี้ยว ซึ่งหมายความว่าดินนั้น ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืช เนื่องจากอนุภาคของดินปลดปล่อยโปรตอน (H^+) เรียก กรดจริง หรือ active acidity ส่วน H^+ ที่ยังถูกยึดไว้ที่ผิวดินยังไม่ได้ถูกปลดปล่อยออกมาเรียกว่า กรดแฝง หรือ potential acidity ความเป็นกรดจะรุนแรงแค่ไหน ขึ้นอยู่กับกรดจริง

การที่ดินจะมีฤทธิ์ความเป็นกรดอยู่ได้นานขนาดไหนนั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดแฝงที่มีอยู่ การวัดระดับความเป็นกรดของดินที่กระทำกันอยู่ในปัจจุบันนั้น เราวัดแต่เพียงระดับของกรดจริงที่มีอยู่ในดินเท่านั้น ส่วนการวัดระดับของกรดแฝง เป็นค่าที่ต้องนำมาใช้ในการคำนวณปริมาณปูนขาว ที่จะใช้ปรับระดับความเป็นกรดให้น้อยลง

การวัดความเป็นกรดของดิน

การวัดความเป็นกรดของดิน ทำได้สองวิธี คือ

1. วัดด้วยเครื่อง pH meter มักใช้วัดความเป็นกรดของดินในห้องปฏิบัติการ
2. วัดด้วยน้ำยาเปลี่ยนสี (indicator) เป็นน้ำยาที่จะเปลี่ยนสีของตัวอย่างดิน เป็นสีต่างๆที่มีระดับความเข้มข้นของ H^+ ต่างๆกัน เป็นการวัดที่ได้ผลดี

ดินที่เป็นกรดเกิดขึ้นได้อย่างไร

เมื่อหินและแร่ธาตุต่างๆเกิดการผุพัง จะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นดิน ดินในระยะแรกนี้มีสภาพเป็นด่าง เนื่องจากมีอิออนบวกของธาตุต่างๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม เป็นต้น ดูดซับอยู่ที่ผิวดิน ต่อมาน้ำฝนชะล้างอิออนเหล่านี้ไป และยังละลายแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดเป็นกรดคาร์โบนิก กรดนี้แตกตัวให้อิออนบวกของไฮโดรเจน ซึ่งทำให้ดินมีฤทธิ์เป็นกรด

นอกจากนี้ การผุพังเน่าเปื่อย ของอินทรียวัตถุในดิน และการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียและซัลเฟอร์ ก่อให้เกิดกรดไนตริก และกรดซัลฟิวริก รวมทั้งกรดอินทรีย์อื่นๆ ซึ่งทำให้ดินเป็นกรดด้วยกันทั้งนั้น

ระดับธาตุอาหารพืชในดินกับความเป็นกรดของดิน

พืชจะไม่เจริญเติบโตเท่าที่ควรในดินที่เป็นกรดมาก จากการทดลองปลูกพืชในน้ำยาที่มีค่า pH ต่างๆกัน พบว่า ความเป็นกรดของดินไม่ได้มีผลโดยตรง ต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มีผลทางอ้อม เพราะดินที่เป็นกรดมาก จะทำให้ระดับธาตุอาหารบางธาตุที่จำเป็นต่อพืช เปลี่ยนแปลงไป เช่น ระดับแคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ดินที่เป็นกรดจะมีแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมต่ำ เพราะถูกชะล้างออกไปจากดินได้ง่าย

ปกติดินที่มี pH อยู่ระหว่าง 5.5 - 8.5 จะมีแคลเซียมและแมกนีเซียมอย่างเพียงพอ ถ้าต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ พืชอาจจะแสดงอาการขาดธาตุอาหารทั้งสองได้ สำหรับดินที่มี pH สูงกว่า 8.5 จะทำให้ดินมีแคลเซียมต่ำเพราะแคทไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ส่วนใหญ่เป็นพวกโซเดียมที่มีมากกว่า 40 - 50 % จึงทำให้พืชขาด แคลเซียมและ แมกนีเซียม

ดินที่เป็นกรดมากๆ จะส่งเสริมให้การตรึงฟอสเฟต ให้อยู่ในรูปของเหล็กและอลูมินัมฟอสเฟต ที่เป็นการยากแก่พืชที่จะนำไปใช้ประโยชน์ ดังนั้น เมื่อใส่ปุ๋ยลงไปในดินที่เป็นกรด (pH < 5.0) ปุ๋ยจะไปทำปฏิกิริยากับเหล็กและอลูมินัมเสียหมด ทำให้เหลือส่วนที่พืชจะนำไปใช้น้อยลง ระดับ pH 6 - 7 เป็นระดับที่ค่อนข้างเหมาะสมที่สุดสำหรับฟอสเฟตในดิน ที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

ส่วนระดับธาตุอาหารรอง หรือ micronutrient elements ในดินนั้น pH ของดินนับว่ามีบทบาทมาก โดยเฉพาะธาตุเหล็กเมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 5.0 ปริมาณของเหล็กที่ละลายได้ในน้ำมีมาก และจะลดลงเมื่อ pH ของดินเพิ่มขึ้นจนถึงระดับปานกลาง เช่น ดินเหนียวลพบุรีมี pH 7.2 บริเวณนิคมสร้างตนเองพระพุทธบาท เป็นดินที่ขาดธาตุเหล็ก (สรสิทธิ์ วัชโรทยานและคณะ , 2515)

แมงกานีสก็เช่นเดียวกัน ดินที่เป็นกรด จะทำให้แมงกานีสละลายออกมามาก จนเป็นพิษกับพืชได้ แมงกานีสจะละลายน้ำได้ยากเมื่อ pH ของดินสูงขึ้น และละลายได้น้อยที่สุดเมื่อดินเป็นกลาง ปัญหาเกี่ยวกับการขาดแมงกานีสมักเกิดขึ้นในดินที่มีระดับ pH 6.5 - 8.0 แต่ดินทั่วไปมักจะมีเหล็กและแมงกานีส ค่อนข้างเพียงพอ ยกเว้นดินทรายที่มีธาตุทั้งสองอยู่

ธาตุสังกะสีในดิน จะอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ดี เมื่อดินเป็นกรด pH ประมาณ 5.0 แต่ที่ pH 6.5 สังกะสีในดินจะละลายน้ำได้น้อยลง ทำให้พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ยากขึ้น แต่พอระดับ pH ของ ดินสูงกว่า 7.0 สังกะสีจะเปลี่ยนสภาพจาก cation เป็น anion (zincate ion) แต่

ถ้าดินเป็นด่าง และมีแคลเซียมมาก จะอยู่ในรูป calcium zincate ซึ่งละลายน้ำได้ยากเช่นกัน แต่ถ้าเป็นด่างแล้วมีโซเดียมมากจะอยู่ในรูป sodium zincate ซึ่งละลายน้ำได้ง่ายและเป็นประโยชน์ต่อพืช

ส่วนธาตุทองแดง ไม่ค่อยเกี่ยวข้องกับ pH ของดินเท่าใดนัก ในดินที่เป็นกรดทองแดงจะละลายได้ดีกว่าดินที่เป็นด่าง

การแก้ดินที่เป็นกรดจัด ด้วยการใส่ปูนขาวลงไปในดิน จะทำให้ระดับโบรอน ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เนื่องจากดินที่เป็นด่าง จะทำให้เกิดการตรึงโบรอน (boron fixation)

โมลิบดินัมอยู่ในรูปของ anion พืชดูดไปใช้ในรูปของ molypdate โมลิบดินัมละลายน้ำได้ดีเมื่อ pH สูงขึ้น ตรงข้ามกับพวก เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี พืชตระกูลถั่วที่ปลูกในดินที่เป็นกรด มักแสดงอาการขาดธาตุโมลิบดินัม การปรับระดับ pH ให้สูงขึ้น ด้วยการใส่ปูนขาว สามารถช่วยยกระดับของโมลิบดินัมได้ และเป็นประโยชน์ต่อพืช

การใช้ปูนแก้ความเป็นกรดของดิน

การแก้ความเป็นกรดของดินโดยไม่ใช้ด่าง แต่ใช้ปูนเพราะปูนมีราคาถูกกว่า ปูนที่ใช้อยู่ในรูปของสารประกอบออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ และคาร์บอเนตของแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) จะไม่ใช้ในรูปของซัลเฟต และคลอไรด์ เพราะเป็นเกลือของกรดแก่ ซึ่งเมื่อใส่ในดินที่เป็นกรดแล้ว จะไม่มีสมบัติเป็นด่างเหมือนอย่างที่เป็นเกลือของกรดอ่อน

ชนิดของปูนที่ใช้ในการเกษตร ได้แก่ CaO และ MgO ซึ่งเตรียมได้จากการนำหินปูนหรือเปลือกหอย มาเผา จะได้ Ca และ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ความบริสุทธิ์ของออกไซด์พวกนี้ จะอยู่ระหว่าง 85 - 98 % เมื่อนำออกมาจากเตาเผาใหม่ๆ ยังคงรูปก้อนหินเดิม และมีความแข็ง จะต้องใช้เครื่องบดให้เป็นผงจึงจะนำไปใช้ได้

พวกแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ หรือเรียกกันว่าปูนขาวหรือ slaked lime เตรียมโดยการนำหินปูนมาเผาให้เป็นออกไซด์ เมื่อเย็นแล้วพรมน้ำให้ชุ่ม ทำให้ CaO นั้นยุ่ยแตกออกมาเป็นผงโดยไม่มีการบดแต่อย่างใด ปูนขาวนี้มีความบริสุทธิ์ 95 - 96 %

พวกหินปูนและโดโลไมท์ ได้มาจากภูเขาหินปูน ซึ่งหินเหล่านี้มีโรงงานย่อยหินให้มีขนาดเล็ก เพื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้างถนน หรือผสมคอนกรีต หินปูนที่ตกค้าง หรือที่เรียกว่าหินฝุ่นนี้ เมื่อถูกร่อนด้วยตะแกรงขนาด 60 mesh ก็สามารถนำไปใช้แก้ความเป็นกรดของดินได้ ความบริสุทธิ์ของหินปูนชนิดนี้ ประมาณ 75 - 99 %

CaO 100 กรัม สามารถทำปฏิกิริยากับกรด ให้เป็นกลาง ได้เท่ากับ $CaCO_3$ 178.6 กรัม

หินปูนชนิดเดียวกันและมาจากแหล่งเดียวกัน ถ้ามีความหยาบละเอียดต่างกัน ความรวดเร็วในการแก้ความเป็นกรดของดินจะต่างกัน และมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชต่างกัน ขนาดของหินปูนที่มีความละเอียดมากจะทำปฏิกิริยาได้เร็ว แก้ความเป็นกรดได้รวดเร็ว แต่ขนาดของหินปูนไม่ควรละเอียดมากจนเกิน 100 mesh เพราะจะทำปฏิกิริยาเร็วเกินไป และการบดละเอียดมาก จะต้องลงทุนสูงเพราะเครื่องมือมีราคาแพง

การใส่ปูนแก้ดินเป็นกรด ควรใส่ปูนที่มีขนาดละเอียดระดับ 100 mesh สัก 50 % คละกับขนาดที่โตขึ้นมา อีก 50 % เพื่อให้การทำปฏิกิริยาค่อยๆเกิดขึ้นอย่างช้าๆ และดำเนินไปเป็นเวลานานๆ

การแก้ความเป็นกรดของดินให้หมดไปนั้น จะต้องพิจารณาทั้ง active acidity (ซึ่งวัดออกมาเป็นค่า pH ในขณะที่ทำการวัด H^+ ใน soil solution โดยใช้ pH meter) กับ potential acidity ของดินที่ยังมีความเป็นกรดอยู่แต่อนุมูลกรดยังไม่ได้ถูกปลดปล่อยออกมา เรียกว่าเป็นการคำนวนหา lime requirement ของดิน ว่าดินนั้นมีความเป็นกรดอยู่เท่าใด (total acidity)

การหาความเป็นกรดทั้งหมดของดิน ใช้วิธีที่เรียกว่า serial titration วิธีหานั้นกระทำโดยการนำตัวอย่างดิน ที่จะหาความเป็นกรด มาชั่งให้น้ำหนักเท่ากัน ประมาณ 5 ตัวอย่าง เติมน้ำกลั่นพร้อมด่างในปริมาณต่างๆกัน ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนแล้วนำไปวัดค่า pH นำค่า pH มา plot ได้กราฟ ซึ่งบอกความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า pH ของดินกับ ปริมาณด่าง

ถ้าต้องการยกระดับ pH ของดินให้สูงถึง pH ใด ก็ลากเส้นไปตัดกราฟ ทำให้ทราบค่าของปริมาณด่าง $Ca(OH)_2$ ที่ใช้ เป็น mole ของด่าง / ดิน 10 กรัม และเมื่อต้องการจะทราบว่า ในพื้นที่ 1 ไร่นั้น จะต้องใช้ปูนขาวแก้ความเป็นกรดของดิน ในระดับความลึกขนาดไหน จำนวนเท่าไรก็สามารถคำนวณได้

ประโยชน์ของปูนที่มีต่อพืช

1. เพิ่มระดับของ แคลเซียมและ แมกนีเซียมที่มากับปูนให้แก่พืช
2. สิ่งที่เป็นพิษต่อพืชอันเนื่องมาจากดินเป็นกรดลดลง
3. โรคพืชบางชนิดลดความรุนแรงลง

4. ระดับธาตุอาหารบางชนิดถูกปลดปล่อยออกมามากขึ้น และพืชนำไปใช้ได้ ช่วยให้การเจริญเติบโตของพืชดีขึ้น

5. สามารถช่วยให้การทำกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินดีขึ้น

<u>ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช</u> (Essential Elements)

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชนั้น สามารถทราบได้ ด้วยการวิเคราะห์ว่า ในต้นพืชทั้งต้น หรือบางส่วนนั้น มีธาตุอะไรเป็นองค์ประกอบอยู่บ้าง ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตในระยะต่าง ๆ ของพืชโดยตรง สามารถสรุปได้ว่า ธาตุอาหารทั้ง 16 ชนิดที่ จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช ได้แก่

คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และคลอรีน

(C , H , O , N , P, K , Ca , Mg , S , Fe, Mn , Zn , Cu , B , Mo และ Cl)

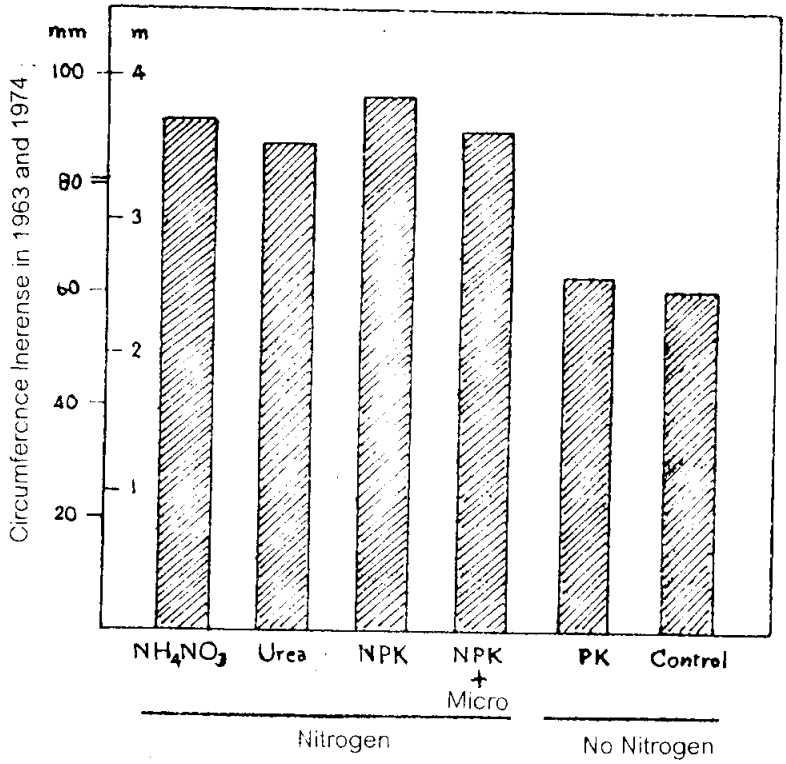
ธาตุอาหารที่ได้จากน้ำและอากาศ

พืชได้รับ C และ O จากอากาศโดยตรง C เข้าสู่พืชในรูปของ CO_2 ทางปากใบ ส่วน O_2 จะเข้าทางปากใบและทางผิวราก ส่วน H นั้นได้จากการที่พืชดูดน้ำ และได้จากไอน้ำที่เข้าทางช่องเปิดต่าง ๆ ของพืช ส่วนธาตุที่เหลืออีก 13 ธาตุ ได้มาจากดิน ยกเว้น N ซึ่งรากพืชที่มีจุลินทรีย์ ตรึงได้จากอากาศ

ประมาณ 94 - 99.5 % ของน้ำหนักสดของพืช ประกอบขึ้นมาจากธาตุ C , H , O เหลือเพียง 0.5 - 6 % ที่ได้มาจากดิน ที่มีบทบาทสำคัญเป็นตัวกำหนดการเจริญเติบโตของพืช และสภาพล้อมของพืช มักจะไม่ขาดธาตุอาหารทั้งสามชนิดดังกล่าว ยกเว้นสภาพอากาศหนาวเย็นมากๆ สภาพน้ำท่วมขัง สภาพที่มีโรคและแมลงศัตรูรบกวน

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืชที่ได้จากดิน

ธาตุอาหารที่พืชต้องการในปริมาณมากเรียกว่า macronutrient elements มีอยู่ 6 ธาตุ ได้แก่ N , P , K , Ca Mg และ S ดินทั่วๆไปมักจะมี N , P และ K ไม่เพียงพอต่อความต้องการ



รูปที่ 12.1 การเจริญเติบโตของลำต้นโอ๊ค กับการใช้ปุ๋ย N และไม่ใช้ N (ใส่ N อัตรา 3 กก./ 100 ม^2) (Bernatzky ,1980)

ของพืช ส่วน Ca , Mg และ S มักจะมีอย่างเพียงพอ แต่บางครั้งอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ พวก NPK อาจจะเรียกได้อีกอย่างหนึ่งว่า ธาตุปุ๋ย (fertilizer elements) เพราะดินมักจะขาดธาตุ NPK ส่วนธาตุปูน (lime elements) เป็นธาตุที่ใส่ลงไปในรูปของปูน เช่น หินปูน ปูนขาว เป็นต้น ธาตุกลุ่มนี้ได้แก่ Ca และ Mg

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของพืช แต่พืชต้องการในปริมาณน้อยนั้น เรียกว่า micronutrient elements หรือ จุลธาตุ พวกจุลธาตุที่มีอยู่ในดิน มีค่อนข้างน้อยยกเว้นธาตุเหล็ก และอัตราที่จะเปลี่ยนไปเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ค่อนข้างช้า และการปลูกพืชติดต่อกันเป็นเวลานาน จุลธาตุอาจจะมีไม่เพียงพอ โดยเฉพาะดินทราย ดินอินทรีย์วัตถุ และดินที่เป็นด่างจัด เพราะธรรมชาติของดินทราย และดินอินทรีย์วัตถุมีจุลธาตุน้อย ส่วนดินที่เป็นด่างมีจุลธาตุมาก แต่ไม่อยู่ในรูปที่พืชจะนำไปใช้ได้

สารประกอบของธาตุอาหารที่พบในดิน

รูปของสารประกอบของธาตุอาหารที่พบในดินมี 2 พวก คือ

1. พวกที่พืชใช้ประโยชน์ไม่ได้ทันที ได้แก่สารประกอบที่อยู่ในรูปโมเลกุลขนาดใหญ่ มีหลายธาตุ โครงสร้างของโมเลกุลสลับซับซ้อน และอณูของธาตุต่างๆจับกันแน่น ไม่อาจละลายน้ำได้ง่ายๆ ได้แก่ หินและแร่ต่างๆ ที่ให้กำเนิดดิน

2. พวกที่พืชใช้ประโยชน์ได้ทันที ได้แก่ สารประกอบที่มีโครงสร้างง่ายๆ อนูของธาตุแยกเป็นอนุมูล หรือ ไอออนได้ง่าย ละลายน้ำได้ง่าย อยู่ในรูปของเกลือของธาตุอาหาร หรืออยู่ในรูปสารละลายในดิน พวกที่ละลายน้ำได้ดี ก็มีโอกาสถูกชะล้างไปกับน้ำได้ง่าย หรือไม่ก็ถูกจุลินทรีย์ในดินเอาไปใช้

การเปลี่ยนรูปของธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ได้

1. ไนโตรเจน

ธาตุอาหารที่อยู่ในรูปของสารประกอบอินทรีย์ หรืออินทรีย์วัตถุนั้น จะถูกปลดปล่อยออกมาทีละน้อย ไนโตรเจนและกำมะถัน จะถูกปลดปล่อยออกมาได้ง่ายกว่าฟอสฟอรัส

เพราะฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไวต่อการเปลี่ยนรูป อินทรีย์วัตถุนี่เอง เป็นแหล่งใหญ่ของอาหารธาตุไนโตรเจนและกำมะถัน

โดยทั่วไปแล้ว อินทรีย์วัตถุมีไนโตรเจนประมาณ 5 % จากอินทรีย์วัตถุ ที่ถูกย่อยด้วย enzyme โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ ได้เกลือ แอมโมเนีย (ammonium salt) และถูกย่อยอีกสองขั้นตอน ได้เกลือไนไตรท์และเกลือไนเตรต ซึ่งพืชนำไปใช้ประโยชน์ได้

ถ้าอินทรีย์วัตถุในดิน มีคาร์บอนมาก เมื่อเทียบกับไนโตรเจน (C / N ratio สูง) ทำให้จุลินทรีย์ได้พลังงานมาก เพิ่มจำนวนมาก จำเป็นต้องใช้ไนโตรเจนมาก และไนโตรเจนในอินทรีย์วัตถุไม่พอ จำเป็นต้องดึงไนโตรเจนที่ได้จากปฏิกิริยา คือดึงจากเกลือแอมโมเนียและไนเตรตมาใช้ จึงทำให้พืชและจุลินทรีย์ แย่งไนโตรเจนกัน พืชอาจแสดงอาการขาดไนโตรเจนได้ แต่เป็นเพียงระยะเวลาไม่นานนัก เมื่อไนโตรเจนมีปริมาณลดลง จุลินทรีย์ตายไปบางส่วน จนถึงจุดสมดุลกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดการปลดปล่อยแอมโมเนียและไนเตรตในดิน ซึ่งเป็นผลดีต่อพืช

ไนโตรเจนมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ไนโตรเจนเป็นตัวที่ช่วยให้พืช สร้างโปรตีนอย่างเพียงพอ พืชทุกชนิดต้องมีโปรตีน เพราะโปรตีนเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของโปรโตพลาสซึม อะมิโนแอซิด และเอนไซม์ คลอโรฟิลล์ และอื่นๆ มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยให้ พืชเจริญเติบโตและแข็งแรง ใบมีสีเขียวเข้ม คุณภาพของคอก และผลดี

แต่ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอ จะทำให้ใบมีสีเหลือง ปลายใบและขอบใบจะค่อยๆแห้ง ใบร่วงก่อนกำหนด ลำต้นสูง กิ่งก้านลีบ เล็ก มีกิ่งก้านสาขาน้อย โตช้า ผลผลิตต่ำ และถ้าได้รับไนโตรเจนมากเกินไป ทำให้คุณภาพของ เมล็ด ผล และใบเสื่อมคุณภาพ พืชแก่ช้าอย่างผิดปกติ เพราะไนโตรเจนส่งเสริมให้เจริญทางกิ่งก้านสาขา ไม่สร้างดอก ลำต้นอ่อน ล้มง่าย ความต้านทานต่อโรคและแมลงลดลง

2. **ฟอสฟอรัส**

ในอินทรีย์วัตถุมีฟอสฟอรัส เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัว จะให้สารประกอบฟอสฟอรัส ในรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในอินทรีย์วัตถุ มีปริมาณน้อย อีกทั้งในดินก็มีน้อย โดยเฉลี่ยแล้วบริเวณเปลือกโลกมีฟอสฟอรัสเฉลี่ย 0.12 % ดินพวก mineral

soil มี P ประมาณ 0.02 - 0. 5 % เป็นพวก organic phosphorus 3 % ที่เหลือเป็นพวก inorganic phosphorus 97 %

ฟอสฟอรัสนั้นเมื่อเทียบกับแร่อื่นๆในดิน ไม่ค่อยจะละลายน้ำ นอกจากนั้น ฟอสฟอรัส ยังถูกพวกจุลินทรีย์นำไปใช้อีกด้วย ฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ไวต่อการทำปฏิกิริยา ทำให้เปลี่ยนรูปเป็นสารฟอสเฟต หรือถูกตรึงอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ไม่ได้ เช่น ถูกตรึงอยู่ในรูปเหล็ก หรืออลูมินัมฟอสเฟต ในสภาพดินเป็นกรด หรือถูกตรึงอยู่ในรูปแคลเซียมฟอสเฟต ในสภาพดินเป็นด่าง

ความสำคัญของฟอสฟอรัสมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของ phospholipids ที่ทำหน้าที่เป็นแหล่งพลังงาน phospholipid มักจะสะสมอยู่ในเมล็ด จะถูก metabolized ให้พลังงานในการงอกของเมล็ด ฟอสฟอรัสยังเป็นองค์ประกอบของ phytin (phytic acid) ที่ใช้ในการสร้างพลังงาน ATP (adenosine triphosphate)

นอกจากนั้นฟอสฟอรัสยังเป็นองค์ประกอบของ phophorylated sugar และ nucleoproteins , nucleic acid , pyridine nucleotide , prosthetic group ซึ่งสารดังกล่าว มีบทบาทในขบวนการสร้างพลังงานให้แก่พืช เพื่อการเจริญเติบโต

อิทธิพลของฟอสฟอรัสต่อการเจริญเติบโตของพืช มีดังนี้

- ช่วยให้รากพืชดูดโพแทสเซียมได้ดีขึ้น
- ช่วยแก้ไขสถานการณ์ที่พืชได้รับไนโตรเจนมากเกินไป
- ช่วยให้ระบบรากแข็งแรง
- มีผลต่อการออกดอกและการแก่ของผล
- ช่วยให้พืชสร้างความต้านทานต่อโรคบางชนิด

ลักษณะอาการที่พืชได้รับฟอสฟอรัสไม่เพียงพอ

- ต้นแคระแกรน การเจริญเติบโตถูกจำกัด
- ระบบรากไม่เจริญ
- การออกดอกและติดผลมีขนาดเล็กไม่สมบูรณ์
- ใบและลำต้นมีสีม่วงในพืชบางชนิด

3. โพแทสเซียม

โพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่ อยู่ในรูปของแร่ประมาณ 90 - 98 % อีก 2 - 10 % อยู่ในรูปของ cation ซึ่งสลายตัวอย่างช้าๆและ ให้สารประกอบโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ง่าย

ในดินที่มีกรดอยู่เช่นกรด คาร์บอนิก กรดอินทรีย์ ช่วยทำให้แร่โพแทสเซียมสลายตัวได้เร็วขึ้น บทบาทของโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตของพืช นั้นมีดังนี้

- ขบวนการสร้างน้ำตาลและแป้ง
- การเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาล
- ขบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ
- ปริมาณกรดอินทรีย์และส่วนของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีน
- โครงสร้างของเอนไซม์
- ความต้านทานโรค

ถ้าพืชขาดโพแทสเซียม จะทำให้ขอบใบมีสีซีด (chlorosis) ระหว่างเส้นใบมีจุดสีน้ำตาลแห้ง การเจริญเติบโตของรากลดลง ต้นพืชล้ม (lodging) ลำต้นอ่อน ผลผลิตลดลง

4. แคลเซียมและแมกนีเซียม

แคลเซียม และ แมกนีเซียม จะละลายในน้ำ ที่มีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือ กรดคาร์บอนิก จะได้แคลเซียม และ แมกนีเซียมไบคาร์บอเนต ซึ่งละลายน้ำ อยู่ในสารละลายในดิน ส่วนใหญ่ทั้งแคลเซียม และแมกนีเซียม จะถูกยึดไว้ที่ผิวของสารคอลลอยด์ในดิน และ สามารถถูกไล่ที่ หรือหลุดออกมาได้ ถ้าใส่เกลือของแคลเซียมและแมกนีเซียมลงไปในดิน

ความสำคัญของแคลเซียม ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีดังนี้

- จำเป็นในการแบ่งเซลล์
- เป็นตัวแก้ฤทธิ์ของสารพิษ ให้กลายเป็นแคลเซียม ออกซาเลท ที่ไม่มีพิษ
- เป็นตัวต้านฤทธิ์ของสารออกซิน เพื่อไม่ให้เซลล์ขยายตัวอย่างผิดปกติ
- มีผลต่อการสร้างโปรตีน
- เป็นตัวแก้ฤทธิ์หรือทำลายพิษของ Cu^{++} เมื่อพืชดูด Cu เข้าไปมาก
- เพิ่มอัตราส่วนระหว่าง Ca : K
- มีส่วนในการเคลื่อนย้าย คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน

- ส่งเสริมการเกิดปมที่รากถั่ว

ลักษณะอาการที่พืชขาดแคลเซียม

เนื่องจาก แคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้ อาการขาดธาตุจึงมักแสดงออกมาที่ใบ ใบอ่อนบิดเบี้ยว ปลายใบงอกลับเข้ามาในลำต้น ขอบใบจะม้วนลงข้างล่าง ตามขอบใบจะขาดเป็นริ้วๆ หยักไม่เรียบ ระยะต่อมา ใบจะแห้งขาว หรือมีสีน้ำตาล หรือเป็นจุดสีน้ำตาลตามขอบใบ ส่วนยอดจะแห้งตาย ระบบรากไม่เจริญ รากสั้น ไม่มีเส้นใย และมีลักษณะเหนียวคล้ายวุ้น

ต้นข้าวโพดถ้าขาดแคลเซียมส่วนยอดไม่โผล่ ใบม้วนงอ ส่วนใหญ่พืชที่ขาดแคลเซียมแล้ว มักแสดงอาการที่ยอดและใบ ส่วนยอดจะตาย และเกิดอาการกิ่งแห้ง (die back)

การแก้ปัญหาดินขาดแคลเซียม

การใช้ปุ๋ยคอกใส่ลงไปในดิน ก็จะให้แคลเซียมแก่ดินในปริมาณที่มากพอควร เพราะในปุ๋ยคอกนั้นมีแคลเซียมที่ได้มาจากอาหารเลี้ยงสัตว์

5. **แมกนีเซียม**

ปริมาณแมกนีเซียมในดินจะแตกต่างกันมาก โดยเฉลี่ยแล้วผิวโลกมีแมกนีเซียม 1. 93 % ดินที่มีการชะล้างน้อย จะมีแมกนีเซียมอยู่มาก ดินที่ละเอียดจะมีแมกนีเซียมมากกว่าดินที่หยาบ รูปของแมกนีเซียมในดินอยู่ในรูปของแร่และหิน เช่น หินปูน (limestone) มีแมกนีเซียมประมาณ 5 % นอกจากนั้น แมกนีเซียมยังอยู่ในรูปของ พวกเกลือซัลเฟตและคลอไรด์ ที่ละลายน้ำได้ดีมาก

แมกนีเซียม มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชดังนี้

- เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์
- เป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยา phosphorylation
- เป็นตัวทำให้พลาสมา (plasma) แขวนลอย พองตัว
- เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ให้เกิดเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต และ วงจรการเกิดกรดซิตริก ซึ่งใช้ในขบวนการหายใจของเซลล์

ลักษณะอาการขาดธาตุแมกนีเซียมของพืช

อาการขาดธาตุแมกนีเซียมในพืชแต่ละชนิด แสดงอาการแตกต่างกัน แต่มักแสดงอาการที่ใบล่าง เพราะธาตุแมกนีเซียมเคลื่อนที่ได้ภายในพืช เมื่อพืชขาดแมกนีเซียม สารประกอบแมกนีเซียมจะถูก metabolize ให้แมกนีเซียมอิสระ และถูกนำไปให้ส่วนที่กำลังเจริญเติบโต ทำให้

ใบล่างแสดงอาการขาดธาตุแมกนีเซียมก่อน โดยใบล่างมีสีเหลืองซีด แต่เส้นใบยังเขียวอยู่ ต่อไปจะเปลี่ยนเป็นสีขาว น้ำตาล และตายในที่สุด อาจจะมีจุดขาวกระจายทั่วใบแก่ และใบเปราะหักง่าย

ปริมาณแมกนีเซียมในพืช

แมกนีเซียมในพืชอยู่ในรูปของ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ประมาณ 0.2 - 5 % แมกนีเซียมจะอยู่ในส่วนที่เป็นสีเขียว ช่วงที่พืชกำลังติดผล จะทำให้แมกนีเซียมจากใบไปอยู่ที่ผล ทำให้ใบมีแมกนีเซียมต่ำลง

ปริมาณแมกนีเซียมในดิน

ปริมาณแมกนีเซียมในดินแต่ละชนิด จะแตกต่างกัน โดยเฉลี่ยผิวโลกมีแมกนีเซียมประมาณ 1.93 %

การแก้ปัญหาดินขาดแมกนีเซียม

โดยการใส่ปุ๋ยคอก เศษเหลือของพืช หรือใส่ หินปูนโดโลไมท์ หรือ แมกนีเซียมซัลเฟตทำให้พลาสมาแขวนลอย ไม่ให้เกิดจุดขาวหรือ narcotic spot แคลเซียม มีส่วนในการสร้างน้ำมันเมื่อรวมกับกำมะถัน

6. **กำมะถัน**

ผิวโลกมีกำมะถันอยู่ประมาณ 0.06 % ซึ่งอยู่ในรูปของซัลไฟด์ และซัลเฟต และอยู่รวมกับคาร์บอน และไนโตรเจน ในสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ แต่กำมะถันในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอินทรีย์วัตถุ นอกจากดินบางแห่งที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น เช่น กรุงเทพฯ ซึ่งจะพบกำมะถันอยู่ในรูปของแร่ ยิปซัมเป็นจำนวนมากในดิน

ปริมาณกำมะถันในพืช จะไม่สะสมอยู่ในส่วนใดส่วนหนึ่งของพืช แต่จะกระจัดกระจายไปทั่วทั้งต้นกำมะถันส่วนใหญ่อยู่ในรูปของอินทรีย์วัตถุ และได้จากการสลายตัวของแร่ไพไรท์ (pyrite , FeS) หรือได้จากดินชายฝั่งทะเล ที่มีแคลเซียมซัลเฟตตกตะกอนทับถมอยู่ กำมะถันที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ จะถูกจุลินทรีย์ ย่อยทำลาย ให้เกิดเป็นสารอนินทรีย์ เช่นเดียวกับกรณีของไนโตรเจน

การแก้ปัญหาการขาดกำมะถันในดิน กระทำได้โดยใส่อินทรีย์วัตถุลงไป เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น หรืออาจจะใช้กำมะถันผงในกรณีที่ดินเป็นด่าง หรือใส่ยิปซัมซึ่งมีกำมะถันอยู่ประมาณ 18 % การใส่กำมะถันผงมากเกินไป จะทำให้ดินเป็นกรดจัดได้

ความสำคัญของกำมะถันที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

- จำเป็นต่อการสร้างโปรตีน และอะมิโนแอซิดบางชนิด ที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น cystine และ methionine เป็นต้น
- เป็นองค์ประกอบของไวตามินบี และ coenzyme A และ coenzyme อีกบางชนิด
- กำมะถันเป็นสารประกอบของสารที่ระเหยได้ในพืช เช่น พืชตระกูล mustard หอม กระเทียม กล่ำปลี เป็นต้น
- เพิ่มปริมาณน้ำมันในพืช เช่น ฝ้าย และถั่วเหลือง เป็นต้น

ลักษณะอาการที่พืชขาดธาตุกำมะถัน

พืชที่ขาดธาตุกำมะถัน ใบของพืชจะมีสีเขียวอ่อนหรือเหลือง คล้าย ๆ กับขาดธาตุไนโตรเจน ยอดชะงักการเจริญเติบโตซึ่งเป็นอาการที่เด่นชัด จะเริ่มมีสีเหลืองที่ส่วนยอดลงไป แต่ใบล่างจะไม่แห้งเหมือนขาดไนโตรเจน กำมะถันเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่

ปริมาณกำมะถันในพืช

กำมะถัน จะไม่สะสมที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชโดยเฉพาะ แต่จะกระจัดกระจายทั่วไปทั้งต้น กำมะถันในเมล็ดจะมีเพียงครึ่งหนึ่งของฟอสฟอรัส แต่ในตอซังจะมีกำมะถันเป็นสองเท่าของฟอสฟอรัส พืชพวกตระกูลถั่ว กล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง หอม กระเทียม และไม้ดอกบางชนิดต้องการกำมะถันมาก ฝ้าย ยาสูบ มันฝรั่งต้องการรองลงมา

ปริมาณกำมะถันในดิน

โดยเฉลี่ยแล้วมีกำมะถันบนผิวโลกประมาณ 0.06 % ซึ่งอยู่ในรูปของซัลไฟด์ และ ซัลเฟต และอยู่รวมกับสารประกอบคาร์บอน และไนโตรเจนในสารประกอบอินทรีย์ต่างๆ กำมะถันในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปอินทรีย์วัตถุ ดินที่มีระดับน้ำใต้ดินตื้น จะมีกำมะถันอยู่ในดินล่างมาก เช่น กรุงเทพฯ ซึ่งจะพบกำมะถันในรูปของแร่ยิปซัม

โดยปกติแล้วดินที่มีความชุ่มชื้น จะมีกำมะถันอยู่ระหว่าง 0.01 - 0.14 % เฉลี่ยประมาณ 0.05 % ดินที่มีการถ่ายเทอากาศดี กำมะถันจะถูกปลดปล่อยออกมาในรูปของซัลเฟต โดยถูก reduced เป็น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ แล้วจึงถูกออกซิไดซ์ให้เป็นซัลไฟด์ และซัลเฟต ตามลำดับ เนื้อดินที่ละเอียดจะมีกำมะถันมากกว่าดินหยาบ เพราะดินหยาบถูกชะล้างกำมะถันออกไปได้ ง่ายกว่าดินละเอียด

การแก้ปัญหาขาดกำมะถันในดิน

การใส่อินทรีย์วัตถุลงไปเช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น สามารถช่วยเพิ่มกำมะถันในดินได้ การใส่ผงกำมะถันต้องระวังเรื่องดินเป็นกรด

จุลธาตุ

จุลธาตุ (trace element , minor element หรือ micrantrient element) หมายถึงธาตุที่พืชต้องการหรือจำเป็นต่อการเจริญเติบโต แต่ต้องการในปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม และ คลอรีน

จุลธาตุมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ถึงแม้ว่าพืชจะมีความต้องการจุลธาตุในปริมาณน้อยก็จริง แต่ดินบางชนิดมีจุลธาตุไม่เพียงพอ ประกอบกับจุลธาตุนั้นถูกพืชดูดเอาไปใช้ทุกปี ๆ ก็ทำให้พืชขาดธาตุนั้น ๆ ได้เช่นกัน ในทางกลับกันดินบางชนิดมีจุลธาตุมากเกินความจำเป็น ก็มีผลกระทบ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชผิดปกติได้เช่นกัน

แหล่งกำเนิดของจุลธาตุ

ปริมาณของจุลธาตุในดินแต่ละแห่งนั้นแตกต่างกัน ธาตุเหล่านี้มีอยู่น้อยในดินและหิน ยกเว้นธาตุ เหล็กและแมงกานีส ในขบวนการการเกิดดิน พวกจุลธาตุก็เปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับ ธาตุรอง ในรูปของออกไซด์หรือซัลไฟด์ของจุลธาตุเหล่านั้น เช่น ออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ซึ่งจะถูกปลดปล่อยออกมาจากขบวนการแปรสภาพ (weathering process) และถูกคอลลอยด์ของดินดูดซับไว้ ในรูปของประจุบวก ส่วนจุลธาตุที่มีประจุลบ เช่น โบรอน ในรูปของโบเรต (borate) และโมลิบดินัม ในรูปของโมลิบเดต (molypdate) จะถูกดูดซับได้น้อย หรือทำปฏิกิริยาในดินเช่นเดียวกับฟอสเฟต ส่วนคลอรีนละลายน้ำได้ดี ถูกชะล้างสูญหายไปกับน้ำ น้ำฝนที่ตกลงมาก็มีคลอรีนปนอยู่ด้วย

ลักษณะทั่วไปของดินที่ขาดจุลธาตุ

ดินที่ขาดจุลธาตุมีสภาพดังนี้

- ดินทรายเป็นกรดและถูกชะล้างมาก
- ดินอินทรีย์วัตถุ
- ดินที่มี pH สูงมาก

- ดินที่เพาะปลูกพืชตลอดเวลาและใส่ปุ๋ยธาตุรองมาก

จุลธาตุสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

1. โบรอน

พืชแต่ละชนิดจะมีปริมาณโบรอน เป็นองค์ประกอบอยู่แตกต่างกัน พืชทั่วไปจะมีโบรอนอยู่ระหว่าง 3 - 100 ppm ต่อน้ำหนักแห้ง พืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีโบรอนประกอบอยู่ น้อยกว่าพืชใบเลี้ยงคู่ ปริมาณของโบรอนในดินนั้นแตกต่างกัน โดยทั่วไปมีอยู่ประมาณ 20 - 200 ppm หรือมากกว่า ดินส่วนใหญ่จะมีโบรอนอยู่ระหว่าง 30 - 40 ppm ในรูปของแร่ทัวร์มาลีน (tourmaline) ในทางการเกษตร การใส่ปุ๋ย อินทรีย์วัตถุ และฝนตก ช่วยให้ดินได้รับโบรอนเช่นกัน

หน้าที่ของโบรอนโดยสังเขปมีดังนี้

- โบรอนช่วยให้พืช นำเอาแคลเซียมไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยให้พืชใช้ธาตุโพแทสเซียมได้มากขึ้น
- โบรอนมีบทบาทในการสร้างโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และเป็นตัวควบคุมสัดส่วนของโพแทสเซียมกับแคลเซียม
- โบรอนช่วยให้พืชดูดกินไนโตรเจนได้ดี และเป็นธาตุจำเป็นต่อการแบ่งเซลล์ของพืช
- โบรอนเป็นตัวช่วยขนย้ายน้ำตาล และมีส่วนช่วยในขบวนการเมตาโบลิซึม ของไนโตรเจน คาร์โบไฮเดรต ฮอร์โมน ไขมัน และฟอสฟอรัส
- โบรอนมีอิทธิพลต่อการงอกของหลอดสืบพันธุ์ (pollen tube) ของละอองเรณู

อาการขาดธาตุโบรอนของพืช

อาการขาดธาตุโบรอนของพืช จะแสดงออกที่ส่วนยอด เพราะโบรอนเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ ทำให้ส่วนยอดชะงักการเจริญเติบโต หรือแคระแกรน เกิดเป็นจุดสีน้ำตาลหรือดำ ที่ส่วนต่างๆของพืช หรือเกิดเป็นดวงสีน้ำตาลอยู่ภายนอกที่ส่วนต่างๆ ของพืช บางชนิดแสดงอาการ chlorosis ที่ใบ ทำให้ใบเหลืองซีด พืชตระกูลถั่วบางชนิด ลำต้น หัว และผล จะแตกเป็นร่อง ถ้าเกิดในไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม และไม้ดอก ส่วนยอดจะแห้งตาย การขาดโบรอนทำให้เนื้อเยื่อเจริญฉีก

ดินที่มีโบรอนไม่เพียงพอแก่การเจริญเติบโต แก้ไขได้ด้วยการใส่ผงบอแรกซ์ ซึ่งมีโบรอนประมาณ 10% การใส่ปุ๋ย อินทรีย์วัตถุ และฝนตก

2. <u>แมงกานีส</u>

ธาตุแมงกานีสที่มีอยู่ในดิน อยู่ในรูปของสารประกอบหลายชนิด แต่ละชนิด มีความสามารถในการละลายแตกต่างกัน ส่วนมากอยู่ในรูปของออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ ซึ่งอยู่ในรูปของแร่ไพโรลูไซต์ (pyrolusite) แมนไนต์ (mannite) เป็นต้น และอยู่ในรูปอินทรีย์วัตถุที่ยังไม่สลายตัว หรืออยู่ในรูปของเกลือต่างๆ ซึ่งถูกคอลลอยด์ของดินดูดซับไว้ โดยเฉลี่ยแล้วผิวโลกมีแมงกานีส อยู่ประมาณ 200 -3000 ppm

ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง มักจะมีแมงกานีสไม่เพียงพอ หรือดินที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่มาก ได้แก่ ดินพวก calcareous soil และดินทรายที่ถูกชะล้างเป็นเวลานาน ดินที่มีแร่แมงกานีส เมื่อมีสภาพเป็นกรด อาจจะละลายแมงกานีสออกมามากจนเป็นอันตรายต่อพืชได้ ปริมาณแมงกานีสในพืชนั้นแตกต่างกัน แต่ส่วนมากมักมีไม่เกิน 0.02 % ในพืชผักที่มีหัวจะมีแมงกานีส

ความสำคัญของแมงกานีสที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช

- มีบทบาทสำคัญในขบวนการ สังเคราะห์แสง
- เป็น activator ของ เอนไซม์หลายชนิด
- มีส่วนใน เมตาโบลิซึมของเหล็กและ ไนโตรเจน

อาการขาดแมงกานีสของพืช

เมื่อพืชขาดแมงกานีสจะแสดงอาการที่ใบ ใบจะมีสีเหลือง แต่เส้นใบสีเขียว มักจะเกิดที่ใบอ่อนก่อน บางทีเกิดเป็นจุดสีขาวหรือเหลืองบนใบพืช พุ่มของใบจะน้อย เนื่องจากมีใบไม่สมบูรณ์ การเจริญเติบโตช้าไม่ออกดอก แมงกานีสสะสมอยู่ในใบมากกว่าในเมล็ด พืชตระกูลหญ้ามีความไวต่อการขาดแมงกานีสมาก

ปริมาณแมงกานีสในพืช

พืชแต่ละชนิด มีแมงกานีสในปริมาณที่ต่างกัน โดยทั่วไป พืชจะมีแมงกานีสประกอบอยู่ไม่เกิน 0.02 % หรืออยู่ระหว่าง 1 - 2262 ppm

ปัจจัยควบคุมความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสในดิน มีดังนี้

1. ปฏิกิริยาของดิน ถ้า pH สูงกว่า 6.5 แล้ว ความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสจะน้อย ถ้าดินเป็นกรด ความเป็นประโยชน์จะมากขึ้น ยิ่งดินเป็นกรดจัด จะทำให้มีแมงกานีสมากเกินพอ

2. การถ่ายเทอากาศในดิน ดินที่มีน้ำท่วมขังจะมีแมงกานีสสูง เพราะแมงกานีสไม่ถูกออกซิไดซ์

3. ปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดิน ถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุมาก ก็จะปลดปล่อยแมงกานีสมาก ยิ่งมีจุลินทรีย์มาก ยิ่งปลดปล่อยแมงกานีสมาก

4. อุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิสูงแมงกานีสจะถูกปลดปล่อยออกมามาก

การแก้ไขดินขาดแมงกานีส

ใช้แมงกานีสซัลเฟต 25 % ใส่ลงไปในดินอัตรา 9 - 18 กก. / ไร่ หรือใช้แมงกานีสซัลเฟตที่เจือจาง 1 - 2 % ฉีดเข้าในใบ พืช ส่วนดินที่มีแมงกานีสมากเกินไป อาจแก้ไขโดยใช้ปูนขาว หรือปุ๋ยพวกฟอสเฟต

3. <u>เหล็ก</u>

เหล็กเป็นธาตุที่สาม ที่พบอยู่ตามผิวโลก ความสำคัญของธาตุเหล็ก ที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ

- เป็นองค์ประกอบและช่วยสร้างคลอโรฟิลล์
- ช่วยในการดูดสารอื่นๆ
- เป็นธาตุที่จำเป็นในการสังเคราะห์โปรตีน ที่อยู่ในคลอโรพลาสต์
- เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์ หลายชนิด
- เป็น catalyst ของปฏิกิริยา oxidation และ reduction ในพืช
- เป็นองค์ประกอบของ ไซโตรโครม ซึ่งอยู่ใน ไมโตรคอนเดรีย ซึ่งเป็นตัวจักรในขบวนการหายใจ

อาการขาดธาตุเหล็กของพืช

พืชแต่ละชนิด แสดงอาการขาดธาตุเหล็กแตกต่างกันไป แต่อาการขาดธาตุเหล็กจะแสดงออกที่ใบ ใบของพืชจะไม่มีคลอโรฟิลล์เกิดขึ้น ใบมีสีขาวและสีเหลือง ต่อมาจะตายจากยอดลงมา (die back) ใบล่างยังเขียวอยู่ เพราะธาตุเหล็กเป็นธาตุไม่เคลื่อนที่

ปริมาณของธาตุเหล็กในพืช

โดยทั่วไป พืชมีธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบอยู่ระหว่าง 10 - 100 ppm

รูปและปริมาณของธาตุเหล็กในดิน

ธาตุเหล็กในดินอยู่ในรูปของสารประกอบต่างๆหลายรูป แต่ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ ส่วนเหล็กที่อยู่ในรูปออกไซด์ไม่ละลายน้ำ ดินที่มี pH สูง หรือมีคาร์บอเนตมาก ทำให้พืชดูดเอาเหล็กไปใช้ได้ยาก หรือดินที่มีแมงกานีสอยู่มาก ก็เช่นเดียวกัน ถ้ามีเหล็กมากเกินไปก็เป็นพิษต่อพืชได้ ดินที่ระบายน้ำไม่ดี และถ่ายเทอากาศไม่ดี ทำให้เกิด ferrous compound เป็นพิษแก่พืช

ปัจจัยที่เกี่ยวกับการขาดเหล็กของพืช

- พันธุกรรมของพืช เช่น ถั่วเหลืองที่ปลูก แสดงอาการขาดธาตุเหล็ก แต่ต้นข้าวโพดไม่แสดงอาการ
- ปฏิกิริยาของดิน ดินเป็นด่าง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของเหล็กลดลง คือเหล็กตกตะกอนในรูปของเหล็กที่ไม่ละลายน้ำ
- cation ของ Mn Zn Cu และ K ถ้ามีมากจะทำให้พืชดูดเหล็กไปใช้ได้น้อยลง
- อนุมูลฟอสเฟต จะทำให้เหล็กตกตะกอนเป็นเหล็กฟอสเฟตในดิน ซึ่งไม่ละลายน้ำ และพืชเอาไปใช้ไม่ได้
- อนุมูลไบคาร์บอเนต เป็นตัวสำคัญมากที่ทำให้ขาดธาตุเหล็ก เพราะไปลดการหายใจของราก และลดการเคลื่อนย้ายของเหล็กจากรากไปยังใบ

การแก้ไขการขาดธาตุเหล็กของพืช

ดินที่พบว่าขาดธาตุเหล็กเสมอ คือดิน calcareous soil และ sandy soil การแก้ไข โดยการปรับ pH ให้ต่ำลงโดยใส่กำมะถัน หรือให้เหล็กในรูปของ chelate ทั้งทางดินและทางใบ ไม่ควรใส่อินทรีย์วัตถุลงไปในดิน calcareous soil แต่ในดินทรายใส่อินทรีย์วัตถุได้

4. <u>ทองแดง</u>

ทองแดงเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุทองแดงมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

- ทองแดงมีหน้าที่ทางอ้อมในการสร้างคลอโรฟิลล์ และช่วยป้องกันการทำลายคลอโรฟิลล์ ทำให้พืชมีอายุยืน
- ทองแดงเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด
- เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ทำหน้าที่ เร่งปฏิกิริยาในขบวนการออกซิเดชันต่างๆในพืช
- ทองแดงช่วยในขบวนการหายใจและให้พืชใช้เหล็กได้มากขึ้น
- ทำหน้าที่เป็นตัวพาอิเลคตรอนในเอนไซม์ ทำให้เกิดoxidation และ resuction ในพืช

ลักษณะอาการขาดมองแดงของพืช

ลักษณะอาการแห้งตาย หรือ die back เป็นอาการที่เกิดจากพืชขาดธาตุทอง-แดงอย่างหนึ่งนอกเหนือจากถูก โรคทำลายแล้ว โดยมีอาการที่ฐานใบและปลายใบ จะเกิดอาการแห้งและตาย

ปริมาณของทองแดงในพืช

ปริมาณของทองแดงในพืชแต่ละชนิดแตกต่างกัน จะอยู่ระหว่าง 1 - 560 ppm พืชที่มักจะขาดทองแดงได้ง่าย ได้แก่ ข้าวโพดหวาน ส้ม มะเขือเทศ ยาสูบ มันฝรั่ง หอม และผักกาดหอม

ปริมาณและรูปของทองแดงที่เกิดขึ้นในดิน

ผิวโลกมีทองแดงเฉลี่ย 100 ppm แต่ในดินทั่วไปมีทองแดงอยู่ระหว่าง 2 - 100 ppm ดินส่วนใหญ่มีทองแดงเพียงพอต่อความต้องการของพืช ยกเว้นดินเนื้อหยาบ และ พวก organic soil เช่น peat soil และ muck soil เป็นต้น การให้ธาตุทองแดงแก่พืช ด้วยการใส่ คอปเปอร์ ซัลเฟต (25 %ทองแดง) อัตรา 1.8 - 5.4 % / ไร่ ลงไปในดินหรือจะฉีด บอร์โด มิกเจอร์ (bordeaux mixture) ลงไปที่ใบพืช แต่ดินพุ ที่มี pH 5.5 ควรใช้ CuO ก็ให้ผลดีเช่นเดียวกับคอปเปอร์ ซัลเฟต

การเป็นพิษของทองแดง

ถ้าพืชได้รับทองแดงมากเกินไป การเจริญเติบโตลดลง ปริมาณเหล็กในพืชลดลงและอาจแสดงอาการขาดเหล็ก ดินปลูกส้มที่มีทองแดงมากกว่า 125 ppm และมี pH เท่ากับ 5 หรือต่ำกว่าจะแสดงอาการทองแดงเป็นพิษ ดังนั้นการใส่ บอร์โด มกเจอร์ ติดต่อกันนาน ๆ เพื่อควบคุมเชื้อราที่เข้าทำลายส้ม อาจทำให้ปริมาณทองแดงในดินมีมากเกินไปและแสดงความเป็นพิษต่อต้นส้มได้

5. <u>สังกะสี</u> (Zinc, Zn)

สังกะสีเป็นธาตุที่ยอมรับกันว่า มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มานานแล้ว ความสำคัญของธาตุสังกะสี ต่อการเจริญเติบโตของพืชมีดังนี้

- มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับ ฮอร์โมนการเจริญเติบโต
- มีส่วนในขบวนการขยายพันธุ์พืชบางชนิด
- มีบทบาทในการสร้างคลอโรฟิลล์
- เป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิด

ลักษณะของพืชที่แสดงอาการขาดธาตุสังกะสี

ถ้าพืชขาดธาตุสังกะสี จะยืดลำต้นได้ช้าเพราะพืชไม่ผลิต ออกซิน ใบเล็กและแคบ ไม่ติดผล เกิดอาการ chlorosis ใบแห้งตาย ต้นกาแฟถ้าขาดธาตุสังกะสีจะแสดงอาการดังกล่าวอย่างชัดเจน

ปริมาณสังกะสีในพืช

ในพืชมีปริมาณสังกะสีแตกต่างกัน จะอยู่ระหว่าง 2 - 360 ppm

ปริมาณและรูปของสังกะสีที่เกิดขึ้นในดิน

ปริมาณสังกะสีในดินมักจะมีน้อยกว่าธาตุอื่นๆ บนผิวโลกมีสังกะสีเฉลี่ย 80 ppm (ดินทั่วไป มี Zn ประมาณ 10 - 300 ppm

ปัจจัยที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของสังกะสี

1. pH เมื่อดินมี pH สูงกว่า 6

2. ปริมาณของฟอสเฟต การขาดสังกะสีมักเกิดจากดินมีฟอสเฟตสูงกว่าปกติ เพราะเกิดเป็น Zinc phosphate ที่ไม่ละลายน้ำ

3. ปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดิน สังกะสีจะถูกอินทรีย์วัตถุยึดไว้คล้าย chelate ทำปฏิกิริยากับอินทรีย์วัตถุลดความเป็นประโยชน์ของสังกะสีในดิน

4. การดูดซับของคอลลอยด์ในดิน สังกะสีในดินส่วนหนึ่งจะถูกคอลลอยด์ดูดซับไว้

การแก้ปัญหาดินขาดธาตุสังกะสี

การแก้ปัญหาดินขาดสังกะสีได้โดยใส่ สังกะสี ซัลเฟต ($ZnSO_4 . 7 H_2O$, 22 % Zn) ลงไปในอัตรา 2 - 10 กก./ ไร่ หรือฉีดสังกะสี ซัลเฟต ที่ใบ (10 ปอนด์ละลายน้ำ 100 แกลลอน) หรืออาจใช้พวก chelate ชนิดต่าง ๆ

6. <u>โมลิบดินัม</u> (molybdenum, Mo)

เป็นจุลธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมมากที่สุดในบรรดาจุลธาตุทั้งหลาย บทบาทของโมลิบดินัมต่อการเจริญเติบโตของพืช ถึงแม้จะมีน้อยแต่ก็พบเสมอ คือ

- เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการตรึงไนโตรเจน
- เป็นตัวก่อให้เกิด nitrogen metabolism
- เป็นตัวที่ทำให้พืชดูดไนโตรเจนได้ดี
- เป็นธาตุที่จำเป็นต่อขบวนการสร้างคลอโรฟิลล์และ เอนไซม์ บางชนิด

ปริมาณของโมลิบดินัมในพืช

พืชแต่ละชนิดมีโมลิบดินัมในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปโมลิบดินัมในพืชมีอยู่น้อยกว่าธาตุอื่น ๆ ประมาณ 0.01 - 8. 0 ppm

ปริมาณและรูปของโมลิบดินัมในดิน

โมลิบดินัมพบอยู่ในหินอัคนีในรูปของแร่ molybdenite (MoS_2) และแร่อื่น โดยเฉลี่ยผิวโลกมีโมลิบดินัมประมาณ 0.2 - 5 ppm ปกติดินทั่วไปมีโมลิบดินัมเพียงพอแก่ความต้องการของพืช แต่ดินเนื้อหยาบ และมีการชะล้างหน้าดิน ทำให้ธาตุโมลิบดินัมไม่เพียงพอแก่พืช การใช้ปูนขาวเพื่อปรับระดับความเป็นกรดก็ช่วยให้โมลิบดินัมที่ถูกยึดไว้ มีความเป็นประโยชน์มากขึ้น

ปัจจัยควบคุมความเป็นประโยชน์ของโมลิบดินัม

- ปฏิกิริยาของดิน ถ้าดินเป็นด่างความเป็นประโยชน์ของโมลิบดินีมเพิ่มขึ้น ถ้าดินเป็นกรดมักจะขาดโมลิบดินัมเสมอ
- ปริมาณของเหล็กและอลูมินัมออกไซด์ มีผลเป็นอย่างมาก ต่อความเป็นประโยชน์ของโมลิบดินัมในดิน
- ธาตุอาหารอื่นๆ อิทธิพลของฟอสเฟตและซัลเฟต ที่มีผลต่อการดูดโมลิบดินัมของพืชในดินที่เป็นกรด และขาดฟอสฟอรัส ซัลเฟตทำให้ขาด โมลิบดินัม

การแก้ไขดินที่ขาดโมลิบดินัม

ใช้ molybdic oxide หนัก 1 ออนซ์คลุกเคล้ากับเมล็ด ผสมปุ๋ยวิทยาศาสตร์ แล้วใส่ไปพร้อมกัน หรือแก้ไขโดยใช้ แอมโมเนียมโมลิบเดต หรือ โซเดียมโมลิบเดต หนัก 1 ปอนด์ สำหรับพื้นที่ 1 เอเคอร์

7. <u>คลอรีน</u>

ธาตุคลอรีน เป็นธาตุที่ยอมรับว่า จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ในปี 1954 Broyer และคณะ แห่ง มหาวิทยาลัยแคลิฟอเนีย ได้ทำการทดลองกับมะเขือเทศ จนพิสูจน์ทราบแน่ชัดว่า ธาตุคลอรีนมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่งานค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับคลอรีนยังมีน้อย ลักษณะอาการที่พืชขาดคลอรีนมักแสดงอาการ ใบเหี่ยวและเกิด chlorosis และ nacrosis และใบมีสีบรอนซ์ ผักกาดหอมเป็นพืชที่ไวต่อการขาดคลอรีนมาก

ปริมาณของคลอรีนที่อยู่ในดิน

ธาตุคลอรีนถูกชะล้างได้ง่ายในรูปของ โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ดังนั้นในเขตชุ่มชื้นมีคลอรีนน้อยกว่าเขตแห้งแล้ง

ปริมาณของคลอรีนในพืช

พืชแต่ละชนิดมีคลอรีนในปริมาณที่แตกต่างกัน จากการวิเคราะห์พืชหลายชนิด ปรากฏว่าคลอรีนในพืชนั้น มีมากกว่าฟอสฟอรัสและกำมะถัน

การใส่คลอรีนลงไปในดิน โดยปกติดินมักไม่ขาดคลอรีน ดินได้รับคลอรีนจากน้ำฝน จากน้ำชลประทาน และจากปุ๋ยต่าง ๆ สามารถใส่คลอรีนในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (45 % Cl) หรือแอมโมเนียมคลอไรด์ (65 % Cl)

ลักษณะของพืชที่แสดงอาการขาดคลอรีน

เมื่อพืชได้รับคลอรีนมากเกินไป จะแสดงอาการผิดปกติออกมา ขนาดของใบจะลดลง อัตราการเจริญเติบโตลดลง พืชบางชนิดแสดงอาการใบไหม้ ที่ปลายใบและตามขอบใบ เกิดสีบรอนซ์หรือสีเหลืองก่อนใบแก่ บางครั้งเกิด chlorosis

8. <u>คีเลต</u> (Chelate)

คีเลต เป็นสารอินทรีย์ซึ่งมีโลหะรวมอยู่ด้วย ได้แก่ พวกธาตุรอง ที่อยู่ในรูปของประจุบวก คีเลต ไม่ตกตะกอนไม่ว่าจะอยู่ในสภาพใด ทำให้พืชสามารถนำธาตุเหล่านี้ไปใช้ได้ เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคลเซียม และแมกนีเซียม

<u>ธาตุอาหารในสารละลายในดิน</u> (Soil solution)

น้ำ เมื่ออยู่ในดิน จะเป็นเยื่อของโมเลกุลล้อมเม็ดดิน ชั้นของโมเลกุลที่อยู่ชิดติดผิวเม็ดดิน เคลื่อนที่ไม่ได้ ห่างออกมาเคลื่อนที่ได้บ้าง แต่ที่ห่างออกไปมาก ๆ ก็เคลื่อนที่ได้ น้ำในดินจะมีไอออนของธาตุต่างๆ ละลายอยู่ น้ำที่มีไอออนของแร่ธาตุต่างๆละลายอยู่ เรียกว่า สารละลายในดิน (สรสิทธิ์ และคณะ,2515)

ปริมาณและความเข้มข้นของสารละลายในดินเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ถ้าความชื้นในดินลดลงความเข้มข้นของสารละลายในดินจะเพิ่มขึ้น และความเข้มข้นอาจสูงถึง 30,000 ppm ความเป็นกรด เป็นด่างของดิน กล่าวคือ ไฮโดรเจนไอออน (H^+) หรือ ไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) มีความสำคัญ ในต่อการต่อต้านการดูดธาตุอาหาร และน้ำของพืชไปใช้โดยตรง

นอกจากนั้น pH ยังมีผลต่อความสามารถในการละลายของธาตุอาหาร และสารที่เป็นพิษต่อพืช ตลอดจนกิจกรรมของจุลินทรีย์ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหาร

สูตรปุ๋ยที่มีหลายสูตรนั้น เนื่องจากชนิดและความอุดมสมบูรณ์ของดิน แตกต่างกันทำให้ปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการ ใช้ปุ๋ยแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในปริมาณเท่าใด และขาดอีกปริมาณเท่าใด ต้องมีการวิเคราะห์ชนิดของดิน เพื่อหาปริมาณธาตุอาหารที่พืชแต่ละชนิดต้องการ ในการเจริญเติบโต

ธาตุอาหารหลักของพืชที่ถูกนำไปใช้มาก หรือที่พืชต้องการมาก ได้แก่ N P K คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม เรียกว่า primary essential elements ธาตุทั้งสามชนิดนี้

เป็นส่วนประกอบสำคัญของปุ๋ยต่าง ๆ ที่ใส่ลงในดิน เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร ส่วน Ca Mg S คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน เรียกว่า secondary essential elements ซึ่งมักจะมีอยู่ในดินส่วนใหญ่

ธาตุทั้งหกจัดเป็นพวกธาตุอาหารหลัก หรือ major essential elements ที่พืชต้องการในปริมาณที่มาก ยังมีธาตุอาหารอีกหลายชนิด ที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่พืชต้องการธาตุเหล่านั้นในปริมาณที่ไม่มากนัก จึงเรียกว่า minor หรือ trace essential elements ได้แก่ Fe Zn Cu B Mo Mn Cl คือ เหล็ก สังกะสี ทองแดง โบรอน โมลิบดินัม แมงกานีส และคลอรีน (สรสิทธิ์ วัชโรทยาน)

คำถามบทที่ 11

1. ผืนดินของประเทศไทยถูกทำการเกษตรมานานนับพันๆปีผิดกับประเทศสหรัฐอเมริกาที่ใช้ผืนดินทำการเกษตรได้เพียง สองร้อยกว่าปีเท่านั้น ถ้าจะนำเหตุผลนี้ไปอธิบายเรื่องผลผลิตต่อไร่ของข้าวโพดหรือถั่วเหลืองในประเทศไทยต่ำกว่าของสหรัฐอเมริกาจะได้หรือไม่ อย่างไร
2. ธาตุอาหารของพืชที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตมีอะไรบ้าง
3. ดินเกิดขึ้นมาได้อย่างไร และดินที่ดี ควรมีส่วนประกอบอะไรบ้าง
4. สมบัติของดินกับน้ำมีความเกี่ยวพันกันอย่างไร
5. ธาตุอาหารหลักของพืช คือ N P K มีบทบาทต่อการเจริญเติบโตของพืชอย่างไร และถ้าพืชนั้นขาดธาตุอาหารแต่ละธาตุแล้วจะมีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านใดบ้าง หรือแสดงอาการออกมาให้เห็นอย่างไรบ้าง
6. ท่านมีความเข้าใจเรื่องอาหารเสริมของพืชอย่างไรบ้าง เพราะเหตุใด อาหารเสริมจึงเข้ามามีบทบาทในการปลูกพืชในปัจจุบัน
7. โรคไม่มีเชื้อโรคที่เกิดมาจากการขาดธาตุอาหาร และการขาดธาตุอาหารแต่ละชนิดจะแสดงอาการออกมาให้เห็น อาการที่พืชแสดงออกในการขาดธาตุแต่ละธาตุนั้นมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันอย่างไรบ้าง
8. วิธีพิสูจน์ว่าพืชขาดธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งนั้น ทำอย่างไร
9. จากสมการการสังเคราะห์แสงของพืช คือ

   $6\,CO_2 + 6\,H_2O \rightarrow C_2H_{12}O_6 + 6\,O_2 + \text{Energy}$ ซึ่งไม่เห็นมีธาตุอาหารเข้ามาเกี่ยวข้องเลย แต่พืชแสดงอาการขาด ธาตุอาหารที่ใบ ท่านคิดว่าธาตุอาหารเข้าไปเกี่ยวข้องในขบวนการสังเคราะห์แสง อย่างไร
10. ดินบางชนิดมีธาตุอาหารอยู่มากพืชไม่สามารถเอาไปใช้ได้ เป็นเพราะเหตุใด อธิบาย