

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด : อุดชาติ

SEASONAL CHANGES IN THE LEAF COMPOSITION OF MANGOSTEEN :
MICRONUTRIENTS



ฉพ.
ท 327 ซ
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 60839
วัน,เดือน,ปี - 6 ก.ค. 2549

b..... 11540798
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาปฐพีวิทยา

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1505-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**SEASONAL CHANGES IN THE LEAF COMPOSITION OF MANGOSTEEN :
MICRONUTRIENTS**



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE IN SOIL SCIENCE
SCHOOL OF GRADUATE STUDIES
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

2005

ISBN 974-15-1505-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

เอกสารนี้ **KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG** ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด: จุลธาตุ
ชื่อนักศึกษา นางสาวทองอร่าม แสง
รหัสประจำตัว 43066507
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา ปฐพีวิทยา
พ.ศ. 2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. สุมิตรา กุ้วโรคม

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหาร (seasonal trends) และเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร (micronutrients) ในใบมังคุด จากสวนเกษตรกรที่มีความสมบูรณ์ของดินแตกต่างกันจำนวน 30 สวนในจังหวัดจันทบุรี โดยแบ่งสวนมังคุดออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่มีการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของดินในระดับดี (8 สวน) ปานกลาง (11 สวน) และไม่ดี (11 สวน) สวนมังคุดที่ศึกษามีอายุระหว่าง 15-18 ปี เก็บตัวอย่างใบที่อายุ 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 และ 12 เดือนจากทั้ง 4 ทิศรอบทรงพุ่ม ทิศละใบ ระหว่างฤดูการเจริญเติบโต 2544/45 นำใบทั้ง 4 มารวมกันเพื่อเป็นตัวแทนวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน ผลการทดลองปรากฏว่า ธาตุเหล็กมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแคบ ๆ จนถึงอายุประมาณ 8 เดือน หลังจากนั้นแนวโน้มลดลง ส่วนธาตุแมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงอายุประมาณ 7 เดือน หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ ส่วนความเข้มข้นของธาตุทองแดงในช่วงแรกค่อนข้างสูง ซึ่งน่าจะมาจากการฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืชในช่วงแตกใบอ่อน สังกะสีมีแนวโน้มคงที่เกี่ยวกับการเก็บตัวอย่างครั้งสุดท้ายที่สังกะสีมีความเข้มข้นสูงมาก อาจเกิดจากการปนเปื้อนจากสารเคมีที่ฉีดพ่นทางใบ ในขณะที่โบรอนมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยตลอดฤดูการเจริญเติบโต เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารในแต่ละกลุ่มความสมบูรณ์ของดินพบว่า ความเข้มข้นของ ทองแดง สังกะสี และโบรอน ของแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เหล็กและแมงกานีสของสวนกลุ่มดีต่ำกว่าสวนกลุ่มปานกลางและกลุ่มไม่ดี แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดทั้ง 30 สวน สามารถแสดงด้วยเส้น quadratic โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สำหรับธาตุแมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอนมากกว่า 0.70 ส่วนเหล็กมีค่าเท่ากับ 0.48 เมื่อนำความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่มีอายุ 8-10 เดือน มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของมังคุดที่สุมิตรา และคณะ (2546) ได้กำหนดไว้ ปรากฏว่าจากทั้งหมด 30 สวน ค่ามาตรฐานจุลธาตุอาหารที่ศึกษามีค่าคงเดิม มีเพียงธาตุโบรอนที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย คือเปลี่ยนแปลงจากเดิม 25-40 mg kg⁻¹ เปลี่ยนเป็น 25-60 mg kg⁻¹ สำหรับความเข้มข้นของธาตุอื่นคงไว้เช่นเดียวกับที่กำหนดไว้โดยสุมิตรา และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะ (2546) ดังนี้ เหล็ก $50-150 \text{ mg kg}^{-1}$ แมงกานีส $50-250 \text{ mg kg}^{-1}$ ทองแดง $5-15 \text{ mg kg}^{-1}$ สังกะสี $15-35 \text{ mg kg}^{-1}$

ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่มีอายุใบเฉลี่ย 8-10 เดือน มาหาความสัมพันธ์กับผลผลิตปรากฏว่า ความเข้มข้นของธาตุแมงกานีส สังกะสีและโบรอน มีความสัมพันธ์กับผลผลิตในลักษณะรูปสามเหลี่ยม (triangle pattern) ซึ่งแสดงว่ากลุ่มข้อมูลบริเวณขอบนอกสุด หรือแนวของเส้นขอบเขต (boundary line) เป็นอิทธิพลของระดับธาตุอาหารที่ศึกษา หรือมีความสัมพันธ์ในลักษณะ cause-effect กันโดยตรงระหว่างธาตุอาหารกับผลผลิต นอกจากนี้ ยังพบว่า ข้อมูลบนเส้นขอบเขตสามารถแสดงได้ด้วยเส้นสหสัมพันธ์ (regression line) 2 เส้นและสามารถใช้ในการกำหนดช่วงค่าธาตุอาหารที่เหมาะสม (sufficiency range) ของธาตุอาหารแต่ละธาตุได้ ในการศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลผลผลิตในระดับ 60% เป็นเกณฑ์กำหนดความเพียงพอของธาตุอาหาร ซึ่งพบว่ามีเพียงโบรอนธาตุเดียวที่มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้เดิม ส่วนแมงกานีสนั้นพบว่ามีความเข้มข้นในช่วงต่ำ (lower limit) ต่ำจนไม่น่าจะเพียงพอกับความ ต้องการของพืช และสังกะสีมีช่วงค่าความเพียงพอของธาตุอาหารแคบเกินไปจนอาจผิดพลาดในการแปลผลได้ง่าย ในขณะที่ธาตุเหล็กและทองแดงไม่พบความสัมพันธ์แบบรูปสามเหลี่ยม จึงไม่สามารถกำหนดค่ามาตรฐานโดยวิธีเส้นขอบเขต

| | |
|-----------------------|--|
| Thesis Title | Seasonal Changes in the Leaf Composition of Mangosteen : Micronutrients |
| Student | Miss Thong-arn Ngamsaeng |
| Student ID | 43066507 |
| Degree | Master of Science |
| Programme | Soil Science |
| Year | 2005 |
| Thesis Advisor | Assoc. Prof. Dr. Sumitra Poovarodom |

ABSTRACT

Seasonal trends of micronutrients concentrations in mangosteen leaves were investigated in 30 mature (15-18 years old) mangosteen orchards during 2001/2002 growing season in Chantaburi province, Eastern Thailand. The orchards were classified into 3 categories of above average (8 orchards), average (11 orchards) and below average (11 orchards). In each orchard, 8-10 uniform and representative mangosteen trees were chosen for sampling. The only pair of leaves from the current flush was sampled when they were 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 and 12 months old. The concentrations of Fe, Mn, Cu, Zn and B in leaves were analyzed. The concentration of Fe increased slightly until 8 months old and decreased afterward. Similarly, Mn concentration increased with leaf age and was relatively uncharged after leaves were 7 months old. Concentration of Cu increased slightly at the beginning of the sampling period and gradually decreased which may result from pesticide spray. Zn increased slightly except at last sampling where Zn increased sharply due to foliar Zn spray. In contrast, B concentration was relatively stable throughout the sampling period. The concentrations of Fe, Mn, Zn and B were similar in all 3-orchard categories but Mn content in high yielding orchards was lower than low and medium yielding orchards. The seasonal changes in the leaf composition of all 30 orchards can be fitted by quadratic line with r^2 more than 0.70 for Mn, Cu, Zn and B while r^2 for Fe was 0.48.

Comparison of micronutrient concentrations in 8-10 months old leaf age with leaf nutrient standards (Poovarodom et al., 2004), it was found that, concentration of Fe, Mn, Cu and Zn in most orchards were within the range of leaf nutrient standards. In contrast, many orchards had higher B concentration than nutrient standards. Thus, B concentration should be adjusted from 25-40 mg kg⁻¹ to 25-60 mg kg⁻¹. The tentative standards for mangosteen should remain the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

same as proposed by Poovarodom et al. (2003) except for B i.e. 50-150 mg kg⁻¹ Fe, 50-250 mg kg⁻¹ Mn, 5-15 mg kg⁻¹ Cu, 15-35 mg kg⁻¹ Zn and 25-60 mg kg⁻¹ B.

The boundary line approach was used to improve the diagnostic criteria for mangosteen leaf nutrient standards. The basic assumption of the boundary line approach uses the best performance in the population lines at edge of any body of data, and it is valid only where a cause-and effect relationship exists between two variables. This is exhibited by the characteristic of the triangular pattern or the existence of the boundary lines (BL) of the surveyed data, which indicated biological cause-effect relationship between nutrient concentration and yield. The scattered plot diagrams were constructed between mangosteen leaf nutrient concentrations and yield the triangular pattern or boundary lines were shown to exist in Mn, Zn, and B but not in Fe and Cu. The boundary line of each nutrient could be quantified by fitting 2 linear lines to the data. The high linearity of the data indicated that possible cause-and-effect relationship exists between two variables. The linear relationship between nutrient concentrations and yield at 60% relative yield was used to establish the sufficiency range. It was found that, B was consistent with the standards. For Mn, the lower limit of the sufficiency range obtained from boundary line was too low to be adequate for most plant. In the case of Zn, the standard range was too narrow and many cause problem when interpret of the analysis result.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยตรวจสอบและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิเชียร จาญพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้เส้นขอบเขตในการปรับปรุงค่ามาตรฐาน

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำทั้งในด้านการเรียนและเรื่องวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาทั้งในด้านการเรียนและช่วยชี้แนะในสิ่งต่างๆ ที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปลง ที่ได้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบพระคุณ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้ ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกคน ที่คอยช่วยเหลือสุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ ญาติ พี่น้อง ที่เข้าใจและคอยให้กำลังใจตลอดเวลา คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ทองอาน งามแสง

สารบัญ

| | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | I |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | III |
| กิตติกรรมประกาศ | V |
| สารบัญ | VI |
| สารบัญตาราง | VIII |
| สารบัญรูปภาพ | IX |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญและที่มา | 2 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.3 ขอบเขตงานวิจัย | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 มังคุด | 3 |
| 2.2 จุดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช | 4 |
| 2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในพืช | 6 |
| 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ | 9 |
| 2.5 การสร้างค่ามาตรฐาน | 10 |
| 2.6 การใช้เส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐาน | 11 |
| บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง | 12 |
| 3.1 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์ | 12 |
| 3.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างใบมังคุด | 13 |
| 3.3 การเตรียมตัวอย่างใบและวิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหาร | 13 |
| 3.4 การประมาณการผลผลิตของมังคุด | 14 |
| 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล | 15 |
| 3.6 สถานที่ทำการทดลอง | 15 |
| 3.7 ระยะเวลาในการทดลอง | 15 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

| | หน้า |
|--|------|
| บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ | 16 |
| 4.1 สมบัติของดินสวนมังคุดที่ศึกษา | 16 |
| 4.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมังคุด | 27 |
| 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับอายุใบ | 33 |
| 4.4 ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมังคุด | 35 |
| 4.5 ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมังคุดเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน | 40 |
| 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุอาหารในดินกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ มังคุด | 43 |
| 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณจุลธาตุอาหารในใบ | 43 |
| 4.8 ค่ามาตรฐานสำหรับมังคุด | 51 |
| บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง | 56 |
| บรรณานุกรม | 58 |
| ประวัติผู้เขียน | 63 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

| ตารางที่ | หน้า |
|--|------|
| 4.1 เนื้อดินของ 3 กลุ่มสวน | 20 |
| 4.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ย (mean) และพิสัย (range) ของธาตุอาหารในใบมังคุด ของสวนกลุ่มดี กลุ่มปานกลาง และกลุ่มไม่ดี ของสวนมังคุด 30 สวน | 38 |
| 4.3 จำนวนสวนที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารจัดอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (low) อยู่ ในช่วงค่ามาตรฐาน (optimum) และสูงกว่าค่ามาตรฐาน (high) | 41 |
| 4.4 ผลผลิตมังคุดจากสวน 30 สวน | 50 |
| 4.5 ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับมังคุด (Tentative standards for mangosteen) | 53 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

| รูปที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 4.1 | สมบัติดินและปริมาณธาตุอาหารในดินมังคุดจากสวนเกษตรกรจำนวน 30 สวน ... | 21 |
| 4.2 | แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้ง 3 กลุ่มสวน | 30 |
| 4.3 | ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับอายุใบมังคุด | 33 |
| 4.4 | ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้ง 30 สวนกับอายุใบมังคุด | 34 |
| 4.5 | การกระจายความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดจากสวนเกษตรกร 30 สวน (ข้อมูลเฉลี่ย อายุใบ 8-10 เดือน) | 39 |
| 4.6 | ความเข้มข้นของธาตุอาหารเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเบื้องต้น | 42 |
| 4.7 | ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด | 44 |
| 4.8 | ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมังคุด (กก.) กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด | 54 |
| 4.9 | Boundary line ของความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมังคุด (กก.) กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด | 55 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมา

มังคุดเป็นไม้ผลเมืองร้อนที่เจริญเติบโตได้ดีในประเทศไทย การผลิตมังคุดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ การจัดการด้านธาตุอาหารพืช การให้น้ำ การจัดการดิน การควบคุมโรคและแมลง ฯลฯ ในบรรดาปัจจัยข้างต้น การจัดการธาตุอาหารพืชอย่างเหมาะสมเป็นปัจจัยที่สำคัญในการควบคุมผลผลิตและคุณภาพของผลผลิต อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยของเกษตรกรส่วนใหญ่อาศัยประสบการณ์เป็นหลัก จึงไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เช่น เกษตรกรใส่ปุ๋ยมากเกินไปจนความต้องการของพืช โดยการใส่ปุ๋ยที่มากเกินไปนี้ทำให้เสียค่าใช้จ่ายมากขึ้น แต่ทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง ในทางตรงข้ามหากพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอจะมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และการให้ผลผลิต กรณีที่ขาดรุนแรงอาจจะไม่สามารถเจริญเติบโตจนครบวงจรชีวิตได้ ซึ่งการที่พืชมีการเจริญเติบโตที่ผิดปกติหรือให้ผลผลิตดำนั้น อาจเนื่องมาจากการขาดธาตุอาหารเพียงธาตุเดียว หรืออาจเกิดจากการขาดธาตุอาหารหลายธาตุพร้อมกัน ทำให้อาการที่แสดงออกมาไม่ชัดเจนยากที่จะบอกได้ว่าพืชขาดธาตุใด หรือพืชได้รับธาตุใดมากเกินไปจนความต้องการ ซึ่งการทราบถึงระดับปริมาณธาตุอาหารในพืช จะช่วยในการจัดการใส่ปุ๋ยได้ตามความต้องการของพืช ดังนั้น การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืชจึงเป็นวิธีที่บอกถึงระดับของธาตุอาหารในขณะนั้นว่า ขาดแคลน เพียงพอ หรือมีมากเกินไป (Lim et al., 1999) การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชสำหรับประเมินระดับธาตุอาหารและเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยให้กับไม้ผลมีหลายวิธี วิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายได้แก่ วิธีเทียบค่าวิเคราะห์กับค่าวิกฤตมาตรฐาน (critical value) หรือ ค่าวิเคราะห์มาตรฐาน (diagnosis standard or standard value) (สุมิตรา และคณะ, 2545) วิธีเปรียบเทียบค่าวิเคราะห์กับค่ามาตรฐานกำหนดไว้ว่า หากระดับธาตุอาหารในพืชมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่าการเจริญเติบโตของพืชจะเริ่มหยุดชะงักและมีผลกระทบต่อผลผลิตซึ่งค่าวิเคราะห์มาตรฐานนี้จะแตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด

สำหรับค่ามาตรฐานในมังคุด สุมิตรา และคณะ (2546) ได้กำหนดค่ามาตรฐานเบื้องต้นไว้แล้ว โดยทำการเก็บตัวอย่างใบมังคุดจากสวน 4 แห่ง ซึ่งข้อมูลที่ได้อาจไม่ครอบคลุมสวนมังคุดที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้าเป็นการสำรวจในสวนเกษตรกรจำนวนมาก มีประโยชน์ในการกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง (Leece and Van den Ende, 1975) และปรับปรุงค่ามาตรฐานอาหาร ในทางทฤษฎีระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างคือ เก็บตัวอย่างใบในระยะที่ความเข้มข้นของธาตุ

อาหารมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด เพื่อให้เป็นการเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว แต่สามารถวิเคราะห์ได้ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้หลายธาตุ ในไม้ผลนอกจากธาตุอาหารมหธาตุ (macronutrient) แล้ว จุลธาตุมีบทบาทสำคัญต่อผลผลิตและคุณภาพของผลผลิตเช่นกัน แม้พืชจะต้องการจุลธาตุอาหารในปริมาณที่น้อยแต่ก็ขาดไม่ได้ (Bould et al., 1960) ดังนั้นจึงศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร (micronutrient) ในใบมัจจุค ของสวนเกษตรกร 30 แห่ง และเปรียบเทียบสถานะจุลธาตุอาหารของสวนเหล่านี้กับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยสุมิตรา และคณะ (2546) เพื่อปรับปรุงค่ามาตรฐานจุลธาตุสำหรับมัจจุคให้มีความแม่นยำมากขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อเปรียบเทียบระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารจุลธาตุ (micronutrients) ในใบมัจจุคในสวนที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน

1.2.2 เพื่อนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ได้มาปรับปรุงค่ามาตรฐานธาตุอาหารของมัจจุคให้มีความแม่นยำขึ้น

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชสำหรับประเมินธาตุอาหาร และเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยให้กับไม้ผลนั้นมีหลายวิธี วิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายได้แก่ วิธีเทียบค่าวิเคราะห์กับค่าวิกฤตมาตรฐาน (critical value) หรือค่าวิเคราะห์มาตรฐาน (diagnosis standard or standard value) (สุมิตรา และคณะ, 2545) สำหรับค่ามาตรฐานของจุลธาตุอาหารในมัจจุคนั้น สุมิตรา และคณะ (2546) ได้กำหนดค่ามาตรฐานเบื้องต้นไว้แล้ว แต่ได้ทำการทดลองเก็บตัวอย่างใบมัจจุคเพียง 4 สวน ซึ่งค่อนข้างน้อย งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร (micronutrients) ในใบมัจจุคในสวนที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน ของเกษตรกรทั้งหมด 30 แห่ง นำข้อมูลสวนเหล่านี้มาหาความสัมพันธ์กับผลผลิต และหาความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยม (triangle pattern) แล้วใช้เส้นขอบเขต (boundary line) ที่ได้มากำหนดค่ามาตรฐาน

1

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มังคุด

มังคุดเป็นไม้ผลที่ตลาดมีความต้องการสูงมากทั้งตลาดภายในและส่งออก ราคาผลผลิตมังคุดคุณภาพดีที่เกษตรกรขายได้มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เกษตรกรจึงขยายพื้นที่ปลูกมากขึ้น ทั้งนี้มังคุดเป็นไม้ผลอีกชนิดหนึ่งที่ถูกกำหนดให้เป็นพืชเศรษฐกิจ ที่ต้องเร่งรัดเพิ่มประสิทธิภาพเพื่อการส่งออก

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของมังคุด

มังคุดมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Garcinia mangostana* Linn. อยู่ในวงศ์ Guttiferae มีถิ่นกำเนิดแถบคาบสมุทรอินโดจีน ได้แก่ บริเวณ มาเลเซีย พม่า ไทย เวียดนาม ฟิลิปปินส์ และพบในประเทศแถบอินโดนีเซีย ต้นมังคุดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่มีความสูงประมาณ 10-25 เมตร ทรงพุ่มเป็นแบบพีรามิด ลำต้นกลม เนื้อไม้มีสีน้ำตาลและมียางสีเหลือง (โสภณพรหม, 2532)

- ใบ เป็นใบเดี่ยว ก้านใบสั้น ใบค่อนข้างใหญ่ หนา ผิวใบเป็นมัน มีสีเขียวเข้ม ขอบใบทั้งสองยกขึ้น แผ่นใบโค้งลงเล็กน้อย ทรงพุ่มมีกิ่งแขนงแตกออกจากลำต้นที่เป็นแกนกลางเป็นรัศมีโดยรอบลำต้น

- ดอก เกิดบริเวณปลายกิ่งที่มีอายุมากกว่า 2 ปี อาจเกิดเป็นดอกเดี่ยว หรือดอกคู่ก็ได้ ดอกมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 เซนติเมตร มีกลีบเลี้ยง และดอกสีเหลืองอย่างละ 4 กลีบ เกสรตัวผู้เป็นหมัน เนื่องจากอับละอองเกสรมีขนาดเล็กมาก ไม่ผลิตละอองเกสร มีโครโมโซม $2n = 96$

- ผล มีรูปร่างค่อนข้างกลม ผลอ่อนมีสีเขียว เมื่อสุกเป็นสีแดงอมชมพูหรือสีม่วงเข้ม ผลมีเปลือกหนาและแข็งบริเวณใต้ผิวของเปลือกผลมีต่อมน้ำยางอยู่มาก ขั้วผลมีขนาดใหญ่และแข็งแรง ภายในผลมีเนื้อนุ่มสีขาว แล่งเป็นกลีบ ๆ อัดกันแน่น มีรสหวานอมเปรี้ยว

- เมล็ด พัฒมาจากเนื้อเยื่อนิวเคลียสของโอวูล โดยไม่ผ่านขบวนการปฏิสนธิและคงความมีชีวิตอยู่ในระยะสั้นเมื่อเก็บไว้ในสภาพแห้ง แต่ถ้าเก็บในสภาพความชื้นสูงจะมีชีวิตนานขึ้น เมล็ดไม่มีใบเลี้ยงยอดอ่อน แกนต้นอ่อน และเรดิเคลิให้เห็น แต่ส่วนของเมล็ดคือ hypocotyl

2.1.2 ลักษณะทั่วไปของมังคุด

มังคุดเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดใหญ่ชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 75-85% ดินควรมีความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ของดินประมาณ 5.5-6.5 และที่สำคัญควรเลือกพื้นที่ปลูกที่มีน้ำเพียงพอตลอดช่วงฤดูแล้ง มังคุดเป็นไม้

เอกสารที่มิระบบร่าหาอาหารค่อนข้างลึก ประมาณ 90-120 เซนติเมตรจากผิวดิน ดังนั้น จึงต้องการไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพแห้งแล้งก่อนออกดอกค่อนข้างนาน โดยต้นมังคุดที่สมบูรณ์ใบยอดมีอายุระหว่าง 9-12 สัปดาห์เมื่อผ่านช่วงแล้งติดต่อกัน 21-30 วัน และมีการกระตุ้นน้ำถูกวิธีมังคุดจะออกดอก พันธุ์ที่ส่งเสริมให้ปลูกคือ พันธุ์พื้นเมือง (เกษตรกรผู้ของคอกมังคุดเป็นหมัน เมล็ดเจริญจากเนื้อเยื่อของต้นแม่ โดยไม่ได้รับการผสมเกสร ดังนั้นจึงเชื่อกันว่ามังคุดมีพันธุ์เดียว) มังคุดในภาคตะวันออกจะมีระยะแตกใบอ่อนและเจริญเติบโตทางใบ ประมาณเดือนกรกฎาคม-กันยายน ส่วนภาคใต้ประมาณเดือนกันยายน-พฤศจิกายน ระยะดอกบาน-ระยะติดผล ในภาคตะวันออก ประมาณเดือนธันวาคม-มกราคม ส่วนในภาคใต้ประมาณเดือนกุมภาพันธ์-มีนาคม

- อายุการเก็บเกี่ยว มังคุดจะให้ผลผลิตในปีที่ 7 หลังปลูก แต่ผลผลิตต่อดันในระยะแรกจะต่ำ ช่วงที่ให้ผลผลิตดีประมาณ 13 ปี ขึ้นไป โดยเฉลี่ย 60 กิโลกรัมต่อดัน (น้ำหนักผลเฉลี่ย 80 กรัม/ผล)

- ระยะเก็บเกี่ยวและฤดูกาลเก็บเกี่ยว ช่วงพัฒนาของดอก (ผลิตาดอก-ดอกบาน) ประมาณ 30 วัน ช่วงพัฒนาของผล (ดอกบาน-เก็บเกี่ยว) ประมาณ 11-12 สัปดาห์ ซึ่งภาคตะวันออกจะอยู่ในช่วงเดือนมีนาคม-เมษายน ส่วนภาคใต้จะอยู่ในช่วงเดือนเมษายน-มิถุนายน ระยะเก็บเกี่ยวที่เหมาะสมทางภาคตะวันออกอยู่ในช่วงเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน ส่วนทางภาคใต้อยู่ในช่วงเดือนกรกฎาคม-กันยายน เก็บผลมังคุดในระยะที่เริ่มมีสายเลือด (ผลมีสีเหลืองอ่อนปนเขียวมีจุดประสีชมพูกระจายอยู่ทั่วผล) 1-2 วัน ผลมังคุดที่มีสีม่วงแดงเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10-13 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90-95% เก็บรักษาได้นานประมาณ 2-4 สัปดาห์

- พื้นที่ปลูก แหล่งผลิตที่สำคัญคือ ภาคใต้ (พื้นที่ปลูก 61.23% ผลผลิต 62.34%) ภาคตะวันออก (พื้นที่ปลูก 37.90% ผลผลิต 62.34%) จังหวัดที่สำคัญคือ จังหวัดจันทบุรี (ผลผลิต 32%) ชุมพร (32%) นครศรีธรรมราช (13%) ตรัง (9%) ระนอง (8%) ระยอง (4%) และนราธิวาส (3%) พื้นที่ปลูกทั่วประเทศไทยประมาณ 300,000 ไร่ (พื้นที่ให้ผลผลิตแล้วประมาณ 160,000 ไร่)

2.2 จุลธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

พืชประกอบด้วยธาตุต่าง ๆ อยู่ประมาณ 90 ชนิดหรือมากกว่า ซึ่งธาตุแต่ละชนิดมีอยู่ในพืชในปริมาณที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม มีเพียง 16 ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุเหล่านี้ จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภท โดยใช้ปริมาณที่พืชต้องการเป็นเกณฑ์ คือ มหาธาตุอาหาร (macronutrient elements) และมี 7 ธาตุที่พืชต้องการใช้ในปริมาณที่น้อย คือ จุลธาตุอาหาร (micronutrient หรือ micronutrient elements) ธาตุเหล่านี้คือ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โบรอน (B) โมลิบดินัม (Mo) และคลอรีน (Cl) พืชต้องการจุลธาตุอาหารในปริมาณที่น้อย ซึ่งช่วงของปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการนั้นแคบมากเมื่อเทียบกับกลุ่มมหาธาตุอาหาร ถ้าหากเกินพิสัย (maximum limit) พืชจะแสดงอาการเป็นพิษ และหากต่ำกว่าพิสัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(minimum limit) พืชจะตอบสนองต่อการใส่ธาตุอาหาร และถ้าหากขาดแคลนมาก พืชจะแสดงอาการผิดปกติออกมา

2.2.1 ลักษณะของธาตุที่จัดว่ามีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

ธาตุที่จำเป็นต่อพืช หมายถึง ถ้าพืชขาดธาตุนั้นแล้วพืชจะแสดงอาการขาดออกมาให้เห็น เช่น พืชมีการเจริญเติบโตผิดปกติ Bennett (1994) กล่าวว่า ธาตุใดก็ตามที่มีหน้าที่หลักในพืช หรือมีส่วนในกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืชแล้ว ก็จะถือเป็นธาตุที่จัดว่ามีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งลักษณะของธาตุที่จัดว่ามีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชมีดังนี้

- ถ้าขาดธาตุนั้นแล้ว จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชผิดปกติ ไม่สามารถมีชีวิตอยู่ได้จนครบวงจรชีวิต (เช่น เริ่มจากเมล็ดที่สามารถเติบโตต่อไปได้) หรือพืชตายก่อนที่จะเจริญเติบโตเต็มที่ (premature death of plant)

- ธาตุเหล่านั้นเป็นส่วนหนึ่งในโมเลกุล หรือเป็นส่วนประกอบของพืชถ้าพืชขาดธาตุนั้นแล้วก็ไม่สามารถที่จะนำธาตุอื่น ๆ มาทดแทนได้ เช่น เหล็กเป็นองค์ประกอบและช่วยสร้างคลอโรฟิลล์ หรือทองแดงเป็นองค์ประกอบของโปรตีนทำหน้าที่เป็น catalyst ในกระบวนการ oxidation ต่าง ๆ ในพืช

- ธาตุเหล่านั้นมีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตหรือกระบวนการเมตาบอลิซึมของพืช และไม่ส่งผลโดยอ้อมต่อธาตุอาหารตัวอื่น ๆ เช่น ไปขัดขวางการทำงานของธาตุตัวอื่น ๆ (ในกรณีที่มีมากเกินไป)

2.2.2 ปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปริมาณธาตุอาหารในระดับที่ขาดแคลนและระดับที่เป็นพิษต่อพืชที่แน่นอนนั้น กำหนดได้ยาก เพราะความต้องการของพืช ความสามารถของรากที่จะสกัดออกจากดิน และความทนทานของพืชที่ได้รับธาตุอาหารในปริมาณมากนั้น แตกต่างกันในระหว่างชนิดของพืช และแม้แต่ในระหว่างพันธุ์พืชชนิดเดียวกันก็แตกต่างกัน Jones (1998) รายงานถึงความต้องการธาตุโบรอนที่พอเพียงในพืช ไม้ผลแต่ละชนิด และจากส่วนของพืชที่แตกต่างกัน เช่น ในใบส้มที่มีอายุ 5-7 เดือน ปริมาณโบรอนที่พอเพียงอยู่ในช่วง 25-100 mg kg⁻¹ และปริมาณโบรอนของพืชในใบของกิ่งที่ติดและใบของกิ่งไม่ติดผล ที่วิเคราะห์กลางฤดูร้อน ปริมาณโบรอนที่พอเพียงอยู่ในช่วง 20-60 mg kg⁻¹ เป็นต้น

2.2.3 การเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในพืช

ในระหว่างการเจริญเติบโตของพืช จะมีธาตุที่เคลื่อนที่ได้และเคลื่อนที่ไม่ได้หรือเคลื่อนที่ได้เล็กน้อยในต้นพืช ซึ่งมีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของพืชแตกต่างกัน โดยแบ่งการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ได้ในพืช (mobile

elements) ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และ คลอไรด์ ธาตุเหล่านี้จะเคลื่อนที่จากเนื้อเยื่อแก่ไปบำรุงเนื้อเยื่ออ่อน เช่น ยอดอ่อน หรือ ผลอ่อนซึ่งการเคลื่อนที่ได้ของธาตุเหล่านี้ ทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในแต่ละส่วนของพืชเปลี่ยนแปลงไปตามอายุ คือ เมื่อพืชอายุยังน้อย ความเข้มข้น (โดยน้ำหนักแห้ง) ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จะสูง แต่เมื่ออายุมากขึ้นหรือเนื้อเยื่อเจริญเต็มที่ ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม จะลดลง ถ้าพืชขาดแคลนธาตุเหล่านี้จะพบความผิดปกติครั้งแรกที่ใบแก่

กลุ่มที่ 2 คือกลุ่มธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ไม่ได้ หรือเคลื่อนที่ได้น้อยในพืช (immobile elements) ซึ่งธาตุอาหารที่เคลื่อนที่ไม่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในกลุ่มของจุลธาตุอาหาร ซึ่งได้แก่ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี โบรอน โมลิบดีนัม กำมะถัน และแคลเซียม ธาตุเหล่านี้จะสะสมในเนื้อเยื่อแก่มากกว่าในเนื้อเยื่ออ่อน เนื่องจากไม่มีการเคลื่อนที่ภายในต้นพืช ทำให้การสะสมในใบแก่มากขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น Ding et al. (1995) ได้ศึกษาในพืช loquat พบว่าในช่วงแรกของการเจริญเติบโต ความเข้มข้นของเหล็กมีปริมาณต่ำ และจะเพิ่มขึ้นรวดเร็วในใบที่โตเต็มที่ ทำนองเดียวกับการทดลองของ Koo and Young (1977) ได้ศึกษาถึงอายุ ตำแหน่งใบและผล ที่มีผลต่อธาตุอาหารในใบอโวคาโดพันธุ์ Tonnage เปรียบเทียบการเก็บใบที่อายุแตกต่างกันพบว่า ความเข้มข้นของเหล็กจะสูงขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น และเมื่อขาดแคลนธาตุเหล่านี้จะปรากฏอาการผิดปกติที่ใบอ่อน ดอก ผล หรือเมล็ด แม้พืชจะขาดเพียงชั่วคราว ก็มักพบว่าการเจริญของเนื้อเยื่ออ่อนช้าลง และอาจแสดงอาการขาดด้วย

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในพืช

ปริมาณธาตุอาหารในพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง Koo and Young (1977) ได้รายงานว่ายูของพืช ตำแหน่งของใบบนกิ่ง ผลผลิต คุณสมบัติของดิน การเพาะปลูกและวิธีการเพาะปลูก Labanauskas et al. (1960) รายงานว่า อายุใบ ฤดูกาล อุณหภูมิ สิ่งแวดล้อมและการใส่ปุ๋ย มีอิทธิพลต่อปริมาณจุลธาตุในใบอโวคาโด ทั้งหมดนี้ล้วนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบพืช ซึ่ง Emmert (1959) และ Smith (1962) รายงานว่ามีปัจจัย 3 กลุ่ม ที่มีผลกระทบต่อปริมาณธาตุอาหารในพืช ได้แก่

2.3.1 ปัจจัยทางการเจริญเติบโต (growth effects)

2.3.1.1 สายพันธุ์พืชและต้นตอ

สายพันธุ์พืชแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันของปริมาณธาตุอาหารในใบ (Smith, 1962) เนื่องจากพืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารจากดินแตกต่างกัน ส่วนต้นตอมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในพืช Jones (1991) รายงานว่า ส้มพันธุ์ Valencia ที่เจริญเติบโตในท้องถิ่นที่แตกต่างกันมีปริมาณของธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม โบรอน คลอไรด์ ทองแดง และเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในทางอื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่แตกต่างกัน แต่มีปริมาณของฟอสฟอรัส แมกนีเซียม โซเดียม และสังกะสีใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันต้นตอมีผลต่อความเข้มข้นของโบรอน แคลเซียม และโพแทสเซียม แต่มีผลต่อธาตุอื่นเพียงเล็กน้อย ส่วน Neilsen and Kappel (1996) รายงานว่า ต้นตอของเชอร์รี่หวานพันธุ์ Bing มีผลต่อปริมาณจุลธาตุอาหารเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2.3.1.2 ส่วนของพืช

ส่วนของพืชเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหาร ทั้งนี้เพราะส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น ใบพืช ก้านใบ ส่วนของกิ่ง ผล และ ดอก ล้วนมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน (Smith, 1962) ในรายงานของ Tamimi and Dennis (1999) พบว่า ในกุหลาบตัดดอก มีปริมาณสังกะสีและโบรอนในดอกสูงกว่าในใบและลำต้น แต่ความเข้มข้นของเหล็กและแมงกานีสในใบมีค่าสูงกว่าในดอกและลำต้น และความเข้มข้นของทองแดงมีปริมาณสูงในลำต้น Perica et al. (2001) รายงานว่า ปริมาณธาตุโบรอนในดอกและเกสรของมะกอกสูงกว่าในใบ นันท์ธรัตน์ (2544) รายงานว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบลีนี่ สูงกว่าส่วนอื่นๆของพืช ยกเว้นเหล็ก ทองแดง และสังกะสี มีความเข้มข้นสูงในรากขนาดเล็ก และ Bingham (1961) รายงานว่า ปริมาณของเหล็กและแมงกานีสในใบของอโวคาโดพันธุ์ Hass สูงกว่าใน petiole

2.3.1.3 อายุพืช

จุลธาตุอาหารเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้น้อยหรือเคลื่อนที่ไม่ได้ในพืช ธาตุเหล่านี้สะสมในเนื้อเยื่อแก่มากกว่าในเนื้อเยื่ออ่อน Jones et al. (1991) รายงานว่า ความเข้มข้นสุทธิของธาตุทองแดงและสังกะสีในไม้ยืนต้นและไม้ล้มลุก มีแนวโน้มลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น แต่ความเข้มข้นของ แมงกานีส เหล็ก และโบรอน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น Koo and Young (1977) รายงานว่า ความเข้มข้นของแมงกานีส ทองแดง สังกะสี และเหล็กในใบอโวคาโดพันธุ์ Tonnage มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานของ สุมิตร และคณะ (2545) รายงานว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบทุเรียน มีแนวโน้มสูงขึ้นตามอายุของใบ นันท์ธรัตน์ (2544) พบว่า ปริมาณธาตุอาหารในใบลีนี่ที่ต้นมีอายุ 3 ปี มีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าในใบลีนี่ที่ต้นมีอายุ 1 ปี 20-40 เท่า

2.3.1.4 ปริมาณผลผลิต

ปริมาณผลผลิตมีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในใบพืช เนื่องจากเมื่อนำใบและผลมาวิเคราะห์พบว่ามีความเข้มข้นของธาตุอาหารแตกต่างกัน Embleton et al. (1973) รายงานว่า ใบส้มที่มาจากกิ่งที่ไม่ติดผลมีความเข้มข้นของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และโบรอน สูงกว่ากิ่งที่ติดผล ส่วนธาตุอื่นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และพบว่าการพัฒนาของผล-ผลแก่เต็มที่ มีความเข้มข้นของเหล็กในใบลดลง (Brown, 1994) Cresswell and Wickson (1986) รายงานว่า ความเข้มข้นของแมงกานีส ทองแดง และโบรอนในใบถั่วพีแคนของกิ่งที่ติดผลมีค่าต่ำกว่าใบของกิ่งที่ไม่ติดผล

2.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหาร (nutrient relationships)

ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารที่ส่งเสริมกัน (synergism) และเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonism) มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารใบพืช Smith (1962) รายงานว่า จุลธาตุที่เป็นปฏิปักษ์ต่อกันได้แก่ เหล็กกับแมงกานีส ทองแดงและสังกะสีกับแมงกานีส โดยปฏิริยาระหว่างธาตุที่เป็นปฏิปักษ์กัน คือ เมื่อธาตุหนึ่งมีปริมาณมากจะส่งผลให้การดูดใช้ธาตุอาหารอีกธาตุหนึ่งของพืชลดลง เช่น เมื่อปลูกพืชในสารละลายที่มีธาตุอาหารทุกอย่างพอเพียง แต่มีแมงกานีสอยู่มาก จะทำให้พืชแสดงอาการขาดเหล็กออกมา เป็นต้น Jones et al. (1991) รายงานว่า ฟอสฟอรัสเป็นปฏิปักษ์อันดับหนึ่งของทองแดง เหล็ก และสังกะสี โดยพบว่าความเข้มข้นสูงของฟอสฟอรัสลดความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล่านี้ มีผลทำให้การละลายของเหล็กและสังกะสีเกิดได้ไม่ดี พืชจึงนำไปใช้ได้น้อย และพบการเป็นปฏิปักษ์กันระหว่างโพแทสเซียมกับโบรอน และโพแทสเซียมกับแมงกานีสในใบมะเขือเทศ Wallihan and Miller (1968) รายงานว่า การขาดแมงกานีส ในใบโอวาคาโด พันธุ์ Hass และ Bacon เกิดจากการชักนำของเหล็กซึ่งมีมากเกินไป สอดคล้องกับในรายงานของ Clark and Smith (1990) พบการเป็นปฏิปักษ์กันระหว่างแมงกานีสและเหล็กในพลับ โดยการเพิ่มขึ้นของเหล็กในใบลดความเข้มข้นของแมงกานีส (Moraghan and Freeman, 1978; Smith, 2001) Franocois (1986) รายงานว่า การมีธาตุทองแดงที่สูงในใบของถั่ว Snap และ Cowpea จะแข่งขันการดูดใช้ธาตุเหล็กและซัลฟิวเรียมขนาดของราก อีกทั้งไปทำลายเซลล์เมมเบรนของพืชด้วย และปริมาณแคลเซียมและฟอสฟอรัสที่สูงทำให้โบรอนในใบลดลง

2.3.3 ปัจจัยทางสภาพแวดล้อม (Environment Factors)

นอกจากปัจจัยทางด้านการเจริญเติบโตของพืชแล้ว ปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมก็มีผลต่อปริมาณธาตุอาหารในพืชเช่นกัน ได้แก่ ความเข้มของแสง อุณหภูมิ การชะล้างโดยฝน ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ของดิน การระบายอากาศของดิน ความชื้นในดิน โรคและแมลง ปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ มีผลต่อการละลายของธาตุอาหาร ความเป็นประโยชน์และการดูดกินธาตุอาหารของพืช การเจริญเติบโตของรากและลำต้นรวมถึงการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารในพืช Jones (1991) รายงานว่า ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) มีผลต่อความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร โดยพบว่า เมื่อ pH ต่ำกว่า 6.5 ธาตุโบรอน เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับรายงานของ Moraghan (1979) ทำการทดลองในพืชตระกูลปอ (*Linum usitatissimum* L.) พบว่าในดินกรดมีการสะสมของแมงกานีสในใบค่อนข้างสูง เนื่องจากดินเป็นกรดจัดทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้ดี (Righetti et al., 1990; Fallahi and Rodney, 1992; Heenad and Campbell, 1981) ยังผลให้พืชขาดเหล็ก และยังพบว่าการสะสมของจุลธาตุอาหารที่มีมากเกินไปมากเกินความต้องการของพืช มีผลทำให้เกิดอาการเป็นพิษต่อพืช Brown (1994) รายงานว่า แนวโน้มของแมงกานีสอยู่ในระดับ 600 mg kg^{-1} อาจเป็นพิษต่อพืชคืออาจทำให้ความแข็งแรงของพืช และผลผลิตลดลง เนื่องจากดินมีความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นกรด (pH 5.0-5.5) ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้มาก Lanbanauskas et al. (1960) รายงานว่า การที่ดินเป็นกรดเนื่องจากการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตหลาย ๆ ปี ทำให้เกิดการชะล้างของโบรอน ไปจากดินได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากโบรอนเคลื่อนที่ได้ง่ายในดินและพบว่าดินที่มีค่า pH สูงทำให้ ความเข้มข้นของสังกะสีในใบแอปเปิลมีแนวโน้มลดลง (Neilsen, 1988)

นอกจากคุณสมบัติของดินแล้วพบว่า ฤดูกาลก็มีผลต่อธาตุอาหารพืชเช่นกัน Brown (1994) รายงานว่า ความเข้มข้นของโบรอนจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์ของพืช และพื้นที่ที่เพาะปลูก เพราะดินและน้ำจะแตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ โดยพบว่า การสะสมของโบรอนในใบของ Fig มีสูงเมื่อระดับของโบรอนในน้ำและดินมีสูง และพบว่า การขาดสังกะสีในแอปเปิลและพีช จะมีมากในฤดูแล้งมากกว่าในฤดูฝน Clark et al. (1989) รายงานว่า ความเข้มข้นของแคลเซียมและโบรอนในใบ Tamarillo ในปีที่มีฝนตกชุก มีค่าสูงกว่าในปีที่มีอากาศแห้งแล้ง เพราะความชื้นในดินต่ำจะลดการดูดกินโบรอนของพืช (Hanson and Breen, 1985) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lanbanauskas et al. (1960) พบว่า การขาดแมงกานีสและโบรอนในแอปเปิลและพีชพบมากในดินที่แห้งของฤดูร้อนมากกว่าในฤดูฝน และในใบของแอปเปิลที่ได้รับแสงแดด และการสังเคราะห์แสงมากจะต้องการแมงกานีสมากกว่าในใบที่ได้รับแสงแดดน้อย (Bodnar et al., 1983)

2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ

พืชจะสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดีต้องประกอบด้วยปัจจัยหลายอย่างร่วมกัน ทั้งปัจจัยทางด้านสภาพแวดล้อมและปัจจัยทางด้านสารอาหาร เมื่อพืชอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต เช่น ความเข้มแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์แสง อุณหภูมิ ความชื้นที่เหมาะสม ดินมีธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และเพียงพอต่อความต้องการของพืช และรากพืชสามารถดูดธาตุอาหารไปใช้ได้เพียงพอเพียง ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชมีความสมดุล พืชก็จะเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี ซึ่งการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่สูงขึ้นของพืช จะสอดคล้องกับระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช คือ ระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ในพืชที่สูงขึ้นจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น จนกระทั่งถึงระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมที่จะทำให้ผลผลิตสูงสุด และผลผลิตจะคงอยู่ในระดับนี้ต่อไป ถึงแม้จะเพิ่มธาตุอาหารก็ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ถ้ายังเพิ่มธาตุอาหารให้สูงขึ้นไปอีก ก็จะทำให้ผลผลิตของพืชลดลง เนื่องจากพืชได้รับธาตุอาหารมากเกินไปจนเป็นพิษกับพืชได้

ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เหมาะสมที่สัมพันธ์กับผลผลิตสูงสุดของพืช ไม่ได้แสดงเป็นค่าเดียว ๆ เนื่องจากการเจริญเติบโตสูงสุด ไม่ได้สัมพันธ์กับธาตุอาหารที่ความเข้มข้นใดความเข้มข้นหนึ่งโดยเฉพาะ แต่จะมีช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ค่อนข้างกว้างที่สัมพันธ์กับผลผลิตสูงสุด และได้นำมาใช้ในการกำหนดช่วงของค่ามาตรฐาน (standard range) แทนค่ามาตรฐานเดียว (Smith, 1962) ต่อมา Kenworthy (1973) เสนอให้แบ่งค่ามาตรฐานออกเป็นช่วง ๆ ได้แก่ ขาดแคลน

(shortage) ต่ำกว่าปกติ (below normal) ปกติ (normal) สูงกว่าปกติ (above normal) และสูงเกินไป (excess) เพื่อให้ค่ามาตรฐานที่ได้มีค่าคง

2.5 การสร้างค่ามาตรฐาน

การวิเคราะห์พืช (leaf analysis) เพื่อประเมินระดับธาตุอาหาร (nutritional diagnosis) อาศัยหลักการที่ว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืชที่เป็นตัวแทน (representative leaf sample) จะบอกให้รู้ถึงสถานะของธาตุอาหารของสวนไม้ผลนั้น ๆ (Bould et al., 1960; Smith, 1962) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์พืชมีหลายวิธี วิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายได้แก่ วิธีเทียบค่าวิเคราะห์กับค่าวิกฤตมาตรฐาน (critical value) หรือ ค่ามาตรฐานอาหาร (diagnosis standards or nutrient standards) ซึ่งกำหนดว่า หากระดับธาตุอาหารในพืชมีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน แสดงว่า การเจริญเติบโตของพืชจะเริ่มหยุดชะงักและมีผลกระทบต่อผลผลิต ซึ่งค่ามาตรฐานนี้จะแตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด ซึ่งปัจจัยสำคัญที่ทำให้การวิเคราะห์พืชสำหรับไม้ผลประสบความสำเร็จคือ การมีค่ามาตรฐานอาหารที่แม่นยำและเชื่อถือได้ (reliable diagnosis nutrient standards) พืชแต่ละชนิด จะมีค่ามาตรฐานของธาตุอาหารที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตโดยเฉพาะของมันเอง โดยทั่วไปแล้ว ค่ามาตรฐานที่ได้จากการศึกษาในบริเวณหนึ่ง สามารถนำไปใช้ได้กับพืชที่ปลูกในบริเวณเดียวกันหรือพืชที่ปลูกในบริเวณอื่น ซึ่งได้มีการทดสอบค่ามาตรฐานที่สร้างขึ้นมาในประเทศอื่น เช่น พืช เชอร์รี่ พลัม และ แอปริคอต (apricot) พบว่าค่ามาตรฐานที่สร้างขึ้นมาในประเทศอื่น สามารถนำมาปรับใช้กับพืชเหล่านั้น ที่ปลูกในประเทศออสเตรเลียได้เช่นกัน (Leece and Gilmour, 1974; Leece and Van den Ende, 1975)

วิธีที่คิที่สุดในการสร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารคือ การหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารในพืชกับการตอบสนองของพืช โดยทั่วไปแล้ว จะต้องทำการทดลองอย่างเป็นระบบในแปลงทดลอง (Smith, 1962) และจะต้องทำการทดลองเป็นจำนวนมาก ทำให้เสียเวลาในการศึกษานานและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ในไม้ผลจึงใช้วิธีสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารของสวนไม้ผลในการสร้างค่ามาตรฐานสำหรับไม้ผล เนื่องจากเสียเวลาและค่าใช้จ่ายน้อยกว่าการทำงานในแปลงทดลองมาก (Reuter and Robinson, 1986) หลักการของวิธีการนี้คือ การสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหาร (nutrient survey) จากสวนที่มีประวัติความสมบูรณ์ของต้นดี และให้ผลผลิตสูง เป็นเวลาหลายปีติดต่อกัน แล้วสร้างค่ามาตรฐานเบื้องต้น (tentative standards) ขึ้นมา หลังจากนั้น จึงทำการทดสอบความถูกต้องและปรับปรุงค่าที่ได้ให้มีความแม่นยำมากขึ้น (Leece, 1968)

2.6 การใช้เส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐาน

การกำหนดค่ามาตรฐานที่ได้รับความนิยมแพร่หลายคือ ใช้วิธีการสำรวจและวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (nutrient survey) จากสวนที่มีประวัติความสมบูรณ์ของต้นดี และให้ผลผลิตสูงเป็นเวลาหลายปีติดต่อกัน โดยตั้งสมมุติฐานว่า สวนเหล่านี้มีธาตุอาหารในปริมาณและสัดส่วนที่พอเหมาะ แล้วสร้างค่ามาตรฐานเบื้องต้น (tentative standards) ขึ้นมา (Reuter and Robinson, 1986) แต่วิธีนี้มีข้อจำกัดเช่นกัน เนื่องจากค่ามาตรฐานที่ได้จากวิธีนี้อาจรวมเอาความเข้มข้นของธาตุอาหารในช่วงบริโภคฟุ่มเฟือย (luxury consumption) ของสวนที่ให้ผลผลิตดีเข้ามาด้วย (Righetti et al., 1990) เพื่อให้สามารถกำหนดค่ามาตรฐานของธาตุอาหารได้ชัดเจน และสามารถระบุช่วงซึ่งทำให้สามารถบ่งถึงระดับการขาดธาตุอาหารที่ยังไม่แสดงอาการให้เห็น (hidden hunger) แต่อาจทำให้ผลผลิตลดลงในอนาคต จึงใช้วิธีเส้นขอบเขต (boundary line) เป็นแนวทางในการปรับปรุงค่ามาตรฐานและกำหนดช่วงความพอเพียงของธาตุอาหาร

หลักการของวิธีเส้นขอบเขตคือ เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยใด ๆ ก็ตามอยู่ที่เส้นขอบเขตแสดงว่าปัจจัยอื่น ๆ อยู่ในสภาพที่เหมาะสมด้วย ส่วนข้อมูลผลผลิตที่ต่ำลงมาได้เส้นขอบเขตในระดับธาตุอาหารเดียวกัน เนื่องจากมีปัจจัยอื่นเป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิต ไม่ใช่สาเหตุจากการขาดธาตุอาหารที่ศึกษา (Webb, 1972; Evanylo and Sumner, 1978; Schnug et al., 1996; Lark, 1997) ซึ่งพื้นฐานการพัฒนาของเส้นขอบเขต มาจากการศึกษาในพืชไร่ แต่สามารถใช้ได้ดีกับพืชสวนเช่นกัน (Righetti et al., 1990) ในไม้ผล การที่จะได้ค่าความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (strong, significant relationship) ระหว่างผลผลิต การเจริญเติบโต หรือ คุณภาพของผลผลิต กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบหรือ ปริมาณธาตุอาหารในใบ โดยใช้ข้อมูลจากการสำรวจเป็นไปได้ยาก เพราะว่ามีปัจจัยมากกว่าธาตุอาหารอย่างเดียวที่มีผลต่อผลผลิต เช่น สภาพอากาศ โรค แมลง หรือปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้สวนที่มีปริมาณธาตุอาหารที่เหมาะสมให้ผลผลิตต่ำได้ ปัจจัยเหล่านี้จะเป็นตัวจำกัดการคิดคำนวณในทางสถิติ ดังนั้น ในการใช้ข้อมูลจากการสำรวจในไม้ผล จึงนิยมมองหาความสัมพันธ์ ในช่วงที่เป็นรูปสามเหลี่ยม (triangular pattern)

สุมิตรา และ วิเชียร (2546) ได้รายงานการใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานในทุเรียน พบว่า วิธีเส้นขอบเขตสามารถใช้ในการปรับปรุงและกำหนดค่ามาตรฐานอาหารพืชให้มีช่วงแคบลงและมีความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งการใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานอาหารมีข้อดี เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหาร เนื่องจากค่ามาตรฐานที่กำหนดจากการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในสวนที่ให้ผลผลิตดี อาจรวมเอาความเข้มข้นของธาตุอาหารในช่วงบริโภคฟุ่มเฟือยเอาไว้ด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ค่าวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยจะเกิดประโยชน์สูงสุด เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลสภาพแวดล้อมอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านการจัดการดินเพื่อให้ปริมาณธาตุอาหารสมดุลที่สุด

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

เลือกสวนมังคุดที่เจริญเติบโตเต็มที่ อายุ 15-18 ปี ในพื้นที่จังหวัดจันทบุรี จำนวน 30 สวน โดยแยกเป็นสวนที่มีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตแตกต่างกัน คือ สวนดี (above average) สวนปานกลาง (average) และสวนไม่ค่อยดี (below average) แต่ละสวนเลือกมังคุด 10 ต้น สำหรับเกณฑ์ในการแยกสวนนั้นแยกด้วยสายตา และสอบถามเกษตรกรที่อยู่ในละแวกนั้น ประเมินความสมบูรณ์ของต้น โดยดูจากขนาดของใบ ขนาดของทรงพุ่ม เป็นต้น ทำการ Tag กิ่งมังคุดที่แตกออกมาในรุ่นเดียวกัน หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต จำนวนมากพอที่จะเก็บได้ตลอดทั้งปี

3.1 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

เก็บตัวอย่างดินเพียงครั้งเดียวคือ หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตของเกษตรกรในปี 2544 โดยเก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบ ๆ ทรงพุ่มต้นมังคุดที่ได้เลือกไว้ เลือกดินละ 4 จุด ที่ความลึก 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร นำดินของแต่ละจุดมารวมกัน โดยแยกแต่ละชั้น นำมาผึ่งให้แห้ง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่า ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH), การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC), ความจุในการเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC), อินทรีย์วัตถุ (OM), ปริมาณฟอสฟอรัส (P) ที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorous), ปริมาณ โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) และ โบรอน (B) ที่สกัดได้ (Extractable K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn and B) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ดังนี้

- ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ใช้อัตราส่วนของดิน:น้ำ เท่ากับ 1 : 1
- ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ใช้อัตราส่วนของดิน:น้ำ เท่ากับ 1 : 1
- ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ใช้วิธี wet oxidation ของ Walkley and Black
- ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) สกัดด้วย Bray II และวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี molybdenum blue และใช้ ascorbic acid เป็น reducing agent แล้ววัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer

- ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุของดิน (Cation Exchange Capacity : CEC) โดยนำตัวอย่างดินแต่ละชั้นความลึก (0-20, 20-40 และ 40-60 ซม.) ของมังคุดต้นที่ 1-5 และ 6-10 มารวมกันเป็นแต่ละตัวอย่าง สกัดด้วย 1 N NH_4OAc pH 7.0 หลังจากนั้นนำสารที่สกัดได้ไปกลั่นหาปริมาณ CEC

- ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม (Extractable K, Ca และ Mg) สกัดด้วย 1 N NH_4OAc pH 7.0 และวิเคราะห์หาปริมาณ K, Ca และ Mg ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

- ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และ สังกะสี (Extractable Fe, Mn, Cu และ Zn) สกัดด้วย DTPA pH 7.3 และวิเคราะห์หาปริมาณ Fe, Mn, Cu และ Zn ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

- ปริมาณโบรอน (B) สกัดด้วยน้ำร้อน และหาปริมาณ B ด้วยวิธี curcumin (Keren, 1996)

3.2 ขั้นตอนการเก็บตัวอย่างใบมังคุด

ทำการ Tag กิ่งมังคุดที่แตกออกมาในรุ่นเดียวกัน จำนวนมากพอที่จะเก็บตัวอย่างได้ตลอดทั้งปี เก็บตัวอย่างใบมังคุดที่ได้ Tag ไว้ที่อายุใบ 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 และ 12 เดือน โดยเก็บจากทุกทิศรอบทรงพุ่มทิศละ 1 ใบ นำใบทั้ง 4 มารวมกันเป็นตัวแทนของมังคุดแต่ละต้น นำใบไปวิเคราะห์หาธาตุอาหาร เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และ โบรอน

3.3 การเตรียมตัวอย่างใบและวิธีการวิเคราะห์ธาตุอาหาร

3.3.1 การเตรียมตัวอย่างใบ

โดยนำตัวอย่างใบมังคุดที่ได้ไปแกว่งในสารละลาย 0.1 N HCl แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง หลังจากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิท แล้วบดผ่านตะแกรง 40 mesh (0.42 mm.) นำไปวิเคราะห์หาธาตุอาหาร เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และ โบรอน

3.3.2 การวิเคราะห์หาธาตุอาหาร Fe, Mn, Cu และ Zn โดยการย่อยสลายด้วยกรด HNO_3 : HClO_4 digestion (5:1)

ชั่งตัวอย่างพืชประมาณ 250 mg เติม mixed acid (HNO_3 : HClO_4 เท่ากับ 5:1) จำนวน 6 ml pre-digest ใว้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง หลังจากนั้น digest ด้วยอุณหภูมิเริ่มต้น 140 องศาเซลเซียส จนควันสีน้ำตาลจางหายไป เพิ่มอุณหภูมิเป็น 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที แล้วเพิ่มอุณหภูมิจนถึง 200 องศาเซลเซียส (ห้ามเกิน 208 องศาเซลเซียส) digest ต่อไปจนได้สารละลายใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม HCl 3 N จำนวน 5 ml นำไป digest ต่อ จนได้สารละลายใสอีกครั้ง หลังจากนั้นนำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 50 ml นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปวิเคราะห์ปริมาณ เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และ สังกะสี โดยใช้ Atomic absorption spectrophotometer (Hitachi Z 8200, Japan) ที่ความยาวคลื่น 248.3, 279.6, 324.8 และ 213.9 nm ตามลำดับ เปรียบเทียบความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐาน ตามวิธีของ Allan (1971)

3.3.3 การวิเคราะห์หาธาตุ B โดยวิธี Dry ashing

ชั่งตัวอย่างพืชประมาณ 0.5-1 g ใส่ crucible เติม CaO 0.1 g คลุกเคล้าให้เข้ากัน หลังจากนั้นนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น เติม 6 N HCl จำนวน 2 ml และเติมน้ำจำนวน 8 ml นำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บใส่ขวด propylene

3.3.3.1 การเตรียม buffer : masking reagent จำนวน 525 ml

- ชั่งสาร titriplex จำนวน 15 g
- nitrilo acetic acid ($C_6H_7NO_2$) จำนวน 8 g
- ammonium acetate จำนวน 280 g
- potassium acetate จำนวน 20 g
- acetic acid จำนวน 125 ml
- ตวงน้ำกลั่น 400 ml

นำสารทั้งหมดมาผสมให้เข้ากัน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติกทึบห่อด้วยกระดาษฟลอยด์ เก็บไว้ในตู้ที่บ่ห้ามถูกแสง (เก็บไว้ 24 ชั่วโมงก่อนใช้)

3.3.3.2 การเตรียม azomethine-H reagent

- ชั่งสาร azomethine-H ($C_{17}H_{12}NNaO_8S_2$) จำนวน 0.8 g
- ascorbic acid 4 g

นำสารทั้งหมดมาผสมและละลายให้เข้ากันด้วยน้ำกลั่นจำนวน 80 ml หลังจากนั้นปรับปริมาตรเป็น 100 ml เก็บสารละลายไว้ในขวดพลาสติกทึบใส่ตู้เย็น (เก็บไว้ 24 ชั่วโมงก่อนนำไปใช้และ เก็บได้ไม่เกิน 14 วัน)

3.3.3.3 การเตรียม mixed reagent

นำ masking reagent มาผสมกับ azomethine-H ในอัตราส่วน 2:1

3.3.3.4 การวิเคราะห์หา โบรอน ด้วยวิธี azomethine-H

develop สีในขวด propylene ใสสารละลายจำนวน 1 ml เติม mixed reagent จำนวน 3 ml ได้สารละลายสีเหลืองตั้งทิ้งไว้ 30 นาที (ห้ามเกิน 2 ชั่วโมง) หลังจากนั้นนำไปวัดความเข้มข้นสีของสารละลายที่ความยาวคลื่น 420 nm ด้วยเครื่อง Spectrophotometer เปรียบเทียบความเข้มสีกับสารละลายมาตรฐาน ความเข้มข้น 0-5 mg kg⁻¹ (Gaines and Mitchell, 1979)

3.4 การประมาณการผลผลิตของมังคุด

เนื่องจากการเก็บผลผลิตมังคุดจะต้องใช้เวลาต่อเนื่องกันประมาณ 4-6 สัปดาห์ ทำให้ไม่สามารถเก็บน้ำหนักผลผลิตได้ จึงประมาณการผลผลิตมังคุด โดยการนับจำนวนผลมังคุดที่อยู่บนต้น เมื่อผลมีอายุมากกว่า 8 สัปดาห์ (ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ผลมังคุดไม่ร่วงแล้ว) หลังจากนั้น เมื่อผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มังคุดอายุประมาณ 12 สัปดาห์ขึ้นไป ในช่วงเก็บผลผลิตจริง ทำการสุ่มผลมังคุดจำนวน 5 ครั้ง ๆ ละ 10 ผลเพื่อชั่งน้ำหนัก และหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อผล แล้วนำค่าที่ได้ไปคูณกับจำนวนผลที่นับเอาไว้ เป็นผลผลิตประมาณการของแต่ละต้น

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5.1 นำข้อมูลความเข้มข้นที่ได้มาหาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นในแต่ละธาตุและแต่ละกลุ่มสวน

3.5.2 นำข้อมูลความเข้มข้นที่ได้มาหาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับผลผลิตในระดับต่าง ๆ ด้วยวิธีเส้นขอบเขต (boundary line) ในลักษณะรูปสามเหลี่ยม (triangle pattern) ในการตรวจสอบความถูกต้องของช่วงค่ามาตรฐานเบื้องต้น

3.6 สถานที่ทำการทดลอง

ทำการเก็บตัวอย่างดินและใบมังคุดในสวนเกษตรกรรมพื้นที่จังหวัดจันทบุรีจำนวน 30 สวน และนำมาวิเคราะห์ทางเคมี ที่ห้องปฏิบัติการดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.7 ระยะเวลาในการทดลอง

ทำการศึกษาระหว่างฤดูการเจริญเติบโต เดือนกันยายนปี 2544 ถึงเดือนกันยายน 2545 เป็นระยะเวลา 1 ปี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 สมบัติของดินสวนมังคุดที่ศึกษา

สมบัติของดินทั้ง 30 สวน ได้เปรียบเทียบเป็นกราฟแสดงไว้ใน ตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.1 โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 เนื้อดิน (Texture) ดินชั้นบน (0-20 ซม.) สวนส่วนใหญ่มีเนื้อดินแบบดินร่วนปนทราย (sandy loam) ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในสวนกลุ่มดี ส่วนสวนกลุ่มปานกลางสวนส่วนใหญ่มีลักษณะเนื้อดินเป็น sandy loam และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และกลุ่มสวนไม่ดีส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และ sandy clay loam ส่วนดินชั้นลึกลงไป (20-40 และ 40-60 ซม.) กลุ่มสวนดีส่วนใหญ่มีเนื้อดินแบบ sandy clay loam ส่วนสวนกลุ่มปานกลางและไม่ดีส่วนใหญ่เป็นดิน sandy clay loam และดินเหนียว (clay)

4.1.2 ความเป็นกรดค้างของดิน (pH) ในดินชั้น 0-20 ซม. ค่า pH ของดินในสวนมังคุดทั้ง 30 สวนที่ศึกษามีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-6.3 แต่ละสวนส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-5.0 ซึ่งดินค่อนข้างเป็นกรด สวนที่มีค่า pH สูงสุดคือสวน M11 มีค่า pH เท่ากับ 6.36 ซึ่งสวนนี้มีค่า pH สูงสุดในดินทั้ง 3 ชั้น และสวน M43 มีค่า pH ต่ำสุดในดินชั้น 0-20 คือเท่ากับ 4.0 แต่ในดินชั้น 20-40 และ 40-60 ซม. ดินสวนนี้มีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย สำหรับในดิน 20-40 และ 40-60 ซม. pH มีค่าต่ำกว่าดินบนเล็กน้อยโดยมีค่าเฉลี่ย pH ของดินทั้ง 3 ชั้นดังนี้ 4.7, 4.5 และ 4.4 ตามลำดับ

4.1.3 การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) ที่ดินชั้น 0-20 ซม. ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำคือ ตั้งแต่ 45-473 $\mu\text{S cm}^{-1}$ มีเพียง 3 สวน ที่มีค่า EC สูงกว่า 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ในดินชั้นบนซึ่งจัดว่าดินไม่เค็ม ค่าเฉลี่ยของดินชั้นบนทั้ง 30 สวนเท่ากับ 182 $\mu\text{S cm}^{-1}$ สวนที่มีค่า EC สูงสุดเท่ากับ 474 $\mu\text{S cm}^{-1}$ คือสวน M12 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 45 $\mu\text{S cm}^{-1}$ คือสวน M47 ค่า EC จะลดลงตามลำดับความลึกของชั้นดิน (0-20, 20-40 และ 40-60 ซม.) โดยมีค่าเฉลี่ย 182, 120 และ 104 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ตามลำดับ โดยรวมแล้วค่า EC ของดินส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างต่ำซึ่งจัดว่าดินไม่เค็ม

4.1.4 อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter) มีค่าผันแปรค่อนข้างมาก สำหรับดินชั้น 0-20 ซม. คือมีค่าตั้งแต่ 1.1-6.8% ส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุประมาณ 2.0-3.0% สวนที่มีค่าสูงสุดคือ สวน M42 ซึ่งมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับสวนอื่น ๆ และสวนที่มีค่าต่ำสุดคือ สวน M48 สำหรับดินชั้น 20-40 ซม. สวนส่วนใหญ่มีค่า OM อยู่ในช่วง 1-2% และมีค่าลดลงเล็กน้อยสำหรับดินชั้น 40-60 ซม. โดย

แต่ละชั้นดินมีอินทรีย์วัตถุเฉลี่ย 2.5, 1.7 และ 1.2% ตามลำดับ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุลบของดิน (CEC - Cation Exchange Capacity) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุของดินทั้ง 30 สวน ในดินชั้นบน (0-20 ซม.) มีค่าตั้งแต่ 3.4-24 cmol (+) kg⁻¹ โดยมีค่าเฉลี่ยของทั้ง 30 สวนเท่ากับ 11.5 cmol(+) kg⁻¹ และมีค่าสูงสุดเท่ากับ 24 cmol(+) kg⁻¹ คือสวน M42 ซึ่งมีค่า CEC สูงสุดในดินทั้ง 3 ชั้น เมื่อเทียบกับทั้ง 30 สวน ส่วนสวน M48 มีค่าต่ำสุด คือมีค่าเท่ากับ 3.4 cmol(+) kg⁻¹ สำหรับดินที่ลึกลงไปส่วนมากมีค่า CEC ลดลงตามลำดับความลึก

4.1.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ในดินทั้ง 3 ชั้น (0-20, 20-40 และ 40-60 ซม.) พบว่า ฟอสฟอรัสมีค่าผันแปรมากคือมีค่าตั้งแต่ประมาณ 70-1,200 mg kg⁻¹ ในดินชั้น 0-20 ซม. ส่วนส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษามีปริมาณฟอสฟอรัสในดินค่อนข้างสูง และมีสวนมากกว่า 50% ที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่า 300 mg kg⁻¹ ความเข้มข้นเฉลี่ยของฟอสฟอรัสเท่ากับ 393 mg kg⁻¹ สวนที่มีความเข้มข้นของฟอสฟอรัสสูงสุดคือสวน M11 ซึ่งมีค่าสูงกว่าสวนอื่น ๆ มาก และมีค่าสูงสุดในดินทั้ง 3 ชั้น ส่วนสวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือสวน M48 มีค่าเท่ากับ 77 mg kg⁻¹ ส่วนดินชั้น 20-40 และ 40-60 ซม. พบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัส ระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันมาก คือ 9-862 และ 1-602 mg kg⁻¹ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในดินที่อยู่ในระดับลึกลงไป มีปริมาณฟอสฟอรัสน้อยกว่าดินชั้นบนมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสจัดเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในดิน การที่สวนส่วนใหญ่มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินค่อนข้างสูง สาเหตุอาจเนื่องจากมังคุดจัดเป็นพืชที่ออกดอกยาก และเกษตรกรจำนวนมากมีความเชื่อว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยให้ไม้ผลออกดอก จึงมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูง เช่น ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จำนวนมากทุก ๆ ปี บางสวนใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จำนวนสูงถึง 10 กก./ต้น/ปี ทำให้มี ฟอสฟอรัสสะสมในดินมาก

4.1.7 โปแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable K) ในดินชั้นบน 0-20 ซม. สวนส่วนมากที่ศึกษามีปริมาณของโปแทสเซียม ค่อนข้างต่ำ คือ ประมาณ 10-100 mg kg⁻¹ มีเพียง 7 สวนเท่านั้นที่มีโปแทสเซียม สูงกว่า 100 mg kg⁻¹ สวนที่มีปริมาณของโปแทสเซียมสูงสุดคือ สวน M18 มีความเข้มข้นเท่ากับ 334 mg kg⁻¹ และความเข้มข้นต่ำสุดของโปแทสเซียมเท่ากับ 10.4 mg kg⁻¹ คือสวน M18 สำหรับดินชั้นที่อยู่ลึกลงไป มีปริมาณโปแทสเซียม ในดินลดลงและมีความเข้มข้นกระจายอยู่ในช่วงแคบๆ ซึ่งในดินทั้ง 3 ชั้นมีปริมาณของโปแทสเซียมในดินใกล้เคียงกัน โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 91, 66 และ 57 mg kg⁻¹ สำหรับดินชั้น 0-20, 20-40 และ 40-60 ซม. ตามลำดับ การที่ดินมีปริมาณโปแทสเซียมต่ำเป็นลักษณะทั่วไปของดินในภาคตะวันออก เนื่องจากดินในบริเวณนี้ส่วนใหญ่มีเนื้อหยาบ มีความเป็นกรดสูง และมีปริมาณฝนมาก จึงเกิดการชะล้างของธาตุอาหารได้มาก

4.1.8 แคลเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Ca) ในดินชั้น 0-20 ซม. ดินส่วนใหญ่ที่ศึกษามีปริมาณแคลเซียมอยู่ระหว่าง 200-500 mg kg⁻¹ ซึ่งสวนที่มีปริมาณแคลเซียมสูงสุดคือสวน M13 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 300 mg kg⁻¹ ส่วนสวนที่มีค่าต่ำสุดคือสวน M48 มีค่าเท่ากับ 100 mg kg⁻¹ สำหรับดินชั้น 20-40 และ 40-60 ซม. พบว่า ปริมาณแคลเซียมในดินลดลงตามลำดับความลึก อย่างไรก็ตามในดินที่อยู่ระดับลึกลงไป มีปริมาณแคลเซียมในดินค่อนข้างสูง สาเหตุอาจเนื่องจากมังคุดจัดเป็นพืชที่ออกดอกยาก และเกษตรกรจำนวนมากมีความเชื่อว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยให้ไม้ผลออกดอก จึงมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสสูง เช่น ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จำนวนมากทุก ๆ ปี บางสวนใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จำนวนสูงถึง 10 กก./ต้น/ปี ทำให้มี ฟอสฟอรัสสะสมในดินมาก

ปริมาณสูงถึง $2,289 \text{ mg kg}^{-1}$ มีเพียง 3 สวนเท่านั้นที่มีปริมาณแคลเซียมสูงกว่า $1,000 \text{ mg kg}^{-1}$ และมีปริมาณแคลเซียมต่ำสุดเท่ากับ 65.4 mg kg^{-1} คือสวน M48 ซึ่งเป็นเพียงสวนเดียวที่มีปริมาณแคลเซียมต่ำกว่า 100 mg kg^{-1} นอกจากนี้ยังพบว่าสวนที่มีค่า pH สูงกว่า 5.0 ขึ้นไปเท่านั้นที่มีปริมาณแคลเซียมสูง ส่วนในดินชั้นลึกลงไป 20-40 และ 40-60 ซม. มีปริมาณแคลเซียมลดลงตามลำดับชั้นดิน โดยสวนส่วนใหญ่มีปริมาณแคลเซียมอยู่ในช่วง $50-350 \text{ mg kg}^{-1}$ ในดินชั้น 20-40 ซม. และ $50-250 \text{ mg kg}^{-1}$ ในดินชั้น 40-60 ซม.

4.1.9 แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extractable Mg) ความเข้มข้นของแมกนีเซียมแตกต่างกันค่อนข้างมาก ในดินชั้น 0-20 ซม. คือมีความเข้มข้นตั้งแต่ $4-213 \text{ mg kg}^{-1}$ สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของแมกนีเซียมอยู่ในช่วง $10-80 \text{ mg kg}^{-1}$ มีเพียง 2 สวน ที่มีปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่า 100 mg kg^{-1} คือ สวน M18 และ M11 จากการศึกษพบว่าสวนที่มีปริมาณแมกนีเซียมสูงส่วนใหญ่ จะมี pH สูงกว่า 5 ขึ้นไป สวนที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำสุดคือสวน M48 สวนที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำกว่า 10 mg kg^{-1} มี 3 สวน การที่สวนส่วนมากที่มีปริมาณแมกนีเซียมต่ำ เนื่องจากดินค่อนข้างเป็นกรดดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ในระดับดินที่ลึกลงไปมีปริมาณแมกนีเซียมลดลงตามลำดับชั้นดิน โดยในดินชั้น 20-40 และ 40-60 ซม. มีปริมาณแมกนีเซียมอยู่ในช่วง $5-50 \text{ mg kg}^{-1}$

4.1.10 เหล็กที่สกัดได้ในดิน (Extractable Fe) ปริมาณของเหล็กจัดอยู่ในปริมาณค่อนข้างสูงในดินชั้นบน 0-20 ซม. สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของเหล็กกระจายอยู่ในช่วง $50-120 \text{ mg kg}^{-1}$ สวนที่มีปริมาณเหล็กสูงสุดคือสวน M18 มีปริมาณเหล็กเท่ากับ 150 mg kg^{-1} และสวนที่มีปริมาณเหล็กต่ำสุดคือสวน M48 มีความเข้มข้นเท่ากับ 33 mg kg^{-1} สวนที่มีปริมาณเหล็กต่ำกว่า 50 mg kg^{-1} มีจำนวน 4 สวน คือสวน M11, M22, M42 และ M48 จากการศึกษพบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสวน M11 มีความเข้มข้นสูงสุดในทั้ง 30 สวน และมี pH ค่อนข้างสูง อาจเป็นสาเหตุให้เหล็กในสวน M11 มีปริมาณต่ำได้ ส่วนดินชั้น 20-40 และ 40-60 ซม. มีความเข้มข้นของเหล็กลดลงเล็กน้อย

4.1.11 แมงกานีสที่สกัดได้ในดิน (Extractable Mn) ในดินชั้น 0-20 ซม. ปริมาณแมงกานีสจัดอยู่ในช่วงต่ำจนถึงปานกลาง สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของแมงกานีสอยู่ในช่วง $2-8 \text{ mg kg}^{-1}$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6 mg kg^{-1} สวนที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงสุดคือ สวน M12 มีความเข้มข้นเท่ากับ 18 mg kg^{-1} ส่วนสวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือ สวน M48 มีความเข้มข้นเท่ากับ 1 mg kg^{-1} ส่วนในดินที่ความลึก 20-40 ซม. มีปริมาณแมงกานีสต่ำกว่าดินชั้นบนค่อนข้างมากคือ มีค่าระหว่าง $0.5-0.8 \text{ mg kg}^{-1}$ สำหรับดินชั้นความลึก 40-60 ซม. มีปริมาณแมงกานีสอยู่ระหว่าง $0.2-10.8 \text{ mg kg}^{-1}$

4.1.12 ทองแดงที่สกัดได้ในดิน (Extractable Cu) ปริมาณของทองแดงจัดอยู่ในช่วงต่ำจนถึงปานกลาง ในดินชั้น 0-20 ซม. สวนส่วนใหญ่มีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วง $1-5 \text{ mg kg}^{-1}$ และมีค่าเฉลี่ย 3.3 mg kg^{-1} มีสวนเดียวที่ทองแดงสูงถึง 20.7 mg kg^{-1} คือสวน M14 ซึ่งสูงกว่าสวนอื่น ๆ มาก อาจ

เนื่องจากผลตกค้างของการฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืช และสวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดมี 2 สวนคือ M48 และ M53 มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 mg kg^{-1} ส่วนในดินชั้น 0-20 และ 40-60 ซม. มีปริมาณทองแดงในดินแตกต่างกันไม่มากนัก โดยสวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นระหว่าง $0.5-1 \text{ mg kg}^{-1}$

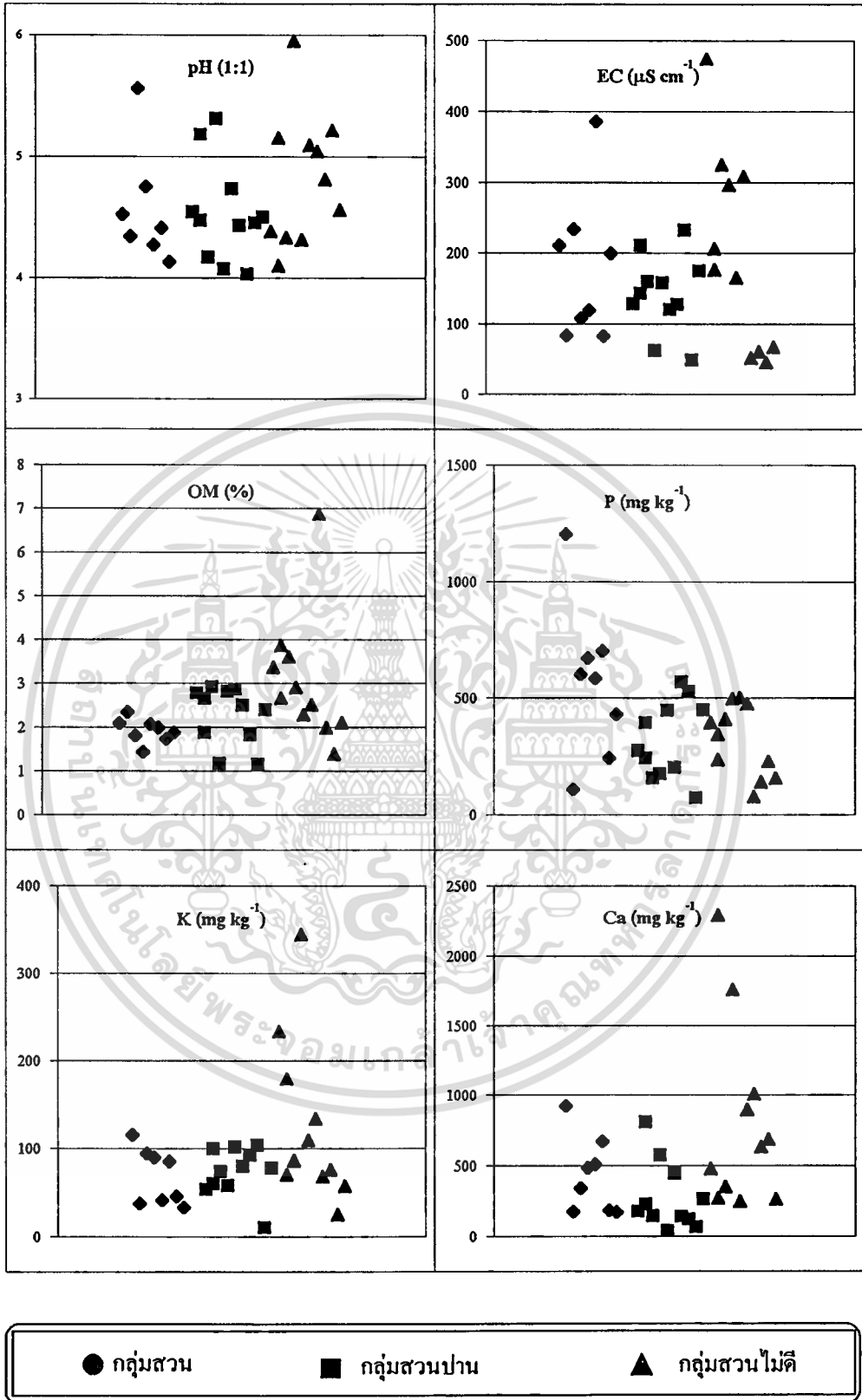
4.1.13 สังกะสีที่สกัดได้ในดิน (Extractable Zn) ในดินชั้น 0-20 ซม. สวนส่วนมากมีปริมาณสังกะสีอยู่ในระดับปานกลางมีไม่กี่สวนเท่านั้นที่มีสังกะสีในปริมาณสูง กล่าวคือ มีความเข้มข้นอยู่ระหว่าง $1-5 \text{ mg kg}^{-1}$ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.5 mg kg^{-1} สวนที่มีความเข้มข้นของสังกะสีสูงสุดคือสวน M11 มีความเข้มข้นเท่ากับ 10 mg kg^{-1} มี 7 สวนที่มีสังกะสีในปริมาณสูงกว่า 5 mg kg^{-1} และสวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือสวน M48 มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.2 mg kg^{-1} สวนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 1 mg kg^{-1} มี 2 สวน ส่วนปริมาณของสังกะสีในดินชั้นความลึก 20-40 และ 40-60 ซม. ส่วนใหญ่มีค่าระหว่าง $0.5-3$ และ $0.2-2 \text{ mg kg}^{-1}$ ตามลำดับ

4.1.14 โบรอน (B) ในดินชั้นบน 0-20 ซม. มีปริมาณของโบรอนค่อนข้างต่ำ กล่าวคือ สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของโบรอนอยู่ระหว่าง $0.1-0.3 \text{ mg kg}^{-1}$ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.19 mg kg^{-1} ความเข้มข้นของโบรอน ในระดับนี้จัดว่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากดินส่วนใหญ่มี pH ต่ำ สวนที่มีความเข้มข้นของโบรอนสูงสุดคือ สวน M18 มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.34 mg kg^{-1} ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน ส่วนสวนที่มีปริมาณโบรอนต่ำสุดมีความเข้มข้นเท่ากับ 0.10 mg kg^{-1} ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายสวน เนื่องจากดินส่วนใหญ่มี pH ต่ำ ทั้งนี้ปริมาณโบรอนที่จัดว่าเพียงพอควรมีค่าอยู่ระหว่าง $0.5-10 \text{ mg kg}^{-1}$ (Peryae, 1994) การที่โบรอนในดินค่อนข้างต่ำ เนื่องจากดินทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นกรด มีเนื้อหยาบและฝนตกชุกทำให้เกิดการชะล้างของโบรอนสูง สำหรับดินชั้น 20-40 และ 40-60 ซม. มีปริมาณของโบรอนใกล้เคียงหรือต่ำกว่าดินบนเล็กน้อย

ตารางที่ 4.1 เนื้อดินของ 3 กลุ่มสวน

| สวน | เนื้อดินที่ระดับความลึก | | |
|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 0-20 ซม. | 20-40 ซม. | 40-60 ซม. |
| กลุ่มสวนดี | | | |
| M11 | sandy loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| M15 | sandy loam | sandy loam-sandy clay loam | sandy clay loam |
| M21 | sandy loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| M22 | sandy loam | sandy clay loam | sandy loam-sandy clay loam |
| M28 | sandy loam-sandy clay loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| M30 | sandy clay loam | sandy clay loam | sandy clay loam-clay |
| M41 | sandy loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| M53 | sandy loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| กลุ่มสวนปานกลาง | | | |
| M16 | sandy clay loam-sandy loam | clay loam-sandy loam | clay-sandy clay loam |
| M17 | sandy loam | sandy loam | sandy loam |
| M19 | clay loam | clay loam | clay loam |
| M23 | sandy loam-sandy clay loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| M24 | clay loam-sandy clay loam | clay loam | clay-sandy clay |
| M25 | sandy clay loam | clay-clay loam | clay |
| M26 | sandy clay loam-sandy loam | sandy clay loam | sandy clay-sandy clay loam |
| M43 | sandy loam | sandy clay loam-sandy loam | sandy clay loam-sandy loam |
| M48 | loamy sand | loamy sand | loamy sand |
| M51 | sandy clay loam | sandy clay loam | sandy clay loam-clay loam |
| M52 | sandy loam | sand clay loam | sandy clay loam |
| กลุ่มสวนไม่ดี | | | |
| M12 | clay loam | clay-sandy clay loam | clay |
| M13 | clay | clay | clay |
| M14 | clay loam-sandy clay loam | clay-sandy clay loam | clay-sandy clay |
| M18 | silty clay-clay loam | silty clay-clay loam | silt clay |
| M110 | clay loam-sandy clay loam | sandy clay loam | sandy clay loam |
| M27 | sandy clay loam | sandy clay loam | sandy clay loam-sandy clay |
| M42 | clay loam | clay loam-clay | clay-clay loam |
| M45 | clay loam | clay loam | clay loam |
| M47 | sandy clay loam | sandy loam | sandy loam |
| M49 | loamy | clay loam-clay | clay loam-clay |
| M410 | clay | clay-clay loam | clay |

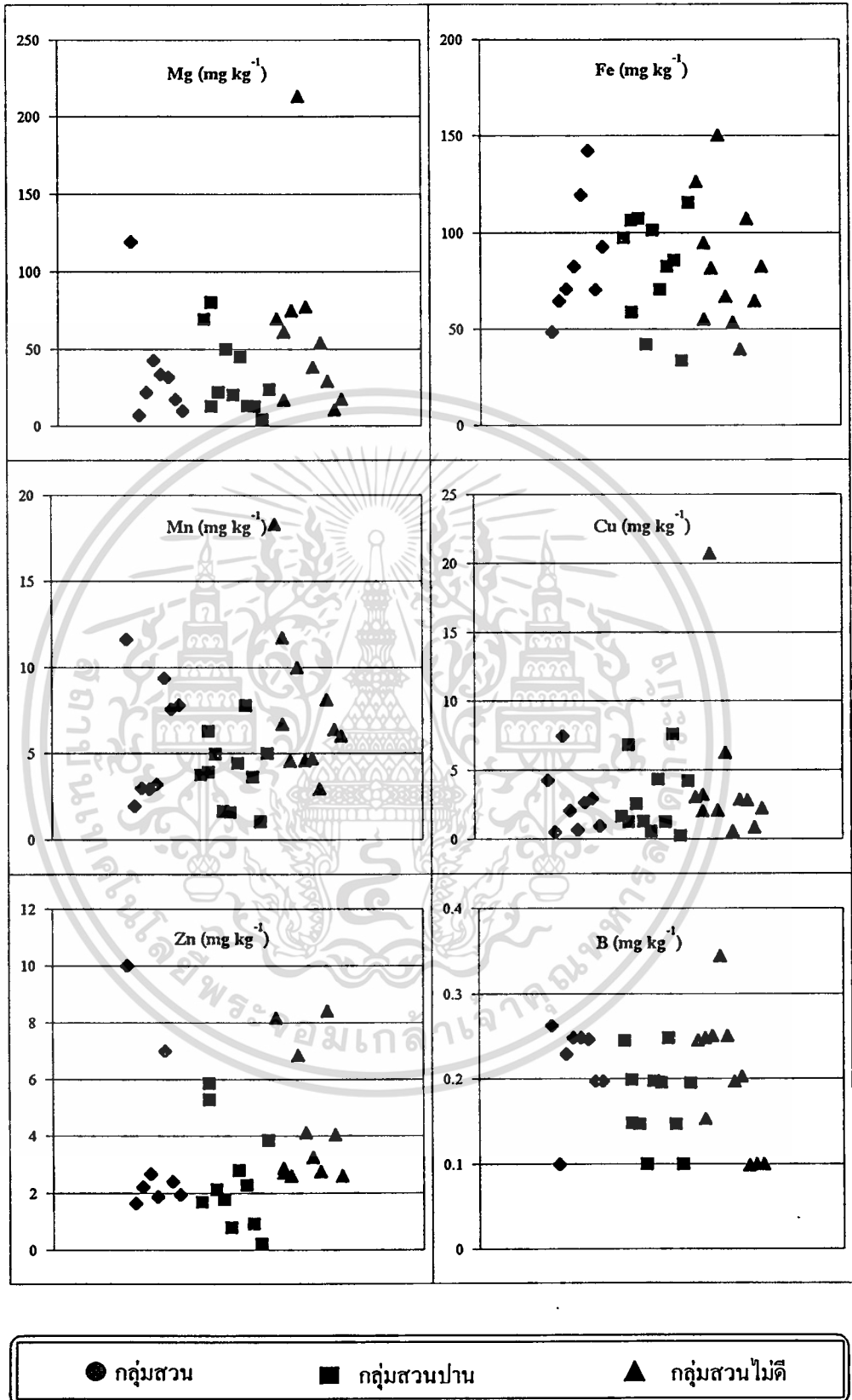
ชั้นความลึก 0-20 ซม.



รูปที่ 4.1 สมบัติดินและปริมาณธาตุอาหารในดินมังคุดจากสวนเกษตรกรจำนวน 30 สวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

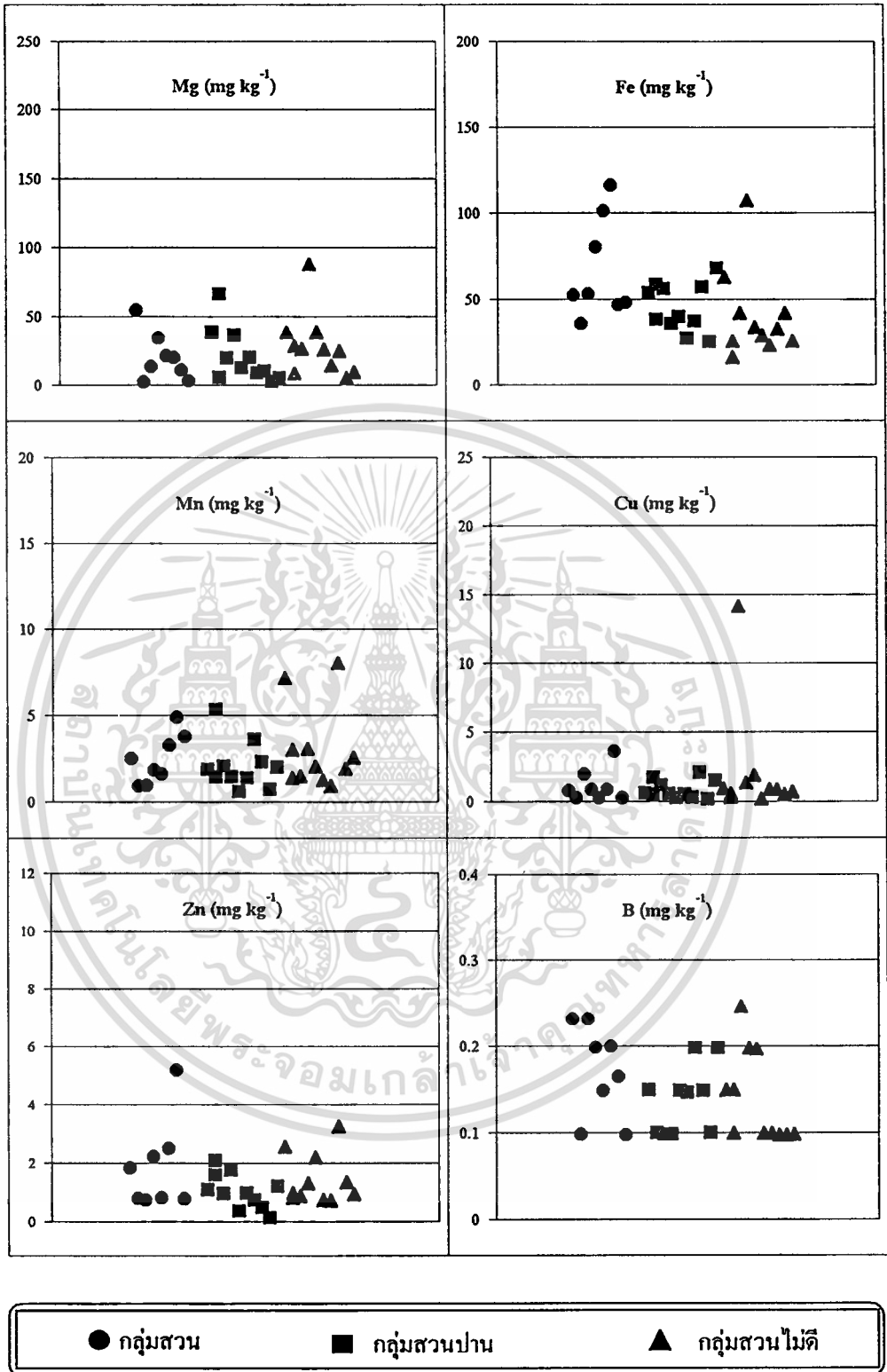
ชั้นความลึก 0-20 ซม.



รูปที่ 4.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

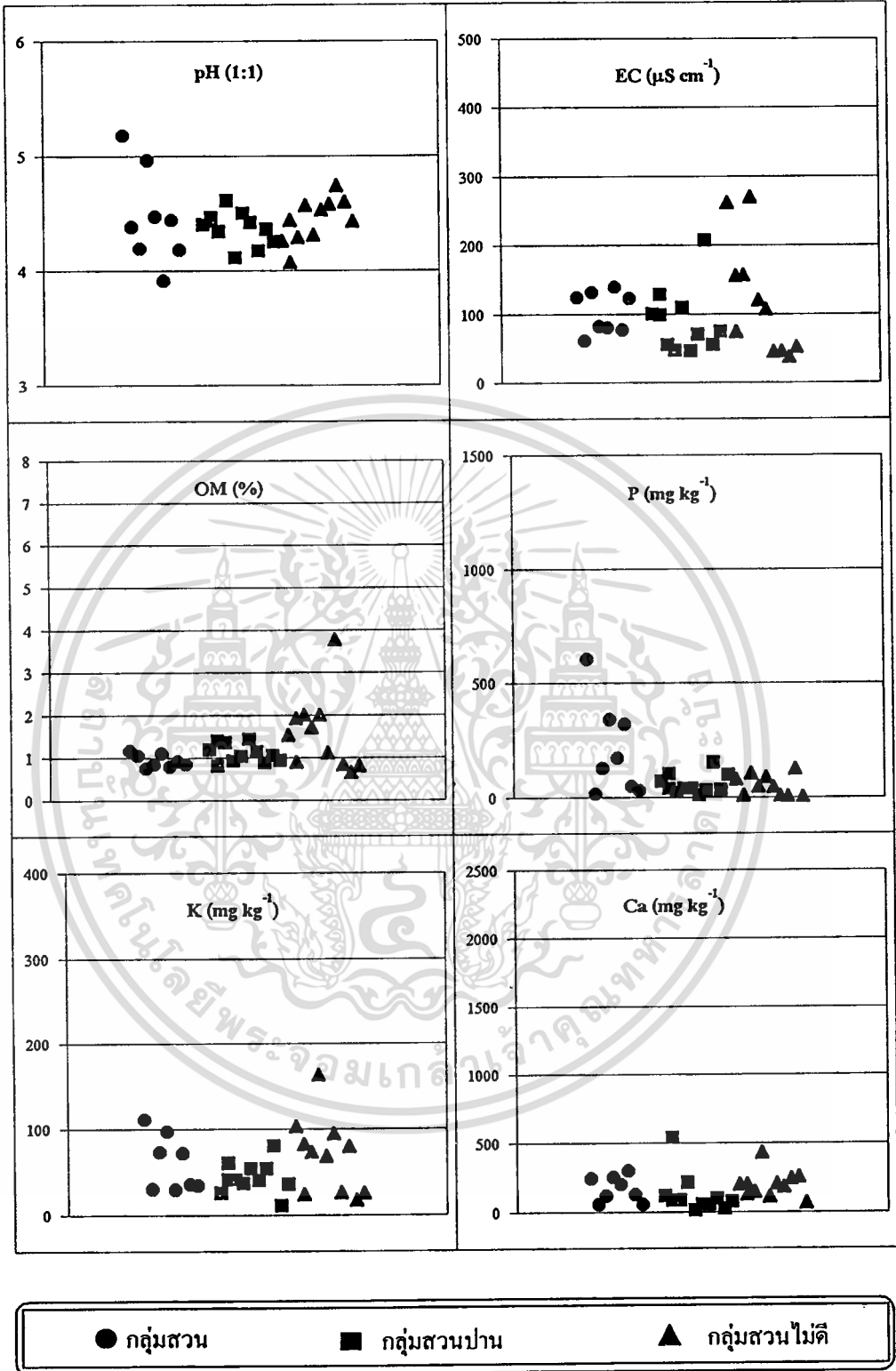
ชั้นความลึก 20-40 ซม.



รูปที่ 4.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

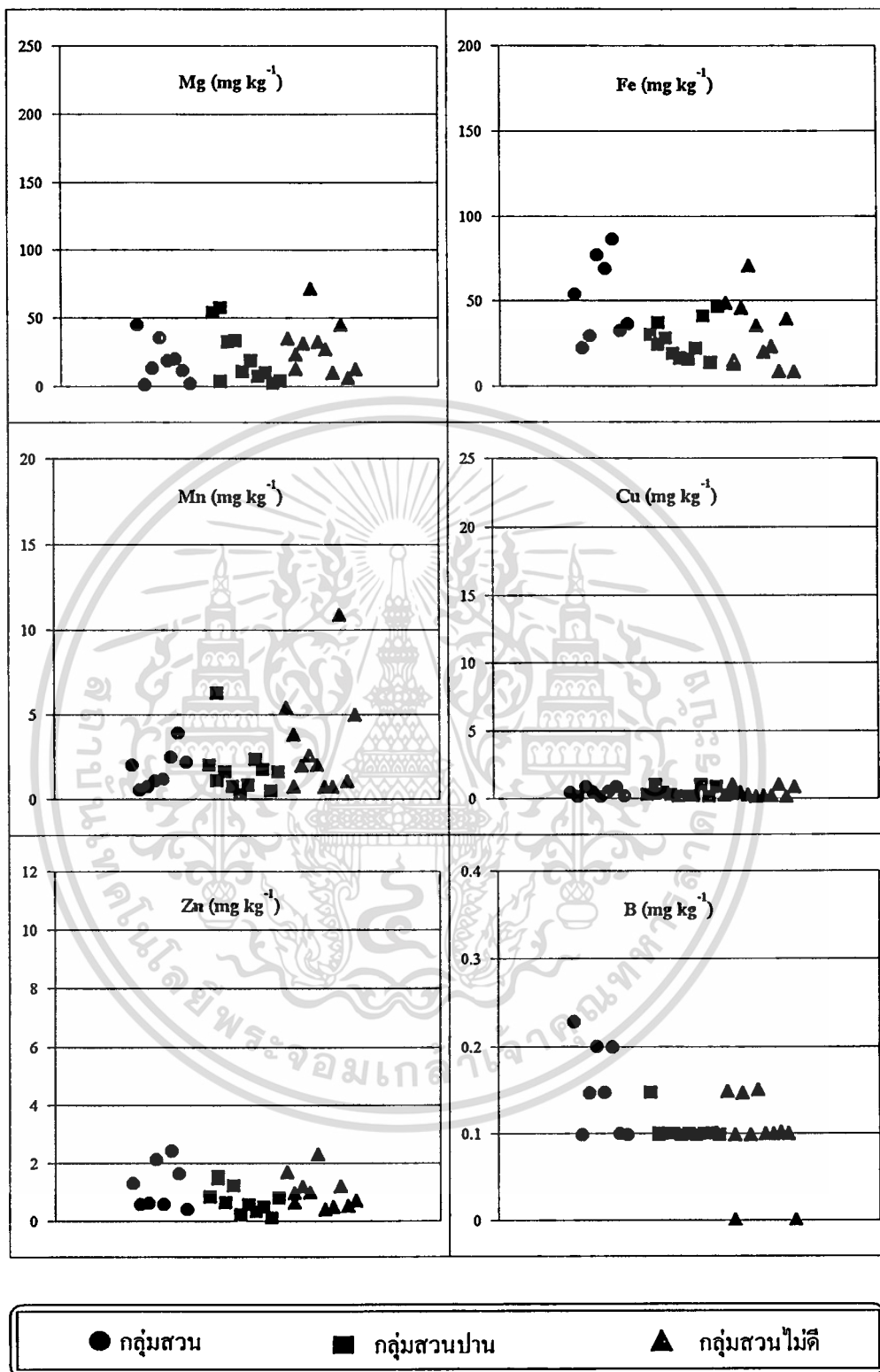
ชั้นความลึก 40-60 ซม.



รูปที่ 4.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั้นความลึก 40-60 ซม.



รูปที่ 4.1 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมังคุด

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบมังคุดจากการเก็บตัวอย่างใบมังคุดจากสวนเกษตรกร 26 สวน รวมทั้งที่สุมิตรา และคณะ (2546) ได้ศึกษาเอาไว้อีก 4 สวน รวมทั้งหมดเป็น 30 สวน แบ่งกลุ่มสวนมังคุดตามความสมบูรณ์เป็น 3 กลุ่ม (รูปที่ 4.2) โดยแยกเป็นสวนกลุ่มดี (above average) มีจำนวน 8 สวน (คือสวน M11, M15, M21, M22, M28, M30, M41 และ M53) กลุ่มสวนปานกลาง (average) จำนวน 11 สวน (คือสวน M16, M17, M19, M23, M24, M25, M26, M43, M48, M51 และ M52) และสวนกลุ่มไม่ดีจำนวน 11 สวน (below average) (คือสวน M12, M13, M14, M18, M110, M27, M42, M45, M47, M49 และ M410) สำหรับเกณฑ์ในการแยกสวนนั้นแยกด้วยสายตา และสอบถามเกษตรกรที่อยู่ในละแวกนั้น ประเมินความสมบูรณ์ของต้น โดยดูจากขนาดของใบ ขนาดของทรงพุ่ม เป็นต้น และการเลือกสวนมังคุดที่มีระดับการเจริญเติบโตแตกต่างกันตั้งแต่สวนดี ปานกลาง และไม่ดี ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมังคุดเป็นพืชที่มีลักษณะการให้ผลผลิตแบบปีเว้นปี (alternate bearing) เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถบอกได้ว่าผลผลิตของสวนตนเองอยู่ในระดับใด นอกจากนั้น เกษตรกรมักปลูกมังคุดในลักษณะเป็นพืชแซมกับไม้ผลอื่นในสวน เนื่องจากเป็นพืชที่ออกดอกยาก ทำให้เกษตรกรไม่มั่นใจที่จะลงทุนในด้านปุ๋ยเคมีมาก และการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรส่วนใหญ่จะคล้ายกัน จึงไม่สามารถหาสวนที่อยู่ในระดับดีหรือระดับไม่ดีได้มากตามที่ต้องการ สวนส่วนมากจะอยู่ในระดับปานกลาง

4.2.1 เหล็ก (Fe) โดยภาพรวมแล้ว ความเข้มข้นของเหล็กในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใบมีอายุมากขึ้น เนื่องจากเหล็กเป็นธาตุที่จัดว่าไม่เคลื่อนที่ในท่ออาหารจึงมีการสะสมในใบแก่ (Brown, 1994) มากกว่าในใบอ่อน ความเข้มข้นของเหล็กในใบเพิ่มขึ้นในช่วงแคบๆ จนถึงอายุประมาณ 7-8 เดือน หลังจากนั้นแนวโน้มลดลง ซึ่งคล้ายกับในใบพลับ (Clark and Smith, 1990) เซอร์ฮวาน (Alonso and Lachica, 1987) และใบโอโวกาโดพันธุ์ Fuerte (Labanauskas et al., 1961) นอกจากนี้ยังพบว่า ความเข้มข้นของเหล็กบางส่วนสูงและต่ำสลับกันในแต่ละเดือน อาจเนื่องจากการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็กในทั้ง 3 กลุ่มสวนพบว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของเหล็กไปในทางเดียวกันคือเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สวนกลุ่มดีมีความเข้มข้นของเหล็กต่ำกว่ากลุ่มสวน ปานกลาง และไม่ดี ตามลำดับ

4.2.2 แมงกานีส (Mn) ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น และมีค่าค่อนข้างสูงเนื่องจากดินเป็นกรด ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้ดี (Righetti et al., 1990) ความเข้มข้นของแมงกานีสแตกต่างกันค่อนข้างมากระหว่างสวนที่ศึกษา สวนบางแห่งมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสคล้ายกับในใบพืชตระกูลมะเดื่อ คือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงออกดอกจนถึงผลโตเต็มที่ (Brown, 1994) และบางแห่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นค่อนข้างคงที่คล้ายกับเอกสารนี้เป็นใบพลับ (Clark and Smith, 1990) ในมังคุดที่ศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 7 เดือน คล้ายกับในโบอวโกาโดพันธ์ Fuerte (Labanauskas et al., 1961) หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ พบว่าแต่ละสวนบางแห่งมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นแมงกานีสในทั้ง 3 กลุ่มสวน สวนกลุ่มดีและกลุ่มไม่ดีมีความเข้มข้นของแมงกานีสใกล้เคียงกัน ส่วนสวนกลุ่มปานกลางมีความเข้มข้นต่ำกว่าสวนอีกทั้ง 2 กลุ่ม สวนที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำมากคือสวน M11 และ M23 อาจเนื่องจาก 2 สวนนี้มี pH ค่อนข้างสูง ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้น้อย

4.2.3 ทองแดง (Cu) ความเข้มข้นของทองแดงมีแนวโน้มลดลง เช่นเดียวกับที่พบในโบอวโกาโดพันธ์ Fuerte ฟิท ดัมพันธ์ Valencia และ Navel (Labanauskas et al., 1961) แต่ต่างจากการทดลองของ Koo and Young (1977) ที่รายงานว่า ทองแดงในโบอวโกาโดพันธ์ Tonnage มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่การเพิ่มขึ้นนี้น่าจะมาจากการปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืช สวนมังคุดที่ศึกษาส่วนใหญ่มีแนวโน้มของทองแดงลดลงจนถึงอายุประมาณ 8 เดือน โดยพบว่าความเข้มข้นของทองแดงในช่วงแรกค่อนข้างสูง หลังจากนั้นมีการลดลง อีกสาเหตุอาจเกิดจากการปนเปื้อนของทองแดงจากสารปราบศัตรูพืช ที่เกษตรกรฉีดพ่นในช่วงแรกของการแตกใบอ่อน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของทองแดงมีความแตกต่างกันมากระหว่างสวน และมีความเข้มข้นสูงต่ำสลับกันในแต่ละเดือน ภายในสวนเดียวกัน ซึ่งคล้ายกับในโบอวโกาโดพันธ์ Hass ที่มีแนวโน้มของทองแดงไม่แน่ชัดโดยมีความเข้มข้นสูงในช่วงแรก (ใบอ่อน) หลังจากนั้นมีความเข้มข้นลดลง (Bingham, 1961) แต่ความแตกต่างระหว่างสวนหรือแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างไม่สูงเหมือนที่พบในทุเรียน (สุมิตรรา และคณะ, 2544) เมื่อเปรียบเทียบแนวโน้มของทองแดงในทั้ง 3 กลุ่มสวน พบว่า สวนกลุ่มดีมีแนวโน้มลดลงอย่างชัดเจน ส่วนสวนกลุ่มปานกลางและไม่ดี ซึ่งบางสวนมีความแตกต่างของความเข้มข้นในทองแดงในแต่ละเดือนค่อนข้างมาก

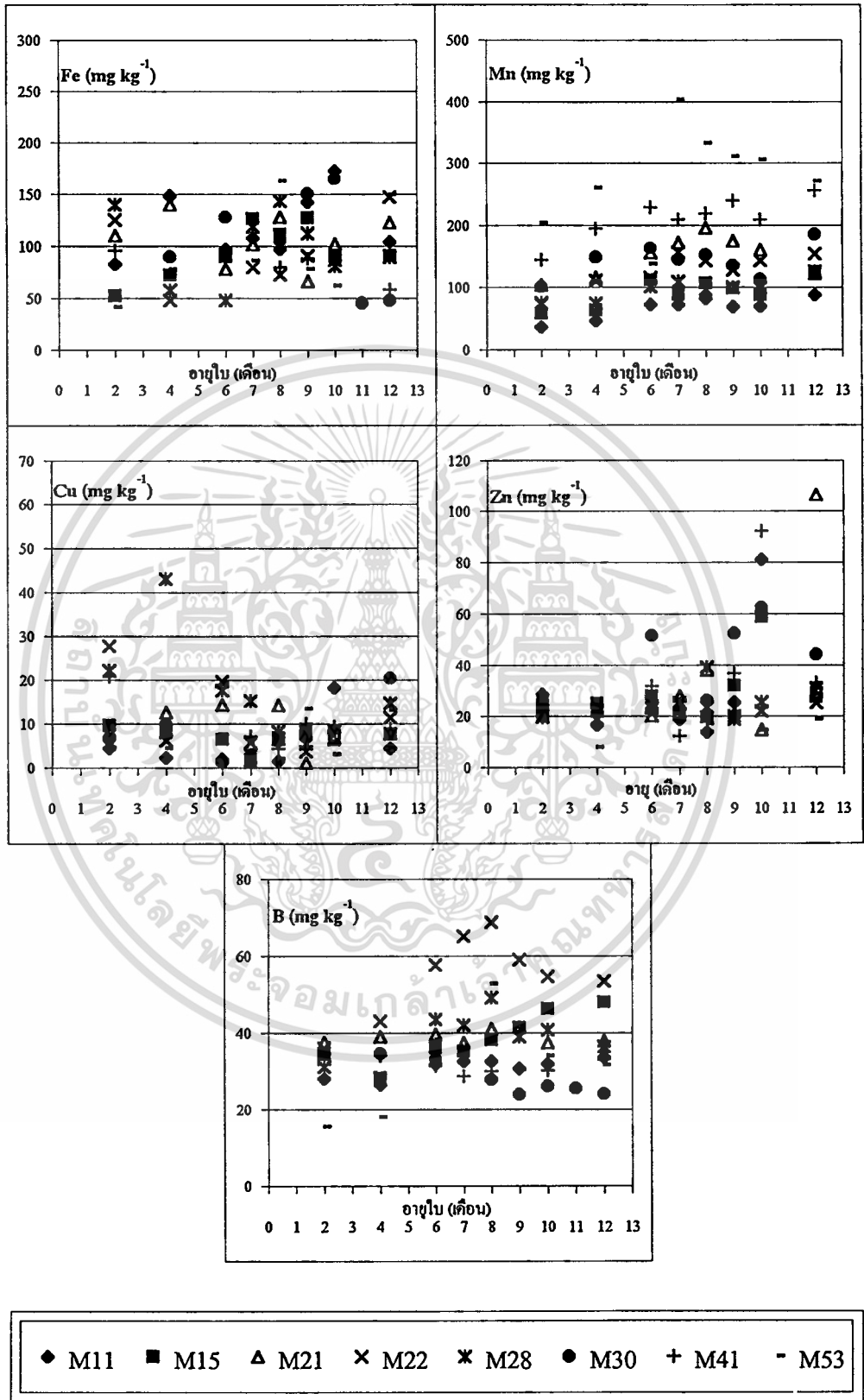
4.2.4 สังกะสี (Zn) ความเข้มข้นของสังกะสีโดยภาพรวมแล้วมีความเข้มข้นค่อนข้างคงที่ ซึ่งคล้ายกับในโบอวโกาโดพันธ์ Fuerte และ Tonnage (Labanauskas et al., 1961; Koo and Young, 1977) แต่ต่างจากในโบอวโกาโดพันธ์ Walwarth and Michael, 2002) เซอร์ฮวาน (Alonso and Lachica, 1987) และแอปเปิ้ล (Neilsen et al., 1998) ที่แนวโน้มของสังกะสีลดลงช้า ๆ สวนส่วนมากมีความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ระหว่าง 15-30 mg kg⁻¹ และมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ในสวนบางแห่งเช่นสวน M25 สังกะสีมีแนวโน้มลดลงในช่วงแรก (อายุ 4-6 เดือน) หลังจากนั้นมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ซึ่งคล้ายกับในโบอวโกาโดพันธ์ (Clark and Smith, 1990) เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีพบว่า สวนกลุ่มดีมีความเข้มข้นใกล้เคียงกันและมีความเข้มข้นต่ำกว่ากลุ่มสวนปานกลางและไม่ดี การเก็บตัวอย่างครั้งสุดท้ายของมังคุดในสวนกลุ่มปานกลางและไม่ดีพบว่า มีความเข้มข้นของสังกะสีค่อนข้างสูงเช่น สวน M12 มีความเข้มข้นสูงมากในเดือนสุดท้ายที่เก็บตัวอย่าง กล่าวคือมีความเข้มข้นเท่ากับ 18 mg kg⁻¹ ที่อายุ 10 เดือน และเพิ่มสูงขึ้นเป็น 102 mg kg⁻¹ ที่อายุ 12 เดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำข้อมูลไปใช้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสวน M14 พบสังกะสีมีความเข้มข้นสูงต่ำสลับกันในแต่ละเดือน ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนจากการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ ทำให้ความเข้มข้นของสังกะสี ค่อนข้างสูงและผันแปรค่อนข้างมาก (Bingham, 1961)

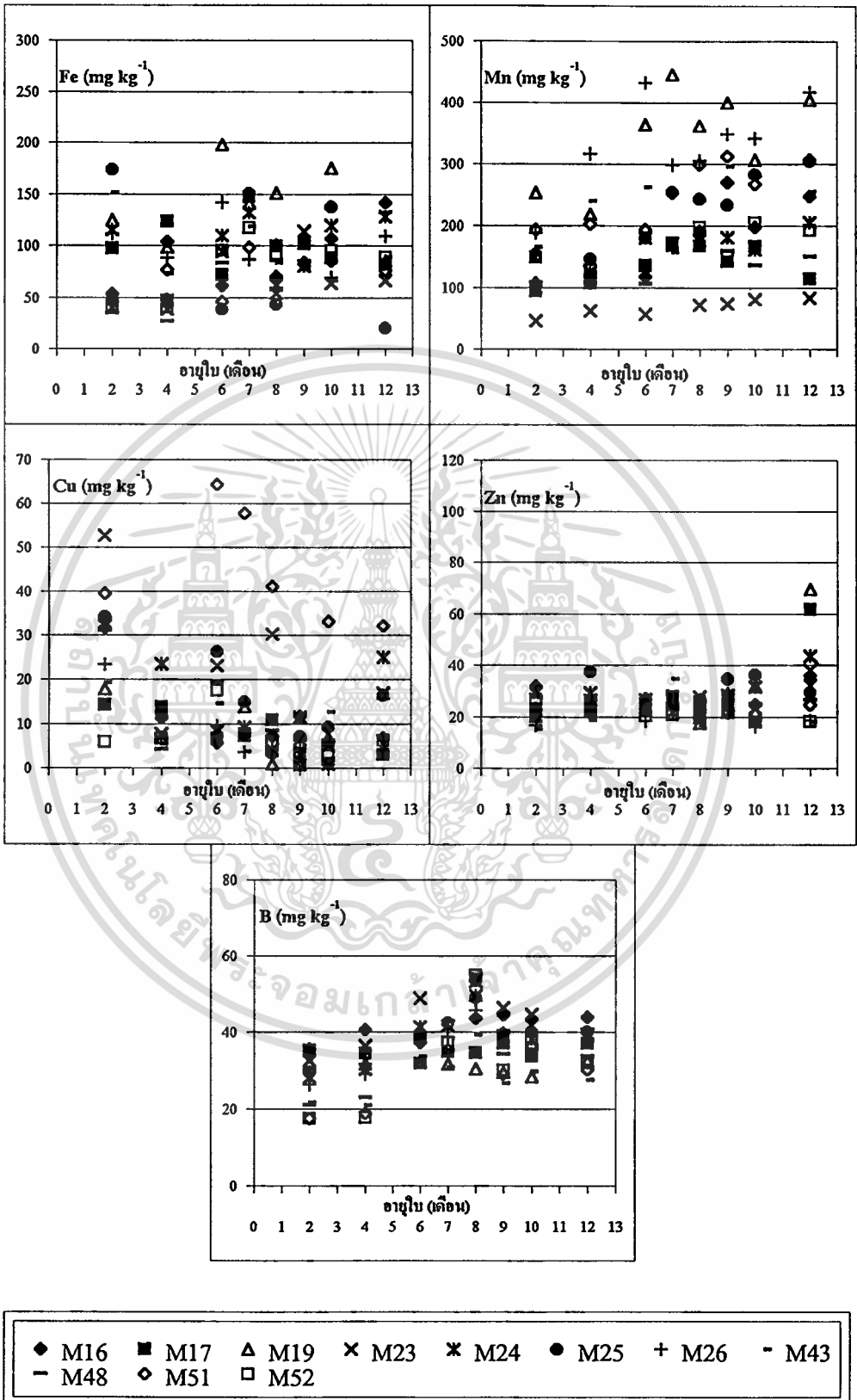
4.2.5 โบรอน (B) แนวโน้มของโบรอนในใบมังคุดค่อนข้างคงที่ เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี แล้วโบรอนมีความผันแปรค่อนข้างน้อย โดยมีความเข้มข้นผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ และค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงฤดูการเจริญเติบโต ซึ่งคล้ายกับในใบพลับ (Clark and Smith, 1990) ใบโอไวกาโดพันธุ์ Fuerte (Labanauskas et al., 1961) และใบถั่วพีแคน (Cresswell and Wickson, 1986) แต่ต่างจากในใบส้มพันธุ์ Valencia และ Navel และในใบพีทที่โบรอนมีแนวโน้มลดลง (Labanauskas et al., 1961) ส่วนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของโบรอนเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 8 เดือน หลังจากนั้นแนวโน้มลดลง คล้ายกับในใบพีชตระกูลมะเดื่อ และใบมะกอก ที่โบรอนมีความเข้มข้นสูงในช่วงการพัฒนาของผลมากกว่าในช่วงแตกใบอ่อน (Brown, 1994; Perica et al., 2001) สวนมังคุดที่ศึกษามีความเข้มข้นของโบรอนค่อนข้างคงที่ มีเพียงสวน M22 ที่ความเข้มข้นของโบรอนสูงกว่าสวนอื่นค่อนข้างมาก

กลุ่มสวนดี



รูปที่ 4.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 3 กลุ่มสวน
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

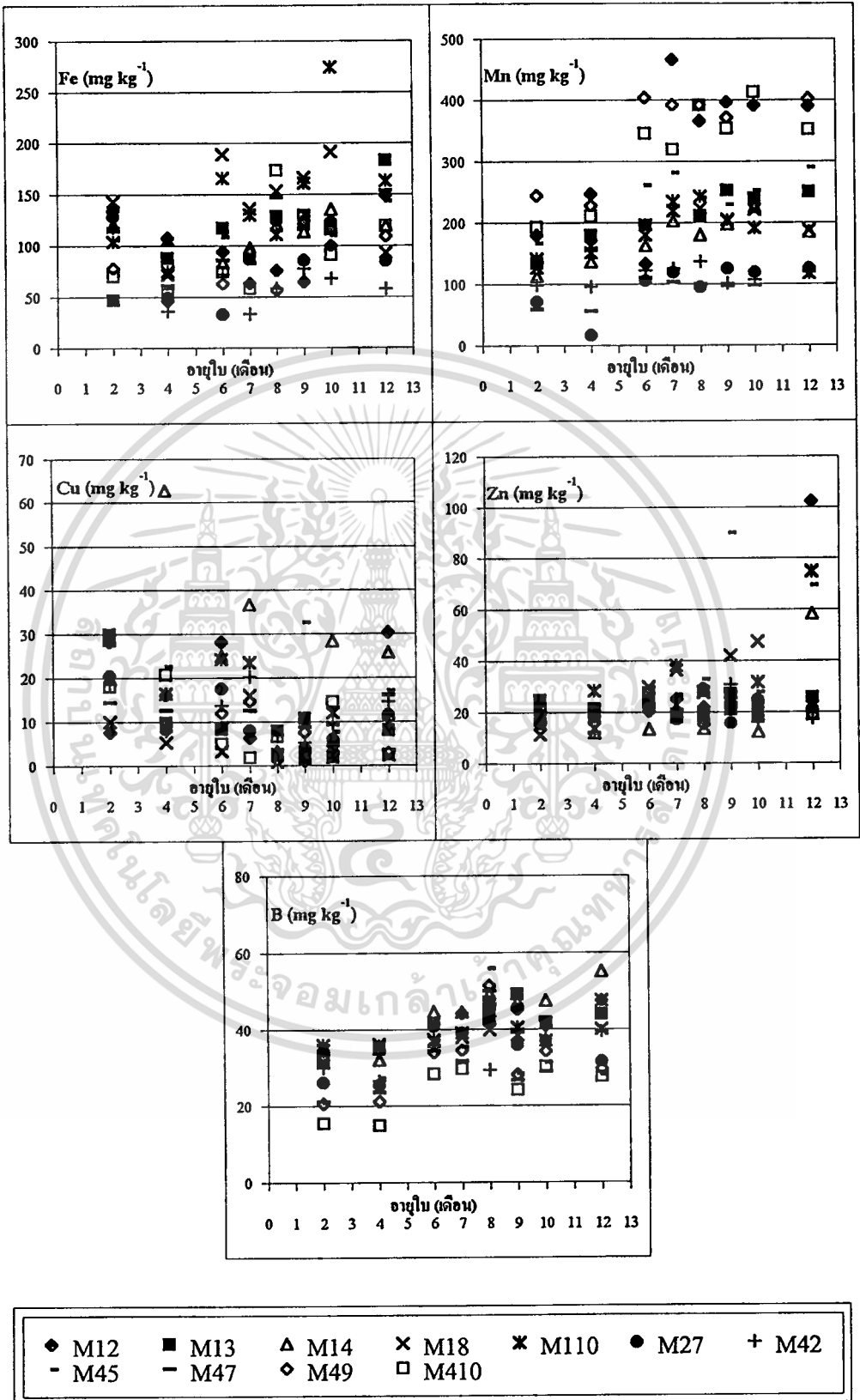
กลุ่มสวนปานกลาง



รูปที่ 4.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มสวนไม้ดี



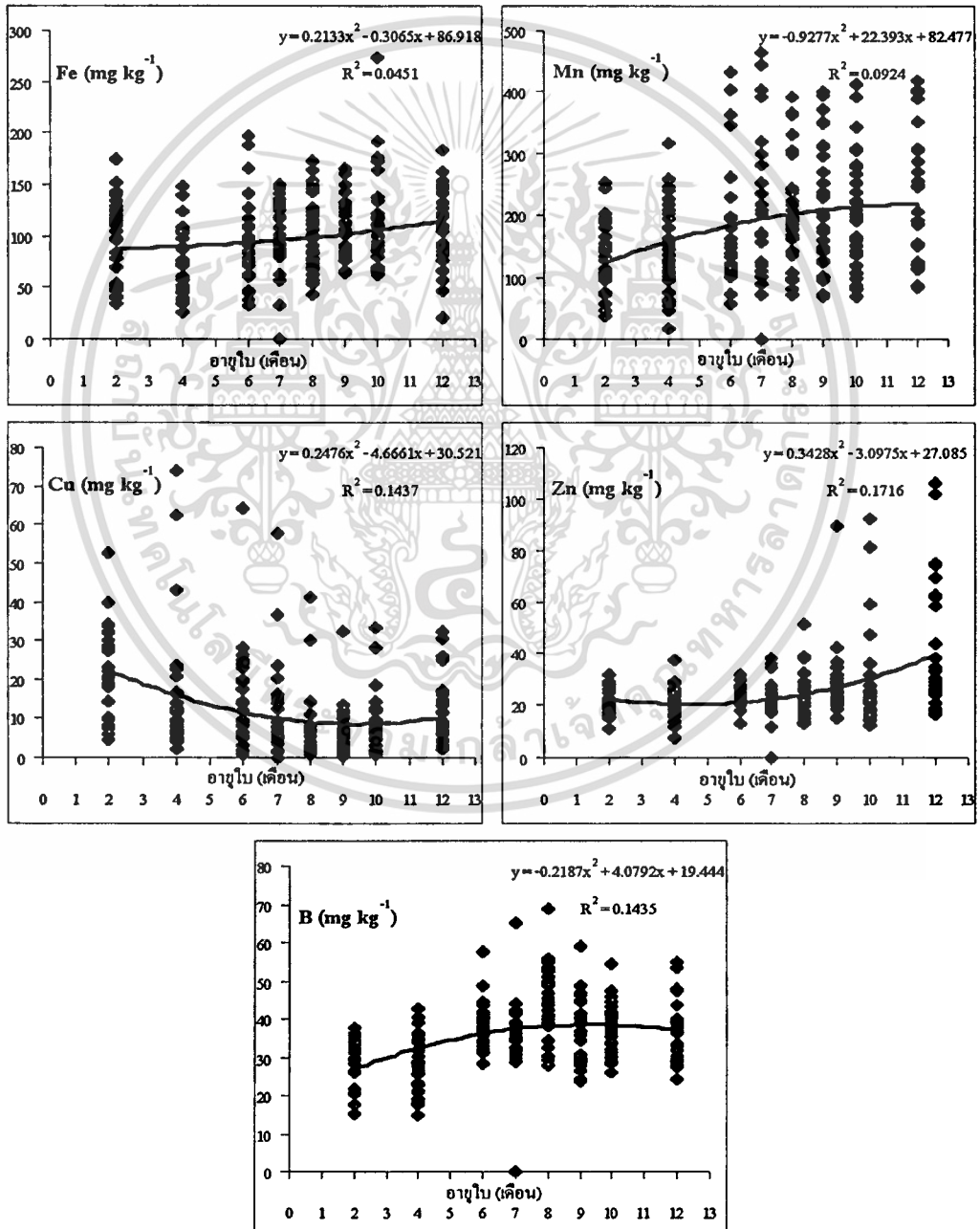
รูปที่ 4.2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับอายุใบ

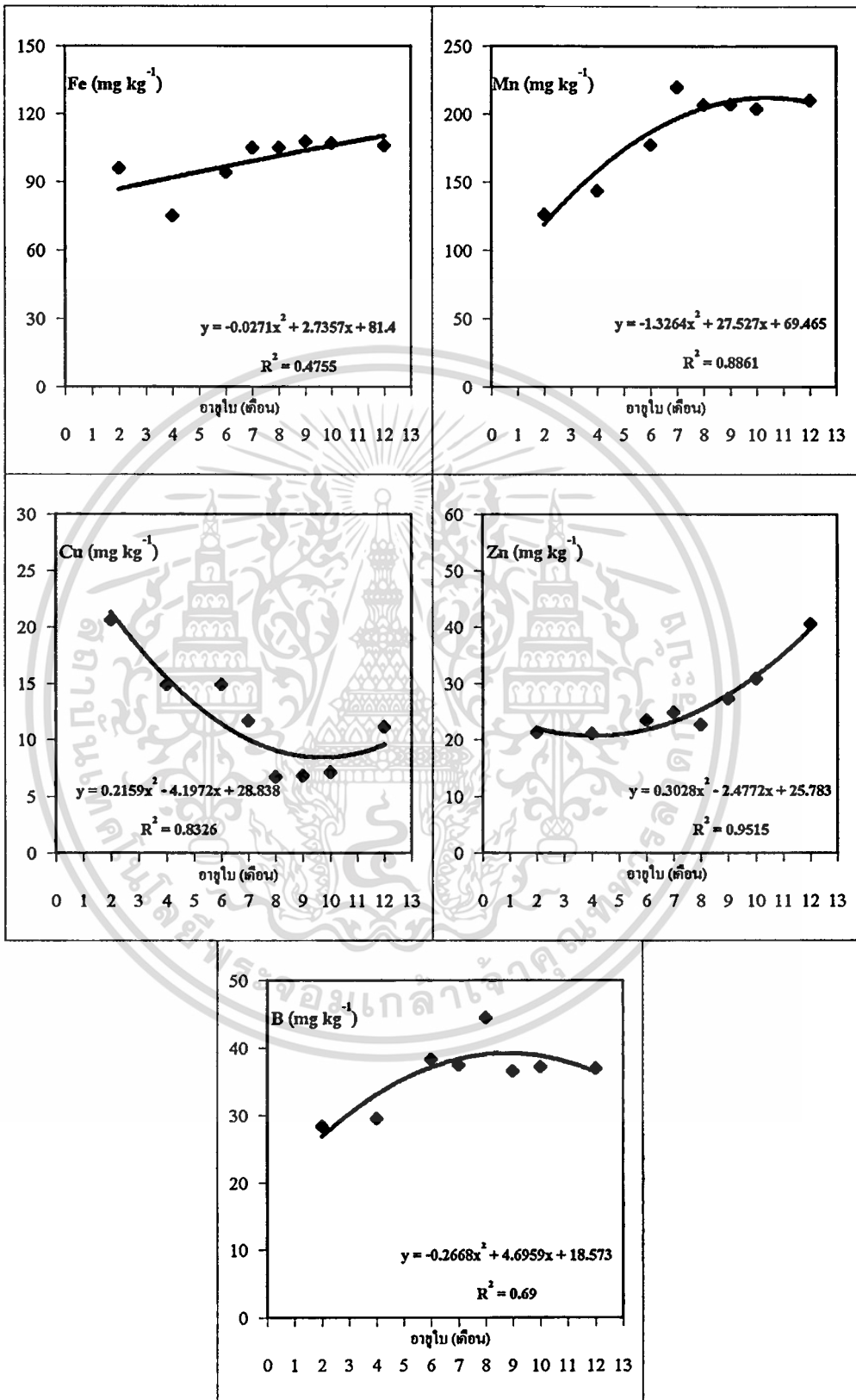
เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารของใบมังคุดแต่ละต้น (300 ต้น) ที่เก็บตัวอย่างมาหาความสัมพันธ์กับอายุใบพบว่ามีความสัมพันธ์การตัดสินใจค่อนข้างต่ำ (รูปที่ 4.3) ซึ่งพบได้ทั่วไปในไม้ผล เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุอาหารแตกต่างกันค่อนข้างมากระหว่างแต่ละต้นภายในสวนและระหว่างสวน แต่เมื่อนำค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของทั้ง 30 สวน มาหาความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในใบกับอายุใบพบว่าสามารถแสดงด้วยเส้น quadratic และมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สูงกว่า 0.7 ทุกธาตุยกเว้นธาตุเหล็ก (รูปที่ 4.4)

กราฟ 30 สวน (ข้อมูล 300 ตัวอย่าง)



รูปที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับอายุใบมังคุด

กราฟ 30 ส่วน (ข้อมูลจากค่าเฉลี่ย)



รูปที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้ง 30 ส่วน กับ

อายุใบมังกุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด

ความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ย (mean) และพิสัย (range) ของธาตุอาหารแต่ละชนิด (ใช้ข้อมูลเฉลี่ยของใบมังคุดที่มีอายุ 8-10 เดือน ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบมังคุดเพื่อการวิเคราะห์) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และรูปภาพที่ 4.5 โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4.1 เหล็ก (Fe)

ความเข้มข้นของเหล็ก ในทั้ง 30 สวนที่ศึกษามีค่าตั้งแต่ 68-182 mg kg⁻¹ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 107 mg kg⁻¹ สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 70-140 mg kg⁻¹ ความเข้มข้นของเหล็กที่พบในสวนมังคุดต่ำกว่าในใบถั่วพีแคนมาก (Walworth and Michael, 2002) ต่ำกว่าในใบเสาวรสเล็กน้อย (Menzel et al., 1993) แต่ใกล้เคียงกับที่มีรายงานในพืชตระกูลมะเดื่อ ใน tamarillo (Clark et al., 1989) และในเชอร์รี่หวาน (Alonso and Lachica, 1987) สวนที่มีความเข้มข้นของเหล็กสูงสุดใน 30 สวน คือสวน M110 ซึ่งมี pH ในดินค่อนข้างต่ำและมีความเข้มข้นของเหล็กในดินสูงเช่นกัน สวนสวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือสวน M42 ซึ่งมีค่า pH ในดินสูงกว่า 5 และสวนที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 150 mg kg⁻¹ มีเพียง 2 สวนคือสวน M110 และ M18 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของเหล็กระหว่างกลุ่มสวนดี ปานกลาง ไม่ดี พบว่ามีความเข้มข้นเฉลี่ยแตกต่างกันไม่มากนัก คือ มีความเข้มข้นเท่ากับ 108, 93 และ 121 mg kg⁻¹ ในสวนกลุ่มดี ปานกลาง และกลุ่มไม่ดี ตามลำดับ สาเหตุเนื่องจากดินส่วนใหญ่มีเหล็กในปริมาณค่อนข้างสูง และยังพบว่ากลุ่มสวนไม่ค่อยดีมีค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของเหล็กสูงกว่าสวนดี และสวนปานกลาง เนื่องจากความเข้มข้นของเหล็กในดินสูง

4.4.2 แมงกานีส (Mn)

ความเข้มข้นของแมงกานีสในทั้ง 30 สวนที่ศึกษา มีความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดค่อนข้างมาก คือมีค่าตั้งแต่ 74-386 mg kg⁻¹ และมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 211 mg kg⁻¹ สวนส่วนมากมีความเข้มข้นของ แมงกานีส ในใบอยู่ในช่วง 100-250 mg kg⁻¹ มีเพียง 3 สวนเท่านั้น ที่มีค่าแมงกานีสสูงกว่า 250 mg kg⁻¹ และมีถึง 6 สวนที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงกว่า 300 mg kg⁻¹ เนื่องจาก pH ของดินค่อนข้างต่ำ ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้มาก (Righetti et al., 1990) สวนสวนที่มีค่าแมงกานีสสูงสุดคือสวน M410 ซึ่งมีค่าสูงถึง 386 mg kg⁻¹ และสวนที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำสุดคือสวน M11 ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเท่ากับ 74 mg kg⁻¹ ในสวนนี้มีค่า pH และความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในดินสูงจึงทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้น้อย

เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของแมงกานีสระหว่างกลุ่มสวนทั้ง 3 กลุ่ม (กลุ่มสวนดี ปานกลาง และไม่ค่อยดี) พบว่าความเข้มข้นของแมงกานีสในสวนทั้ง 3 กลุ่ม ใหญ่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง 100-200, 170-300 และ 100-350 mg kg⁻¹ ในกลุ่มสวนดี ปานกลางและไม่ดีตามลำดับ ซึ่งในสวนกลุ่มไม่ค่อยดีมีความเข้มข้นของแมงกานีสสูงกว่า 300 mg kg⁻¹ ถึง 3 สวน เมื่อเปรียบเทียบความ

เอกสารนี้เผยแพร่โดยมูลนิธิส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมแห่งสุนทรภู่ สังกัดกรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม
 เอกสารนี้เผยแพร่โดยมูลนิธิส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมแห่งสุนทรภู่ สังกัดกรมศิลปากร กระทรวงวัฒนธรรม
 ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีมีค่าเฉลี่ยของแมงกานีสน้อยกว่าสวนกลุ่มปานกลางและสวนกลุ่มไม่ดี คือเท่ากับ 160, 225 และ 235 mg kg⁻¹ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินในสวนกลุ่มไม่ค่อยดีส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของแมงกานีสสูง และพบว่าสวนที่มีความเข้มข้นของแมงกานีสต่ำ เช่นสวน M11, M18, M23 และ M47 ส่วนใหญ่มีค่า pH สูงกว่า 5 ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้น้อย ความเข้มข้นของแมงกานีสในสวนส่วนมากมีความเข้มข้นสูงกว่าไม้ผลหลายชนิด เช่น ในโอโวคาโด มีความเข้มข้นของแมงกานีส 88-156 mg kg⁻¹ (Koo and Young, 1977) เซอร์ทวาน 40-140 mg kg⁻¹ (Alonso and Lachica, 1987) พีชตระกูลมะเดื่อ 90-250 mg kg⁻¹ (Brown, 1994) และถั่วพีแคน 30-40 mg kg⁻¹ (Walworth and Michael, 2002)

ความเข้มข้นของแมงกานีสในใบมังคุดค่อนข้างสูงคือประมาณ 400 mg kg⁻¹ แต่ไม่พบอาการเป็นพิษ (toxicity) ของแมงกานีส ซึ่งความเข้มข้นของแมงกานีสที่สูงสุดของมังคุด ยังน้อยกว่าในถั่วพีแคน ที่สูงถึง 800 mg kg⁻¹ (Walworth and Michael, 2002) Edwards and Asher (1982) รายงานว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสที่เป็นพิษในพีช มีช่วงค่อนข้างกว้าง ในทานตะวัน ความเข้มข้นของแมงกานีสที่สูงถึง 5,300 mg kg⁻¹ ทำให้ผลผลิตของทานตะวันลดลงเพียง 10% นอกจากนั้น ความทนทานต่อการเป็นพิษของแมงกานีส ยังขึ้นอยู่กับชนิดและสายพันธุ์พีชด้วย ในไม้ผลหลายชนิดความเข้มข้นของแมงกานีสที่จัดว่าเพียงพอมีค่าค่อนข้างสูง เช่น ในพีชตระกูลมะเดื่อ 500-600 mg kg⁻¹ และในพีชเสาวรศ 433-604 mg kg⁻¹ (Menzel et al., 1993) แต่ Moraghan and Freeman (1978) รายงานว่า ความเข้มข้นของแมงกานีสที่สูงถึง 600 mg kg⁻¹ เป็นพิษต่อพีชตระกูลปอ ทำให้การเจริญเติบโตของพีชลดลง และที่ความเข้มข้น 429 mg kg⁻¹ ทำให้เกิดอาการใบจุดในช่วงออกดอก อาการเป็นพิษของแมงกานีส คือใบจะเป็นจุดสีน้ำตาลล้อมรอบด้วยพื้นที่สีเหลืองที่ใบแก่ เมื่อพีชมีอาการเป็นพิษของแมงกานีส จะทำให้การดูใบหลักและแมงกานีสเริ่มเกิดได้ไม่ดี

4.4.3 ทองแดง (Cu)

ปริมาณของทองแดงในใบมีความผันแปรตั้งแต่ 2-27 mg kg⁻¹ ในกลุ่มสวน 30 สวนที่ศึกษา อาจเนื่องจากใช้สารปราบศัตรูพืชที่มีทองแดงผสมอยู่ โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 7 mg kg⁻¹ สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของทองแดงอยู่ในช่วง 5-10 mg kg⁻¹ สวนที่มีปริมาณทองแดงสูงสุดคือสวน M51 มีความเข้มข้นเท่ากับ 27 mg kg⁻¹ ซึ่งน่าจะเกิดจากการปนเปื้อนของสารปราบศัตรูพืช เนื่องจากมีความเข้มข้นสูงกว่าสวนอื่นมาก และสวนที่มีความเข้มข้นของทองแดงต่ำสุดเท่ากับ 2 mg kg⁻¹ คือ สวน M18 เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของทองแดง ในกลุ่มสวนทั้ง 3 กลุ่ม (กลุ่มสวนดี ปานกลาง และ ไม่ดี) พบว่า ความเข้มข้นเฉลี่ยระหว่างกลุ่มสวนใกล้เคียงกันคือมีค่าเท่ากับ 7, 8 และ 7 mg kg⁻¹ ในสวนกลุ่มดี ปานกลาง และ ไม่ดี ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าความเข้มข้นของทองแดง ในสวนบางแห่งมีค่าต่ำมากคือ ต่ำกว่าความเข้มข้น 3-7 mg kg⁻¹ ซึ่งจัดว่าเพียงพอสำหรับพืชทั่วไป (Jones, 1998) ในกรณีของ ไม้ผลส่วนใหญ่จะจัดให้ความเข้มข้นของทองแดง ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่ำกว่า 3 mg kg^{-1} เป็นช่วงความเข้มข้นที่ขาดแคลน (deficient) มีสวน 3 แห่งที่พบความเข้มข้นที่ต่ำกว่า 3 mg kg^{-1} คือ M12, M18 และ M19 โดยมีความเข้มข้นดังนี้ 2.29, 2.27 และ 2.81 mg kg^{-1} ตามลำดับ

4.4.4 สังกะสี (Zn)

ความเข้มข้นของสังกะสีในใบทั้ง 30 สวน ที่ศึกษามีความผันแปรสูง คือ ตั้งแต่ $16\text{-}50 \text{ mg kg}^{-1}$ และมีความเข้มข้นเฉลี่ย 27 mg kg^{-1} สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง $20\text{-}35 \text{ mg kg}^{-1}$ มีเพียง 3 สวนที่มีความเข้มข้นสูงกว่า 40 mg kg^{-1} คือสวน M11, M41 และ M45 อาจเนื่องจากในสวน M11 และ M45 มีสังกะสีในดินค่อนข้างสูง และ M14 เป็นสวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือ 16 mg kg^{-1} เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสังกะสีทั้ง 3 กลุ่มสวน (กลุ่มสวนดี ปานกลาง และไม่ดี) ในสวนกลุ่มดีส่วนใหญ่มีความเข้มข้นกระจายอยู่ในช่วง $20\text{-}40 \text{ mg kg}^{-1}$ ซึ่งแตกต่างกันค่อนข้างมาก ระหว่างสวน ส่วนในสวนกลุ่มปานกลางและกลุ่มไม่ดี ส่วนใหญ่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วง $20\text{-}28 \text{ mg kg}^{-1}$ เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นเฉลี่ยระหว่างกลุ่มสวน 3 กลุ่ม พบว่าแตกต่างกันไม่มากนัก คือ มีความเข้มข้นเฉลี่ยของสังกะสี เท่ากับ 31, 24 และ 26 mg kg^{-1} ในกลุ่มสวนดี ปานกลางและกลุ่มไม่ดี ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าบางสวนมีความเข้มข้นของสังกะสีสูงถึง 50 mg kg^{-1} ซึ่งการที่สังกะสีมีค่าที่สูงนี้อาจเกิดจากการฉีดพ่นสังกะสี ซึ่งในพืชชนิดอื่นเช่น ถั่วพีแคน (Cresswell and Wickson, 1986) ความเข้มข้นของสังกะสีก็มีความผันแปรเช่นกัน ความเข้มข้นของสังกะสีในมังคุดที่ศึกษาสวนส่วนใหญ่อยู่ในช่วง $20\text{-}35 \text{ mg kg}^{-1}$ ซึ่งมีค่าสูงกว่าใน พืชตระกูลมะเดื่อ และ พลับ (Brown, 1994; Clark and Smith, 1990) และมีค่าต่ำกว่าในถั่วพีแคน เซอร์ฮวาน และส้ม (Walworth and Michael, 2002; Alonso and Lachica, 1987; Smith, 1966) จากการสำรวจด้วยตาเปล่าพบว่าสวนจำนวนหนึ่งมีอาการขาดสังกะสีซึ่งคล้ายกับที่พบในทุเรียน แต่ในทุเรียนจะพบอาการขาดมาก และรุนแรงกว่า (สุมิตรา และคณะ, 2544) และจากสมบัติดินมังคุดที่ศึกษาพบว่าปริมาณของฟอสฟอรัสในดินอยู่ในช่วงปานกลาง-สูง ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีลดลง

4.4.5 โบรอน (B)

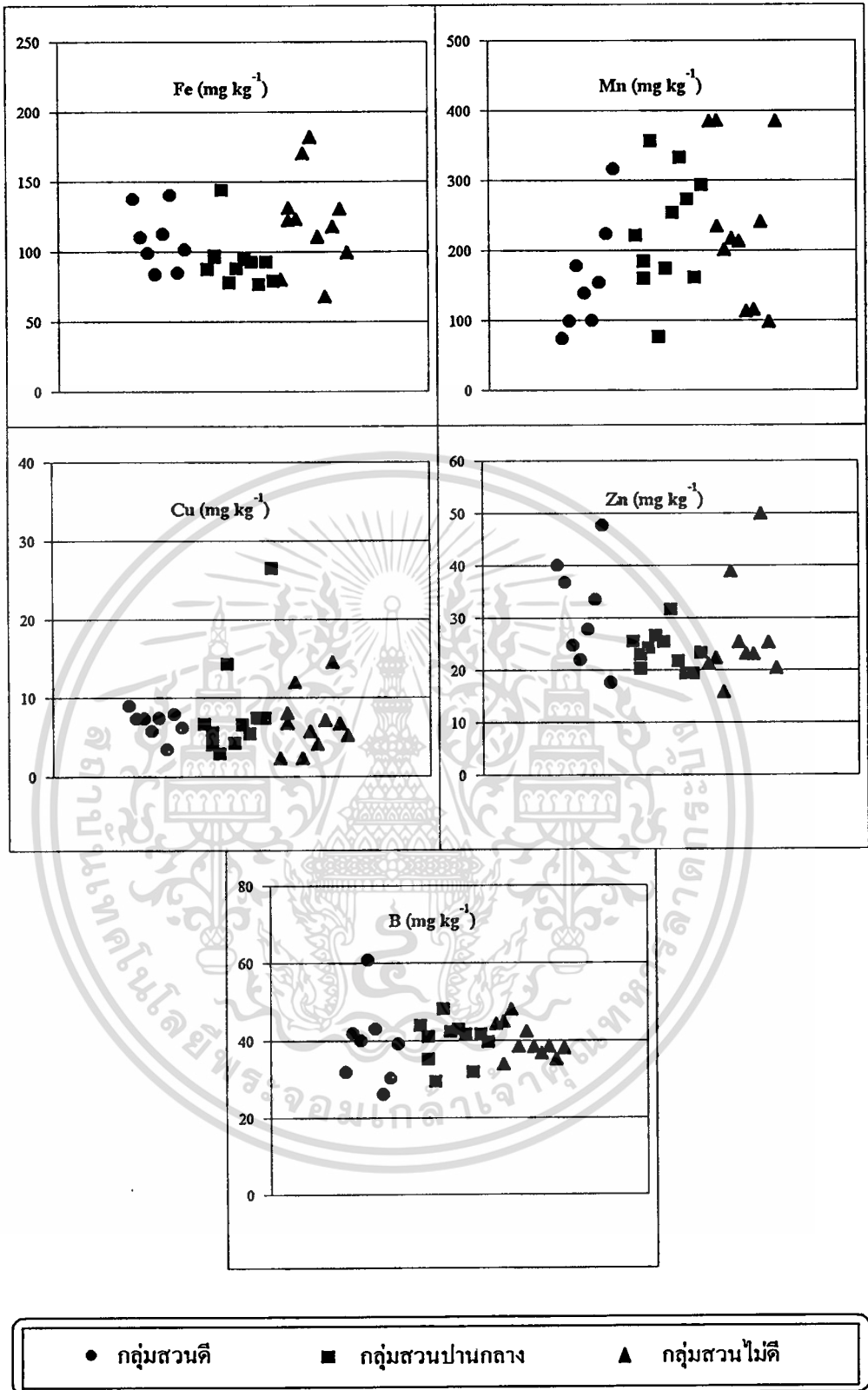
ความเข้มข้นของโบรอน ในทั้ง 30 สวน ที่ศึกษาพบว่ามีความผันแปรค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยเท่ากับ 40 mg kg^{-1} ความเข้มข้นส่วนใหญ่อยู่ในช่วง $30\text{-}50 \text{ mg kg}^{-1}$ โดยมีความเข้มข้นสูงสุดเท่ากับ 61 mg kg^{-1} คือสวน M22 ซึ่งมีความเข้มข้นสูงกว่าสวนอื่น ๆ ที่ศึกษามาก สวนที่มีความเข้มข้นต่ำสุดคือ สวน M31 มีความเข้มข้นเท่ากับ 26 mg kg^{-1} เมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของโบรอน ทั้ง 3 กลุ่มสวน (กลุ่มสวนดี ปานกลาง และไม่ค่อยดี) พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโบรอนในใบทั้ง 3 กลุ่มสวน มีความเข้มข้นใกล้เคียงกันคือ 39, 40 และ 40 mg kg^{-1} ของสวนกลุ่มดี ปานกลางและสวนกลุ่มไม่ดี ตามลำดับ ความเข้มข้นส่วนใหญ่ของมังคุดที่ศึกษาอยู่ในช่วง $30\text{-}50 \text{ mg kg}^{-1}$ ซึ่งใกล้เคียงกับพืชอื่น เช่น

ถั่วพีแคน และเชอร์รี่หวาน (Walworth and Michael, 2002; Alonso and Lachica, 1987) แต่มีความเข้มข้นต่ำกว่าในพืชตระกูลมะเดื่อ ส้ม และ พลับ (Brown, 1994; Smith, 1966; Walworth and Michael, 2002; Clark and Smith, 1990) ซึ่งในส้มมีความเข้มข้นสูงมากถึง 200 mg kg^{-1} ทั้งนี้ Brown (1994) รายงานว่า ความเข้มข้นของโบรอน จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะพันธุ์ของพืช และพื้นที่เพาะปลูก ซึ่งความเข้มข้นของโบรอนในช่วง $85\text{-}110 \text{ mg kg}^{-1}$ เพียงพอต่อพืชตระกูล prunus แต่ไม่เพียงพอต่อ pistachio หรือ walnut ความเข้มข้นของมังคุดที่พบในการศึกษานี้ถือว่าเพียงพอต่อความต้องการของพืช (Jones et al., 1991)

ตารางที่ 4.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ย (mean) และพิสัย (range) ของธาตุอาหารในใบมังคุดของสวนกลุ่มดี กลุ่มปานกลาง และกลุ่มไม่ดี ของสวนมังคุด 30 สวน

| orchards condition | Above average | Average | Below average | All orchards |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Number of orchards | 8 | 11 | 11 | 30 |
| Fe (mg kg^{-1}) | | | | |
| Range | 83.39 - 140.34 | 76.28 - 143.64 | 67.58 - 181.83 | 67.58 - 181.83 |
| Mean* | 108.43 ± 7.58 | 92.87 ± 5.55 | 121.13 ± 10.20 | 107.4 ± 4.86 |
| Mn (mg kg^{-1}) | | | | |
| Range | 73.75 - 316.45 | 75.66 - 356.45 | 97.66 - 385.49 | 73.75 - 385.49 |
| Mean | 159.83 ± 28.09 | 225.29 ± 25.54 | 234.8 ± 32.72 | 211.34 ± 17.39 |
| Cu (mg kg^{-1}) | | | | |
| Range | 3.37 - 8.92 | 2.81 - 26.46 | 2.27 - 14.48 | 2.27 - 26.46 |
| Mean | 6.76 ± 0.59 | 8.21 ± 2.03 | 6.74 ± 1.12 | 7.29 ± 0.85 |
| Zn (mg kg^{-1}) | | | | |
| Range | 17.54 - 47.66 | 19.21 - 31.54 | 15.75 - 49.93 | 15.75 - 49.93 |
| Mean | 31.20 ± 3.57 | 23.54 ± 1.10 | 26.07 ± 2.94 | 26.51 ± 1.54 |
| B (mg kg^{-1}) | | | | |
| Range | 25.96 - 60.78 | 29.32 - 48.04 | 33.78 - 47.94 | 25.96 - 60.75 |
| Mean | 39.07 ± 3.77 | 39.69 ± 1.67 | 39.77 ± 1.34 | 39.55 ± 1.22 |

*Mean \pm standard error



รูปที่ 4.5 การกระจายความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมัจจุคจากสวนเกษตรกร 30 สวน (ข้อมูลเฉลี่ย อายุใบ 8-10 เดือน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารในใบเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารในสวนมังคุดเมื่อใบมีอายุ 8-10 เดือนซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบมังคุดเพื่อวิเคราะห์ มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยสุมิตรา และคณะ (2546) โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ 1) ต่ำกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ 2) อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ และ 3) สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ ผลการเปรียบเทียบได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และรูปที่ 4.6

4.5.1 ความเข้มข้นที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน

สวนมังคุดทั้ง 30 สวน ที่ศึกษาพบว่าจุลธาตุอาหารที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานมีเพียง 7 สวน หรือคิดเป็น 23% ของ 30 สวน ซึ่งธาตุอาหารที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน มีเพียงธาตุเดียวคือธาตุทองแดง สำหรับธาตุเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และโบรอน ไม่มีสวนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนทั้ง 3 กลุ่ม ที่ศึกษาพบว่าธาตุทองแดง เป็นธาตุที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเพียงธาตุเดียว และพบว่าสวนกลุ่มดี ความเข้มข้นธาตุอาหารต่ำกว่ามาตรฐานน้อยกว่าสวนกลุ่มปานกลาง และไม่ดีคือมีค่าเท่ากับ 12.5, 27.3 และ 27.3% ในสวนกลุ่มดี ปานกลาง และสวนกลุ่มไม่ดี ตามลำดับ ส่วนธาตุอื่น ๆ ไม่พบว่ามีความเข้มข้นต่ำกว่ามาตรฐาน

4.5.2 ความเข้มข้นที่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน

สวนมังคุดทั้ง 30 แห่งที่ศึกษาส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุคือธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ แต่ในธาตุโบรอนพบว่า ความเข้มข้นที่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานมีค่าเพียง 53% อาจเนื่องมาจากค่ามาตรฐานมีค่าค่อนข้างแคบเมื่อเทียบกับไม้ผลทั่วไป ซึ่งค่ามาตรฐานที่เพียงพอต่อความต้องการในพืชใบเลี้ยงคู่จะอยู่ในช่วง 20-70 mg kg⁻¹ (Jones et al., 1991) สำหรับธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี มีสวนที่มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานตั้งแต่ 70-93% ส่วนสวนมังคุดทั้ง 3 กลุ่มที่ศึกษาพบว่าจุลธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุที่ศึกษาส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน โดยพบว่าธาตุเหล็กของสวนสวนกลุ่มดี และสวนกลุ่มปานกลางมีค่าอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน 100% ส่วนสวนกลุ่มไม่ค่อนข้อมีความเข้มข้นอยู่ในช่วงมาตรฐาน 82% ส่วนธาตุอื่นมีจำนวนสวนที่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานใกล้เคียงกัน โดยเรียงตามลำดับกลุ่มสวนดี ปานกลาง และไม่ดีดังนี้ ธาตุแมงกานีส อยู่ในช่วงมาตรฐาน 88, 55 และ 73% ธาตุทองแดง 88, 64 และ 73% ส่วนธาตุสังกะสี 63, 91 และ 82% และธาตุโบรอน 63, 36 และ 64% ตามลำดับโดยสวนในกลุ่มดีจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยรวมอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานมากกว่า สวนกลุ่มปานกลาง และสวนกลุ่มไม่ดี

4.5.3 ความเข้มข้นที่อยู่ในช่วงสูงกว่าค่ามาตรฐาน

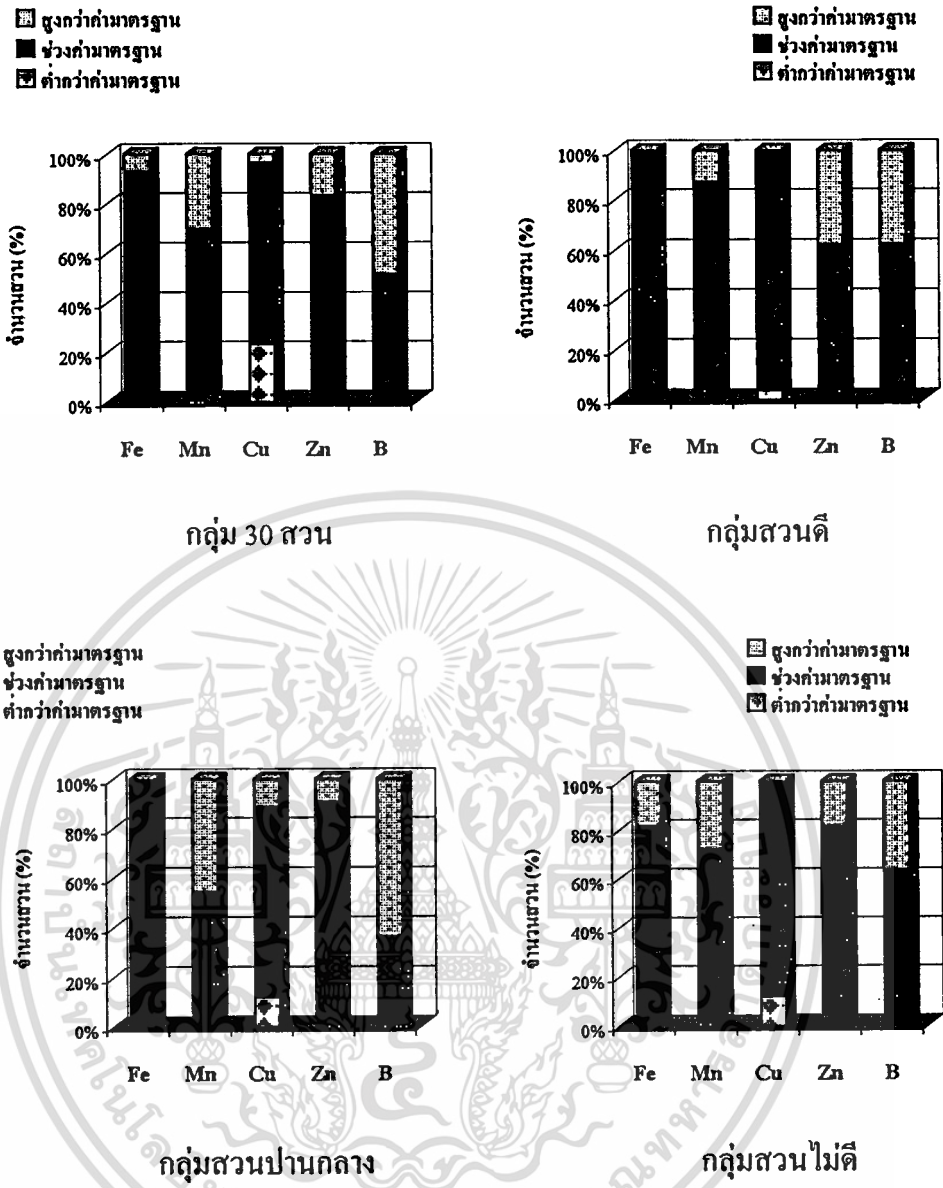
สวนมังคุดทั้ง 30 แห่งที่ศึกษาพบว่าความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุมีค่าความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยธาตุทองแดงเป็นธาตุที่มีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐานน้อยที่สุดคือเพียง 3% ส่วนธาตุโบรอนมีส่วนที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานมากที่สุดคือ 46.7% อาจเนื่องมาจากค่ามาตรฐานที่กำหนดโดย สุมิตรา และคณะ (2546) ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเมื่อเทียบกับไม้ผลทั่วไป (Reuter and Robinson, 1997) และธาตุที่มีความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐานรองลงมา คือธาตุแมงกานีส เท่ากับ 30% ทั้งนี้อาจเนื่องจากดินเป็นกรด ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้มาก (Fallahi and Rodney, 1992) ส่วนธาตุเหล็กมีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐาน 7% สังกะสีสูงกว่าค่ามาตรฐาน 17% จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่าสวนส่วนหนึ่งมีอาการขาดธาตุสังกะสี แต่ไม่พบว่ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐาน และยังพบว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานถึง 17% อาจเนื่องจากใบมีการปนเปื้อนจากการฉีดพ่นสังกะสีทางใบ นอกจากนี้ยังพบว่าสวนมังคุดทั้ง 3 กลุ่มที่ศึกษามีจุลธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุสูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยพบว่าธาตุโบรอนในสวนกลุ่มปานกลางมีความเข้มข้นสูงกว่ามาตรฐานมากที่สุด คือเท่ากับ 63% สวนกลุ่มดีและไม่ดีมีค่าใกล้เคียงกันคือ 37 และ 36% ตามลำดับ ส่วนธาตุเหล็กมีเพียงสวนกลุ่มไม่ดีที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน 18% และธาตุทองแดงมีเพียงสวนปานกลางที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน 9% ส่วนธาตุอื่นสูงกว่ามาตรฐานเรียงตามลำดับสวนดี ปานกลาง และไม่ดี มีดังนี้ แมงกานีส 13, 46, และ 27% ตามลำดับ ธาตุสังกะสี 38, 9 และ 18% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.3 จำนวนสวนที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารจัดอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (low) อยู่ใน ช่วงค่ามาตรฐาน (optimum) และสูงกว่าค่ามาตรฐาน (high)

| Classification | Fe | Mn | Cu | Zn | B |
|-------------------|----|----|----|----|----|
| ทั้งหมด 30 สวน | | | | | |
| Low | - | - | 7 | - | - |
| Optimum | 28 | 21 | 22 | 25 | 16 |
| High | 2 | 9 | 1 | 5 | 14 |
| สวนดี 8 สวน | | | | | |
| Low | - | - | 1 | - | - |
| Optimum | 8 | 7 | 7 | 5 | 5 |
| High | - | 1 | - | 3 | 3 |
| สวนปานกลาง 11 สวน | | | | | |
| Low | - | - | 3 | - | - |
| Optimum | 11 | 6 | 7 | 10 | 4 |
| High | - | 5 | 1 | 1 | 7 |
| สวนไม่ดี 11 สวน | | | | | |
| Low | - | - | 3 | - | - |
| Optimum | 9 | 8 | 8 | 9 | 7 |
| High | 2 | 3 | - | 2 | 4 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

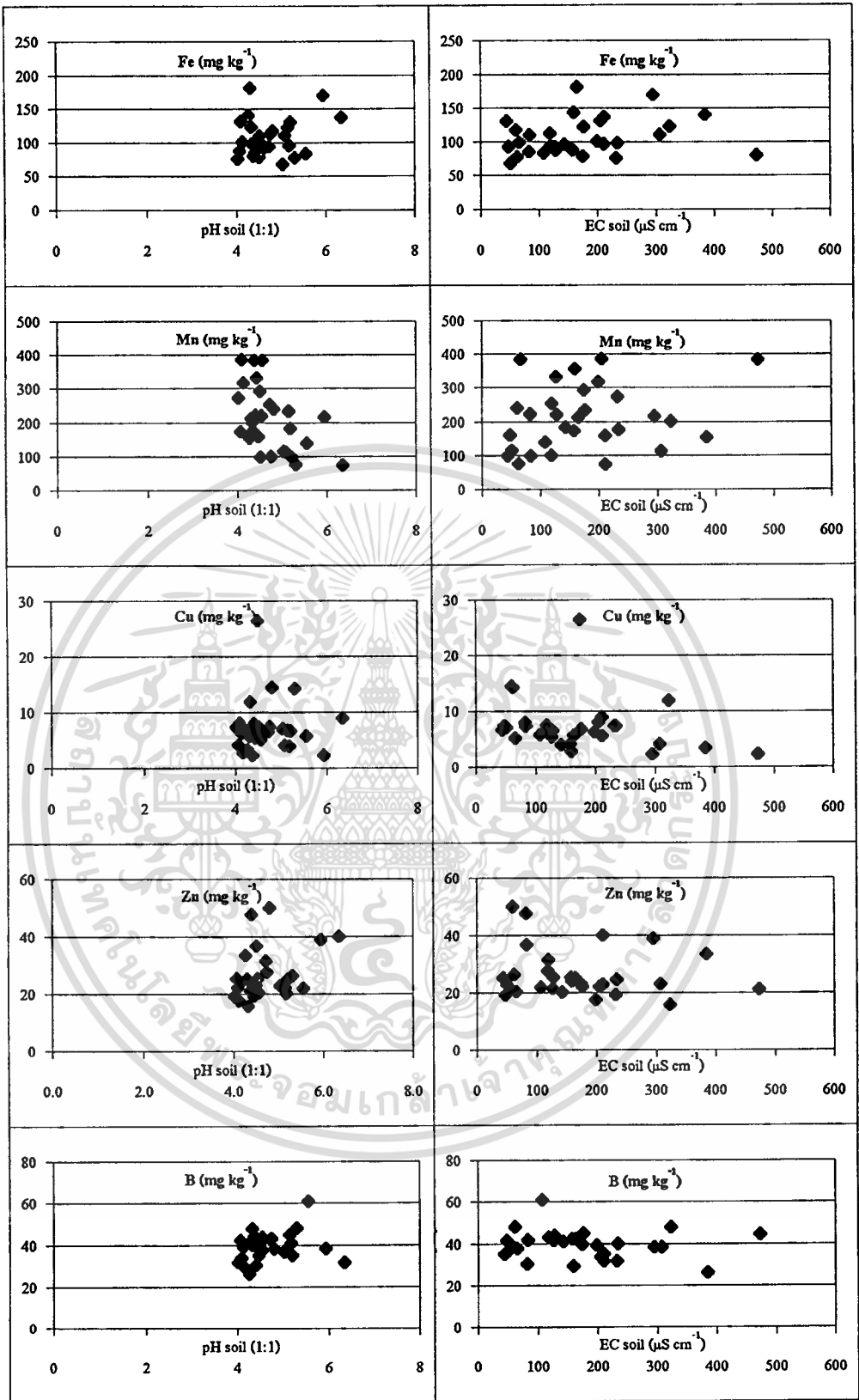
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในดินกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด

เมื่อนำความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่มีอายุ 8-10 เดือน มาหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินทั้ง 30 ส่วน (รูปที่ 4.7) ปรากฏว่า ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบกับธาตุอาหารในดิน อาจเนื่องจากมังคุดเป็นไม้ยืนต้นมีรากลึกในการหาอาหาร ทำให้ความสัมพันธ์ระหว่างพืชและดินมีน้อยซึ่งเป็นธรรมชาติของไม้ผล (Righetti et al., 1990)

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับปริมาณธาตุอาหารในใบ

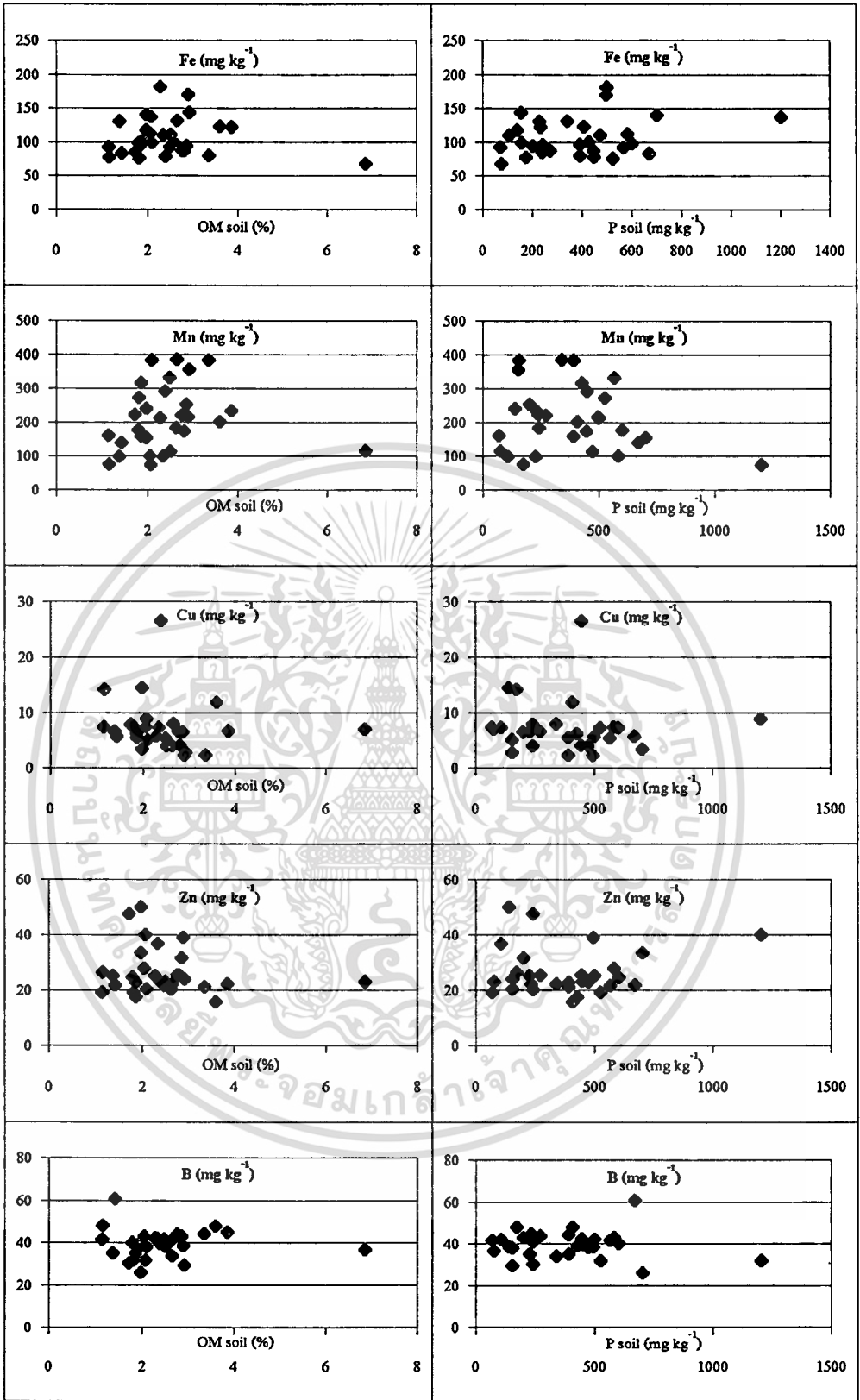
ข้อมูลผลผลิตมังคุดทั้ง 30 สวน ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 จากตารางจะเห็นว่าผลผลิตของแต่ละสวนมีความแตกต่างระหว่างต้นค่อนข้างมาก เนื่องจากมังคุดที่ให้ผลผลิตที่มากในปีที่ผ่านมา มักจะให้ผลผลิตน้อยในปีนี้ จึงทำให้มีความแตกต่างระหว่างต้นค่อนข้างสูง อีกประการหนึ่งคือ ข้อมูลผลผลิตที่ได้เป็นข้อมูลประมาณการ โดยการนับจำนวนผลมังคุดที่อยู่บนต้น เมื่อผลมีอายุมากกว่า 8 สัปดาห์ (ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ผลมังคุดไม่ร่วงแล้ว) หลังจากนั้น เมื่อผลมังคุดอายุประมาณ 12 สัปดาห์ขึ้นไป ในช่วงเก็บผลผลิตจริง ทำการสุ่มผลมังคุดจำนวน 5 ครั้ง ๆ ละ 10 ผลเพื่อชั่งน้ำหนักและหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อผล แล้วนำค่าที่ได้ไปคูณกับจำนวนผลที่นับเอาไว้ เป็นผลผลิตประมาณการของแต่ละต้น การที่ไม่สามารถเก็บผลผลิตมังคุดได้จริง เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมังคุดค่อนข้างยาวนานประมาณ 4-6 สัปดาห์ และต้องเก็บผลผลิต 14-15 ครั้ง (ทุก 2 วัน) อย่างไรก็ตาม การประมาณการผลผลิตมังคุดในทุกสวนทำโดยวิธีเดียวกัน ข้อมูลที่ได้น่าจะสามารถเป็นตัวแทนผลผลิตของแต่ละสวนเพื่อใช้เปรียบเทียบกันได้ สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารกับผลผลิต

จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารทั้ง 5 ธาตุกับผลผลิตของมังคุดจะพบว่า ไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเหมือนกับในไม้ผลอื่นรวมทั้งทุเรียน (Righetti et al., 1990; Poovarodom and Chatupote, 2002) ในทางปฏิบัติมักนิยมค้นหาข้อมูลบนเส้นขอบเขต (boundary line) เพื่อหาความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยม (triangle patter) ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิตที่สูงที่สุดในกลุ่มนั้น (Righetti et al., 1990) หลักการของใช้วิธีเส้นขอบเขต คือ เมื่อความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตและปัจจัยใดๆ ก็ตามอยู่ที่เส้นขอบเขต แสดงว่าปัจจัยอื่นๆ อยู่ในสภาพที่เหมาะสมด้วย ส่วนข้อมูลผลผลิตที่ต่ำลงมาได้เส้นขอบเขตในระดับธาตุอาหารเดียวกัน เนื่องจากมีปัจจัยอื่นเป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิต ไม่ใช่สาเหตุจากการขาดธาตุอาหารที่ศึกษา (Webb, 1972; Evanylo and Sumner, 1978; Schnug et al., 1996; Lark, 1997)



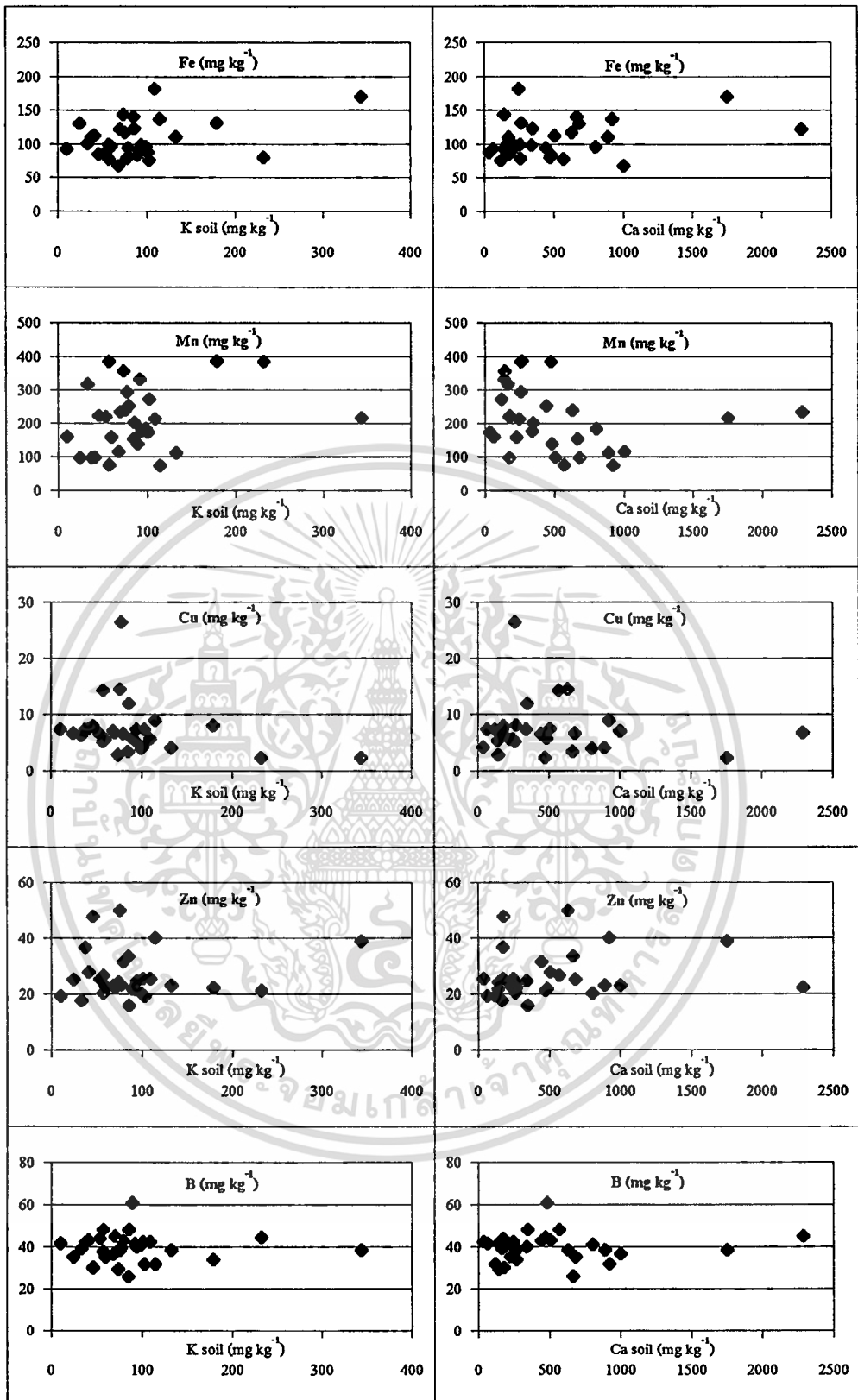
รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. กับ ความเข้มข้นของจุลธาตุอาหารไนโบมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



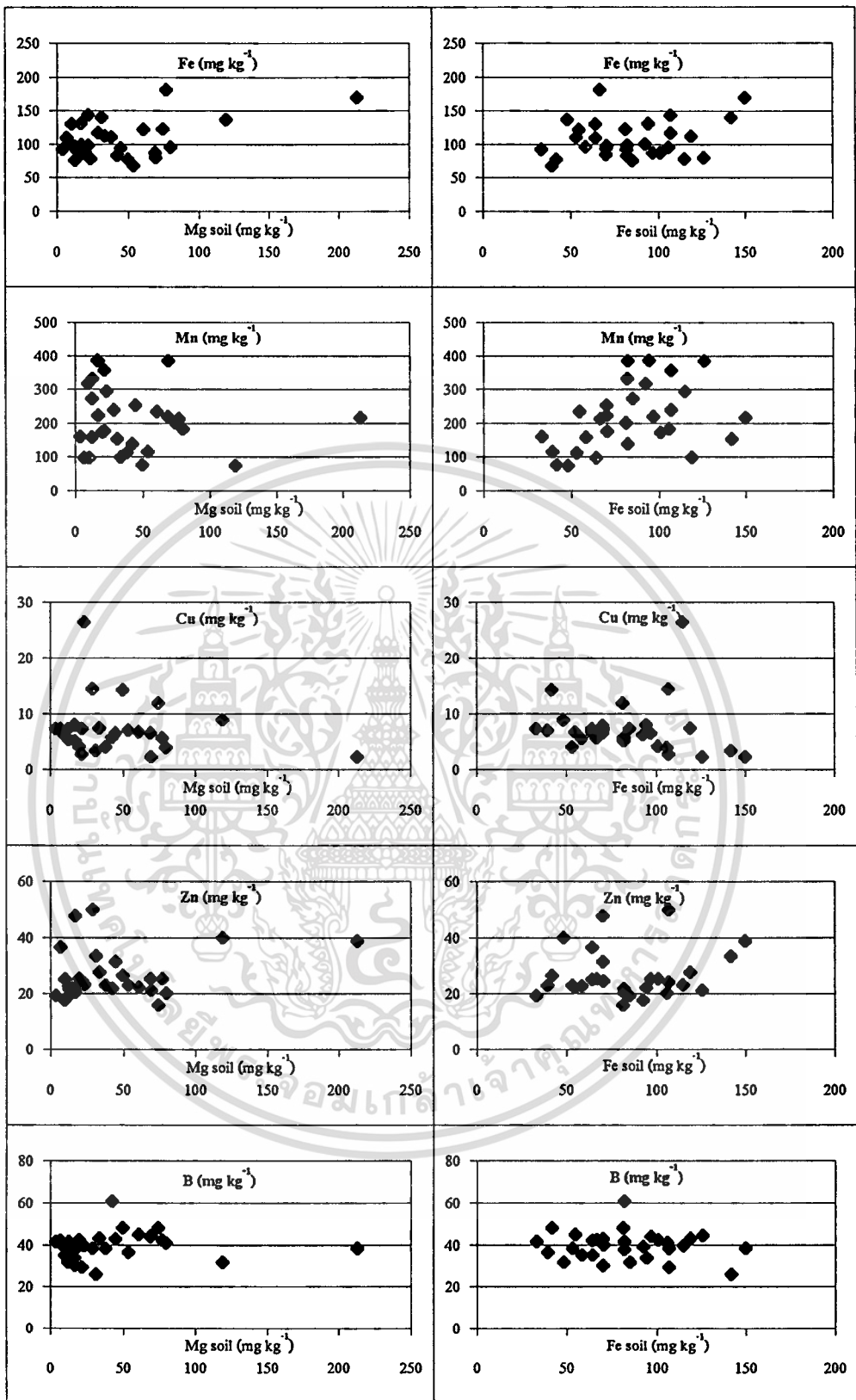
รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



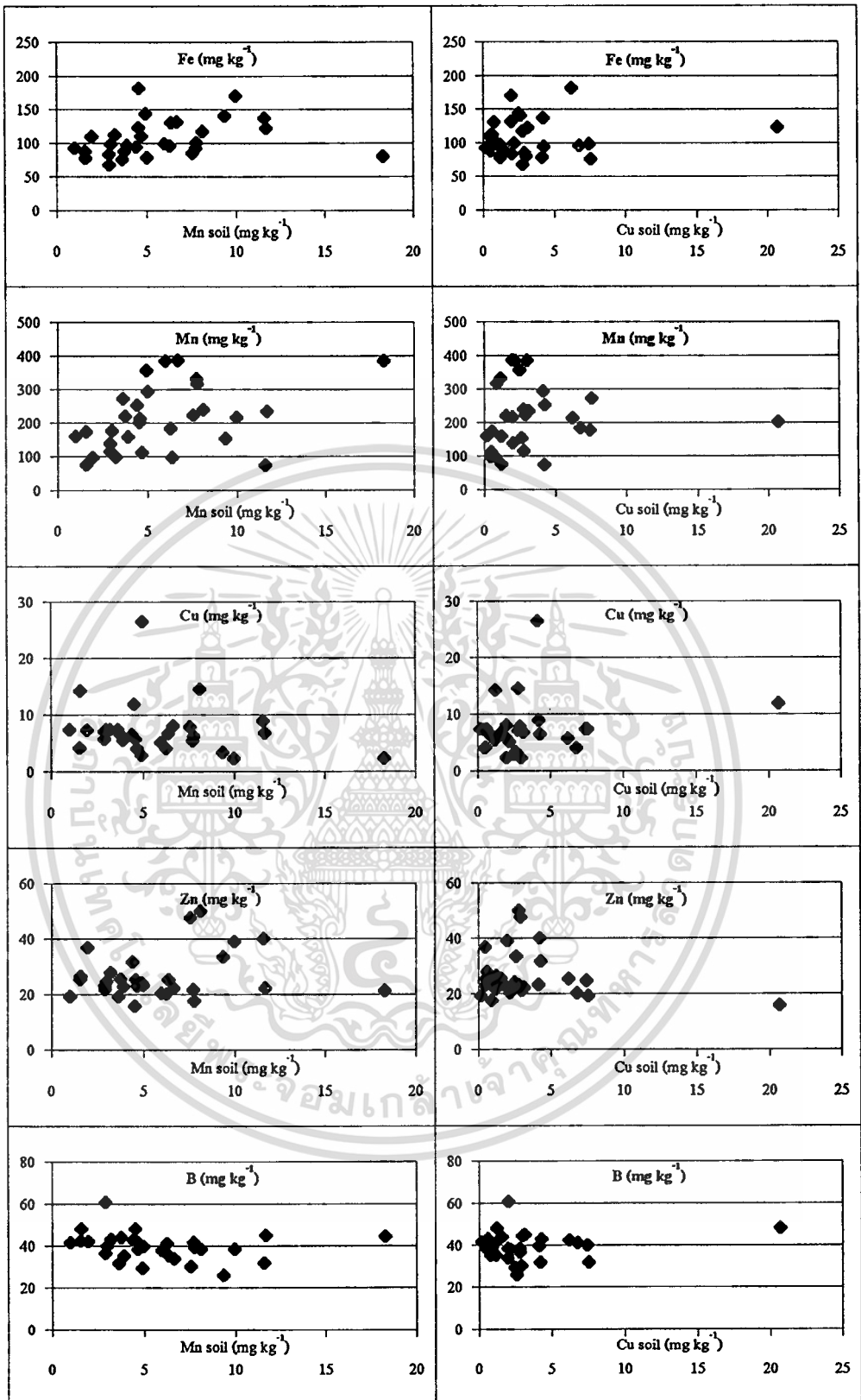
รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



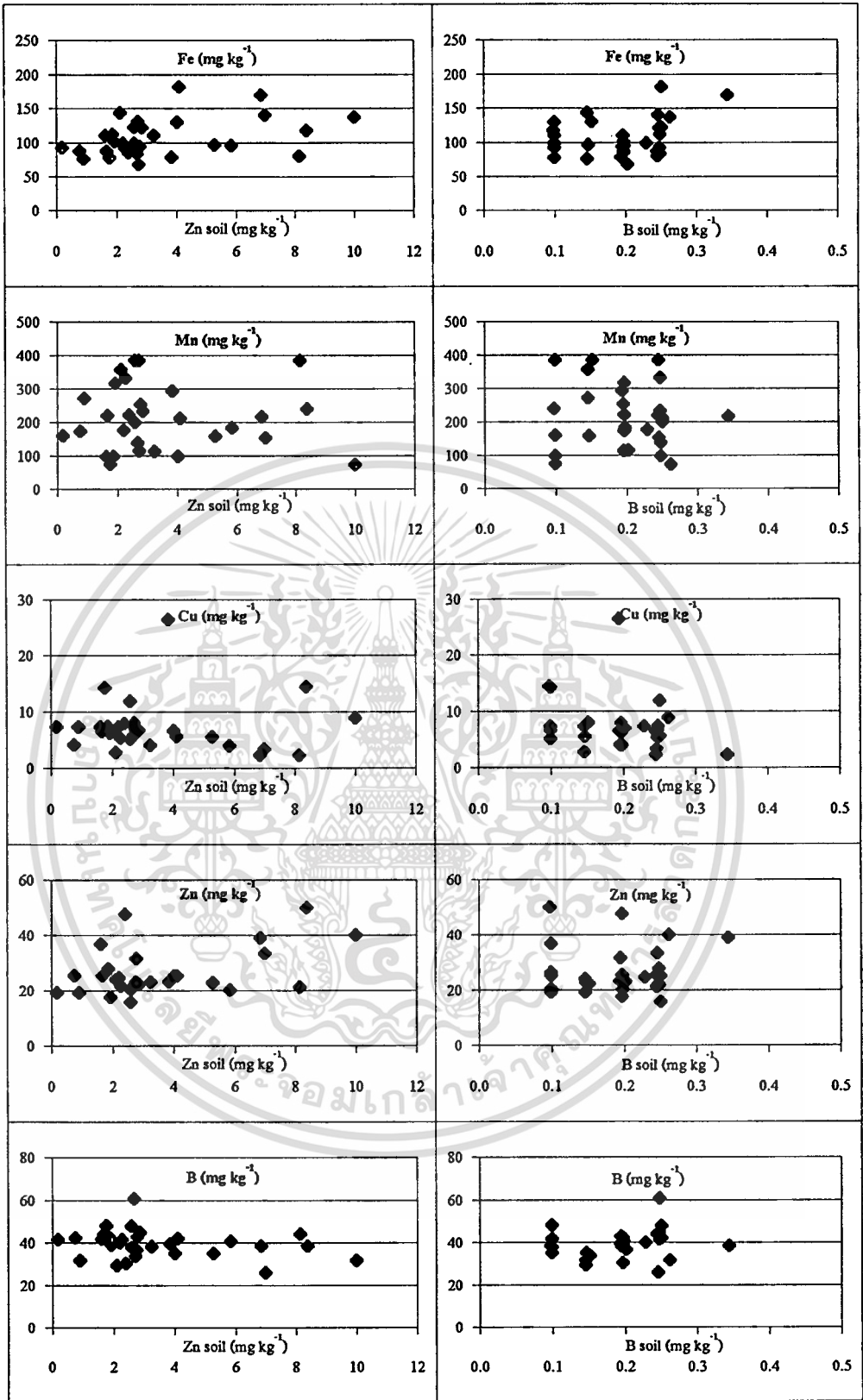
รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลผลิตมังคุดจากสวน 30 สวน

| หมายเลขสวน | เกษตรกร | จำนวนผล/ต้น | SD | นน.เฉลี่ย/ผล (ก.) | SD | ผลผลิตเฉลี่ย (กก.) | SD |
|------------|-----------------------|-------------|--------|-------------------|-------|--------------------|-------|
| M 11 | คุณอนุสรณ์ ปรางรัตน์ | 11,711 | 97.63 | 80.67 | 3.8 | 62.99 | 8.34 |
| M 12 | คุณสนั่น สันตานนท์ | 3,028 | 52.01 | 73.93 | 3.35 | 22.42 | 4.20 |
| M 13 | คุณน้อย สมภักดิ์ดี | 3,522 | 148.96 | 72.73 | 12.63 | 24.93 | 10.42 |
| M 14 | คุณนิพนธ์ สมพิน | 2,881 | 144.4 | 73.9 | 4.41 | 21.30 | 11.0 |
| M 15 | หลังป้อม ปตท. | 8,665 | 128.5 | 72.23 | 1.77 | 62.51 | 8.79 |
| M 16 | คุณทองใส สมศรี | 4,724 | 148.3 | 67.03 | 6.16 | 31.20 | 8.38 |
| M 17 | คุณหมอค พัฒนผล | 4,487 | 209.6 | 76.19 | 3.66 | 34.60 | 17.53 |
| M 18 | คุณวินิจ เจริญธรรม | 2,714 | 61.56 | 83.28 | 4.76 | 22.59 | 5.10 |
| M 19 | คุณฉะอ้อน | 2,725 | 64.34 | 110.5 | 12.63 | 30.48 | 10.12 |
| M 110 | คุณสำราญ เดชวิชัย | 2,770 | 70.99 | 75.93 | 7.42 | 20.98 | 5.61 |
| M21 | ศวส.จบ | 9,586 | 185.4 | 82.93 | 6.81 | 53.01 | 15.53 |
| M22 | คุณทวีป พงษ์พานิช | 6,976 | 247.3 | 66.18 | 3.18 | 46.32 | 17.78 |
| M23 | คุณอออน จำสัดค์ | 5,903 | 201 | 72.59 | 2.75 | 42.57 | 13.63 |
| M24 | คุณน้อยนา สุโกธิเคน | 4,818 | 324.6 | 74.31 | 4.35 | 36.10 | 25.62 |
| M25 | พล.ท. วาสนา เพิ่มลาภ | 3,778 | 91.2 | 80.3 | 6.01 | 30.46 | 7.98 |
| M26 | คุณสุชีพ ประเสริฐ | 5,657 | 233.7 | 78.93 | 3.76 | 44.44 | 18.12 |
| M27 | คุณโกมล ลิผล | 3,420 | 126.9 | 76.65 | 2.63 | 26.20 | 9.83 |
| M28 | คุณชำนาญ สิงขร | 10,556 | 199.9 | 79.89 | 2.56 | 93.88 | 16.89 |
| M31 | คุณนิรันดร์ ปรางรัตน์ | 7,111 | 239.5 | 64.1 | 6.51 | 45.30 | 14.29 |
| M41 | คุณจ่าย ราชนิคม | 4,599 | 61.5 | 110 | 18.79 | 50.43 | 10.02 |
| M42 | คุณธีระ วงษ์เจริญ | 2,336 | 56.8 | 76.5 | 5.7 | 18.05 | 5.60 |
| M43 | คุณเสียน ปรานี | 4,458 | 208 | 80.83 | 8.7 | 36.61 | 18.8 |
| M45 | ครูจอง | 3,876 | 116.6 | 65 | 7.45 | 24.94 | 7.01 |
| M47 | คุณวิรัช วงษ์วาด | 1,087 | 56.2 | 65 | 10.8 | 6.82 | 3.00 |
| M48 | คุณบานชื่น คำรอด | 4,001 | 111.6 | 104.5 | 5.4 | 41.65 | 11.4 |
| M49 | คุณฟุ้ง นิภกสิป | 3,030 | 75.5 | 85.93 | 11.76 | 25.86 | 6.68 |
| M410 | ผญ.ช่วย | 3,322 | 98.02 | 70.38 | 10.82 | 23.49 | 8.07 |
| M51 | คุณสงวน บุญญฤทธิ์ | 3,585 | 124.47 | 104 | 14.49 | 37.30 | 12.77 |
| M52 | คุณเรื่อน โทธิรัมย์ | 4,892 | 189.1 | 77.2 | 3.83 | 37.80 | 15.19 |
| M53 | คุณสมภพ รัตนะ | 7,436 | 207.4 | 61.6 | 13.56 | 46.80 | 19.73 |
| | average | 4,922 | 143 | 78.8 | 7.0 | 36.73 | 11.6 |
| | min | 1,087 | 52.0 | 61.60 | 1.77 | 6.82 | 3.00 |
| | max | 11,711 | 325 | 110.5 | 18.8 | 93.88 | 25.6 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวนปัวสวนแก้วมีการใช้ในงานวิจัยและเผยแพร่ในวงจำกัด การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.8 ค่ามาตรฐานสำหรับมังคุด

วิธีการกำหนดค่ามาตรฐานที่ศึกษาและได้นำมาเปรียบเทียบกันคือ การกำหนดค่ามาตรฐาน ใช้วิธีการสำรวจและวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (nutrient survey) จากสวนที่มีประวัติความสมบูรณ์ของต้นดี และให้ผลผลิตสูงเป็นเวลาติดต่อกันหลายปีโดยตั้งสมมุติฐานว่าสวนเหล่านี้มีธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมและสร้างค่ามาตรฐานเบื้องต้น (tentative standards) ขึ้นมา (Reuter and Robinson, 1986) ส่วนอีกวิธีคือ วิธีการใช้เส้นขอบเขตในการกำหนดช่วงค่ามาตรฐาน

4.8.1 ค่ามาตรฐานอาหารโดยใช้วิธีเส้นขอบเขต

การกำหนดค่ามาตรฐานที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย คือ ใช้วิธีการสำรวจและวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (nutrient survey) จากสวนที่มีประวัติความสมบูรณ์ของต้นดี และให้ผลผลิตสูงเป็นเวลาติดต่อกันหลายปีโดยตั้งสมมุติฐานว่าสวนเหล่านี้มีธาตุอาหารในปริมาณที่เหมาะสมและสร้างค่ามาตรฐานเบื้องต้น (tentative standards) ขึ้นมา (Reuter and Robinson, 1986) แต่มีข้อจำกัดเช่นกันเนื่องจากค่ามาตรฐานที่ได้จากวิธีนี้ อาจรวมเอาความเข้มข้นของธาตุอาหารในช่วงบริโภคฟุ่มเฟือย (luxury consumption) ของสวนที่ให้ผลผลิตดีเข้ามาด้วย (Righetti et al., 1990) ดังนั้นเพื่อให้สามารถกำหนดค่ามาตรฐาน ของจุลธาตุอาหารในมังคุดได้ชัดเจน เมื่อมีประชากรที่ศึกษามากพอ และสามารถระบุช่วงความเพียงพอในระดับ ขาดแคลน ต่ำ เหมาะสม และ สูงมากซึ่งสามารถชี้บ่งถึงระดับการขาดธาตุอาหารที่ยังไม่แสดงอาการให้เห็น (hidden hunger) แต่อาจจะทำให้ผลผลิตลดลงในอนาคต ดังนั้น จึงนำวิธีเส้นขอบเขต (boundary line) ซึ่งเป็นข้อมูลของประชากรที่ด้านนอกสุดของความสัมพันธ์ ระหว่างธาตุอาหารกับผลผลิต (Webb, 1972) มาเป็นแนวทางในการปรับปรุงค่ามาตรฐาน และกำหนดช่วงความพอเพียงของธาตุอาหารสำหรับมังคุด

จากรูปที่ 4.8 พบว่า จุลธาตุมีความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยมบนเส้นขอบเขต (boundary line) คือธาตุโบรอน ธาตุที่พบแนวโน้มแบบรูปสามเหลี่ยมคือ แมงกานีสและสังกะสี ส่วนธาตุที่ไม่พบรูปแบบสามเหลี่ยมคือธาตุเหล็กและทองแดง เมื่อนำธาตุที่พบรูปแบบสามเหลี่ยม มาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลผลิตสูงสุดและระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นพบว่า มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นสหสัมพันธ์ (regression line) 2 เส้น (รูปที่ 4.9) จุดที่เส้นสหสัมพันธ์ทั้ง 2 เส้นตัดกัน ถือเป็นจุดที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารมีความเหมาะสมที่สุดหรือเรียกว่าค่าวิกฤตมาตรฐาน (Walworth et al., 1986) ซึ่งสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิต เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลผลผลิตแล้ว สามารถใช้ชี้บ่งช่วงค่าธาตุอาหารที่เหมาะสม (sufficiency range) ของธาตุอาหารแต่ละธาตุได้ ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ระดับผลผลิตในช่วงที่สูงกว่า 60% เป็นตัวกำหนดระดับความเพียงพอของธาตุอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่ สุมิตรา และคณะ (2546) พบว่า ค่ามาตรฐานที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขต (จากกราฟธาตุอาหารกับผลผลิต รูปที่ 4.9) มีเพียงค่ามาตรฐานของโบรอนที่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่ สุมิตรา และคณะ (2546)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษานอกเหนือไปเพื่อประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดไว้ ส่วนแมงกานีสมีค่าค่อนข้างต่ำคือ 11-178 mg kg⁻¹ (ตารางที่ 4.5) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว แมงกานีสที่จัดว่าเพียงพอจะอยู่ในช่วง 25-200 mg kg⁻¹ (Jones, 1998) และสวนมังคุดจำนวนหนึ่ง มีอาการขาดแมงกานีส ถึงแม้ว่าจะมีความเข้มข้นมากกว่า 50 mg kg⁻¹ ก็ตาม ดังนั้นค่าที่ได้จากเส้นขอบเขตจึงไม่น่าจะสามารถใช้ในการกำหนดค่ามาตรฐาน ส่วนสังกะสีมีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างแคบ (10-18) อาจทำให้การแปลผลผิดพลาดได้ง่าย ส่วนเหล็กและทองแดงไม่พบความสัมพันธ์แบบรูปสามเหลี่ยมเลย จึงไม่สามารถหาค่ามาตรฐานจากเส้นขอบเขตได้ (boundary line)

4.8.2 ค่ามาตรฐานโดยวิธีการสำรวจและวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร

เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของธาตุอาหาร และนำมาเทียบกับค่ามาตรฐานที่ สุมิตรา และคณะ (2546) กำหนดไว้พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันซึ่งความเข้มข้นมาตรฐานของธาตุอาหารแสดงไว้ในตารางที่ 4.5

- เหล็ก : ค่ามาตรฐานคงเดิมคือ 50-150 mg kg⁻¹ เพราะสวนส่วนมากมีความเข้มข้นของเหล็ก อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน โดยในสวนกลุ่มดีและสวนกลุ่มปานกลางพบความเข้มข้นของเหล็ก อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานเท่ากับ 100% ส่วนในสวนกลุ่มไม่ดีมีค่าสูงกว่ามาตรฐานเพียง 18% เมื่อตัดความเข้มข้นของเหล็ก สวน M18 และ M110 ซึ่งมีค่าเหล็กสูงสุด 2 สวนออกไปแล้วจะมีความเข้มข้นใกล้เคียงกันกับความเข้มข้นเดิม

- แมงกานีส : ค่ามาตรฐานคงเดิมคือ 50-250 mg kg⁻¹ เนื่องจากเมื่อพิจารณาความเข้มข้นของแมงกานีสพบว่า สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นอยู่ในระหว่าง 100-250 mg kg⁻¹ ถึงแม้จะพบว่ามีสวนที่สูงกว่าค่ามาตรฐานถึง 9 สวน (30%) แต่ความเข้มข้นระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดแตกต่างกันมาก และสวนที่มีความเข้มข้นสูงมีค่าสูงกว่าสวนอื่นมาก จึงน่าจะเกิดจากการปนเปื้อนจากแมงกานีสที่ฉีดพ่นทางใบ นอกจากนี้ จากการสังเกตด้วยตาเปล่า ยังมีสวนบางแห่งที่มีอาการขาดแมงกานีสและไม่พบอาการเป็นพิษของแมงกานีส น่าจะอยู่ในระหว่าง 50-250 mg kg⁻¹ จากการตรวจสอบเอกสารพบค่ามาตรฐานของแมงกานีส มีค่าค่อนข้างกว้าง เช่น 100-800 mg kg⁻¹ สำหรับถั่วพีแคน (Walworth and Michael, 2002) หรือ 100-500 mg kg⁻¹ สำหรับเสาวรส (Menzel et al., 1993) เป็นต้น

- ทองแดง : ค่ามาตรฐานคงเดิมคือ 5-15 mg kg⁻¹ เมื่อตัดสวน M51 ซึ่งมีค่า ทองแดง สูงสุด (อาจเนื่องจากการฉีดพ่นยาปราบศัตรูพืชที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ) ออกไปแล้ว ก็จะมีค่าเข้มข้นใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานเดิม ถึงแม้ว่าจะมีบางสวนที่มีความเข้มข้นต่ำกว่า 5 mg kg⁻¹ แต่ค่อนข้างน้อย

- สังกะสี : ค่ามาตรฐานคงเดิมคือ 15-35 mg kg⁻¹ เพราะความเข้มข้นส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานที่ สุมิตรา ภู่วโรคม และคณะ (2546) กำหนดไว้ และแนวโน้มของสังกะสีมีค่าค่อนข้าง

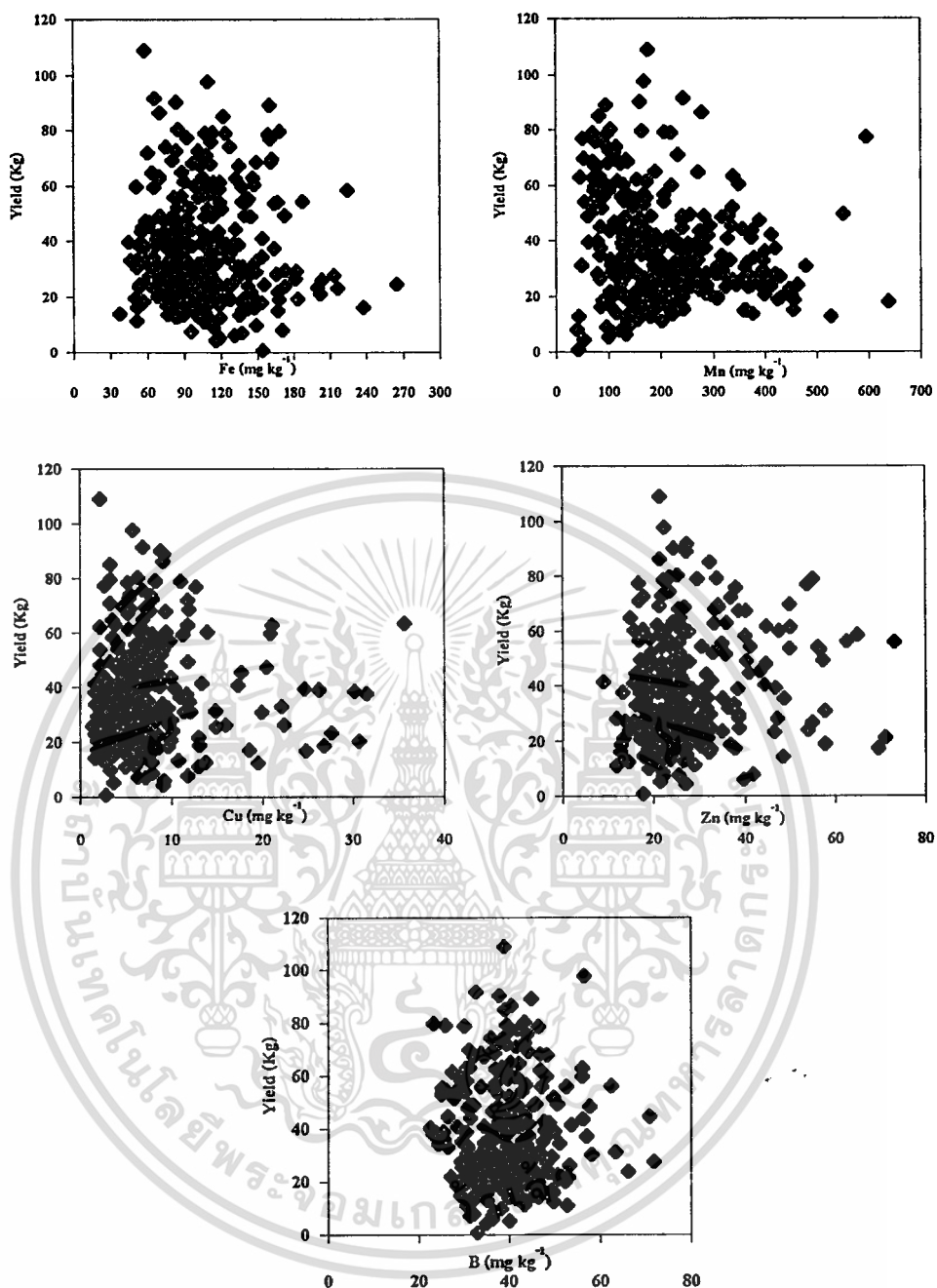
คงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ยกเว้นในช่วงที่มีการใช้ปุ๋ยทางใบ ซึ่งจะพบความเข้มข้นของ สังกะสี ค่อนข้างสูงและผันแปรค่อนข้างมาก

- โบรอน : ค่ามาตรฐานเปลี่ยนเป็น 25-60 mg kg⁻¹ จากเดิม กำหนดไว้ 25-40 mg kg⁻¹ ซึ่งเป็นช่วงที่ค่อนข้างแคบ และพบว่าจากทั้ง 30 สวน ธาตุโบรอนอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน 16 สวน (53%) สูงกว่าค่ามาตรฐานเดิมถึง 14 สวน (47%) และไม่มีสวนที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเลย

ตารางที่ 4.5 ค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับมังคุด (Tentative standards for mangosteen)

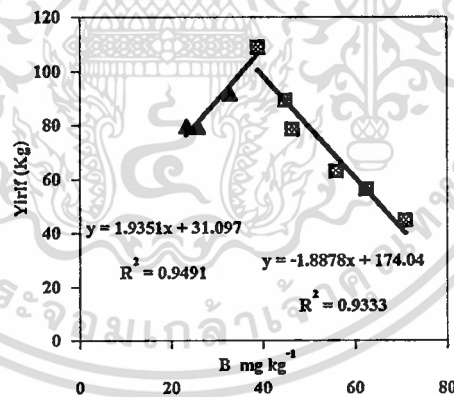
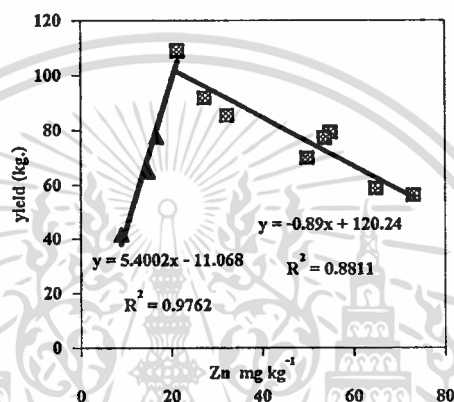
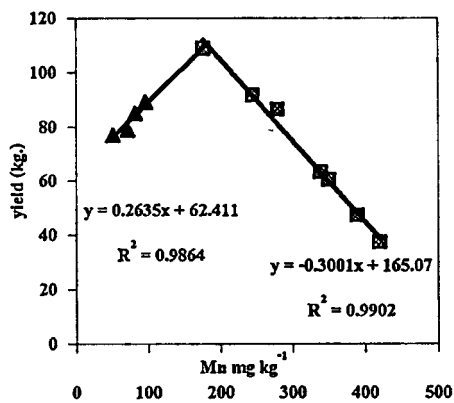
| ธาตุ | ค่ามาตรฐานเดิม ¹ | ค่ามาตรฐาน (จากกราฟธาตุอาหาร กับผลผลิต รูปที่ 4.23) | ค่ามาตรฐาน (ใหม่) |
|------------------------|-----------------------------|--|-------------------|
| Fe mg kg ⁻¹ | 50-150 | - | 50-150 |
| Mn mg kg ⁻¹ | 50-250 | 11-178 | 50-250 |
| Cu mg kg ⁻¹ | 5-15 | - | 5-15 |
| Zn mg kg ⁻¹ | 15-35 | 10-18 | 15-35 |
| B mg kg ⁻¹ | 25-40 | 18-40 | 25-60 |

¹สุมิตรา และคณะ (2546)



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมังคุด (กก.) กับความเข้มข้นของจุลธาตุอาหาร
ในใบมังคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 Boundary line ของความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมันคุด (กก.) กับความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมันคุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหาร

จากผลการทดลองในสวนมังคุดของเกษตรกรจำนวน 30 แห่ง พบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบในสวนที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันดังนี้ แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุเหล็กเพิ่มขึ้นในช่วงแคบ ๆ เมื่อใบมีอายุมากขึ้น โดยสวนส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 8 เดือนหลังจากนั้นมีแนวโน้มลดลง และพบความผันแปรค่อนข้างมากระหว่างสวน ธาตุแมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้นเช่นกัน โดยมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจนถึงอายุ 7 เดือน แต่ความเข้มข้นของแมงกานีสค่อนข้างสูง เนื่องจากดินเป็นกรด ในธาตุทองแดงโดยภาพรวมแล้วมีแนวโน้มลดลง จนถึงอายุประมาณ 8 เดือน หลังจากนั้นมีความเข้มข้นคงที่ และมีความผันแปรระหว่างสวนมาก ธาตุสังกะสีและโบรอนโดยภาพรวมค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง นอกจากนี้ ยังพบว่าธาตุทั้ง 5 ธาตุที่ศึกษามีความผันแปรระหว่างสวนค่อนข้างมาก ซึ่งอาจเกิดจากการปนเปื้อนจากการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบและการใช้สารปราบศัตรูพืชที่มีธาตุผสมอยู่

จากการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหาร ในสวนที่มีการเจริญเติบโตแตกต่างกัน แบ่งเป็นสวนกลุ่มดี กลุ่มปานกลางและกลุ่มไม่ค่อยดี ผลการทดลองปรากฏว่า มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารคล้ายคลึงกันทั้ง 3 กลุ่ม โดยความเข้มข้นของธาตุเหล็กและแมงกานีส ในสวนกลุ่มไม่ดีมีค่ามากกว่าสวนกลุ่มดีและสวนกลุ่มปานกลาง แต่ไม่แตกต่างกันมากนัก และเมื่อนำค่าเฉลี่ยแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นธาตุอาหารในใบมังคุดทั้ง 30 สวน จากข้อมูล 300 ตัวอย่างมาแสดงด้วยเส้น Quadratic พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ค่ามาก แต่เมื่อข้อมูลทั้ง 30 สวน มาหาค่าเฉลี่ยพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) สำหรับธาตุแมงกานีส ทองแดง สังกะสี และโบรอน มีค่ามากกว่า 0.7 ส่วนธาตุเหล็กมีค่าเท่ากับ 0.48

5.2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อนำความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่มีอายุ 8-10 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบมังคุดเพื่อวิเคราะห์ (Poovarodom et al, 2002) มาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่สุมิตรา และคณะ (2546) กำหนดไว้พบว่า สวนส่วนใหญ่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารอยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน โดยมีธาตุอาหารที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานเพียงธาตุเดียว คือธาตุทองแดงเท่ากับ 23% ส่วนธาตุอื่น ๆ มีค่าที่สูงกว่ามาตรฐานทุกธาตุ แต่ธาตุสังกะสีที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนใหญ่

เอกสารนี้จะมาจากการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ ในกรณีของแมงกานีสที่มีความเข้มข้นในใบสูง เนื่องจากดินเป็น
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรดทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้มาก สำหรับธาตุโบรอนส่วนส่วนมากมีความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐาน และเมื่อแยกตามกลุ่มความสมบูรณ์พบว่า กลุ่มสวนคือส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน โดยเฉพาะธาตุเหล็กของสวนกลุ่มดีและปานกลางอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานเท่ากับ 100% ค่ามาตรฐาน จุลธาตุอาหารที่กำหนดขึ้นจากวิธีการสำรวจ และวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหาร ส่วนใหญ่มีค่าคงเดิม (สุมิตรา และคณะ, 2546) มีเพียงโบรอนที่มีความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐานเบื้องต้น จึงปรับปรุงค่ามาตรฐานโบรอนจากจากเดิม 25-40 mg kg⁻¹ เปลี่ยนเป็น 25-60 mg kg⁻¹ สำหรับค่ามาตรฐานธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี มีค่าคงเดิมตามที่กำหนดไว้โดยสุมิตรา และคณะ (2546) ดังนี้ เหล็ก 50-150 mg kg⁻¹ แมงกานีส 50-250 mg kg⁻¹ ทองแดง 5-15 mg kg⁻¹ สังกะสี 15-35 mg kg⁻¹ และโบรอน 25-60 mg kg⁻¹

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบโดยวิธีเส้นขอบเขต (boundary line)

เมื่อนำความเข้มข้นของธาตุอาหารเมื่อใบมีงคุดมีอายุ 8-10 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับผลผลิตทั้ง 30 สวน ปรากฏว่าไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นกับผลผลิต เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่จำกัดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ถึงแม้ความเข้มข้นจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมก็ตามในทางปฏิบัติ จึงนิยามหาความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยม (triangle pattern) ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิตที่สูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งแสดงว่าในกลุ่มข้อมูลบนเส้นขอบเขตนั้นมีความสัมพันธ์ในลักษณะ cause-effect กันโดยตรง เมื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลผลิตสูงสุดและระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นสหสัมพันธ์ (regression line) 2 เส้น ในธาตุแมงกานีส สังกะสี และ โบรอน จุดที่เส้นสหสัมพันธ์ทั้ง 2 ตัดกัน ถือเป็นจุดที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารมีความเหมาะสมที่สุดหรือเรียกกันว่าค่าวิกฤติมาตรฐาน (critical value) ซึ่งสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับของธาตุอาหารกับผลผลิต เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลของผลผลิตแล้ว มีเพียงธาตุโบรอนที่สามารถชี้บ่งช่วงค่ามาตรฐานที่เหมาะสม (sufficiency rang) ของธาตุอาหารได้ ซึ่งช่วงความพอเพียงของธาตุอาหารที่ได้โดยการใช้วิธีเส้นขอบเขตนี้สอดคล้องและใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานเบื้องต้น ส่วนธาตุแมงกานีสและสังกะสีมีช่วงค่ามาตรฐานต่างจากค่ามาตรฐานเบื้องต้นมาก เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุแมงกานีสและสังกะสีมีความผันแปรค่อนข้างมากและความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิตมีน้อย ส่วนธาตุเหล็กและทองแดงไม่พบความสัมพันธ์แบบรูปสามเหลี่ยม จึงไม่กำหนดค่ามาตรฐานโดยวิธีเส้นขอบเขตได้

บรรณานุกรม

- นันทรัตน์ สุกก่าเนติ. 2544. ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของต้นลิ้นจี่. วิชาการเกษตร. 19(2) : 106-113.
- สุมิตรา กุ้วโรคม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสมขม และจिरพงษ์ ประสิทธิ์เขตร. 2544. ความต้องการธาตุอาหารและการแนะนำปุ๋ยในทุเรียน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา กุ้วโรคม นุกูล ถวิลถึง สมพิศ ไม้เรียง พิมล เกษสมขม และจिरพงษ์ ประสิทธิ์เขตร. 2545. การสร้างค่ามาตรฐานอาหารสำหรับทุเรียน : 1. วิธีมาตรฐานธาตุอาหารในการเก็บตัวอย่างใบ.” ว.วิทย์.เกษตร. 33(6) : 269-278.
- สุมิตรา กุ้วโรคม พรทิศา กัญยวงศาหา นุจรี บุญแปลง และปัญญพร เลิศรัตน์. 2546. การกำหนดค่ามาตรฐานอาหารในใบมังคุด. ว.วิทย์.เกษตร. 35(in press).
- สุมิตรา กุ้วโรคม และวิเชียร จาญพจน์. 2546. “การใช้เส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานอาหารสำหรับทุเรียน. ว.วิทย์.เกษตร. 34(1-3) : 51-58.
- โสภภาพรรณ เพชรสุวรรณ. 2532. “อิทธิพลของสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์มังคุด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Allan, S.E. 1971. Chemical analysis of ecological materials. John Wiley and Sons, New York.
- Alonso, F.S. and M. Lachica. 1987. Seasonal trends of calcium and iron fractions in sweet cherry leaves and their relationships. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112(5) : 802-803.
- Bennett, W.F. 1994. Plant Nutrient Utilization and Diagnostic Plant Symptoms. pp 1-7. In W.F. Bennett (ed). Nutrient Deficiencies and Toxicities In Crop Plants. 2nd Printing. Minnesota USA : The American Phytopathological Society, St. Paul.
- Bingham, F.T. 1961. 1961. Seasonal trends in nutrient composition of Hass avocado leave. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 78 : 149-160.
- Bodnar, J.M., J.T.A. Protor, J.E. Laing, and R.A. Cline. 1983. Nutrient change in apple leaves due to the spotted tentiform leaf miner. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5) : 685-688.
- Bould, C., E.G. Bradfield and G.M. Clarke. 1960. Leaf analysis as a guide to the nutrition of fruit crops. I. General principles, sampling techniques and analytical methods. J. Sci. Food Agric. 11 : 229-242.

- Brown, P.H. 1994. Seasonal variations in Fig (*Ficus carica* L.) leaf nutrient concentrations. J. Hort. Sci. 29(8) : 871-873.
- Clark, C.J., G.S. Smith and I.M. Gravett. 1989. Seasonal accumulation of mineral nutrients by Tamarillo. 1. Leaves. Scientia Hort. 40 : 119-131.
- Clark, C.T. and G.S. Smith. 1990. Seasonal changes in the mineral nutrient content of Persimmon leave. Scientia Hort. 42 : 89-97.
- Cresswell, G.C. and R.J. Wickson. 1986. Seasonal variation in the nutrient composition of the foliage of Pecan. Aust. J. Exp. Agric. 26 : 393-397.
- Ding, C.K., Q.F. Chen and T.L. Sun. 1995. Season variations in the contents of nutrient elements in the leaves and the fruits of *Eriobotrya Japonica* L. Acta Horticulturae. 396 : 235-242.
- Edwards, G. and C.J. Asher. 1982. Tolerance of crop and pasture species to manganese toxicity. Proc. Of the 9th International Plant Nutrition Colloq. Common Wealth Agricultural Bureau. p. 145-150.
- Embleton, T.W. W.W. Jones, C.K. Labanauskas and W. Reuter. 1973. Leaf analysis as a diagnostic tool and guide to fertilization. pp. 183-210. In W. Reuter (ed.) (The Citrus Industry. Vol. III. University of California, Berkeley.
- Evanylo, G.K. and M.E. Summer. 1987. Utilization of the boundary line approach in the development of soil nutrient norms for soybean production. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18 : 1397-1401.
- Fallahi, E. and D.R. Rodney. 1992. Tree size, yield, fruit quality, and leaf mineral nutrient concentration of Fairchild mandarin of six rootstocks. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117 : 28-31.
- Francois, L.E. 1986. Effect at excess boron on broccoli, cauliflower, and radish. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 111(4) : 494-498.
- Gaines, T.P. and G.A. Mitechell. 1979. Boron determination in plant tissue by the azomethine-H method. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 108 : 1099-1108.
- Gupton, C.L. and J.M. Spiers. 1996. High Zinc concentrations in the growing medium contribute to chlorosis in blueberry. J. Hort. Sci. 31(6) : 955-956.
- Hanson, E.J. and P.J. Breen. 1985. Effects of fall boron sprays and environmental factors on fruit set and boron accumulation in Italian prune flowers. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110(3) : 389-392.

- Henan, D.P. and L.C. Campbell. 1981. Influence of potassium and manganese on growth and uptake of magnesium by soybeans (*Glycine Max* (L.) Merr. CV. Bragg). *Plant and Soil*. 61 : 447-456.
- Jones, J.B., Jr., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro – Macro Publishing, Georgia, USA. 213 p.
- Jones, J.B., Jr. 1998. *Plant Nutrition Manual*. CRC Press, Boca Raton. 194 p.
- Kenworthy, A.L. 1973. Leaf analysis as an aid in fertilizing orchards. pp. 381-392. *In* L.M. Walsh and J.D. Benton (eds.) *Soil Testing and Plant Analysis*. Rev. ed. SSSA, Madison, WI.
- Keren, R. 1996. Boron. pp.603-626. *In* D.L. Spark (ed.) *Methods of Soil Analysis Part 3 – Chemical Methods*. SSSA, Madison, USA.
- Koo, R.C.J. and T.W. Young. 1977. Effects of age, position and fruiting status on mineral composition of “Tonnage” avocado leaves. *J. Amer. Soc. Hortic. Science*. 102 : 311-313.
- Labanauskas, C.K., T.W. Embleton, S.J. Richards, and F.M. Handy. 1960. Effects of nitrogen and irrigation treatment on the micronutrient concentration in Hass avocado leaves. *California avocado Sci. Year book*. 44 : 97-100.
- Labanauskas, C.K., T.W. Embleton, W.W. Jones, and M.J. Garber. 1961. Seasonal changes in concentrations of zinc, copper, boron, manganese, and iron in Fuerte avocado leaf. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 77 : 173-179.
- Lark, R.M. 1997. An empirical method for describing the joint effects of environmental and other variables on crop yield. *Ann. Appl. Biol.* 131 : 141-159.
- Leece, D.R. 1968. The concept of leaf analysis for fruit trees. *J. Aust. Inst. Agric. Sci.* 34 : 146-153.
- Leece, D.R. and A.R. Gilmour. 1974. Diagnostic leaf analysis for stone fruit. 2. Seasonal change in the leaf composition of peach. *Aust. J. Exp. Agric. Animal Husb.* 114 : 822-827.
- Leece, D.R. and B. van den Ende. 1975. Diagnostic leaf analysis for stone fruit. 6. Apricot. *Aust. J. Exp. Agric. Animal Husb.* 115 : 123-128.
- Lim, T.K., L. Luders and M. Poffley. 1999. Seasonal changes in durian leaf and soil mineral nutrient element content. *J. Plant Nutr.* 22 : 657-667.
- McClung, A.C. and W.L. Lott. 1956. Mineral nutrient composition of peach leaves as affected by leaf age and position and the presence of fruit crop. *Pro Amer. Soc. Hort. Sci.* 67 : 113-120.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า .
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Menzel, C.M., G.F. Haydon, V.J. Doogan, and D.R. Simpson. 1993. New standard leaf nutrient concentrations for passion fruit based on seasonal phenology and leaf composition. *J. Hort. Sci.* 68(2) : 215-229.
- Moraghan, J.T. and T.J. Freeman. 1978. In Fluence of FeEDDHA on growth and manganese accumulatin in Flax. *Soil Sci. Soc Amer. J.* 42 : 455-460.
- Moraghan, J.T. 1979. Toxicity in Flax growing on certain calcareous soil low in available iron. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43 : 1177-1180.
- Neilsen, G.H. 1988. Seasonal variation in leaf zinc concentration of apples receiving dormant zinc. *J. Hort. Sci.* 23(1) : 130-132.
- Neilsen, G. and F. Kappel. 1996. Bing sweet cherry leaf nutrition is affected by Rootstock. *J. Hort. Sci.* 37(7) : 1169-1172.
- Perica, S., P.H. Brown, J.H. cnnell., M.S. Nyomora., C. Dordas and H. Hu. 2001. Foliar boron application improves flower fertility and fruit set of olive. *J. Hort. Sci.* 36(4) : 714-716.
- Poovarodom, S., N. Tawinteung, and P. Ketsayom. 2002. Development of leaf nutrient concentration standards for durian. *Acta Hort.* 594 : 399-404.
- Poovarodom, S. and W. Chatupote, W. 2003. Boundary line approach in specifying durian nutrient standards. *Agri. Sci. J.* 34 : 51-58.
- Poovarodom, S. P. Kanyawongha and N. Boonplang. 2004. Establishment of mangosteen leaf nutrient standards. *Agri. Sci. J.* 35 (In press).
- Reuter, D.J. and J.B. Robinson. 1997. *Plant Analysis: An Interpretation Manual*. 2nd edition. CSIRO Publishing, Australia. 572p.
- Righetti, T.L. , K.L. Wilder. And G.A. Cumming. 1990. Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Orchanrds. *In* Westerman, R.L. (ed) *Soil Testing and Plant Tnalysis*, 3rd. SSSA, Madison, WI.
- Schnug, E., J. Heym and F. Achwan, 1996. Establishing critical values for soil and plant analysis by means of the boundary line development system (Bolides). *Common . Soil Sci. Anal.* 27 : 2739-2748.
- Smith, P.F. 1962. Mineral analysis of plant tissues. *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 13 : 81-108.
- Smith, M.W, B.S. Cheary and B.S. Landgraf. 2001. Manganese deficiency in pecan. *J. Hort. Sci.* 36(6) :1075-1076).
- Tamimi, Y.N. and D.T. Matsuyama. 1999. Distribution of nutrients in cut-flower roses and the quantities of biomass and nutrients removed during harvest. *J. Hort. Sci.* 34(2) : 251-253.

- Wallihan, E.F. and M.P. Miller. 1968. Leaf symptoms of manganese deficiency in avocado trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 93 : 141-144.
- Walworth, J.L., W.S. Letzsch and M.E. Sumner. 1986. Use of boundary lines in establishing diagnostic norms. Soil Sci. Soc. Am. J. 50 : 123-128.
- Walworth, J. and K. Michael. 2002. Pecan leaf tissue nutrient concentration: temporal relationships and preliminary standards. [Online]. Available: <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1303>.
- Webb, R.A. 1972. Use of boundary line in the analysis of biological data. J. Hort. Sci. 47 : 309-319.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาวทองอร่าม งามแสง
วัน เดือน ปีเกิด 12 ธันวาคม 2518 ที่จังหวัดศรีสะเกษ
ประวัติการศึกษา 2540 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้