

ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ในใบลองกอง (*Aglaia dookoo* Griff.)

จำเป็น อ่อนทอง¹ พิรุณ ตีระพัฒน์² และ คศิกกาญจน์ สุขมี³

Abstract

Onthong, J.¹, Tirapat, P.¹ and Sukmee, K.²

**Tentative standard concentration values of iron, manganese, zinc, copper
and boron in Longkong (*Aglaia dookoo* Griff.) Leaf**

Songklanakarini J. Sci. Technol., 2007, 29(2) : 287-296

The standard concentration values are important for evaluation of plant nutrient status, classified into low, sufficient and high, which leads to the optimum nutrient management. However, the standard concentration values of iron (Fe), manganese (Mn), zinc (Zn), copper (Cu) and boron (B) in longkong leaf (*Aglaia dookoo* Griff.) have not been reported even though micronutrient deficiency symptom in some orchards was found. The objective of this research was to establish standard concentration values of Fe, Mn, Zn, Cu and B in longkong leaf. The leaf sampling was collected from middle leaflet of the 2nd compound leaf (5-month-old leaf) at the post harvest stage during 2003-2005 from 7 orchards in Songkhla province and 3 orchards in Narathiwat province, 10 trees per orchard. Yield of individual tree was recorded and used for

¹Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai, Songkhla 90112, Thailand. ²Pikunthong Royal Development Study Centre, Tambon Kaluwo Nua, Amphoe Mueang, Narathiwat, 96000 Thailand.

³Ph.D. (Agricultural Chemistry), ผู้ช่วยศาสตราจารย์ 2วท.บ. (เทคโนโลยีการเกษตร), ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112 3วท.บ. (เกษตรศาสตร์) ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิภพทอสง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลกะลุวอเหนือ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

Corresponding e-mail: jumpen.o@psu.ac.th

รับต้นฉบับ 27 มิถุนายน 2549 รับลงพิมพ์ 5 กันยายน 2549

establishment of nutrient standard concentration values by the high-yield-tree method ($>70 \text{ kg tree}^{-1}$) and the boundary-line method. The results revealed that the sufficient ranges of Fe, Mn, Zn, Cu and B established by high-yield-tree method were 74-88, 81-107, 16-19, 7-9 and 32-38 mg kg^{-1} , respectively and the sufficient ranges of Fe, Mn, Zn, Cu and B estimated by boundary-line method were 61-66, 49-58, 18-20, 7-8 and 27-30 mg kg^{-1} , respectively. The standard concentration values by the high-yield-tree method were higher than those of the boundary-line method. However, the values estimated by the boundary-line method, which was calculated from the linear regression of yield and individual nutrient, did not include nutrient luxury consumption, and the values from this method can classify nutrients into deficient, low, sufficient and excess ranges. Therefore, the nutrient standard concentration values estimated by the boundary-line method should be used as the standard values for evaluation of Fe, Mn, Zn, Cu and B in longkong leaf.

Key words : micronutrient, standard concentration values, longkong, *Aglaia dookkoo* Griff.

บทคัดย่อ

จำเป็น อ่อนทอง พิรุณ ตีระพัฒน์ และ คติกาญจน์ สุขมี
ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน
ในใบลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.)

ว. สงขลานครินทร์ วทท. 2550 29(2) : 287-296

การใช้ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเพื่อประเมินระดับธาตุอาหารในพืชมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะช่วยให้ทราบถึงระดับธาตุอาหารในพืชว่าอยู่ในระดับต่ำ เพียงพอ หรือสูง ซึ่งมีประโยชน์ต่อการจัดการธาตุอาหารพืชให้เหมาะสม อย่างไรก็ตามยังไม่มีการศึกษาค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอนในใบลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.) ทั้งที่ในปัจจุบันบางพื้นที่เริ่มมีปัญหารขาดธาตุอาหารจุลภาค ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบลองกองอายุ 5 เดือนจากใบย่อยคู่กลางของใบประกอบที่ 2 นับจากยอด จากสวนลองกองในจังหวัดสงขลา 7 สวน และจังหวัดนราธิวาส 3 สวน ๆ ละ 10 ต้น ในระยะหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต ปี 2545-2547 พร้อมทั้งเก็บปริมาณผลผลิตของแต่ละต้น และนำมาสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารพืช โดยวิธีการประมาณช่วงความเข้มข้นมาตรฐานจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง ($> 70 \text{ กก./ต้น}$) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิธีการใช้เส้นขอบเขตพบว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง มีความเข้มข้นเท่ากับ 74-88, 81-107, 16-19, 7-9 และ 32-38 mg/kg . ตามลำดับ สำหรับการประเมินโดยใช้เส้นขอบเขตข้อมูล พบว่าความเข้มข้นที่เหมาะสมคือ 61-66, 49-58, 18-20, 7-8 และ 27-30 mg/kg . ตามลำดับ โดยการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง มีค่าความเข้มข้นสูงกว่าค่าความเข้มข้นที่ได้จากเส้นขอบเขต และเนื่องจากค่าความเข้มข้นมาตรฐานจากวิธีเส้นขอบเขตมีความสัมพันธ์กับผลผลิตโดยตรง ไม่นำความเข้มข้นที่มากเกินไปมาคำนวณ และสามารถจำแนกระดับธาตุอาหารได้ละเอียดกว่าการวิธีประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง ดังนั้นค่าความเข้มข้นมาตรฐานของวิธีเส้นขอบเขตจึงควรนำมาใช้ประเมินระดับธาตุอาหารของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน

การผลิตไม้ผลให้ได้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพดี โดยไม่เกิดอาการคันโทรม หรือให้ผลผลิตปีเว้นปี เป็นสิ่งที่เกษตรกรต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการจัดการสวนที่เหมาะสม โดยเฉพาะการจัดการธาตุอาหารพืช ทั้งนี้เพราะการผลิตไม้ผลในแต่ละฤดูการผลิตมีการนำผลผลิตออกจากพื้นที่ในช่วง

เก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งเป็นการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารพืชออกจากสวน ทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารพืชลดลง ส่งผลให้ ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ดังนั้นเกษตรกรจึงต้องมีการใส่ปุ๋ยให้กับไม้ผลเพื่อชดเชยธาตุอาหารพืชที่สูญเสียไป โดยการใส่ปุ๋ยต้องให้มีปริมาณที่เพียงพอและมีสัดส่วนที่เหมาะสม

ต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่การใส่ปุ๋ยให้กับแปลงกองมักใส่ตามหลักการใส่ปุ๋ยให้กับไม้ผลทั่วไป โดยไม่คำนึงถึงความต้องการธาตุอาหารที่แท้จริงของพืช จนบางครั้งพบว่าสวนไม้ผลบางแห่งมีปริมาณธาตุอาหารบางชนิดสะสมในดินสูงเกินความต้องการของพืช โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม เนื่องจากเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 ชนิดให้กับไม้ผลทุกปี สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินสวนทุเรียน (สุมิตรา และคณะ, 2544) สวนลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2543) และสวนลองกอง (สุรชาติ และคณะ, 2547) พบว่า ดินมีการสะสมฟอสฟอรัสสูงมาก ซึ่งถ้าดินสะสมฟอสฟอรัสในปริมาณสูงเกินไป อาจชักนำให้พืชขาดธาตุอาหารจุลภาค (จุลธาตุ) โดยเฉพาะสังกะสีและทองแดง ดังนั้นก่อนการใส่ปุ๋ยเกษตรกรต้องทราบความต้องการธาตุอาหารของพืชก่อน โดยนำความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อดัชนี (index tissue) มาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐาน (standard concentration value) ของพืชชนิดนั้น ทำให้ทราบระดับของธาตุอาหารในพืช หากอยู่ในระดับต่ำหรือขาดแคลนต้องเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่ใส่ หากอยู่ในระดับสูงก็ต้องงดการใส่ปุ๋ยหรือใส่ปุ๋ยลดลง โดยการปฏิบัติลักษณะนี้เป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย ปัจจุบันเกษตรกรได้นำการจัดการลักษณะนี้ไปใช้ในการจัดการปุ๋ย เช่น สวนแอปเปิล (Righetti *et al.*, 1998) สวนทุเรียน (นุจรี และคณะ, 2548) และสวนปาล์มน้ำมัน (ธีระ และคณะ, 2548) เป็นต้น

การสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารพืชของไม้ผล ส่วนใหญ่ได้จากการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบดัชนีกับปริมาณผลผลิต และนำมาสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานซึ่งมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การประมาณช่วงความเข้มข้นธาตุอาหารจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง (high yield) การใช้เส้นขอบเขต (boundary line) การใช้วิธี (diagnosis and recommendation integrated system, DRIS) (Beverly, 1991) และการใช้คะแนนมาตรฐานการวิเคราะห์พืช (plant analysis with standardized scores approaches) (วิเชียร และสุมิตรา, 2547) เป็นต้น โดยค่าความเข้มข้นมาตรฐานของไม้ผลส่วนมากสร้างมาจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง และปัจจุบันการสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานเริ่มที่จะใช้วิธีเส้นขอบเขต วิธีตรีศ และการใช้คะแนนมาตรฐานการวิเคราะห์พืชเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากสามารถบอก

ระดับธาตุอาหารได้ละเอียด และสามารถบอกระดับธาตุอาหารในเชิงของสัดส่วนได้ และจากการตรวจเอกสารค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารพืชที่ได้จากแต่ละวิธีของพืชชนิดเดียวกัน พบว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขต วิธีตรีศ และการใช้คะแนนมาตรฐานการวิเคราะห์พืชมีช่วงความเข้มข้นแคบกว่าวิธีประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง ปัจจุบันได้มีการสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารพืชของไม้ผลหลายชนิดของไทย เช่น ทุเรียน (สุมิตรา และคณะ, 2545) ลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2543) มะม่วง (อัศจรรย์, 2545) และลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) เป็นต้น สำหรับลองกองซึ่งเป็นไม้ผลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของภาคใต้ และได้มีการสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (จำป็น และคณะ, 2548) แต่ยังไม่มีการสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ทั้งที่ธาตุเหล่านี้มีความสำคัญต่อกระบวนการต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การเคลื่อนย้ายน้ำตาล และความแข็งแรงของเซลล์ เป็นต้น ซึ่งจะส่งผลต่อการให้ผลผลิต และคุณภาพผลผลิตของลองกองได้

ดังนั้น การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ในใบลองกอง เพื่อใช้ประเมินระดับธาตุอาหารในใบลองกอง สำหรับการจัดการปุ๋ยของเกษตรกรต่อไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการ

1. การเก็บและเตรียมตัวอย่าง

การศึกษานี้ได้เก็บตัวอย่างใบลองกองจากใบย่อยคู่กลางของใบประกอบที่ 2 โดยสุ่มเก็บรอบทรงพุ่มต้น ต้นละ 6-8 ใบ เมื่อใบมีอายุ 5 เดือน (เก็บช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต) จากต้นลองกองอายุ 8-12 ปี จากสวนเกษตรกรในจังหวัดสงขลาจำนวน 7 สวน และจังหวัดนราธิวาสจำนวน 3 สวน สวนละ 10 ต้น ตั้งแต่ปี 2545-2547 พร้อมทั้งเก็บข้อมูลปริมาณผลผลิตรายต้น และเก็บตัวอย่างดินบริเวณในและนอกทรงพุ่ม ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. สุ่มเก็บบริเวณละ 4-6 จุดต่อสวน และนำตัวอย่างดินของแต่ละบริเวณรวมกันเป็นตัวอย่างเดียว โดยเก็บตัวอย่างดินช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิตปี 2545

นำตัวอย่างใบมาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกลั่น และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 70°C จนน้ำหนักคงที่ บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช นำตัวอย่างที่ได้ย่อยด้วยกรดผสมระหว่างกรดไนตริกและกรดเพอร์คลอริก ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$) เพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์บชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (AAS) ส่วนโบรอนวิเคราะห์โดยนำตัวอย่างใบมาเผาที่อุณหภูมิ 500°C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง นำมาทำให้เกิดสีเหลือง (azomethine-H) และวัดด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำป๋น, 2547ข)

สำหรับตัวอย่างดินนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม และร่อนผ่านตะแกรงที่มีขนาดช่องผ่าน 2 มม. นำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน (ดิน:น้ำ = 1:5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Walkley-Black) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (1 M NH_4OAc pH 7) ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่แลกเปลี่ยนได้ (DTPA) ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (จำป๋น, 2547ข) ส่วนโบรอนสกัดด้วยน้ำร้อน (hot water) นำมาทำให้เกิดสีเหลือง (azomethine-H) และวัดด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Soil and Plant Analysis Council, 2000)

2. การสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารจุลภาคเบื้องต้นในใบลองกอง

การสร้างค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารพืชของงานวิจัยนี้ใช้ 2 วิธี คือ 1) ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตมากกว่า 70 กก./ต้น จำนวน 31 ต้น โดยใช้วิธีการประมาณค่าที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีของศิริชัย (2544) ด้วยโปรแกรม SPSS ในการกำหนดระดับธาตุอาหาร ซึ่งแบ่งได้ 3 ระดับ คือ ระดับต่ำ (low) ระดับเพียงพอ (sufficient) และระดับสูง (high) 2) ประเมินจากเส้นขอบเขต (boundary line) โดยนำความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน มาสร้างกราฟการกระจายกับผลผลิตสัมพัทธ์ (relative yield) ซึ่งการกระจายของข้อมูลจะมีลักษณะคล้ายสามเหลี่ยม (triangular pattern) นำจุดข้อมูลที่อยู่บริเวณขอบเขตนอกของข้อมูล ซึ่งมีลักษณะการเรียงกันของจุดคล้ายเส้นตรง มาสร้างสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลภาคดังกล่าวกับผลผลิต

สัมพัทธ์ เพื่อหาระดับความเข้มข้นที่ทำให้ผลผลิตสัมพัทธ์น้อยกว่า 60% (ระดับขาดแคลน), 60-80% (ระดับต่ำ), 80-100% (ระดับเพียงพอ) และระดับความเข้มข้นที่สูงแต่ให้ผลผลิตต่ำ (ระดับมากเกินไป) (สุมิตรา และวิเชียร, 2546)

ผลการทดลอง

1. สมบัติดินสวนลองกอง

ดินปลูกลองกองที่ระดับความลึก 0-15 ซม. จากผิวดิน ทั้งบริเวณในและนอกทรงพุ่มมีสภาพเป็นกรดอ่อน (5.07 และ 5.03 ตามลำดับ) ดินปลูกลองกองบริเวณในทรงพุ่มมีปริมาณอินทรีย์วัตถุและโพแทสเซียมสูงกว่าดินนอกทรงพุ่ม (21.2 และ 16.6 ก./กก. และ 0.23 และ 0.13 เซนติโมล (ประจุบวก)/กก. ตามลำดับ) สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสบริเวณในและนอกทรงพุ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยดินในทรงพุ่มมีปริมาณสูงกว่าดินนอกทรงพุ่ม (238 และ 27 มก./กก.) ตามลำดับ ทั้งนี้ดินแต่ละสวนก็มีปริมาณฟอสฟอรัสที่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด (Table 1)

ปริมาณเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง เฉลี่ยในทรงพุ่มสูงกว่านอกทรงพุ่ม ยกเว้นโบรอนมีปริมาณใกล้เคียงกัน (Table 1) และจากผลการศึกษา พบว่า ปริมาณเหล็กจะอยู่ในช่วงประมาณ 50-100 มก./กก. ยกเว้นสวนที่ 2 และ 10 ที่มีปริมาณสูงถึง 210 และ 237 มก./กก. ตามลำดับ ปริมาณแมงกานีสและทองแดง พบว่า สวนในจังหวัดนราธิวาส (สวนที่ 8-10) มีปริมาณแมงกานีสและทองแดงในและนอกทรงพุ่มต่ำกว่าสวนในจังหวัดสงขลา (สวนที่ 1-7) สำหรับปริมาณสังกะสีในดินแต่ละสวนมีปริมาณไม่แตกต่างกันมาก ยกเว้นดินบริเวณในทรงพุ่มของสวนที่ 1 ที่มีปริมาณสังกะสีสูง (6.07 มก./กก.) แต่สำหรับปริมาณโบรอน พบว่าทุกสวนมีค่าใกล้เคียงกันและต่ำกว่า 1 มก./กก. (Table 1)

2. ค่าความเข้มข้นมาตรฐานธาตุอาหารจุลภาคในใบลองกอง

ความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ที่ได้จากการประเมินต้นที่ให้ผลผลิตสูง มีค่าเท่ากับ 74-88, 81-107, 16-19, 7-9 และ 32-38 มก./กก. ตามลำดับ (Table 2) หากความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ต่ำหรือ

Table 1. Soil properties of 10 longkong orchards

Orchard no.	Area	pH (1:5 water)	OM (g kg ⁻¹)	Avai P (mg kg ⁻¹)	Exch.K (cmol kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
1	dripline area	6.16	23.0	15	0.04	44	92	6.07	4.84	0.33
	nearby area	4.87	17.1	28	0.17	72	90	0.54	0.33	0.16
2	dripline area	4.04	25.0	868	0.58	210	26	3.35	2.08	0.65
	nearby area	4.71	19.8	148	0.12	187	31	0.57	0.65	0.47
3	dripline area	5.08	30.3	177	0.25	140	23	1.68	0.81	0.51
	nearby area	5.38	16.5	8	0.13	55	10	0.28	0.49	0.36
4	dripline area	4.66	19.8	184	0.28	106	150	1.68	1.93	0.39
	nearby area	4.78	16.5	9	0.12	70	74	1.15	1.47	0.22
5	dripline area	5.32	16.5	179	0.18	60	97	3.43	2.36	0.30
	nearby area	4.97	14.5	8	0.09	69	91	1.04	1.80	0.34
6	dripline area	5.39	24.4	22	0.20	77	334	3.41	5.37	0.56
	nearby area	6.15	23.7	7	0.14	78	204	2.25	4.12	0.22
7	dripline area	4.73	14.2	16	0.17	82	94	1.70	2.12	0.23
	nearby area	4.86	11.9	7	0.09	70	59	1.28	1.79	0.17
8	dripline area	5.35	16.0	367	0.23	81	10	2.47	0.92	0.55
	nearby area	4.91	12.3	18	0.14	47	7	0.96	0.18	0.12
9	dripline area	5.85	21.5	307	0.17	43	13	1.85	0.44	0.33
	nearby area	4.98	15.6	12	0.13	87	4	0.23	0.25	0.97
10	dripline area	4.13	21.6	243	0.20	237	15	1.62	0.52	0.75
	nearby area	4.67	18.6	23	0.17	191	9	0.64	0.31	0.61
Ave. dripline area		5.07	21.2	238	0.23	108	85	2.73	2.14	0.46
Ave. nearby area		5.03	16.6	27	0.13	92	58	0.89	1.14	0.36

Table 2. Longkong leaf nutrient standard concentrations estimated from high yield tree and boundary-line method

Nutrient	High yield method			Boundary-line method			
	Low	Sufficient	High	Deficient	Low	Sufficient	Excessive
Fe (mg kg ⁻¹)	< 74	74-88	> 88	< 56	56-61	61-66	> 66
Mn (mg kg ⁻¹)	< 81	81-107	> 107	< 41	41-49	49-58	> 58
Zn (mg kg ⁻¹)	< 16	16-19	> 19	< 15	15-18	18-20	> 20
Cu (mg kg ⁻¹)	< 7	7-9	> 9	< 6	6-7	7-8	> 8
B (mg kg ⁻¹)	< 32	32-38	> 38	< 24	24-27	27-30	> 30

สูงกว่าความเข้มข้นข้างต้น แสดงว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารนั้นอยู่ในระดับต่ำ และสูง ตามลำดับ (Table 2)

ความเข้มข้นมาตรฐานของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ที่ประเมินด้วยวิธีเส้นขอบเขต (Figure 1) มีค่าเท่ากับ 61-66, 49-58, 18-20, 7-8 และ 27-30 มก./กก. ตามลำดับ (Table 2) หากค่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน มีค่าอยู่ในช่วง 56-61, 41-49, 15-18, 6-7 และ

24-47 มก./กก.ตามลำดับ แสดงว่าความเข้มข้นของธาตุนั้นอยู่ในระดับต่ำ หากความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่าค่าพิสัยล่างของความเข้มข้นของธาตุนั้นในระดับต่ำ แสดงว่าพืชมีธาตุอาหารนั้นอยู่ในระดับขาดแคลน (deficient) สำหรับความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ที่วิเคราะห์ได้มีสูงกว่า 66, 58, 20, 8 และ 30 มก./กก. ตามลำดับ แสดงว่าพืชมีธาตุอาหารอยู่ระดับมากเกินไป (excessive) (Table 2)

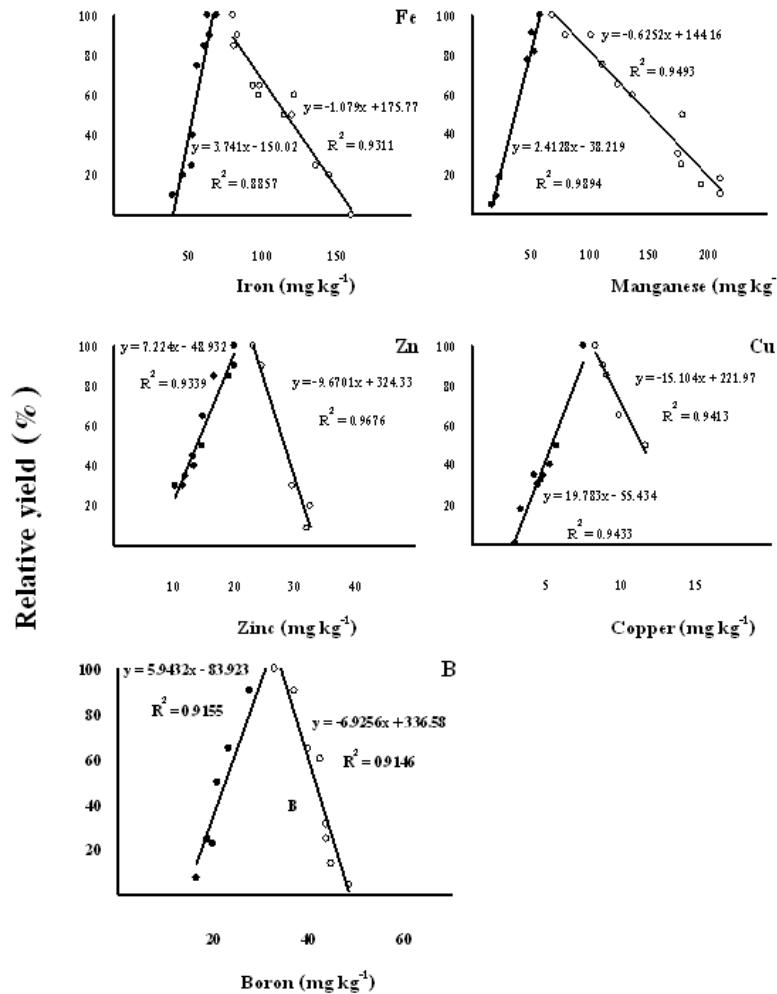


Figure 1. Linear relationship between leaf nutrient concentrations and relative yield of longkong using boundary line values

เมื่อเปรียบเทียบค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของทั้ง 2 วิธี พบว่า ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก สังกะสี ทองแดง และโบรอนมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของแมงกานีสมีค่าความเข้มข้นต่ำกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. สมบัติดินสวนลองกอง

จากผลการศึกษา พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินเฉลี่ยทั้งใน

และนอกทรงพุ่มมีสภาพเป็นกรด (5.07 และ 5.03 ตามลำดับ) เนื่องจากดินในภาคใต้มีการพื้พังสลายตัว และมีการชะละลาย (leaching) ธาตุอาหารออกจากหน้าตัดดินสูง ทำให้ดินมีประจุบวกต่างสะสมต่ำ และมีสภาพเป็นกรด (อภิศักดิ์, 2543) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในทรงพุ่ม (Table 1) อยู่ในระดับปานกลางและสูง สภาวะนี้พบได้ในสวนทุเรียน (สุมิตรา และคณะ, 2544) และลำไย (ยุทธนา และคณะ, 2543) เนื่องจากเกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ทุกปี เป็นที่น่าสังเกตว่าสมบัติดินบริเวณนอกทรงพุ่มมีฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมต่ำ แต่ดินบริเวณในทรงพุ่มมีปริมาณฟอสฟอรัสสูง (Table 1) ซึ่งดินที่มี

ปริมาณฟอสฟอรัสสูงอาจส่งผลเสียต่อพืชได้ เช่น การศึกษา การให้ปุ๋ยฟอสฟอรัสก่อนการออกดอกกับลองกองที่เติบโตใน ดินที่มีฟอสฟอรัสสูง (584 มก./กก.) พบว่าไม่สามารถเพิ่ม ปริมาณช่อดอก แต่ทำให้ปริมาณช่อดอกลดลง (ภาสกร, 2546) หรือในทุเรียน พบว่าเมื่อดินมีฟอสฟอรัสสูง (60 มก./กก.) การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสไม่สามารถเพิ่มปริมาณผลผลิตได้ ดังนั้น หากดินมีฟอสฟอรัสในปริมาณที่เพียงพอ จึงไม่จำเป็นต้องใส่ ปุ๋ยฟอสฟอรัส (สุมิตรา และคณะ 2544)

สำหรับปริมาณธาตุอาหารจุลภาคในดินทั้งบริเวณใน และนอกทรงพุ่ม พบว่าเหล็กและแมงกานีส มีปริมาณสูงกว่า ระดับที่เพียงพออย่างเด่นชัด (Table 4) ซึ่งดินที่มีปริมาณ ของเหล็กสูง ทำให้รากพืชดูดทองแดงลดลง (ยงยุทธ และ สุขวัญ, 2546; Havlin *et al.*, 2005) ปริมาณสังกะสี และ ทองแดงของดินในทรงพุ่มสูงกว่าดินนอกทรงพุ่ม (Table 1) และทั้ง 2 บริเวณมีปริมาณสังกะสี และทองแดง ในระดับ เพียงพอ (Table 4) สำหรับโบรอนในดิน พบว่าดินบริเวณ ในทรงพุ่มมีปริมาณโบรอนสูงกว่าดินบริเวณนอกทรงพุ่ม (Table 1) แต่ทั้ง 2 บริเวณมีปริมาณต่ำกว่าระดับที่เพียงพอ (Table 4) ทั้งที่เกษตรกรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งเป็นแหล่ง

ของธาตุโบรอน (เพิ่มพูน, 2546) หรือแม้แต่การใส่ปุ๋ยเคมีก็ มีโบรอนปะปนอยู่ (ออมทรัพย์, 2540) ทั้งนี้เนื่องจาก โบรอนเป็นธาตุที่ถูกชะล้างได้ง่าย (Potash and Phosphate Institute, 1995) ประกอบกับภาคใต้มีฝนตกตลอดทั้งปี ทำให้เกิดการชะล้างโบรอนออกจากหน้าตัดดิน สอดคล้องกับ ที่ Katyal และ Vlek (1985) รายงานว่าดินในเขตร้อนชื้น ของทวีปเอเชียที่มีการชะล้างสูง จะมีปริมาณธาตุโบรอนในดิน ต่ำ

2. ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้น

ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ระดับเพียงพอ (sufficient) ของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และ โบรอน ที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง และประเมินจาก เส้นขอบเขตมีค่าใกล้เคียงกัน (Table 2) แต่การประเมิน จากต้นที่ให้ผลผลิตสูงให้ค่าความเข้มข้นมาตรฐานสูงกว่าการ ประเมินด้วยเส้นขอบเขต เช่น ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของ เหล็กที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงมีค่า 74-88 มก./กก. แต่ค่าความเข้มข้นมาตรฐานของเหล็กที่ได้จากเส้นขอบเขต มีค่า 61-66 มก./กก. สอดคล้องกับค่าความเข้มข้นมาตรฐาน

Table 3. Standard concentration values of micronutrients in index leaves of some fruit trees

Nutrient	Standard concentration value						
	Longkong	Durian	Longan	Lichee	Orange	Mangosteen	Rambutan
Fe (mg kg ⁻¹)	61-66	40-150	68-87	25-40	60-120	50-150	77-98
Mn (mg kg ⁻¹)	49-58	50-120	47-80	20-30	25-100	60-250	104-150
Zn (mg kg ⁻¹)	18-20	10-30	17-20	15-25	25-100	5-15	43-54
Cu (mg kg ⁻¹)	7-8	10-25	15-17	10-20	5-10	15-30	16-25
B (mg kg ⁻¹)	27-30	30-70	22-46	-	31-100	25-60	43-54

Table 4. Ranges in critical level for micronutrients in soil

Element	Rang in critical level (mg kg ⁻¹) ¹	Micronutrient in soil of longkong orchard	
		Ave. dripline area	Ave. nearby area
Iron	2.5-5.0	107.95	92.48
Manganese	1.0-5.0	85.23	57.70
Zinc	0.2-2.0	2.73	0.89
Copper	0.1-2.5	2.14	1.14
Boron	1.0-2.0	0.46	0.36

¹From Jones (2001)

ธาตุอาหารมหภาคในลองกอง (จำป๋น และคณะ, 2548) และค่าความเข้มข้นมาตรฐานของทุเรียน (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) เนื่องจากการสร้างค่ามาตรฐานด้วยการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูง จะนำความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ศึกษาจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงทั้งหมดมาคำนวณเพื่อประมาณค่าความเข้มข้นมาตรฐาน ซึ่งส่วนหนึ่งของความเข้มข้นที่นำมาคำนวณเป็นความเข้มข้นในระดับฟุ่มเฟือยหรือมากเกินไปความต้องการของพืช แต่ยังไม่มียผลทำให้ปริมาณผลผลิตลดลงหรือแสดงความเป็นพิษออกมาให้ปรากฏ

การประเมินด้วยเส้นขอบเขตเป็นการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุที่ศึกษา ที่มีผลต่อปริมาณผลผลิตโดยตรง (ความสัมพันธ์ในเชิงบวก) เนื่องจากกลุ่มของจุดที่นำมาประเมินเพื่อใช้เป็นเส้นขอบเขตนั้นเป็นจุดที่ปัจจัยการผลิตอื่นๆ เหมาะสม ยกเว้นปริมาณธาตุอาหารพืช ดังนั้นเมื่อได้รับธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นก็จะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นตามไปด้วย แต่สำหรับจุดข้อมูลอื่นที่อยู่ใต้เส้นขอบเขตซึ่งไม่ได้นำมาใช้ในการประเมิน ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารเท่ากัน แต่ให้ผลผลิตที่ต่ำกว่า เนื่องจากมีปัจจัยอื่นเป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิต แต่ไม่ได้มีสาเหตุจากการขาดธาตุอาหารที่ศึกษา (สุมิตรา และวิเชียร, 2546) ทั้งนี้การประเมินด้วยเส้นขอบเขตสามารถประเมินระดับธาตุอาหารที่มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับปริมาณผลผลิตได้ (ความเข้มข้นของธาตุที่ศึกษาเพิ่มขึ้นแต่ผลผลิตลดลง) โดยสามารถกำหนดเป็นช่วงระดับความเข้มข้นได้เช่นกัน ซึ่งการประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงไม่สามารถทำได้ หรือเพียงแต่บอกได้ว่าความเข้มข้นที่สูงกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานเป็นความเข้มข้นสูงที่เกินพอ แต่ไม่สามารถทำนายถึงปริมาณผลผลิตที่คาดว่าจะได้ อีกทั้งการประเมินด้วยวิธีนี้ยังสามารถกำหนดช่วงระดับธาตุอาหารที่จะประเมินได้อย่างละเอียด คือ ขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ และมากเกินไป ซึ่งง่ายต่อการจัดการปุ๋ยของเกษตรกรในปีถัดไป แต่การประเมินค่าความเข้มข้นมาตรฐานจากต้นที่ให้ผลผลิตสูงสามารถบอกได้ว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ศึกษาอยู่ในระดับต่ำ เพียงพอ และสูง โดยเฉพาะระดับต่ำ ค่าที่วิเคราะห์ได้ไม่สามารถบอกระดับความรุนแรงของการขาดธาตุอาหารดังกล่าวได้ ดังนั้นค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่น่าจะนำมาใช้เพื่อประเมินระดับธาตุอาหารหลักแมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน ในใบลองกองคือค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ได้จากการประเมินเส้นขอบเขต

เมื่อนำค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ได้จากการประเมินโดยวิธีเส้นขอบเขต เปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานของไม้ผลชนิดอื่น คือ ทุเรียน (สุมิตรา และคณะ, 2544) ลำไย (ยุทหนา และคณะ, 2543) ลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) ส้ม (Vock, 1997) มังคุด (สุมิตรา, 2549) และเงาะ (Lim et al., 1997) พบว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานของลองกองมีค่าใกล้เคียงกับไม้ผลชนิดอื่น ยกเว้นทองแดงที่มีค่าต่ำกว่าพืชอื่นเล็กน้อย (Table 3)

3. การนำค่าความเข้มข้นมาตรฐานไปใช้

ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุอาหารพืชที่วิเคราะห์ได้จากเนื้อเยื่อต้น ซึ่งเนื้อเยื่อต้นของพืชส่วนใหญ่คือใบ สำหรับลองกองเนื้อเยื่อต้นที่ใช้สำหรับประเมินสถานะธาตุอาหารพืช คือ ใบย่อยคู่กลางของประกอบที่ 2 เมื่อใบมีอายุ 5 เดือน เก็บช่วงหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต (จำป๋น และคณะ, 2546) โดยหนึ่งสวนควรเก็บใบจากต้นลองกองจำนวน 25-35 ต้น เก็บใบรอบทรงพุ่มต้นๆ ละ 6-8 ใบ และรวมเป็นตัวอย่างเดียวกัน เพื่อนำมาวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหาร โดยการเก็บใบควรเก็บใบที่มีสภาพปกติ คือ ไม่มีรูปทรงบิดเบี้ยวหรือมีขนาดเล็กกว่าปกติ เนื่องจากการวิเคราะห์พืชรายงานเป็นความเข้มข้น ดังนั้นถ้าใบมีขนาดเล็กผิดปกติจะมีความเข้มข้นธาตุอาหารพืชที่สูงกว่าใบปกติ (จำป๋น, 2547ก) และเมื่อนำมาประเมินระดับธาตุอาหารทำให้ประเมินระดับธาตุอาหารผิดพลาด

การประเมินระดับธาตุอาหาร ต้องนำความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่สร้างจากเส้นขอบเขต (Table 2) เพื่อจะได้ทราบระดับธาตุอาหารว่าอยู่ระดับขาดแคลน ต่ำ เพียงพอ หรือมากเกินไป เมื่อทราบระดับธาตุอาหารในพืช ก็สามารถวางแผนการจัดการปุ๋ยได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ ถ้าระดับธาตุอาหารในพืชอยู่ระดับต่ำ หรือขาดแคลน เกษตรกรจำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารนั้นเพิ่มขึ้นจากฤดูกาลผลิตที่ผ่านมา เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการ ถ้าระดับธาตุอาหารอยู่ในระดับที่เพียงพอเกษตรกรสามารถใส่ปุ๋ยสูตรเดิมและอัตราเท่าเดิม แต่ถ้าระดับธาตุอาหารในพืชอยู่ในระดับมากเกินไป เกษตรกรก็ไม่จำเป็นต้องใส่ปุ๋ย หรือใส่ลดลงในฤดูกาลผลิตถัดไป

ปัจจุบันพบว่าดินในสวนลองกอง (สุรชาติ และคณะ,

2547; ภาสกร, 2546) ทูเรียน (สุมิตรา และคณะ, 2544) ลำไย (ยุธนา และคณะ, 2543) และลิ้นจี่ (อรุณศิริ และคณะ, 2546) มีการสะสมฟอสฟอรัสในปริมาณสูง อาจทำให้อาหารขาดธาตุอาหารได้ลดลง โดยเฉพาะสังกะสี (ยงยุทธ, 2546; Marschner, 1995) ทั้งนี้สวนไม้ผลในภาคใต้ส่วนใหญ่มีปริมาณเหล็กในดินสูง ทำให้การดูดทองแดง และแมงกานีสของรากพืชลดลง (ยงยุทธ และสุขวัฒน์, 2546; Havlin *et al.*, 2005) ดังนั้นการพิจารณาการใส่ปุ๋ยจึงควรวิเคราะห์ดินควบคู่กับการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ

สรุปและข้อเสนอแนะ

ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นของเหล็ก แมงกานีสสังกะสี ทองแดง และโบรอน ที่ประเมินจากต้นที่ให้ผลผลิตมากกว่า 70 กก./ต้น มีค่าเท่ากับ 74-88, 81-107, 16-19, 7-9 และ 32-38 มก./กก. ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นที่ประเมินจากเส้นขอบเขต มีค่าเท่ากับ 61-66, 49-58, 18-20, 7-8 และ 27-30 มก./กก. ตามลำดับ การประเมินด้วยวิธีเส้นขอบเขตให้ค่าความเข้มข้นมาตรฐานเบื้องต้นต่ำกว่า สำหรับค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ควรนำมาเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้จากใบลองกอง ควรเลือกใช้ค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ได้จากการประเมินโดยวิธีเส้นขอบเขต เนื่องจากเป็นค่าที่ไม่รวมความเข้มข้นในระดับพุ่มเพื่อมาใช้ในการคำนวณ และสามารถบอกระดับของธาตุอาหารได้ละเอียดกว่าค่าความเข้มข้นมาตรฐานที่ได้จากต้นที่ให้ผลผลิตสูง การประเมินระดับธาตุอาหารในพืชควรทำควบคู่กับการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน

เอกสารอ้างอิง

จำเป็น อ่อนทอง สายใจ กิมสงวน และพิรุณ ตีระพัฒน์. 2548. ค่ามาตรฐานไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในใบลองกอง. ใน รายงานวิจัย การปรับปรุงดินและความต้องการธาตุอาหารของลองกอง หน้า 54-70. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

จำเป็น อ่อนทอง สุรชาติ เพชรแก้ว จรัสศรี นวลศรี มงคล แซ่หลิม และสายใจ กิมสงวน. 2546. วิธีมาตรฐานใน

การเก็บตัวอย่างใบลองกองสำหรับประเมินสถานะธาตุอาหารพืช. ว. สงขลานครินทร์ วทท. 26: 357-368.

จำเป็น อ่อนทอง. 2547ก. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

จำเป็น อ่อนทอง. 2547ข. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ธีระ เอกสมทราเมษฐ์ ชัยรัตน์ นิลนนท์ ธีระพงษ์ จันทนิยม, ประกิจ ทองคำ และสมเกียรติ สีสนอง. 2548. เส้นทางสู่ความสำเร็จการผลิตปาล์มน้ำมัน. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

นุจรี บุญแปลง นารี พันธุ์จินดาวรรณ และสุมิตรา กุ๋วโรดม. 2548. ปริมาณธาตุอาหารในใบทุเรียนของเกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงของประเทศไทย. ว. วิทย. กษ. 36(5-6): 421-424.

เพิ่มพูนกิริติกสิกร. 2546. โบรอน-จุลธาตุอาหารพืช. ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

ภาสกร ขาวหนู. 2546. การใช้ปุ๋ยผสมสูตร 8-24-24 กับการออกดอกของลองกอง. ปัญหาพิเศษวิทยาศาสตร์บัณฑิต. ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ยงยุทธ โอสภสกา และสุขวัฒน์ จันทปรณณิก. 2546. ปุ๋ยทางใบ. ใน ปฐพีวิทยาก้าวไกล วิจัย-วิชาการ หน้า 69-100. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสภสกา. 2546. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ยุธนา เขาสุเมรุ ชิติ ศรีตันทิพย์ และสันติ ช่างเจรจา. 2543. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การแก้ไขปัญหาดินโทรมของลำไย: ความสัมพันธ์ระหว่างระดับธาตุอาหารในดินและต้นลำไยกับการแสดงอาการดินโทรม. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.

วิเชียร จาญพจน์ และสุมิตรา กุ๋วโรดม. 2547. คະแนนมาตรฐานการวิเคราะห์พืชในการวินิจฉัยสถานะธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. ว. วิทย. กษ. 35: 13-20.

- ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2544. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา กุ้วโรตม และวิเชียร จาญพจน์. 2546. การใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียน. ว. วิทย. กษ. 34: 51-58.
- สุมิตรา กุ้วโรตม นกุล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยาม และจิรพงษ์ ประสิทธิ์เขตร. 2545. การสร้างค่ามาตรฐานอาหารสำหรับทุเรียน: 2. ค่ามาตรฐานธาตุอาหาร. ว.วิทย.กษ. 33: 279-286.
- สุมิตรา กุ้วโรตม นกุล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสยาม และจิรพงษ์ ประเสริฐเขตร. 2544. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ความต้องการธาตุอาหารและแนะนำปุ๋ยในทุเรียน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา กุ้วโรตม. 2549. การวิเคราะห์ปัญหาการขาดธาตุอาหารรองและจุลธาตุในดินกับพืชสวน-ไม้ยืนต้นและแนวทางการแก้ไข. เอกสารประกอบการสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง ปัญหาธาตุรอง-จุลธาตุในดินและการแก้ไข ณ ห้องประชุมสำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร 18 พฤษภาคม 2549: 1-8.
- สุรชาติ เพชรแก้ว จำเป็น อ่อนทอง เบญจพร ชครานนท์ และณรงค์ มะลี. 2547. สมบัติของดินปลูกดอกองุ่นภาคใต้ของประเทศไทย. ว. วิทย. กษ. 35(5-6): 363-366.
- อภิศักดิ์ โพธิ์บัน. 2543. ดินเขตร้อน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- อรุณศิริ กำลั้ง ยงยุทธ โอสดสภา วิสุทธิ วีรสาร และจันทร์จรัส วีรสาร. 2546. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การวิเคราะห์ใบเพื่อกำหนดแนวทางในการประเมินระดับธาตุอาหารและการใช้ปุ๋ยอย่างเหมาะสมสำหรับลิ้นจี่ที่ปลูกในเขตภาคกลางของประเทศไทย. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.
- ออมทรัพย์ นพอมรบดี. 2540. การใช้ปุ๋ยธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม. ใน เอกสารวิชาการทิศทางการใช้ปุ๋ยเพื่อพัฒนาการเกษตรอย่างยั่งยืน หน้า 115-124. กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- อัศจรรย์ สุขธำรง. 2545. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ การจัดการธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มผลผลิตและควบคุมคุณภาพของมะม่วง. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. กรุงเทพฯ.
- Beverly, B.R. 1991. Diagnosis and Recommendation Integrated System. Micro-Macro Press. Georgia.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdal, S.L. and Nelson, W.L. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall. New Jersey.
- Jones, J.B., Jr. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press. Boca Raton.
- Katyal, J.C. and Vlek, P.L.G. 1985. Micronutrient problems in tropical Asia. In Micronutrients Tropical Food Crop Production, pp. 69-94. Martinus Nijhoff / Dr. W. Junk Publishers. Dordrecht.
- Lim, T.K., Luders, L., Diczbalis, Y. and Poffley, M. 1997. Rambutan Nutrient Requirement and Management. Department of Primary Industry and Fisheries.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London.
- Potash and Phosphate Institute. 1995. International Soil Fertility Manual. Potash and Phosphate Institute. Norcross.
- Righetti, T., Wilder, K., Stebbins, R., Burkhart, D. and Hart, J. 1998. Nutrient management guide: apples. Oregon State University Extension Service. Available from <http://eesc.orst.edu/agcomwebfile/edmat/EM8712-E.pdf> [Accessed April 30, 2006].
- Soil and Plant Analysis Council. 2000. Soil Analysis Handbook of Reference Method. CRC Press. Florida.
- Vock, N. 1997. Citrus Information Kit. Department of Primary Industries. Queensland.