บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่สูง และการปลูกผัก

ความอุดมสมบูรณ์ของดินพื้นที่สูง

พื้นที่สูงในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 67.22 ล้านไร่ (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2550) ส่วนมากอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยบริเวณภาคเหนือของประเทศไทยประกอบด้วยพื้นที่สูง และพื้นที่ดอนมากกว่า 90 % (Angkasith, 2007) ภายหลังจากป่าไม้บนพื้นที่สูงถูกทำลายลงเพื่อใช้ที่ดินนั้นในการปลูกพืช ซึ่งดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบดินบนพื้นที่ราบทั่วไปโดยเฉพาะปริมาณอินทรียวัตถุจะมีอยู่สูง (สมเกียรติ, 2536)

สุพัตรา (2545) ได้ศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการของดิน และปริมาณของเศษพืชที่ตกทับถมอยู่บนดิน (litter) จากพื้นที่ที่เป็นป่าดิบเขารุ่นที่สอง (secondary dipterocarp forest) พื้นที่ที่ปล่อยทิ้งร้าง และพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรของหมู่บ้านแม่มะลอซึ่งมีความสูงอยู่ในระดับ 1,045-1,157 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล โดยสุพัตรา (2545) ได้รายงานว่า ดินชั้นบนที่มีความลึก 0-15 ซม. ในพื้นที่ป่าดิบเขารุ่นที่สองของหมู่บ้านที่ใช้ศึกษามีปริมาณของอินทรียวัตถุในดินในช่วงตั้งแต่ 5.36-10 % ความผันแปรของอินทรียวัตถุ ในดินตามฤดูกาลค่อนข้างกว้าง โดยมีปริมาณต่ำที่สุดในฤดูร้อน และสูงสุดในช่วงฤดูหนาว ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่อง เช่น พื้นที่ปลูกกะหล่ำปลีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 4.69-5.36 % ส่วนในนาข้าวมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.0-3.8 % โดยความผันแปรของปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ และพื้นที่รกร้าง ในช่วงระหว่างฤดูกาลที่แตกต่างกันมีน้อยเมื่อเทียบกับพื้นที่ป่า ปริมาณของเศษใบไม้และกิ่งไม้ที่ตกทับถม (litter) บนดินในป่าดิบเขารุ่นที่สองจะอยู่ในช่วง 1.4-4.0 กก./ตร.ม. โดยปริมาณ litter ในป่าดังกล่าวผันแปรไปตามฤดูกาล ซึ่งมีมากที่สุดในช่วงฤดูหนาว และต่ำสุดในฤดูร้อน ในช่วงฤดูฝนปริมาณวัชพืชในพื้นที่ที่ใช้ปลูกกะหล่ำปลีมีถึง 4.6 กก./ตร.ม.แต่ไม่พบวัชพืชเลยในช่วงฤดูร้อนและฤดูหนาว ในฤดูฝนมีแหนแดงเจริญอยู่ในนาข้าวคิดเป็นน้ำหนักแห้งประมาณ 0.06 กก./ตรม. ในพื้นที่ซึ่งถูกปล่อยรกร้างโดยไม่มีการเผาพื้นที่ปริมาณของเศษวัชพืชที่ร่วงหล่นทับถมอยู่ในดินมีอยู่ในช่วง 2.2-3.1 กก.(น้ำหนักแห้ง)/ตร.ม. แต่ในพื้นที่ที่มีการเผาพื้นที่มีปริมาณวัชพืชเฉพาะฤดูร้อน และฤดูฝนในปริมาณ 0.7 และ 2.3 กก.(น้ำหนักแห้ง)/ตร.ม. ตามลำดับ สำหรับ pH ของดินชั้นบน พบว่า มีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.85-4.9 ในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์อย่างต่อเนื่องมีอยู่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในช่วง 5-5.5 แต่ในนาข้าวมีอยู่ในช่วง 4.5-4.8 และในพื้นที่รกร้างมีอยู่ในช่วง 5.5-5.7 ดินจากหมู่บ้านแม่มะลอที่ใช้ในการเกษตร พบว่า มีปริมาณ available P ในระดับสูงมาก โดยมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 102-619 มก.P/กก. และในดินจากพื้นที่รกร้างก็มีมากเช่นกัน คือมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 93-497 มก.P/กก. ในขณะที่ดินจากป่าดิบเขารุ่นที่สองมีปริมาณ available P ในดินต่ำกว่า 10 มก.P/กก.

สำหรับปริมาณ exchangeable K ในดินชั้นบนจากพื้นที่ป่ารกร้าง และพื้นที่ปลูกกะหล่ำปลีมีปริมาณ exchangeable K อยู่ในปริมาณที่สูงมาก คือ มีอยู่ในช่วงประมาณ 0.88-1.11 cmol(+)/กก. ตามเกณฑ์การประเมินระดับธาตุอาหารพืชในดินในภาคเหนือของ นิวัตน์ (2545) (อ้างโดย สุพัตรา, 2545) ซึ่งถือว่าความเข้มข้นของ exchangeable K มากกว่า 0.38 cmol(+)/กก. (>150 มก.K/กก.) เป็นปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืชทั่วไป สำหรับดินชั้นบนจากป่าดิบเขารุ่นที่สองมีปริมาณ exchangeable K สูงถึง 0.52 cmol(+)/กก.

จากการศึกษาของดานิเอล (2545) เกี่ยวกับมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดินจากพื้นที่ซึ่งมีการใช้ประโยชน์แตกต่างกัน โดยใช้วิธี chloroform fumigation-incubation และศึกษาการปลดปล่อยNที่เป็นประโยชน์ได้ของดิน โดยการบ่มดินภายใต้สภาพที่มีออกซิเจน และหาปริมาณNในรูป NH_4^+-N และ NO_3^--N โดยการสกัดดินด้วย KCl 2 M และหาปริมาณ N ในน้ำยาสกัดดินโดยการกลั่นด้วย MgO และ Devarda alloy พบว่า ดินในป่าดิบเขาจากหมู่บ้านแม่มะลอ มีปริมาณของ N ในมวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดินในช่วงตั้งแต่ 75- 89 มก.N/กก. ส่วนดินจากพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรมีประมาณ 14-18 มก.N/กก. นอกจากนี้ ดินจากพื้นที่ป่าดิบเขารุ่นที่สองยังมีความสามารถในการปลดปล่อย N ที่เป็นประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง กล่าวคือ ในช่วงเวลา 4 เดือนของการบ่มดินปริมาณของ N ที่เป็นประโยชน์ได้ที่ปลดปล่อยจากดินมีประมาณ 136 มก.N/กก. ในขณะที่ดินจากพื้นที่ปลูกกะหล่ำปลีมีการปลดปล่อย N ที่เป็นประโยชน์ได้เพียง 8 มก.N/กก. สำหรับดินจากพื้นที่นาข้าว เมื่อนำมาบ่มไว้ภายใต้สภาพที่มีออกซิเจน พบว่า มีการปลดปล่อย N ที่เป็นประโยชน์ได้ประมาณ 60 มก.N/กก. ส่วนดินจากพื้นที่รกร้างมีการปลดปล่อย N ที่เป็นประโยชน์ได้ ในช่วงตั้งแต่ 19-21 มก.N/กก.

จากการศึกษาของปวีณา (2548) เกี่ยวกับการปลดปล่อย N ที่เป็นประโยชน์ได้ของดินชนิดต่างๆ ที่ใช้ปลูกผัก ได้แก่ ดินอินทนนท์1และ2 และหนองหอย1 และ 2 ซึ่งเป็นดินที่มีความเป็นกรดสูงมี pH อยู่ในช่วง 5.2-6.4 โดยการบ่มดินภายใต้สภาพที่มีออกซิเจนสกัดดินภายหลังบ่มในระยะเวลา 0-8 สัปดาห์ ด้วย KCl 1 M และหาปริมาณ NH_4^+-N และ NO_3^--N โดยวิธี colorimetric พบว่า ในเวลา 8 สัปดาห์ดินหนองหอย1 มีการปลดปล่อยNที่เป็นประโยชน์ได้ออกมามากที่สุดประมาณ 698.8 มก.N/กก. เมื่อเทียบกับดินชนิดอื่นๆ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดุสิต และคณะ (2528) ศึกษาคุณสมบัติดินที่ใช้ปลูกกาแฟในภาคเหนือของประเทศไทย จำนวน 28 แหล่ง โดยทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และตาก มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีได้ใช้วิธีการ Walkley Black สำหรับการหาอินทรียวัตถุ และใช้น้ำยาสกัดดิน Bray No.2 สำหรับการหาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ ส่วนการสกัด K Ca Mg และจุลธาตุทุกธาตุ ยกเว้น Fe ใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc 1 N pH 7 และใช้ NH_4OAc 1 N pH 4.8 สำหรับการสกัด Fe ในการหาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสใช้วิธี colorimetric และใช้ flame photometer ในการหาความเข้มข้นของ K ส่วนธาตุอื่นๆ ยกเว้น Ca และ Mg ใช้ atomic absorption spectrophotometer ในกรณีของ Ca และ Mg ใช้วิธีการหาปริมาณโดยใช้ EDTA titration พบว่า สมบัติทางกายภาพของดินในบางพื้นที่มีความลาดชันมาก และไม่มีพืชปกคลุมอยู่ หน้าดินจะตื้น เพราะว่าดินถูกชะล้างพังทลายได้ง่าย ดินมีสีแดงหรือสีน้ำตาลแดง ระบายน้ำได้ดีถึงดีมาก ซึ่งดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายจนถึงดินเหนียวที่มีส่วนประกอบของแร่ดินเหนียวเคโอลิไนท์ (Kaolinite) ที่มีเหล็กออกไซด์ปนอยู่มาก ลักษณะเนื้อดินปานกลางถึงเนื้อละเอียด และมีปริมาณของอินทรียวัตถุในดินชั้นบนสูง สำหรับสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า ค่า pH ของดินบนและดินชั้นล่างอยู่ในช่วงตั้งแต่ 4.0-6.2 ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.2 ซึ่งถือว่าเป็นกรดจัด ปริมาณของอินทรียวัตถุของดินบนอยู่ในช่วง 2.0-11.7 % และโดยเฉลี่ยแล้วมีปริมาณอินทรียวัตถุ 5.3 % ประมาณ 55 % ของตัวอย่างดินที่นำมาวิเคราะห์มีอินทรียวัตถุอยู่สูงกว่า 4.5 % สำหรับดินชั้นล่างปริมาณอินทรียวัตถุจะลดต่ำลงตามความลึกของดิน โดยมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วง 0.2-5.4 % โดยเฉลี่ยแล้วประมาณ 1.8 % ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง ดินที่ใช้ทำไร่เลื่อนลอยหรือใช้ทำการเกษตรมานานจะมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าดินที่เปิดใหม่ ปริมาณavailable P ในดินชั้นบนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.0-23.5 มก./กก. และโดยเฉลี่ยแล้วมีประมาณ 10 มก./กก. ตัวอย่างดินที่ได้นำมาศึกษาส่วนใหญ่ (60 %) มีปริมาณ available Pในดินต่ำกว่า 10 มก./กก. นอกนั้นมีปริมาณ P สูงกว่า 10 มก./กก. โดยเฉพาะดินขุนวางที่มีปริมาณ P ในดินค่อนข้างสูง สำหรับปริมาณ P ในดินชั้นล่างของตัวอย่างดินที่ศึกษามีอยู่ในช่วง 1.0-22.0 มก./กก. หรือประมาณ 4.7 มก./กก. โดยเฉลี่ยซึ่งถือว่ามีปริมาณต่ำ ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ของดินชั้นบนอยู่ในช่วง 5.2-36.5 me/100 กรัม หรือประมาณ 19.7 me/100 กรัม โดยเฉลี่ยระดับของ CEC ในระดับนี้ถือว่าค่อนข้างสูง ซึ่งประมาณ 65 % ของดินที่ศึกษามี CEC อยู่ในระดับสูงเกินกว่า 20 me/100 กรัม ในดินชั้นล่าง CEC ลดต่ำลงตามความลึกของดิน โดยมี CEC อยู่ในช่วง 4.6-31.9 me/100 กรัม หรือมีประมาณ 13.3 me/100 กรัม โดยเฉลี่ยซึ่งถือว่ามี CEC อยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณ exchangeable K ของดินชั้นบนอยู่ในช่วง 32.5-257.0 มก./กก. และประมาณ 44 % ของตัวอย่างดินทั้งหมดที่ศึกษามีปริมาณ exchangeable K สูงกว่า 120 มก./กก.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สำหรับดินชั้นล่างมีปริมาณ exchangeable K อยู่ในช่วง 16.0-370.0 มก./กก. หรือประมาณ 94.7 มก./กก. โดยเฉลี่ยซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูง ปริมาณCaที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินของดินชั้นบนอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.0-11.4 me/100 กรัม ประมาณ 4.1 me/100 กรัม โดยเฉลี่ยประมาณ 65 % ของดินที่ศึกษามีCaอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณCaที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินชั้นล่างอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.5-10.2 me/100 กรัม หรือประมาณ 2.5 me/100 กรัม โดยเฉลี่ยซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ และปริมาณMgที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินชั้นบนอยู่ในช่วง 0.5-4.7 me/100 กรัม ดินส่วนใหญ่ที่ศึกษามีปริมาณMgที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่า 1.0 me/100 กรัมซึ่งถือว่ามีปริมาณMgอยู่ในระดับปานกลาง สำหรับดินชั้นล่าง พบว่า มีปริมาณMgที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าในดินชั้นบน โดยเฉลี่ยแล้วมีประมาณ 1.0 me/100 กรัม ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในดินชั้นบนอยู่ในช่วง 2.0-45.0 มก./กก. หรือประมาณ 15.6 มก./กก. โดยเฉลี่ยตัวอย่างดินส่วนใหญ่ทั้งดินบนและดินล่างมีปริมาณเหล็กอยู่ในระดับสูง เนื่องมาจากเป็นดินสีแดง และมี pH ต่ำ ปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดินชั้นบนอยู่ในช่วง 0.4-12.5 มก./กก. หรือประมาณ 2.0 มก./กก โดยเฉลี่ย ส่วนดินชั้นล่างมีอยู่ในช่วง 0.4-11.0 มก./กก. หรือ 1.5 มก./กก. โดยเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลาง (0.8 มก.Mn/กก.) จนถึงสูง (> 4.9 มก. Mn /กก.) ปริมาณทองแดงที่สกัดได้ จะเห็นว่า ในดินชั้นบนและดินชั้นล่างส่วนใหญ่มีปริมาณทองแดงอยู่ในระดับปานกลาง (0.3 มก.Cu/กก.) สำหรับปริมาณของสังกะสีที่สกัดได้ในดินชั้นบนอยู่ในช่วง 0.08-1.0 มก./กก. โดยเฉลี่ยแล้วมีค่าประมาณ 0.5 มก./กก. ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับปานกลาง และในดินชั้นล่างปริมาณสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำกว่าดินชั้นบน

สมเกียรติ (2536) ได้ทำการศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินบนพื้นที่สูงเปรียบเทียบกับดินบนพื้นที่ราบ โดยเก็บตัวอย่างดินบนที่สูง 3 แห่งคือ ดอยแม่สาใหม่ ดอยอ่างขาง และดอยมูเซอร์ พบว่าดินทั้ง 3 แห่งมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อยซึ่งอยู่ในช่วงประมาณ 5.0-6.1 มีปริมาณ available P และ exchangeable K อยู่ในระดับสูงถึงสูงมากในช่วง 180-320 มก./กก. ส่วนดินบนพื้นที่ราบ 2 แห่ง คือ สถานีทดลองพืชสวนฝาง และศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่(แม่โจ้) ดิน 2 แห่งนี้ได้รับการ ไถพรวนปลูกพืช ใส่ปุ๋ยติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก และมีปริมาณ available P อยู่สูง นอกจากนี้ สมเกียรติ (2536) ให้ข้อคิดเห็นว่า การใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืชผักซึ่งเป็นพืชอายุสั้นปลูกได้หลายครั้งในปีหนึ่งๆ ต้องเป็นไปด้วยความระมัดระวังไม่ให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ไปอย่างรวดเร็ว เพราะบนพื้นที่สูงส่วนใหญ่เป็นที่ลาดเทมากบ้างน้อยบ้างแล้วแต่สภาพพื้นที่ การชะล้างพังทลายของดินอาจเกิดขึ้นได้ถ้าหากไม่มีการจัดการดินหรือขาดการจัดการดินที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ดี จากรายงานของสมเกียรติ ไม่ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับวิธีการวิเคราะห์ดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

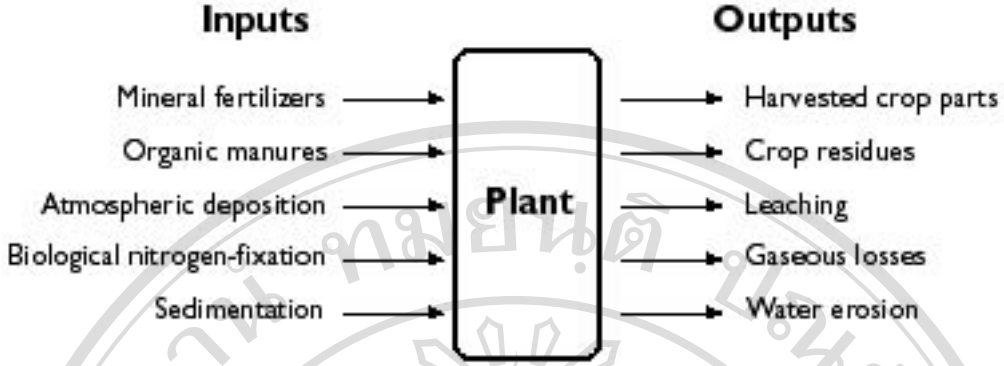
ดุสิต (2521) ได้ให้ข้อคิดเห็นว่า การเกษตรบนพื้นที่สูงในภาคเหนือของประเทศไทย มักประสบกับปัญหาใหญ่ คือ ดินเสื่อมโทรมความอุดมสมบูรณ์ของดินลดน้อยลง ผลผลิตตกต่ำหรือไม่ได้ผลเลย ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้ที่ดินในการเพาะปลูกพืชโดยไม่ถูกวิธี ไม่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ป่าไม้ซึ่งเป็นทรัพยากรของชาติที่สำคัญถูกทำลาย เพื่อใช้พื้นที่ทำไร่ที่ผิดวิธี สาเหตุที่ดินเสื่อมคุณภาพ เพาะปลูกไม่ได้ผล เป็นเพราะว่าหน้าดินถูกฝนชะล้างและพัดพาไปยังที่อื่นดินจึงขาดความอุดมสมบูรณ์ ชาวเขาต้องย้ายที่ทำกินบ่อยครั้ง ทำให้มีพื้นที่ที่เสื่อมคุณภาพรกร้างว่างเปล่าอยู่มากมายเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ถ้าหากไม่มีการหาทางป้องกันอันตรายและช่วยคงความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ จะเป็นผลเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมาก เมื่อปี พ.ศ. 2528 กรมพัฒนาที่ดินได้สำรวจและประเมินสภาพความเหมาะสมของดินทั่วประเทศ พบว่า มีพื้นที่ประมาณ 320.7 ล้านไร่เหมาะสมที่จะใช้ทำการเกษตรเพียงร้อยละ 52 ร้อยละ 15 ค่อนข้างไม่เหมาะสม และต้องได้รับการพัฒนาที่ถูกต้องก่อน อีกร้อยละ 31 ไม่ควรใช้ทำการเกษตรอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นเขาสูงชันหรือเป็นชายทะเลที่ควรอนุรักษ์ไว้เป็นต้นน้ำลำธาร และรักษาระบบนิเวศ (บัญชา, 2539 อ้างโดย กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม, 2550)

การประเมินสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา โดยวงจรการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารเข้าและออกจากดินเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเรียกว่า วงจรธาตุอาหารพืช (nutrient cycle) (NRC, 1993)

ในการศึกษาสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยวิธีการประเมินงบดุลของธาตุอาหารพืช (nutrient balance) Jager *et al.*(1998) ได้เสนอ NUTMON concept ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชในระบบต่างๆ โดยคำนึงถึงรูปแบบการนำเข้า และเอาธาตุอาหารออกจากระบบและวิธีการประเมินปริมาณธาตุอาหารในแต่ละรูปแบบเพื่อคำนวณงบดุล ช่องทางที่นำธาตุอาหารพืชเข้าสู่ระบบมี 5 ช่องทางคือ จากการใส่ปุ๋ยเคมี จากการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จากน้ำฝน จากกระบวนการตรึงN และจากตะกอนที่พัดพาโดยน้ำ (sedimentation) ส่วนช่องทางที่นำธาตุอาหารพืชออกไปจากระบบมี 5 ช่องทางเช่นกัน คือ การสูญเสียไปโดยการเก็บเกี่ยว การขนย้ายซากพืชออกจากพื้นที่ การสูญเสียโดยการชะล้าง การสูญเสียโดยการระเหยเป็นก๊าซ และการชะล้างหน้าดิน ดังภาพ 1

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพ 1 แสดงการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารพืชในระบบนิเวศวิทยาการเกษตร (Smaling, 1993.)

Van den Bosch *et al.* (1998) ได้ใช้แนวคิดดังกล่าวในการศึกษางบดุลของธาตุอาหารในระบบการปลูกพืชในเมือง Kisii Kakamega และ Embu ในอัฟริกา โดยทำการศึกษาฟาร์มทั้งหมด 26 แห่ง และใช้สมการคณิตศาสตร์ในการประเมินข้อมูลด้านการสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยการชะล้าง และการระเหยในรูปก๊าซ ตลอดจนปริมาณธาตุอาหารในน้ำฝน จากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยงบดุล N และ K ของทุกแห่งมีค่าเท่ากับ -71 กก.N/ปี/เฮกตาร์ และ -9 กก.K/ปี/เฮกตาร์ ส่วนงบดุลของ P มีค่า +3 กก.P/ปี/เฮกตาร์ การสูญเสีย N โดยการชะล้าง การระเหยในรูปก๊าซ และการชะล้างหน้าดิน มีมากกว่าปริมาณ N ที่ได้รับในรูปของการตรึง N และที่ได้จากน้ำฝน ในระบบการปลูกพืชเพื่อเป็นรายได้มีการขนย้ายธาตุอาหารพืชออกไปจากระบบมากกว่าระบบการปลูกพืชเพื่อบริโภคเป็นอาหาร เนื่องจากการประเมินข้อมูลด้านการสูญเสียธาตุอาหารออกไปจากระบบโดยการชะล้าง การระเหยในรูปก๊าซ การชะล้างหน้าดิน ตลอดจนการประเมินปริมาณธาตุอาหารที่ระบบได้รับในรูปของการตรึง N และที่ได้รับจากน้ำฝน ค่อนข้างยุ่งยาก ดังนั้น จึงมีแนวคิดในการประเมินงบดุลของธาตุอาหารพืชโดยใช้ข้อมูลบางส่วน (partial nutrient balance) Harris (1998) ใช้วิธีการประเมินงบดุลของธาตุอาหาร โดยใช้ข้อมูลบางส่วน ในฟาร์มที่อยู่ทางตอนเหนือของยุโรป ใช้เวลาการศึกษา 2 ปี และบันทึกข้อมูลด้านการนำธาตุอาหารพืชเข้าสู่ระบบในรูปของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยคอก ธาตุอาหารที่ได้จากฝุ่นที่พัดพาโดยลม และการตรึง N ส่วนข้อมูลด้านการขนย้ายธาตุอาหารออกไปจากระบบได้แก่ ข้อมูลด้านผลผลิตพืช จากผลการศึกษาพบว่า ความแปรปรวนของงบดุลระหว่างฟาร์มและปีที่ศึกษาสูงมาก สำหรับงบดุลของ N มีค่าติดลบ แต่งบดุลของ P K และ Mg มีค่าเข้าใกล้ศูนย์ สำหรับงบดุลของ Ca มีค่าเป็นบวก การที่งบดุลมีค่าเป็นบวกแสดงว่า มีการสะสมธาตุอาหารในดินมากกว่าที่ได้รับจากปุ๋ย

เนตรดาว (2547) ได้ประเมินงบดุลบางส่วนของธาตุอาหารหลักของพืชผักที่ปลูกในระบบปลอดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยใช้พืชผักอายุยาว (45 วัน) 3 ชนิด ได้แก่ ผักคะน้า ผักกาด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กวางตุ้ง และผักกาดฮ่องเต้ สำหรับผักอายุสั้น (35 วัน) 3 ชนิด ได้แก่ ผักบุ้ง ผักโขมจีน และผักสลัดใบ พบว่า ในการจัดการธาตุอาหารในระบบการปลูกพืชโดยวิธีการที่นิยมใช้กันทั่วไป ซึ่งได้แก่ การใส่ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ ให้กับผักคะน้า ผักกาดกวางตุ้ง และผักกาดฮ่องเต้ในอัตราที่ให้ N 7.1 กรัม P 5.8 กรัม และ K 5 กรัม/ตร.ม. ส่วนการปลูกผักบุ้ง ผักโขมจีนและผักสลัดใบ ใช้ N 5.7 กรัม P 4.7 กรัม และ K 4 กรัม/ตร.ม. พื้นที่ใช้ปลูกมีความหนาแน่นรวมในช่วง 1.22-1.55 กรัม/ซม.^{3} หรือประมาณ 1.39 กรัม/ซม.^{3} มีปริมาณ N ทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.08-0.13 % ปริมาณ N ทั้งหมดในแปลงผักแต่ละชนิดมีอยู่ในช่วง 1.11-1.56 กรัม/ซม.^{3} จากรายงานของ Betty and Gail (1998) ถือว่าดินที่มีปริมาณ N ทั้งหมดต่ำกว่า 2 กรัม/ซม.^{3} เป็นดินที่มีคุณภาพต่ำ ส่วนดินที่มีคุณภาพปานกลางมีปริมาณ N ทั้งหมดอยู่ในช่วงตั้งแต่ 2-3 กรัม/ซม.^{3} สำหรับดินที่มีคุณภาพสูงมีปริมาณ N ทั้งหมดมากกว่า 3 กรัม/ซม.^{3} เมื่อใช้เกณฑ์ของ Betty and Gail (1998) ในการจัดระดับคุณภาพของ N ในดินว่า ดินที่ใช้ในการทดลอง มีคุณภาพต่ำในแง่ของปริมาณ N ทั้งหมดในดิน ในแง่ของอินทรียวัตถุ พบว่า ดินที่ใช้ปลูกผักมีอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลาง คือมีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1.59-2.53 % สำหรับปริมาณ available P ในดินอยู่ในระดับที่สูงมาก คือ มีปริมาณ available P โดยเฉลี่ยอยู่ในช่วงตั้งแต่ 1,201-1,783 มก.P/กก. (Ankerman and Large, ไม่ระบุปีที่ตีพิมพ์) ส่วน exchangeable K มีอยู่ในระดับสูงเช่นกัน คือ มีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 248-350 มก.K/กก. (Land Classification Division and Staff, 1993) ผลผลิตของผักบุ้งและผักสลัดใบมีประมาณ 1,028-1,313 กรัม/ตร.ม. ส่วนผักโขมจีนให้ผลผลิต 1,720 กรัม/ตร.ม. สำหรับผักกาดกวางตุ้ง และผักกาดฮ่องเต้ ให้ผลผลิต 2,875-3,100 กรัม/ตร.ม.

ในการปลูกผักทุกชนิดด้วยระบบปลอดสารป้องกันกำจัดศัตรูพืชมีเฉพาะงบดุลของ P ที่มีค่าเป็นบวก ส่วนงบดุลของ N และ K สำหรับการปลูกผักคะน้า ผักกาดกวางตุ้ง และผักโขมจีนมีค่าติดลบ แต่สำหรับผักสลัดใบและผักบุ้งกลับมีค่างบดุลของธาตุ N และ K เป็นบวก ส่วนผักกาดฮ่องเต้มีค่างบดุลของ N เป็นบวก แต่งบดุลของ K มีค่าติดลบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การเกิดดินกรด

สาเหตุที่ดินเป็นกรดเกิดจาก 4 สาเหตุหลัก ดังนี้ (Johnson and Zhang, 1990)

1. ฝนที่ตกลงมา และการชะล้างหน้าดิน

ปริมาณฝนตกที่มากเกินไป เป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้ดินเป็นกรด แต่กระบวนการดังกล่าวใช้เวลายาวนานหลายร้อยปี (Johnson and Zhang, 1990) สำหรับในรัฐ Oklahoma ถ้าพื้นที่ใดมีปริมาณฝนตกมากกว่า 30 นิ้ว/ปี ดินในพื้นที่นั้น โดยทั่วไปเป็นดินกรดตามธรรมชาติ (Johnson and Zhang, 1990) สาเหตุที่ฝนทำให้ดินเป็นกรดได้นั้น เป็นเพราะน้ำฝนที่ตกลงในปริมาณมาก และไหลซึมผ่านดินติดต่อกันเป็นเวลานาน ได้ละลาย CO_2 ซึ่งมีอยู่ในปริมาณมากในดิน เกิดเป็นกรดคาร์

บอนิก (H_2CO_3) ซึ่งแตกตัวได้ง่าย ให้ H^+ ทำให้น้ำที่ไหลซึมผ่านมีมีปฏิกิริยาเป็นกรด และขณะที่น้ำไหลซึมผ่านดิน H^+ จะไล่ที่ประจุบวกที่มีฤทธิ์เป็นด่าง (basic cation) ได้แก่ Ca Mg K และ Na ซึ่งถูกดูดซับที่ผิวของอนุภาคดิน ให้สูญหายไปโดยการถูกพัดพาออกไปกับน้ำที่ไหลผ่านชั้นดิน โดย H^+ ในน้ำจะถูกดูดซับอยู่ที่ผิวของอนุภาคดินแทน เมื่อกระบวนการนี้ดำเนินไปนานเข้าจนในที่สุดผิวของอนุภาคดินมี H^+ มากขึ้น และมีปริมาณสูงกว่าประจุบวกที่มีฤทธิ์เป็นด่างก็ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ในดินทรายซึ่งน้ำไหลซึมผ่านดินได้รวดเร็ว และมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้น้อยเป็นกรดได้ง่ายกว่าดินเหนียว และดินที่มีอินทรียวัตถุสูง (Johnson and Zhang, 1990)

ในย่านอุตสาหกรรม และในพื้นที่ซึ่งมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ และโรงงานต่างๆ มีการปลดปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และออกไซด์ของ N (NO_x) ออกสู่บรรยากาศ และเกิดปฏิกิริยากับน้ำ ออกซิเจน และสารเคมีอื่นๆ ก่อให้เกิดกรดกำมะถัน (H_2SO_4) และกรดไนตริก (HNO_3) ซึ่งมีแสงอาทิตย์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ให้มากขึ้น (ฝนกรด, 2550) กระบวนการเหล่านี้ ทำให้เกิดฝนกรดซึ่งก่อให้เกิดความเสียหายหลายประการ เช่น ทำให้เกิดดินเปรี้ยว และเกิดการขาดธาตุอาหารที่สำคัญของพืช เช่น K Ca Mg และธาตุNa แต่ถ้าดินและหินที่น้ำฝนไหลผ่านมีสารประกอบของคาร์บอเนตหรือหินปูนอยู่บ้างก็จะช่วยลดความเป็นกรดลงได้ ถ้าในดินมีโลหะหนัก เช่น อะลูมิเนียม และปรอท ฝนกรดก็จะทำให้สารอะลูมิเนียมซัลเฟตออกจากเนื้อดินแล้วเข้าไปละลายอยู่ในดิน แล้วระงับการแตกของรากพืชในที่สุดก็จะหยุดการเจริญเติบโต และอาจจะตายหากได้รับเชื้อโรคต่างๆ หรือแม้แต่เผชิญต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ หรือฤดูกาลแต่เพียงเล็กน้อย ดังเช่น ป่า Black forest ในประเทศเยอรมนี เป็นต้น ฝนกรดมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของเนื้อดินลดลง เพราะกรดในดินไปยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์บางกลุ่มที่ควบคุมการย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ให้กลายเป็นแอมโมเนียม และไนเตรท ซึ่งเป็นปุ๋ยของพืช และถ้าน้ำฝนมีค่าความเป็นกรด-เบส ต่ำกว่า 5.6 จนถึง 3 แล้วก็จะทำให้เกิดริ้วรอยเป็นจุดหรือเป็นลายบนพืชบางชนิด เช่น มะเขือเทศ ผักขม และทำให้ราคาพืชตกต่ำอีกด้วย (นิตยา, 2534)

2. วัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นกรด

กระบวนการทางธรณีทำให้ได้วัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกัน ธรรมชาติของวัตถุต้นกำเนิดมีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติของดิน เช่น เนื้อดิน องค์ประกอบทางเคมี และทางแร่ของวัตถุต้นกำเนิดดิน โดยในเขตร้อนชื้นอย่างในประเทศไทย พัฒนาการของดินจะเกิดและดำเนินไปได้เร็วขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) Johnson and Zhang (1990) ได้กล่าวว่า เนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดดินมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน ดินก็จะกลายเป็นกรดในช่วงเวลาที่แตกต่างกันไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ดังเช่น ดินที่พัฒนามาจากวัตถุต้นกำเนิดที่เป็น หินแกรไนท์ ก็จะมีความเป็นกรดมากกว่าดินที่พัฒนามาจากวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นหินชนวนหรือหินปูน

3. การย่อยสลายของอินทรียวัตถุ

การผุพังย่อยสลายของอินทรียวัตถุจะผลิต H^+ ออกมาซึ่งทำให้เกิดกรด และการผุพังย่อยสลายของอินทรียวัตถุยังผลิต CO_2 ซึ่ง CO_2 จะทำปฏิกิริยาร่วมกับน้ำในดิน ทำให้เกิดกรดอ่อนในรูปของกรดคาร์บอนิก กรดชนิดนี้เป็นกรดชนิดเดียวกันกับกรดที่เกิดจาก CO_2 ในบรรยากาศ ทำปฏิกิริยากับน้ำฝน แล้วเกิดกรดในรูปของฝนกรดตามธรรมชาติ จากการเน่าเปื่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุยังก่อให้เกิดกรดอินทรีย์หลายชนิด ซึ่งเป็นกรดอ่อนเช่นกัน แต่ผลกระทบของกรดอินทรีย์ที่เกิดจากการเน่าเปื่อยสลายตัวของอินทรียวัตถุ ในการทำให้ดินเป็นกรด โดยทั่วไปมีน้อยมาก และถ้าจะมีผลกระทบความเป็นกรดของดินก็ต้องใช้เวลานานเป็นระยะเวลาหลายปี จึงจะมีผลจนกระทั่งสามารถตรวจวัดได้ในสภาพไร่นา (Johnson and Zhang , 1990)

4. การผลิตพืช

การเก็บเกี่ยวพืชมีผลทำให้ดินเป็นกรดได้เพราะพืชมีการดูดใช้ basic cation ที่เป็นธาตุอาหารพืช เมื่อพืชเหล่านั้นถูกเก็บเกี่ยวและเคลื่อนย้ายผลผลิตออกจากพื้นที่ปลูก ทำให้เกิดการสูญหายของธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะ basic cation ไปจากดินด้วยกระบวนการนี้มาก เมื่อปริมาณ basic cation ในดินลดลง ดินจึงมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น การเพิ่มขึ้นของผลผลิตพืชจะเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ธาตุอาหารจำนวนมากถูกเคลื่อนย้ายออกไปจากดิน (Johnson and Zhang (1990); Spies and Harms (2007); McFarland *et al.*(2001) จากรายงานของ Spies and Harms (2007) การดูดใช้ Ca Mg และ K ของพืช และปริมาณของธาตุเหล่านี้ในผลผลิตที่เก็บเกี่ยวมีผลกระทบต่อความเป็นกรดของดิน โดยปริมาณธาตุอาหารที่พืชเอาออกไปจากการผลิตพืชขึ้นอยู่กับการเจริญเติบโตของพืช ส่วนของพืชที่เก็บเกี่ยวและระยะการเก็บเกี่ยวของพืช (Spies and Harms ,2007) สำหรับ Johnson and Zhang (1990)ได้กล่าวไว้ว่า ปริมาณของ basic cation ที่ติดไปกับผลผลิตพืชในส่วนของเมล็ดน้อยกว่าในส่วนของใบหรือลำต้น เมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณCa K Mg และNa ในต้นข้าวสาลี พบว่าปริมาณเบสทั้งหมดในส่วนของเมล็ดข้าวมี 24 ปอนด์ และส่วนของตอซังซึ่งมีปริมาณเบสทั้งหมดถึง 79 ปอนด์ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้การปลูกข้าวสาลีอย่างต่อเนื่อง โดยการเก็บเกี่ยวส่วนของตอซังมีความเป็นกรดเร็วกว่าการเก็บเกี่ยวเมล็ดเพียงอย่างเดียว นอกจากนี้ การผลิตหญ้าที่ให้ผลผลิตสูง เช่น หญ้าเบอมิวดา หรือ อัลฟาฟา เป็นสาเหตุให้ดินเป็นกรดเร็วกว่าการปลูกพืชชนิดอื่น

นอกจากนี้ ความเป็นกรดของดินยังสัมพันธ์กับการใช้ปุ๋ย จากรายงานของ Spies and Harms (2007) ปุ๋ยแอมโมเนียมหรือยูเรียมีผลทำให้ดินเป็นกรดมากกว่าปุ๋ยชนิดอื่น โดยกระบวนการที่เกี่ยวข้องมี 2 กระบวนการ กระบวนการแรกคือ NH_4^+-N ที่ได้จากปุ๋ยแอมโมเนียม หรือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

กระบวนการ hydrolysis ของยูเรีย เมื่อถูกออกซิไดซ์ โดยแบคทีเรียในดิน และเปลี่ยนรูปเป็นไนเตรท โดยกระบวนการ nitrification จะปลดปล่อย H^+ ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้น และกระบวนการสุดท้ายคือ NO_3^--N ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมาก หากไม่ถูกดูดใช้โดยพืช NO_3^--N จะเคลื่อนที่ไปตามน้ำในดิน และสามารถทำปฏิกิริยากับ Ca และ Mg ซึ่งมีประจุบวก และเคลื่อนย้ายธาตุดังกล่าวออกไปจากดิน ซึ่งการสูญหายของธาตุที่มีประจุบวกที่มีฤทธิ์เป็นด่าง (basic cation) ด้วยวิธีการดังกล่าวมีผลทำให้ดินเป็นกรดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ผลที่เกิดขึ้นเมื่อดินเป็นกรด

pH ของดินมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช และความสามารถในการละลายของธาตุที่เป็นพิษ เช่น Al และ Mn ในดินกรดความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชจะลดลง และความเป็นพิษของ Al และ Mn เพิ่มขึ้น McFarland *et al.*(2001) การมีปริมาณ Al และ Mn มากเกินไปในดินเป็นสาเหตุหลักของความล้มเหลวในการปลูกพืชในสภาพดินกรด เพราะธาตุเหล่านี้สามารถละลายได้ดีขึ้น เมื่อ pH เป็นกรดในดินมี Al เป็นจำนวนมาก เนื่องจาก Al เป็นส่วนประกอบของอนุภาคดินเหนียว (Johnson and Zhang, 1990) Johnson and Zhang (1990) ได้อธิบายว่า ที่ pH สูงกว่า 5.5 Al ในดินจะอยู่ในรูปของแข็ง และไม่เป็นพิษต่อพืช เมื่อ pH ต่ำกว่า 5.5 Al จะเริ่มละลาย โดยการละลายของ Al^{3+} ที่ pH 4.5 จะมากกว่าที่ pH 5.5 ถึง 1000 เท่า สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างการละลายของ Mn กับ pH คล้ายคลึงกับ Al ยกเว้นการละลายของ Mn^{2+} เพิ่มขึ้นเป็น 100 เท่า เมื่อ pH ลดจาก 5.0 เป็น 4.0 ในดินที่เป็นกรดอย่างรุนแรงระดับของ Ca และ Mg ในดินค่อนข้างต่ำทั้งนี้รวมถึง K ด้วย เพราะธาตุอาหารพวกนี้ถูกชะละลายออกไปจากดินได้ง่ายมาก โดยทั่วไปดินจะมีระดับ Ca และ Mg เพียงพอเมื่อดินมี pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.5 (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ส่วนความเป็นประโยชน์ของ P ก็ขึ้นกับ pH ของดินในดินที่เป็นกรดมากๆ จะส่งเสริมการตรึงฟอสเฟตให้อยู่ในรูปของเหล็ก และอะลูมินัมฟอสเฟตซึ่งยากแก่พืชที่จะใช้ประโยชน์เนื่องจากในสภาพดังกล่าว Fe และ Al อยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.0 เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดินที่เป็นกรดปุ๋ยที่ใช้ส่วนใหญ่จะทำปฏิกิริยากับ Fe และ Al เสียหมดทำให้พืชนำไปใช้ได้น้อยลง นอกจากนี้ ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุก็ขึ้นกับระดับ pH ของดิน เมื่อ pH ต่ำ เหล็กจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายและมีอยู่ในสารละลายดินในปริมาณมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.0 Mn ก็เช่นเดียวกันกับ Fe เมื่อดินเป็นกรดมากๆ Mn อยู่ในสารละลายดินได้มาก บางครั้งมากจนเกิดเป็นพิษต่อพืชที่ปลูก Zn ในดินอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้ง่ายเมื่อดินเป็นกรดโดยเฉพาะเมื่อดินมี pH ประมาณ 5.0 และเมื่อ pH ของดินสูงขึ้นจาก 5.0-6.5 Zn ในดินจะละลายน้ำได้น้อยลง Cu ละลายน้ำได้ง่ายขึ้นเมื่อดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด B ละลายน้ำได้ดีเมื่อดิน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เป็นกรด สำหรับ Mo จะละลายได้น้อยลงเมื่อดินมีสภาพเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

การเกษตรแบบเข้มข้น (Intensive agriculture)

การเกษตรแบบเข้มข้น คือ ระบบการผลิตทางการเกษตรที่มีการนำธาตุอาหารพืชเข้าสู่ระบบในปริมาณสูง และมีการใช้ปุ๋ยเคมี สารกำจัดศัตรูพืช สารฆ่าเชื้อรา สารกำจัดแมลง สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และยาฆ่าแมลงอยู่เป็นประจำซึ่งการใช้ที่เพิ่มขึ้นสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (Intensive and extensive farming, 2007) และ Encyclopedia Britannica (2007) ได้ให้คำนิยามของคำว่า intensive agriculture เป็นระบบการเพาะปลูกที่มีการใช้แรงงาน ต้นทุนจำนวนมาก โดยการใช้แรงงานและต้นทุนจำนวนมากนั้นมีความจำเป็นสำหรับการให้ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง เชื้อรา และศัตรูพืชเพื่อการเติบโตของพืช นอกจากนี้ ต้นทุนยังมีความสำคัญต่อการบำรุงรักษาหรือจัดหาเครื่องจักรกลทางการเกษตรมาใช้ในการเพาะปลูก เก็บเกี่ยว แม้กระทั่งการให้น้ำ การเกษตรแบบเข้มข้นนี้มีทั้งผลดีและผลเสีย ซึ่งผลดีของการเกษตรแบบเข้มข้นคือ ช่วยเพิ่มปริมาณผลผลิต และทำให้ปริมาณผลผลิตเพียงพอสำหรับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ในขณะที่พื้นที่การเกษตรได้ลดลง ข้อเสียก็คือ การเกษตรแบบเข้มข้นมีผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและห่วงโซ่อาหาร โดยการทำลายแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า และนำไปสู่การพังทลายของหน้าดิน การใช้ปุ๋ยในปริมาณมากทำให้เกิดมลพิษต่อแหล่งน้ำ นอกจากนี้ ยาฆ่าแมลงมีผลรบกวนระบบห่วงโซ่อาหาร และทำให้แมลงที่เป็นประโยชน์ลดจำนวนลง (Intensive and extensive farming, 2007)

การขาดสมดุลของธาตุอาหารพืช

Shrestha and Ladha, 1998 ; Lucas *et al.,*1999 อ้างโดย Murshedul and Ladha (2004) ได้กล่าวไว้ว่า เกษตรกรโดยทั่วไปมีการใช้สารเคมี โดยเฉพาะปุ๋ยและยาฆ่าแมลงในระดับที่สูงสำหรับการปลูกผัก และการใช้ปุ๋ยในปริมาณมากมีผลทำให้เกิดการสูญเสีย N จากดิน และเกิดการสะสม P ในดินซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อสภาพแวดล้อม (Mursheldul and Ladha, 2004) ในการเพาะปลูกพืชหลายชนิดที่มีการใส่ปุ๋ย N P และ K อย่างต่อเนื่องในปริมาณที่สูง ทำให้มีการสะสม P ในดินในระดับที่สูง (Prasad and Sinha, 1981) และมีการสะสม K ในดินในระดับสูงเช่นกัน โดยในดินที่มีปริมาณ P 61 มก.P/กก. หรือมากกว่า ผักสลัดจะไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย P ที่เพิ่มเติมลงไปในดินอีก สำหรับดินที่มีปริมาณ K 181 มก.K/กก. หรือสูงกว่าผักสลัดก็จะไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย K เพิ่มเติมลงไปในดินเช่นกัน (Ontario Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs, 2006) โดย Deenik *et al.*(2006) ได้ศึกษาการจัดการปุ๋ยฟอสฟอรัสสำหรับการปลูกกะหล่ำปลี จากการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ทดลองได้ทำการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก พบว่า ดินที่ปลูกมีปริมาณ available P ในดิน และ exchangeable K ในดินในระดับสูง เมื่อมีการจัดการปุ๋ย P ในดินที่มี P และ K ในระดับดังกล่าว โดยการใส่ปุ๋ย 3 กรรมวิธีคือ การใส่ปุ๋ย N P และ K ครบทั้ง 3 ธาตุซึ่งใส่ปุ๋ย P 177 ปอนด์/เอเคอร์ การใส่ปุ๋ยยูเรียอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยยูเรียร่วมกับปุ๋ย P อัตรา 63 ปอนด์/เอเคอร์ จากการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อปริมาณผลผลิตน้ำหนักสดของกะหล่ำปลีที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ จึงสรุปได้ว่า การใส่ปุ๋ย P เพิ่มเติมลงไปในดินที่มีปริมาณ available P อยู่ในระดับสูงไม่มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตกะหล่ำปลีแตกต่างกันทางสถิติ อีกทั้ง การใส่ปุ๋ยในอัตราที่มากเกินไปอาจมีผลเสียต่อสรีรวิทยาของพืชได้ George *et al.* (2003) ได้ศึกษาการแนะนำอัตราปุ๋ยสำหรับผักกาดหอมห่อที่ปลูกในดินอินทรีย์ของรัฐฟลอริดา พบว่า การใส่ปุ๋ย N ในอัตราที่มากเกินไปมีผลทำให้คุณภาพของหัวผักกาดหอมห่อลดลง ห่อหัวไม่แน่น และอาจเกิดโรคก้นเน่าได้ในกรณีที่มีสภาพอากาศร้อนชื้นหลังจากที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่สูง และการใส่ปุ๋ย K ที่มากเกินไปอาจเป็นสาเหตุทำให้มีการสะสมของเกลือในปริมาณสูงซึ่งมีผลทำให้พืชแสดงอาการปลายใบไหม้ได้ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ย K ในปริมาณที่มากเกินไปสามารถชักนำให้เกิดการขาด Mg ได้ และการใส่ปุ๋ย Mn มากเกินไปก็สามารถชักนำให้เกิดการขาด Fe ได้ ในทางกลับกันการใส่ปุ๋ย Fe มากเกินไปก็มีผลทำให้ขาด Mn ได้ อีกทั้งการใส่ปุ๋ย P ในอัตราที่สูงในการปลูกข้าวโพดอาจทำให้เกิดการขาด Zn ได้ สำหรับพืชที่ได้รับ Mo ในปริมาณสูงอาจส่งผลให้เกิดการขาด Cu ได้ (Ishizuka, 1971)

ความสัมพันธ์ร่วมของฟอสฟอรัสกับธาตุอาหารอื่น (Armstrong, 1999)

ความสัมพันธ์ร่วม (interaction) เกิดขึ้นเมื่อระดับปัจจัยการผลิตหนึ่งมีผลต่อการตอบสนองของปัจจัยอื่นๆ โดย P เป็นธาตุที่ได้รับผลกระทบหรือมีผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอื่นๆ ดังนี้

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ N คือ P และ N มีส่วนเกี่ยวข้องกับกิจกรรมต่างๆ ของพืช อาทิ กระบวนการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีน และการตรึง N แบบ symbiosis ประโยชน์เบื้องต้นที่เกิดจากการใส่ปุ๋ย N และ P เป็นแถบก็คือ การดูดใช้ P ได้ดีขึ้น เนื่องจากความสามารถในการละลายของ P ที่เพิ่มขึ้น และอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับรากพืช นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมสามารถช่วยปรับปรุงความเป็นประโยชน์ของ P ที่มีต่อพืชได้ และทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดีขึ้น

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ K โดย P และ K จำเป็นสำหรับกระบวนการสังเคราะห์แสง ปฏิกิริยาการขับเคลื่อนของพลังงาน เอนไซม์ การเกิดและคุณภาพของเมล็ด การต้านทานต่อความเครียดของพืช รวมถึงการสุกแก่ของพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ S ผลการวิจัยในแคลิฟอร์เนียพบความสัมพันธ์ร่วมทางบวกที่มีต่อการเพิ่มของผลผลิตพืชอาหารสัตว์และทำให้แกะที่เลี้ยงมีลักษณะดี เนื่องจากผลผลิตและคุณค่าทางอาหารที่ได้ปรับปรุงขึ้น การให้ฟอสฟอรัสอย่างเดียวไม่สามารถทำให้น้ำหนักของแกะเพิ่มขึ้นได้ แต่จากการทำงานร่วมกันของ P และ S ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัด

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ Mg ซึ่ง P และ Mg จำเป็นสำหรับการสังเคราะห์แสงและการสร้างเมล็ดของพืช การดูดใช้ธาตุอาหารทั้งสองโดยพืชมีแนวโน้มลดลงภายใต้สภาพดินเปียกและอากาศหนาวเย็นซึ่งเป็นระยะของความสัมพันธ์ร่วมของธาตุอาหาร

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ B เป็นความสัมพันธ์ร่วมทางลบ จากการศึกษาในข้าวโพดพบว่า ความสัมพันธ์ร่วมที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการลดการดูดใช้ B ในต้นอ่อนข้าวโพดที่ปลูกในดินกรดที่มี P สูง แต่ไม่มีความสัมพันธ์ร่วมอย่างมีนัยสำคัญระหว่าง P และ B ในสตรอเบอรี่

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ Cu จะพบเมื่อมีระดับของ P สูง จนทำให้เกิดการขาด Cu อย่างรุนแรงในต้นกล้าส้ม อย่างไรก็ดีความสามารถในการละลายของ Cu และ Zn จะเพิ่มขึ้นได้ถ้ามีการใส่ปุ๋ย P ในระดับสูง ความสัมพันธ์ร่วมนี้เชื่อว่าเกิดขึ้นที่ตำแหน่งที่มีการดูดซับ ซึ่งอาจเป็นไปได้กับ Cu ตกตะกอนอยู่โดยรอบผิวรากพืช ในการศึกษาอื่นๆ พบว่าการใส่ปุ๋ย P ช่วยลดระดับความเป็นพิษของ Cu ในขณะเดียวกันปริมาณ Cu ที่มากเกินไปทำให้ลดการดูดใช้ P และ Fe ของพืชได้

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ Fe ความสัมพันธ์ของ P และ Fe จะแสดงให้เห็นได้ในถั่วพุ่มที่ปลูกในดินทั้งที่มีระดับของ P ขาดแคลน หรือมากเกินพอก็ตาม ทั้ง 2 กรณีจะทำให้ Fe ถูกดูดซับได้น้อยลง ทั้งข้าวโพดและข้าวที่ปลูกในดินที่มี Cu มากเกินไปก็มักจะเกิดปัญหาการขาด Fe อย่างรุนแรงเช่นกัน ในกรณีนี้จะแนะนำให้ใส่ปุ๋ย P ในปริมาณมากเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ Mn โดยความสัมพันธ์ร่วมนี้สามารถพัฒนาขึ้นมาได้เมื่อดินมีความเป็นประโยชน์ของ Mn เพิ่มขึ้นพร้อมกับระดับของ P ในดินที่สูงขึ้น ในดินบางชนิดเชื่อว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของความเป็นกรดในดิน เนื่องจากการใช้ปุ๋ย P ในอัตราที่สูง

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ Mo ขึ้นอยู่กับว่าดินมีธรรมชาติเป็นกรดหรือด่าง สำหรับดินกรด P ช่วยเพิ่มการดูดใช้ Mo แต่จะลดการดูดใช้ Mo ในดินที่เป็นด่าง การเพิ่มการดูดใช้ในดินกรดนั้นเชื่อว่าเป็นผลมาจากการเพิ่มการดูดซับและการเคลื่อนย้ายในต้นพืชเนื่องจากไอออนของ $H_2PO_4^-$

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง P และ Zn จากการศึกษาการสะสมธาตุอาหารในข้าวโพดพบว่าการดูดใช้ทั้ง P และ Zn การเคลื่อนย้ายภายในต้นพืชและรูปแบบการสะสมในต้นพืช มีลักษณะที่ค่อนข้างจะเหมือนกันมาก การศึกษาได้ชี้ให้เห็นว่า แนวโน้มที่ P จะไปกดทับ Zn ไว้นั้นเป็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะทางสรีรวิทยาตามธรรมชาติและไม่ได้เป็นเพราะเกิดความเฉื่อยในดิน ในสภาพแวดล้อมของผลผลิตสูง ความสัมพันธ์ทางลบระหว่างจุลธาตุด้วยกันสามารถพัฒนาขึ้นมาได้

ความสัมพันธ์ร่วมของKกับธาตุอาหารอื่น

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง K และ N โดยรูปแบบของNมีผลต่อการดูดซับ K ดังตัวอย่าง ในมะเขือเทศที่เจริญในสารสะสายธาตุอาหารที่มี N ในรูปของไนเตรท แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าการให้ N ในรูปของแอมโมเนียม ซึ่งมะเขือเทศที่ได้รับ N ในรูปของแอมโมเนียมนาน 4 วันจะมีปริมาณ K ที่สะสมในผลผลิตลดลงแต่การใช้ปุ๋ย N ในรูปของไนเตรทการสะสม K ในผลผลิตคงที่ (Armstrong, 1998)

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง K Ca และ Mg เป็นที่ทราบกันดีว่าทั้ง Ca และ Mg มีความสามารถในการแก่งแย่งในเชิงการดูดใช้โดยพืชกับ K ดังนั้นในดินทีมีธาตุทั้ง 2 ชนิดนี้ละลายอยู่สูง จำเป็นต้องมี K ในระดับที่สูงกว่าดินปกติทั่วๆ ไป ทั้งนี้เพื่อให้มีปริมาณ K ในระดับที่เพียงพอกับความต้องการของพืชนั้น ในทางตรงกันข้ามถ้าดินมีปริมาณ exchangeable K อยู่สูง ก็อาจทำให้พืชเกิดอาการขาด Ca และ Mg ได้ อย่างไรก็ดีมักพบว่า ความเป็นประโยชน์ของ K นั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของทั้ง Ca และ Mg มากกว่าปริมาณ K ที่มีอยู่ในดินนั้น (สุชาติ, 2546)

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่าง K และ S ในข้าวบาร์เลย์กำมะถันมีอิทธิพลต่อการดูดใช้ K และ Zn อย่างไรก็ตามในดินที่มีปริมาณ S และ K ในระดับที่เหมาะสมสามารถปรับปรุงการดูดใช้ Zn ได้ (Armstrong, 1998)

ความสัมพันธ์ร่วมระหว่างK B Fe Mo Mn Zn และ Cu พบว่า การดูดใช้ B Fe และ Mo ลดลง เมื่อมีการใส่ปุ๋ย K เพิ่มเติมลงไปในดิน สำหรับ Cu Zn และ Mn การใช้ K มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของ Cu Zn และ Mn เพิ่มขึ้น (Armstrong, 1998)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความสำคัญของพืชผัก (ประสิทธิ์, 2541)

พืชผักเป็นอาหารประกอบที่มีความสำคัญต่อชีวิตมนุษย์มาก เนื่องจากเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูง คือ เป็นแหล่งของวิตามิน เกลือแร่ และโปรตีน

ความสำคัญของพืชผักมีดังนี้

1. ความสำคัญด้านคุณค่าทางบริโภค
2. ความสำคัญด้านคุณค่าทางอาหาร
3. ความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ

ธาตุอาหารและการตอบสนองต่อปุ๋ยของพืชผัก

ผักเป็นพืชอายุสั้น บางชนิดสามารถปลูกได้ตลอดปี ขึ้นอยู่กับชนิด พันธุ์พืช สภาพแวดล้อม และการจัดการ การวิเคราะห์ดินจึงเป็นขั้นตอนแรกที่จะช่วยชี้บ่งว่า สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินมีข้อขัดข้องที่เป็นตัวจำกัดประสิทธิภาพในการผลิตมากน้อยเพียงใด (โชติ, 2533) โดยผักแต่ละชนิดจะมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างกัน แม้แต่พืชตระกูลเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ก็มีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างกันไปด้วย (สุชาติ, 2546)

ธาตุอาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืชผัก ความสำคัญของธาตุอาหารพืชที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืชผัก จากการรวบรวมข้อมูลโดยสมภพ (2537) ได้รายงานว่า N เป็นธาตุที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยเร่งส่วนที่เป็นลำต้น และใบของพืชผักให้มีการเจริญเติบโตได้อย่างสมบูรณ์ และทำให้พืชผักหลายๆ ชนิดมีลักษณะอวบน้ำ (succulence) ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่ต้องการ ดังนั้น ธาตุ N จึงเป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชผักต่างๆ มากกว่าธาตุอาหารอย่างอื่น เช่น P และ K เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจาก N เป็นธาตุที่ถูกชะล้างหรือทำให้สูญหายออกไปจากดินในบริเวณระบบรากได้ง่ายมาก โดยพืชผักชนิดที่ปลูกเพื่อรับประทานลำต้นและใบนั้น ได้แก่ พืชผักตระกูลกะหล่ำ และผัก เช่น คะน้า กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก ผักกาดขาว และผักกาดเขียว เป็นต้น พืชพวกนี้ต้องการ N ในปริมาณสูง เพื่อนำไปสร้างผลผลิต และเพื่อให้ลำต้นและใบอ่อน มีความกรอบและมีพวกเยื่อใย (fiber) น้อย ดังนั้น เมื่อปลูกพืชผักพวกนี้จึงต้องให้ปุ๋ย N ในปริมาณมาก แต่ต้องระวังถ้าให้ปุ๋ย N มากขึ้นก็ควรเพิ่มปุ๋ย P และ K ให้เพียงพอด้วยเช่นกัน

สำหรับพืชผักที่ปลูกเพื่อรับประทานแบบสด ปริมาณความต้องการ N จะน้อยกว่าพืชผักพวกแรกที่ได้กล่าวมา ซึ่งปุ๋ย N ควรให้อย่างเพียงพอในระยะแรกๆ ของการเจริญเติบโตเท่านั้น เพราะ N จำเป็นสำหรับการสร้างโปรตีนที่นำไปใช้สร้างเซลล์ สำหรับยอดอ่อนและดอก ซึ่งเจริญเติบโตเป็นใบและผลต่อไป ส่วนพืชผักที่ปลูกเพื่อรับประทานหัว (bulb) และราก (root) นั้น ความต้องการเกี่ยวกับปุ๋ย N ก็คล้ายคลึงกันกับพวกรับประทานผล กล่าวคือ พืชผักชนิดนี้มีความต้องการ N ค่อนข้างสูงในระยะแรกของการเจริญเติบโต เพื่อนำไปสร้างลำต้น ราก และใบให้ได้มากที่สุด แต่ระยะหลังความต้องการ N จะลดลงมาก โดยเฉพาะในระยะแรกที่กำลังสร้างหัวและราก เพื่อจะได้นำแป้ง และน้ำตาลมาเก็บสะสมไว้ที่หัวและรากให้มากที่สุด การให้ปุ๋ย N มากเกินไปหรือให้ปุ๋ยช้าจนถึงระยะสร้างหัวและรากจะมีผลทำให้คุณภาพของหัวและรากเลวลง เช่น ถ้าเป็นพวกหอมหัวใหญ่จะได้หัวโตขึ้น แต่มีน้ำหนักเบา หัวไม่แบนและเน่าง่าย พวกให้ลำต้นใต้ดิน (tuber) เช่น มันฝรั่งจะมีแป้งและน้ำตาลน้อย มีขนาดเล็ก เนื้อหยาบไม่น่ารับประทาน ในกรณีที่ให้ N มากเกินไป ควรแก้ไขโดยการเพิ่มปุ๋ย P และ K ให้มากขึ้นก่อนจะเกิดผลเสียกับผลผลิตพืชผัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในดินทราย โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีฝนตกชุก พบว่า ธาตุ N ถูกชะล้างไปมาก หากปลูกพืชผักก็จะแสดงอาการกิ่ง ก้าน ลีบเล็ก ตั้งตรงและกระด้าง ใบจะมีขนาดเล็กกว่าปกติ สีเขียวหรือสีเหลือง หรือสีน้ำตาลแซมเขียว โดยใบล่างๆ จะเป็นก่อน แต่ถ้าขาดมากใบอาจเหลืองทั้งต้น ให้ผลผลิตต่ำและคุณภาพเลว (ประสิทธิ์, 2541) จากการศึกษาของ Hochmuth *et al.* (1999) ได้ทำการประเมินปริมาณผลผลิตและคุณภาพของรากแครอทที่ตอบสนองต่อปุ๋ย N ในดินทราย พบว่า การใส่ปุ๋ย N มีผลทำให้ปริมาณผลผลิตแครอทเพิ่มขึ้น แต่ผลของอัตราการใช้ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาที่ปลูก โดยการให้ปุ๋ยอัตรา 150 kg/ha ในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคมมีผลทำให้ปริมาณผลผลิตสูงสุด และเมื่อให้ปุ๋ย N ในอัตรา 180 kg/ha จะพอเพียงสำหรับปลูกในเดือนมกราคม โดยความเข้มข้นของ alcohol-soluble sugar ทั้งหมดในแครอทพันธุ์ Choctaw สูงที่สุด (45 mg/gรากสด) เมื่อให้ปุ๋ย N อัตรา 140 mg/ha ส่วนแครอทพันธุ์ Scarlet Nantes นั้นการใส่ปุ๋ย N ไม่มีผลทำให้ความเข้มข้นของ alcohol-soluble sugar ทั้งหมดเพิ่มขึ้น สำหรับความเข้มข้นของแคโรทีนอยด์สูงสุด (55 mg/kgรากสด) เมื่อให้ปุ๋ย N ในอัตรา 160 kg/ha และ Hartz *et al.* (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของพันธุ์ สภาพแวดล้อม ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการจัดการชลประทานต่อการแตกหักของแครอทระหว่างการเก็บเกี่ยว ซึ่งพบว่าการให้ปุ๋ย N มากเกินไปทำให้เกิดการแตกของแครอทเพิ่มขึ้น พันธุ์และการจัดการชลประทานไม่มีผลต่อการแตกของแครอท แต่สภาพแวดล้อมรวมถึงเนื้อดินมีผลต่อการแตกของแครอท นอกจากนี้ Wiedenfeld (1986) ได้ศึกษาเกี่ยวกับศึกษาปุ๋ยละลายช้า 2 ชนิด คือ Methylene urea (MU) และ Sulfur coated urea (SCU) โดยอัตรา ระยะเวลา และวิธีการให้ที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณผลผลิต น้ำหนัก และความเข้มข้นของ N ในกะหล่ำปลีและหอมหัวใหญ่ พบว่า ผลผลิตของกะหล่ำปลีเพิ่มขึ้นเมื่อให้ N ในอัตรา 252 kg N/ha และผลผลิตของหอมหัวใหญ่เพิ่มขึ้นเมื่อให้ N อัตรา 134 kg N/ha โดยการให้ปุ๋ย N ทำให้น้ำหนักผลและปริมาณ N ในใบเพิ่มขึ้น สำหรับการให้ปุ๋ยแบบแถบทำให้ผลผลิตของหอมหัวใหญ่เพิ่มขึ้นต่างจากการให้แบบหว่าน และสมเกียรติ (2536) ได้ศึกษาอิทธิพลของปุ๋ย N ต่อปริมาณผลผลิตหอมหัวใหญ่ ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ (แม่โจ้) ที่มีการให้ N ในอัตราที่แตกต่างกันคือ 0 10 20 30 และ 40 กก./ไร่ พบว่า การใส่ปุ๋ย N อัตรา 20 กก./ไร่ ให้ผลผลิตสูงที่สุดคือ 7,286 กก./ไร่

สำหรับ P พืชผักจะมีผลตอบสนองต่อปุ๋ย P อย่างสูง ในกรณีที่ดินปลูกนั้นไม่ได้รับการใส่ปุ๋ยประเภทนี้มาเป็นเวลานาน แต่ขณะนี้จะเห็นได้ว่า ดินในแหล่งที่ใช้ปลูกพืชผัก ส่วนใหญ่มักมีการใส่ปุ๋ยเป็นจำนวนมากและเป็นระยะเวลาติดต่อกันนานหลายปีจนเกิดการสะสม P อยู่ในระดับสูง เนื่องจาก P สลายตัวช้าและถูกดินยึดไว้ ดังนั้นการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย P ของพืชผักที่ปลูกในแหล่งปลูกโดยทั่วไปจึงมีน้อยมาก และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณความต้องการ P ของพืชผักกับ N และ Kพืชผักมีความต้องการ P น้อยกว่า แต่อย่างไรก็ตาม P ก็มีความสำคัญในการช่วยทำให้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชผักสามารถตั้งตัวได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะในช่วงแรกของการเจริญเติบโต นอกจากนั้นยังทำให้พืชผักแก่และเก็บเกี่ยวได้เร็วขึ้น และมีรสดีขึ้นเมื่อได้รับปุ๋ย P ในปริมาณที่เพียงพอ ซึ่งในดินกรดและดินที่เปียกแฉะอาจจะขาดธาตุนี้ โดยมีอาการรากพืชไม่เจริญเติบโตตามปกติ กิ่งจะลีบเล็ก และมีข้อสั้น ใบและต้นจะมีสีเขียวแก่ หรือม่วงโดยจะพบสีม่วงที่ใต้ใบก่อนแล้วในที่สุดจะเป็นทั้งใบ พืชผักแก่ช้ากว่าปกติ (ประสิทธิ์, 2541) จากการศึกษาของ Sanchez (1995) ได้ทำการประเมินการตอบสนองของผักสลัดต่อการใช้ปุ๋ย P พบว่า ผักสลัดพันธุ์ crisphead และ romaine มีการผลิตมวลชีวภาพ และสะสม Pได้มากกว่าพันธุ์อื่นๆ โดยผักสลัดต้องการฟอสฟอรัสในปริมาณต่ำในการเจริญเติบโต ต่อมา Rideout (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของการให้ปุ๋ย P ในปริมาณต่ำ และข้อจำกัดมากมายในระบบทุ่นต่อการเจริญเติบโตภายหลังการย้ายปลูก ปริมาณผลผลิต และขนาดผลผลิตของมะเขือเทศ พบว่า การให้ P ในปริมาณต่ำไม่มีผลต่อความสูงของต้น ปริมาณผลผลิต และขนาดของผลผลิต นอกจากนี้ ยังมีการศึกษาการใช้ P และ N ร่วมกัน โดย Dufault (1988) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลของอัตราการให้ N และ P ต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของบร็อคโคลี่ที่ปลูกในโรงเรือน พบว่า การเพิ่มขึ้นของ N ทำให้น้ำหนักสด ขนาดต้น ปริมาณ floret ทั้งหมดในคลอโรฟิลล์ น้ำหนักแห้งของรากและส่วนเหนือดิน ความสูงของต้นและคุณภาพหัวเพิ่มขึ้นโดยที่ย่นระยะเวลาการเก็บเกี่ยวและการสร้างหัวได้เร็วขึ้น การเพิ่ม P ทำให้ปริมาณ floret ทั้งหมดในคลอโรฟิลล์ ความสูง และน้ำหนักแห้งของรากเพิ่มขึ้น แต่เพิ่มในอัตราที่น้อยกว่า N และในแง่ของคุณภาพผลผลิต บล็อกโคลี่ต้องการ N อัตรา 5.9 กรัม P 0.21 กรัม และ K 1.6 กรัม ต่อ nutrient solution 15 ลิตร

K มีความจำเป็นอย่างมากต่อขบวนการสังเคราะห์และการเคลื่อนย้ายแป้งในพืชผัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชผักประเภทหัว (root and tuber crops) ต้องการธาตุ K ในปริมาณสูงมากกว่าพืชผักชนิดอื่นๆ ดินส่วนใหญ่มีธาตุ K เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก แต่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำหรือพืชผักไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ โดยทั่วไปดินที่มีคุณสมบัติเป็นดินเหนียวจะมีธาตุ K อยู่สูงมาก และอยู่ในรูปที่พืชผักสามารถนำไปใช้ได้อย่างดี ส่วนความต้องการปุ๋ย K ของพืชผักพวกรับประทานหัวและราก (Root and tuber crops) มีค่อนข้างสูง ตัวอย่างเช่น หอมหัวใหญ่มีความต้องการปุ๋ย K สูงมาก โดยปริมาณน้ำตาลในหัวหอมจะมากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณปุ๋ย K ที่ได้รับ เมื่อได้รับปุ๋ย Kเ พียงพอหัวหอมจะมีน้ำหนักดี เนื้อแน่น เก็บรักษาได้นานโดยไม่งอกในระหว่างการเก็บรักษา (สมภพ, 2537) แต่ในดินทรายและดินที่มีอินทรียวัตถุสูง เช่น ดิน Muck หรือ peat จะมีธาตุ Kต่ำ และทำให้พืชผักแสดงอาการของใบจะมีสีซีด (chlorosis) ระหว่างเส้นใบจะมีจุดสีน้ำตาลแห้ง โดยอาการจะเกิดที่ใบแก่ก่อน พืชผักที่บริโภคหัวจะมีแป้งน้อย และน้ำมาก เนื้อฟ่าม ลำต้นหักล้มง่าย (ประสิทธิ์, 2541) จากการศึกษาของ Caporn *et al*.(1978) ซึ่งได้ศึกษาผลของ K ต่อการดูดใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

CO_2และการเจริญเติบโตของต้นกล้ามะเขือเทศ พบว่า การขาด K ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง photochemical efficiency ลดลง และการดูดใช้ CO_2 ลดลง และ Botrini *et al.* (2000) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของปริมาณ K ในสารละลายต่อการดูดใช้และการสะสม Na ในมะเขือเทศที่ปลูกระบบ hydroponics พบว่า สารละลายที่มี K ในระดับสูงทำให้ปริมาณความเข้มข้นของ Na ในราก ใบเลี้ยง และลำต้นลดลง ยกเว้นในใบที่ปริมาณความเข้มข้นของ Na ไม่ลดลง โดยสารละลายที่มี Na สูงมีผลทำให้ผลผลิตลดลง แต่การให้ K ในอัตราที่สูงไม่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิต อย่างไรก็ตามไอออนของ K มีผลต่อการดูดใช้ Na ได้ และจากการศึกษาเกี่ยวกับผลของอัตราการใช้ N P และ K ต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า และคุณภาพกล้าของมะเขือเทศพันธุ์ซันนี่เมื่อย้ายปลูก โดย Melton and Dufault (1991) พบว่า K ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ แต่แนะนำให้ใช้อย่างน้อย 25 มก./ลิตร การให้ P ในปริมาณสูงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง P มีผลให้ความสูงของต้น ขนาดต้น จำนวนใบ พื้นที่ใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และน้ำหนักผลสดเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการให้ N คุณภาพของผลผลิตมะเขือเทศที่ย้ายปลูกให้ผลดีที่สุดเมื่อให้ N ในอัตรา 225 มก./ลิตร ร่วมกับ P ในอัตรา 45 มก./ลิตร

Ca จัดว่าเป็นธาตุหนึ่งในจำนวนธาตุอาหารรอง ซึ่งเป็นธาตุที่เป็นส่วนประกอบของหินปูน เปลือกหอย และแร่อื่นๆ สำหรับแปลงพืชผักโดยทั่วไปมักไม่ขาดธาตุ Ca ทั้งนี้เพราะแปลงพืชผักนิยมใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH ของดิน และลดอัตราการระบาดของโรคพืชในดิน Ca เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์ เพราะ calcium pectate เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของช่องว่างภายในเซลล์ (middle lamella) พืชผักจะเจริญเติบโตได้ต้องมีการแบ่งเซลล์ที่ส่วนยอดหรือปลายราก นอกจากนี้ Ca ยังทำให้พืชมีลำต้นแข็งแรง อย่างไรก็ตาม ในดินกรด ดินที่มีธาตุ K อยู่สูงมาก ดินในเขตแห้งแล้ง และดินทรายในเขตฝนตกชุกมักจะแสดงอาการขาดธาตุ Ca โดยทำให้พืชผักที่ปลูกมีอาการส่วนยอดหรือใบอ่อนที่อยู่ใกล้ๆ กับยอด หรือส่วนที่ปลายรากแห้งตาย โดยใบอ่อนจะบิดเบี้ยวและปลายใบจะงอลีบเข้ามายังลำต้น ขอบใบจะม้วนลงข้างล่าง และจะขาดเป็นริ้วหรือหยักไม่เรียบ จากนั้นขอบใบจะแห้งขาวหรือสีน้ำตาล หรือเป็นจุดสีน้ำตาลตามขอบใบส่วนยอดอ่อนก็จะตาย สำหรับระบบรากไม่เจริญเท่าที่ควร รากสั้น ตัวอย่างเช่น มะเขือเทศจะแสดงอาการก้นเน่า (Blossom end rot) คื่นช่ายจะแสดงอาการไส้ดำ แครอทก้านใบจะฉีกขาด และเป็นโพรงในรากและพืชผักรับประทานหัวหลายชนิดยอดจะตายเป็นต้น (ประสิทธิ์, 2541) Wills *et al.* (1977) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของ $CaCl_2$ ต่อการสุกของผลมะเขือเทศ จากการศึกษาพบว่า การให้ $CaCl_2$ ทำให้มะเขือเทศสุกช้าลง โดยการสุกจะชะลอลงได้เมื่อมีให้ Ca ในผลสูงกว่า 40 มก./100 กรัม น้ำหนักผลสด จากเดิมมีความเข้มข้นเพียง 11 มก./100 กรัม โดย Ca มีผลต่อการลดลงของอัตราการหายใจและกิจกรรมอื่นๆ ภายในผล ช่วยให้ชะลอการสุกของผลได้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Mg เป็นธาตุที่มาจากหินและแร่หลายชนิด เช่น ไบโอไทด์ โดโลไมท์ และคลอไรด์ พืชผักต่างชนิดกันย่อมมี Mg อยู่ในปริมาณที่ต่างกัน ในพืชผักตระกูลถั่วมี Mg อยู่ในรูป MgO ประมาณ 0.6-0.8 % และพวกพืชผักต่างๆ มีประมาณ 0.2-0.8 % Mg พบอยู่ในส่วนที่เป็นสีเขียวของพืชเป็นส่วนใหญ่ ทั้งนี้เพราะ Mg เป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งมี Mg อยู่ 2.7 % และ Mg ทำหน้าที่เกี่ยวกับการดูดธาตุอาหารพืช และเคลื่อนย้ายธาตุอาหารอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุ P โดยในดินกรด ดินที่มีปริมาณ K สูง และดินทรายในเขตฝนตกชุกมักจะขาด Mg ซึ่งมีผลทำให้พืชผักแสดงอาการใบล่างเหลือง แต่เส้นใยยังคงมีสีเขียวอยู่ ต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีขาวและสีน้ำตาลแล้วก็ตายไปในที่สุด อาจจะมีจุดขาวกระจายทั่วใบแก่ใบจะเปราะและหักง่าย (ประสิทธิ์, 2541) Hao and Papadopoulos (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลของ Ca และ Mg และปฏิกิริยาระหว่าง Ca และ Mg ต่อการเจริญเติบโต มวลชีวภาพ และปริมาณผลผลิต สำหรับการให้ธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมของมะเขือเทศที่ปลูกในโรงเรือนช่วงฤดูหนาว พบว่า ที่ 300 มก.Ca/ลิตร ปริมาณผลผลิตทั้งหมดและน้ำหนักผลแห้งเพิ่มขึ้น การให้ Ca ในระดับสูงจะช่วยลดการเกิดโรคก้นเน่าได้ และการให้ Mg ในระดับต่ำทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ และผลผลิตลดลง แต่การให้ Mg ในอัตราสูงๆ ร่วมกับการให้ Ca 150 มก./ลิตรทำให้เกิดโรคก้นเน่าเพิ่มขึ้น

S เป็นธาตุอาหารรอง ซึ่งเป็นส่วนองค์ประกอบของพืชผักในจำนวนมากพอๆ กับธาตุ P ซึ่ง S ในพืชผักจะไม่สะสมอยู่ในส่วนใดส่วนหนึ่งของพืชผักโดยเฉพาะมักจะกระจายอยู่ทั่วไปทั้งลำต้น พืชผักต่างชนิดกันมี S แตกต่างกัน เช่น กะหล่ำปลีมี 0.3 % ผักกาดหัว 0.34 % โดยพืชผักตระกูลถั่ว หอม กะหล่ำปลี หน่อไม้ฝรั่ง และกระเทียมจะต้องการ S มากเพื่อเพิ่มกลิ่นและรสชาติให้ดีขึ้น ธาตุ S มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนบางชนิดที่มีกำมะถันเป็นองค์ประกอบ เช่น cystine cysteine และ methionine และมีผลทางอ้อมต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ของพืชผัก ซึ่งในดินหยาบ ธาตุ S มักถูกชะล้างออกไป ทำให้ขาดแคลนและพืชผักแสดงอาการใบอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนหรือเหลืองคล้ายๆ กับอาการขาดธาตุ N และมีขนาดเล็กลง ยอดชะงักการเจริญเติบโต ลำต้นลีบเล็ก เนื้อไม้แข็ง รากยาวผิดปกติ พืชผักจะมีใบล่างหนา และกระด้าง ลำต้นมีสีเขียวเหลืองเกิดขึ้นในพืชผักตระกูลถั่วใบอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนถึงสีเหลือง รวมทั้งเส้นใบด้วย (ประสิทธิ์, 2541)

Fe ในดินลูกรังมี Fe มาก และอยู่ในรูปเฟอริค (Ferric) และเฟอรัส (Ferrous) ธาตุนี้เป็นธาตุที่ไม่ค่อยเคลื่อนที่ มีหน้าที่ช่วยในการสร้างคลอโรฟิลล์ ดูดธาตุอาหารอื่นๆ และขบวนการเพิ่มหรือลดจำนวนออกซิเจนที่ใช้ในการหายใจของพืชผักเท่านั้น โดยในดินที่มี pH สูงกว่า 6.7 จะขาดธาตุ Fe โดยจะแสดงอาการพื้นใบอ่อนมีสีเหลืองซีดหรือขาว (ประสิทธิ์, 2541) จากการศึกษาของ Anchondo *et al.* (2001) เกี่ยวกับการตอบสนองของสีผล รงค์วัตถุในใบ ferrous ion และความเข้มข้นของธาตุอาหารรองในพริก ภายใต้การให้ธาตุ Fe ในระดับต่างๆ พบว่า ระดับของ Fe ส่งผล

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบและแคโรทีนอยด์ การให้ Fe ในระดับสูงทำให้เพิ่มปริมาณ ferrous และ Fe ทั้งหมดในใบ การให้ Fe ในระดับสูงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นรงค์วัตถุที่อยู่ในใบ และการให้ Fe ในระดับสูงทำให้ปริมาณ Cu ที่อยู่ในผลลดลง

Mn เป็นธาตุที่พืชต้องการเพียงเล็กน้อยเท่านั้น มีบทบาทสำคัญในขบวนการสังเคราะห์แสงและทำงานร่วมกับธาตุอื่นๆ เช่น Fe Ca และ Mg เป็นต้น ซึ่งในดินที่มี pH สูงกว่า 6.7 จะขาดธาตุ Mn โดยจะทำให้พืชผักแสดงอาการใบมีสีเหลือง ส่วนเส้นใบยังสีเขียวอยู่มักเกิดกับใบอ่อนก่อน (ประสิทธิ์, 2541)

Zn โดยทั่วไปดินมีธาตุ Zn น้อยกว่าธาตุอื่นๆ ส่วนมากมักจะอยู่ในดินชั้นบน ธาตุนี้มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการสร้างฮอร์โมนพืชผักที่ควบคุมการเจริญเติบโตและมีบทบาททางอ้อมในการสร้างคลอโรฟิลล์ของพืชผัก โดยในดินที่ใส่ปุ๋ย P มากๆ มักจะขาดธาตุนี้ โดยจะทำให้พืชผักแสดงอาการขอบใบไหม้ ใบเล็กแคบ เกิดสีเหลืองระหว่างเส้นใบและมีจุดสีน้ำตาลแดงทั่วแผ่นใบรวมทั้งทำให้ลำต้นยืดยาวช้า จากการศึกษาของ Sharma *et al.* (1978) เกี่ยวกับผลของการขาด Zn ต่อสมดุลของน้ำในต้นพืชและผลของเมตาบอลิซึมต่อความเครียดน้ำ พบว่า การขาด Zn ทำให้เนื้อเยื่อพืชมีความเข้มข้นของ Zn ลดลงและกิจกรรมของเอนไซม์ carbonic anhydrase และ adenosine triphosphatase ลดลง แต่ความเข้มข้นของน้ำตาล แป้ง proline และ soluble nitrogenous compounds รวมทั้ง water saturation deficit เพิ่มขึ้น และทำให้ศักยภาพของน้ำและอัตราการสูญเสียน้ำโดยใบพืชลดลง

Cu เป็นธาตุที่มีอยู่ในคลอโรฟิลล์เป็นส่วนใหญ่ และอยู่ในส่วนอื่นๆ ของพืชผักจำนวนน้อย ธาตุนี้ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับขบวนการสร้างคลอโรฟิลล์เป็นองค์ประกอบของโปรตีน ช่วยในขบวนการหายใจและทำให้พืชใช้ธาตุ Fe ได้มากขึ้น ซึ่งในดินทรายที่เป็นกรดและถูกน้ำชะล้างมากๆ มักจะขาดธาตุนี้ ซึ่งจะทำให้พืชผักแสดงอาการใบมีสีเขียวจัดในระยะแรก และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ทำให้พืชผักชะงักการเจริญเติบโต (ประสิทธิ์, 2541)

B มีหน้าที่เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายน้ำตาลช่วยในการดูดธาตุCaของราก และช่วยให้พืชใช้ธาตุNและKได้มากขึ้น โดยในดินที่มี pH สูงกว่า 6.8 มักจะขาดธาตุนี้ หรือพืชผักที่ต้องการธาตุนี้สูงเป็นพิเศษ หากได้รับไม่เพียงพอ จะแสดงอาการยอดหรือส่วนอ่อนที่สุด ชะงักการเจริญเติบโต กิ่งก้านสั้น แข็งกระด้าง เกิดจุดสีน้ำตาลหรือดำในส่วนต่างๆ ของพืชผัก โดยเฉพาะที่รับประทานหัว กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก กะหล่ำปม และผักกาดต่างๆ (ประสิทธิ์, 2541) Batal *et al.* (1997) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของอัตราการให้ N Mg และ B ต่อปริมาณผลผลิต น้ำหนักหัว และโรคไส้กลวงของกะหล่ำดอก พบว่า ค่าเฉลี่ยน้ำหนักหัวและผลผลิตสูงสุด เมื่อให้ N ในอัตราสูงที่สุด (269 และ 381 กก./เฮกตาร์ ในดินร่วนปนทรายและดินร่วนปนเหนียว ตามลำดับ) การเพิ่มขึ้นของ Mg

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ไม่มีผลต่อผลผลิตหรือน้ำหนักหัวในดินร่วนปนเหนียว ยกเว้นในดินร่วนปนทรายการเพิ่มขึ้นของ Mg มีผลต่อผลผลิตหรือน้ำหนักหัว การให้ Mg และ B ในอัตราสูงทำให้ลดการเกิดโรคไส้กลวงได้

Mo เป็นตัวก่อให้เกิดเมตตาโมลิบดีนัมของธาตุ N ซึ่งจำเป็นสำหรับการตรึง N ของขบวนการสร้างคลอโรฟิลล์และเอนไซม์บางชนิดในพืชผัก ซึ่งในดินกรดจัดมักขาดธาตุนี้ และทำให้พืชผักแสดงอาการใบมีสีซีดจางผิดปกติและเกิดสีเหลืองระหว่างเส้นใบที่แก่ ใบกะหล่ำดอกจะเกิดอาการวิปเทล (whip tail) คือ ใบที่ยอดจะย่นบิดสีเขียวเข้ม หนา และเปราะ แผ่นใบไม่ขยายตัว (cure) ดอกจะเล็กและไม่แน่น ในมะเขือเทศ ใบล่างๆ จะด่างต่อมาเกิด necrosis คือแห้งตายและขอบใบหงิกงอ ทำให้ดอกร่วง ถ้าติดผลผลิตจะแคระแกร็น (ประสิทธิ์, 2541) Kheshem *et al.* (1988) ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของ Mo และปฏิสัมพันธ์ระหว่าง Mo ต่อ Daminozide และการเคลื่อนย้าย Ca ในมะเขือเทศ รวมถึงศึกษาผลของ Daminozide ต่อการเจริญของต้นมะเขือเทศ การติดผล ขนาดผล และโรคก้นเน่าในผลมะเขือเทศ พบว่า การเพิ่มระดับของน้ำยาเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้นของ Ca ในผลมะเขือเทศ การให้ Daminozide ในระดับสูงมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผลและการลดลงของจำนวนผล ความสูงของต้น และโรคก้นเน่าในผลมะเขือเทศ

นอกจากนี้ยังมีธาตุที่เป็นประโยชน์ต่อพืชอีก คือ ซิลิกอน โดย Ma *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับผลของซิลิกอนต่อการผลิตแตงกวาในสภาพทนแล้ง พบว่า ซิลิกอนทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิสูงขึ้น การสลายตัวของคลอโรฟิลล์ในแตงกวาลดลง ปฏิกิริยาทางกายภาพและชีวภาพดีขึ้น พืชทนแล้งได้ดีขึ้น แต่มีผลทำให้อัตราการหายใจและการทำงานของปากใบลดลง

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผักกาดหอมห่อ ผักกาดหวาน และแรดิชิโอ

ผักกาดหอมห่อ (Head lettuce) เป็นผักที่มีสีเขียวค่อนข้างอ่อน ใบห่อเป็นหัว เนื้อใบหนากรอบเป็นแผ่นคลื่น มีปริมาณวิตามินซี และแคโรทีนพอประมาณ แต่มีโฟเลทค่อนข้างสูง ช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง (ดาราวรรณ, 2549) ตลาดมีความต้องการสูง ปลูกได้ทั่วไปและง่าย เป็นที่นิยมของเกษตรกร ผักกาดหอมห่อเป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10–24 °C ในสภาพอุณหภูมิสูง การเจริญเติบโตทางใบจะลดลงและพืชสร้างสารคล้ายน้ำนมหรือยางมาก เส้นใยสูง เหนียวและมีรสขมดินที่เหมาะสมต่อการปลูกควรร่วนซุย มีความอุดมสมบูรณ์ และมีอินทรียวัตถุสูง หน้าดินลึก และอุ้มน้ำได้ดีปานกลาง สภาพความเป็นกรด-ด่างของดินอยู่ระหว่าง 6-6.5 พื้นที่ปลูกควรโล่ง และได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ เนื่องจากใบผักกาดหอมมีลักษณะบาง ไม่ทนต่อฝน (ผักกาดหอมห่อ, 2550) อายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 60-70 วัน ควรเก็บขณะที่ห่อหัวแน่น รูปร่างค่อนข้างกลมแบน (ผักกาดหอม, 2550) ปริมาณผลผลิตผักกาดหอมห่อมี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความแตกต่างกันในแต่ละฤดู โดยในฤดูหนาวปริมาณผลผลิตประมาณ 140-160 กก./100 ตร.ม. ฤดูร้อน 80-100 กก./100 ตร.ม. และฤดูฝน 50-70 กก./100 ตร.ม. ซึ่งปริมาณผลผลิตที่ต่ำในฤดูฝนมักเกิดจากเชื้อรา สำหรับระดับผลผลิตทั้งในฤดูร้อนและฤดูฝนขึ้นอยู่กับการใช้พันธุ์และสภาพแวดล้อมเป็นสำคัญ ซึ่งในฤดูร้อนและฤดูฝนผลผลิตส่วนใหญ่ (50-60 %) จะเป็นเกรดบีหรือซี เนื่องจากใบไม่ห่อเป็นหัวสวยงาม และมีปัญหาโรคใบไหม้ ใบจุด เชื้อราต่างๆ ในด้านผลตอบแทนการปลูกผักกาดหอมห่อในฤดูหนาวจะมีปริมาณผลผลิตสูง และผลผลิตส่วนใหญ่ได้เกรดเอ แต่พบว่า รายได้เบื้องต้นต่ำ เมื่อเทียบกับฤดูอื่น เนื่องมาจากปริมาณผลผลิตผักสูงจึงทำให้ราคาผลผลิตผักกาดหอมห่อในตลาดลดต่ำกว่าฤดูอื่น โดยราคาขายของเกษตรกรในฤดูหนาวอยู่ที่ 2.50-4.00 บาท/กก. ฤดูร้อน 5.00-7.00 บาท/กก. และฤดูฝน 7.00-12.00 บาท/กก.นอกจากนี้ราคาขายยังขึ้นอยู่กับคุณภาพผลผลิต สำหรับผลผลิตเกรดเอ ในฤดูฝนอาจสูงถึง 15.00-20.00 บาท/กก. เมื่อพิจารณาด้านต้นทุนการผลิต พบว่า ต้นทุนการผลิตส่วนใหญ่ (ทั้ง 3 ฤดู) ประมาณ 42-54 % ของต้นทุนทั้งหมดเป็นต้นทุนด้านปุ๋ยเคมี (วิลเลียม และดุษฎี, 2531) ซึ่งผักกาดหอมห่อต้องการธาตุ K มากกว่า N โดย K จะทำให้ใบผักกาดหอมบางและไม่มีรอยจุดบนใบ ผักกาดหอมที่ได้รับธาตุ N มากเกินไปจะทำให้ใบมีสีเขียว รสชาติไม่อร่อย (ผักกาดหอม, 2550) ในการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชที่พืชดูดใช้ในผลผลิตผักกาดหอมห่อ Maynard and Hochmuth (1997) ได้ศึกษาถึงปริมาณความเข้มข้นในผลผลิตผักซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต โดยที่พืชไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหาร ในผักกาดหอมห่อพบว่า ปริมาณ N ในผลผลิตผักเมื่อเติบโตเต็มที่มีอยู่ในช่วง 2-3 % Pในช่วง 0.25-0.50 % K 2.5-5.0 % Ca 1.4-2.0 % Mg 0.3-0.7 % S 0.3-0.5 % Fe 50-150 มก.Fe/กก. Mn 20-40 มก.Mn/กก. Zn 25-50 มก.Zn/กก. B 15-30 มก.B/กก. และCu อยู่ในช่วง 5-10 มก.Cu/กก.

ผักกาดหวาน (Cos หรือ Romaine Lettuce) เป็นพืชที่นิยมบริโภคสด โดยเฉพาะในสลัดหรือกินกับยำ ผักกาดหวานมีน้ำเป็นองค์ประกอบ และมีวิตามินซีสูง นอกจากนี้ยังให้ฮีโมโกลบินช่วยป้องกันโรคโลหิตจาง บรรเทาอาการท้องผูก เหมาะสำหรับผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานผักกาดหวาน ผักกาดหวานเป็นพืชล้มลุก ลำต้นเป็นกอ ลักษณะใบยาวรี ซ้อนกันเป็นช่อ ใบบางกรอบ การปลูกดูแลรักษาคล้ายผักกาดหอมห่อ แต่จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไปบ้างตามสายพันธุ์ ผักกาดหวานเป็นพืชที่ต้องการสภาพอากาศเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 10-24 °C ในสภาพอุณหภูมิสูงการเจริญเติบโตทางใบจะลดลง และพืชสร้างสารคล้ายน้ำนม หรือยางมาก เส้นใยสูง เหนียว และมีรสขม ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกควรร่วนซุย มีความอุดมสมบูรณ์ และมีอินทรียวัตถุสูง หน้าดินลึก และอุ้มน้ำเต็มที่ เนื่องจากใบผักกาดหวานมีลักษณะบาง ไม่ทนต่อฝน ดังนั้นในช่วงฤดูฝนควรปลูกใต้โรงเรือน พืชชนิดนี้ควรปลูกเฉพาะในฤดูหนาวและฤดูฝน (ผักกาดหวาน, 2550)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เพราะในฤดูร้อนพืชจะแก่เร็ว (วิลเลียม และดุษฎี, 2531) การวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชที่พืชดูดใช้ในผลผลิตผักกาดหวาน Maynard and Hochmuth (1997) ได้ศึกษาถึงปริมาณความเข้มข้นในผลผลิตผักซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต โดยที่พืชไม่แสดงอาการขาดธาตุอาหาร ในผักกาดหวานพบว่า ปริมาณ N ในผลผลิตผักเมื่อเติบโตเต็มที่มีอยู่ในช่วง 3.5-4.5 % P ในช่วง 0.35-0.60 % K 5-6 % Ca 2-3 % Mg 0.25-0.40 % Mn 15-25 มก.Mn/กก. Zn 20-50 มก. Zn/กก. B 30-45 มก.B/กก. และ Cu อยู่ในช่วง 5-10 มก.Cu/กก.

แรดิชิโอ (*Cichorium intybus*) เป็นผักที่มีชื่อเรียกกันทั่วไปว่า Chicory และมีทั้งชนิดที่ห่อหัวและไม่ห่อหัว สำหรับชนิดที่ห่อหัวใบอาจมีสีแดง และสีเขียว สำหรับชนิดใบแดง สีใบจะเปลี่ยนเป็นสีแดงเฉพาะช่วงที่มีอากาศเย็น (Oregon State Univ., 2003) พืชผักชนิดนี้ที่ปลูก ณ สถานีวิจัยอ่างขางเป็นชนิดห่อหัว และมีใบสีแดง แรดิชิโอ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินมากมายหลายชนิด แต่ดินที่เหมาะสมมากที่สุด คือ ดินร่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง หรือ ดิน muck ดินที่ปลูกพืชชนิดนี้ควรมีความสามารถอุ้มน้ำได้ดี แต่ควรระบายน้ำออกจากดินได้ดีด้วย มี pH 6.5 หรือสูงกว่า ภายใต้สภาพแวดล้อมที่มีอากาศเย็นพืชชนิดนี้เจริญเติบโตได้ดีที่สุด ระยะปลูกที่เหมาะสมคือ ระยะระหว่างแถว 15-18 นิ้ว ระหว่างต้น 8-12 นิ้ว ขึ้นกับพันธุ์ที่ใช้ปลูก อัตราการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของรัฐ Oregon คือ N 100-150 ปอนด์/เอเคอร์ โดยการแบ่งใส่ 2 ครั้ง P_2O_5 100-150 ปอนด์/เอเคอร์ โดยใส่ทั้งหมดในช่วงหยอดเมล็ดหรือในช่วงย้ายกล้า ด้วยการใส่เป็นแถบห่างจากแถวพืชประมาณ 2 นิ้วหรือใส่ใต้เมล็ดหรือใต้รากประมาณ 2 นิ้ว K_2O 50-150 ปอนด์/เอเคอร์ โดยการหว่านให้ทั่วแปลงก่อนการปลูกพืช S 20-30 ปอนด์/เอเคอร์ โดยการหว่านให้ทั่วแปลงก่อนการปลูกพืช อัตราการใส่ปุ๋ยดังกล่าว สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามชนิดของพืชที่ปลูก ฤดูกาล สภาพดินฟ้าอากาศและชนิดของดิน ในพื้นที่ 1 เอเคอร์ แรดิชิโอให้ผลผลิตในช่วง 3,628.76-5896.74 ปอนด์/เอเคอร์ (1,434.86-2,331.65 กก./ไร่) พืชผักชนิดนี้ตามลักษณะที่พึงประสงค์ควรจะมีรสเผ็ดและขมเล็กน้อย แต่ถ้าเก็บเกี่ยวช้าหรือผักแก่เกินไปจะมีรสขมจัดและเหนียว ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

เนื่องจากผลผลิตพืชผักมีความต้องการของตลาดสูงกว่าพืชชนิดอื่น (Krug, 1986 อ้างโดย Custic *et al*., 2003) นอกจากนี้ ยังเป็นพืชที่ให้ผลผลิตต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่สูง อีกทั้ง สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายครั้งต่อปี ดังนั้น การศึกษาด้านธาตุอาหารของพืชผักจึงต้องมีแนวทางในการศึกษาอย่างจริงจัง (Maynard and Hochmuth, 1997; Lesic *et al*., 2002 อ้างโดย Custic *et al*., 2003) จากรายงานของ Custic *et al*. (2003)ซึ่งได้ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมีต่อสภาวะธาตุอาหารพืช การสะสมไนเตรท และผลผลิตของแรดิชิโอชนิดห่อหัว พันธุ์ foliosum โดยพื้นที่ที่ใช้ศึกษามี 2 แห่ง ซึ่งอยู่ในด้านตะวันตกเฉียงเหนือของ Croatia การทดลองประกอบด้วยการใส่ปุ๋ย 5 กรรมวิธี ได้แก่ การใส่ปุ๋ยผสมเกรด 5-20-30 อัตรา 50 100 และ 150 ก./ตร.ม. การใส่ปุ๋ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

คอก 5 กก./ตร.ม. และกรรมวิธีควบคุมไม่มีการใส่ปุ๋ย สำหรับปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยเคมีที่ใส่ในอัตรา 50 100 และ 150 ก./ตร.ม. มีดังนี้ N 2.5 5.0 และ 7.5 ก.N/ตร.ม. P 4.4 8.7 และ 13.1 ก.P/ตร.ม. และ K 12.4 24.8 และ 37.2 ก.K/ตร.ม. ตามลำดับ ส่วนธาตุอาหารหลักในปุ๋ยคอกที่ใส่คือ 2.0-3.0 ก.N/ตร.ม. P 0.74 ก.P/ตร.ม. และ K 2.5 ก.K/ตร.ม. ดินที่ใช้เป็นดินร่วน(silt-loam) มีอินทรียวัตถุ 2.2-3.1 % pH 5.9-7.0 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ 30 มก.P/100ก. (30 มก.P/กก.) และโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ 9.1 มก.K/100ก. (91 มก.K/กก.) ผลการทดลองพบว่า แรดิชิโอให้ผลผลิตอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.4-4.9 กก./ตร.ม. โดยผลผลิตในปีแรก (1990) ที่สภาพดินฟ้าเหมาะสม ทั้งในแง่ปริมาณฝน และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 2.7-4.9 กก./ตร.ม. แต่ในปีที่ 2 (2000) ซึ่งเป็นปีที่อากาศแห้งแล้ง และมีอุณหภูมิสูงมาก ผลผลิตมีเพียง 0.4-0.7 กก./ตร.ม. เมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยผลผลิตแรดิชิโอต่ำที่สุดในทุกพื้นที่ ทั้งในปีที่ 1และปีที่ 2 โดยผลผลิตอยู่ในช่วง 0.4-2.7 กก./ตร.ม. การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง (100-150 กก./ตร.ม.) ให้ผลผลิตสูงที่สุดและทั้งสองอัตราให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน ในปีแรกที่ดินฟ้าอากาศเหมาะสม การใส่ปุ๋ยในอัตรา 100 กก./ตร.ม. ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 2.8-4.6 กก./ตร.ม. ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตรา 150 กก./ตร.ม. ให้ผลผลิตอยู่ในช่วง 2.97-4.95 กก./ตร.ม. แต่ในปีที่ 2 ให้ผลผลิตในช่วง 0.7-2.7 กก./ ตร.ม. สำหรับการใส่ปุ๋ยอัตรา 100 ก./ตร.ม. และอัตรา 150 ก./ตร.ม. ให้ผลผลิต 0.6-2.3 กก./ตร.ม. การใส่ปุ๋ยคอกให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 50 ก./ตร.ม. อย่างมีนัยสำคัญ คือ ในปีที่ดินฟ้าอากาศเหมาะสมการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 ก./ตร.ม. ให้ผลผลิต 2.4-3.6 กก./ตร.ม. ส่วนการใส่ปุ๋ยคอกให้ผลผลิต 2.3-3.3 กก./ตร.ม. จากผลการทดลอง สามารถสรุปได้ว่า อัตราแนะนำสำหรับการปลูกแรดิชิโอคือ N 5.0-7.5 ก. P 8.7 ก. และ K 24.7 ก./ตร.ม. สำหรับปริมาณธาตุอาหารในผลผลิตพบว่า พืชชนิดนี้มี N อยู่ในช่วงตั้งแต่ 2.92-3.69 % โดยอัตราการใส่ปุ๋ยไม่ทำให้ %N ในผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่มีผลต่อปริมาณ NO_3^--N ในผลผลิต โดยเฉพาะในพื้นที่ซึ่งผลผลิตผักสูงพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราสูง (100 และ 150 ก./ตร.ม.) ทำให้ปริมาณ NO_3^--N สูงกว่าการใส่ปุ๋ยคอก และการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราต่ำ (5 ก./ตร.ม.) อย่างมีนัยสำคัญ สำหรับปริมาณ P ในแรดิชิโออยู่ในช่วง 0.38-0.55% ซึ่งการใส่ปุ๋ยไม่มีผลต่อ %P ในทางสถิติ ในกรณีของ %K ในผลผลิตพบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยมีผลทำให้ %K แตกต่างกันเฉพาะในปีแรกที่ทดลองซึ่งสภาพดินฟ้าอากาศเหมาะสม แต่ในปีที่ 2 ผู้ทดลองพบว่า อัตราการใส่ปุ๋ยก็มีแนวโน้มทำให้ %K ในแรดิชิโอเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ใส่ปุ๋ยในปีแรกเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ย %K ในผลผลิตแรดิชิโออยู่ในช่วง 3.27-3.31% การใส่ปุ๋ยคอกไม่มีผลทำให้ %K แตกต่างจากการไม่ใส่ปุ๋ยในทางสถิติ แต่มีแนวโน้มทำให้ %K สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้ %K ในผลผลิตสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญ และโดยทั่วไปทั้งสามอัตราไม่มีความแตกต่างกันคือ มีอยู่ในช่วงตั้งแต่ 3.83-4.75%

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved