



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในมังคุด
Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Mangosteen

โดย รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม และคณะ

กันยายน 2547

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในมังคุด
Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Mangosteen

คณะผู้วิจัย

สังกัด

รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม
น.ส.พรทิวา กัญยวงศ์หา
น.ส.นุจรี บุญแปลง
ดร.ชัยวัฒน์ มครเพศ

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สจล.
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี

ชุดโครงการ "ไม้ผลและผลิตภัณฑ์จากผลไม้"

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว.ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

Executive Summary

Project Title: Plant Analysis as an Aid in Fertilizing Mangosteen

Plant analysis especially leaf analysis has become a main guide to nutritional diagnosis and fertilizer recommendations for orchards. In this technique, the nutrient concentrations in a representative leaf sample can reflect the nutritional status of an orchard. However, before plant analysis data can be used as an effective diagnostic tool for growers, the following procedures must be established 1) standardized sampling method which can collect representative samples and be easily followed by growers 2) leaf diagnosis standards. In Thailand, information on leaf analysis for orchards is still at initial stage of development and no information is available for mangosteen. Thus, it is an attempt of this research to establish the standardized sampling method and leaf nutrient diagnosis standards for mangosteen.

Objectives:

1. To establish standardize leaf sampling method for mangosteen.
2. To establish standard concentrations for nutritional diagnosis of mangosteen.
3. To establish a sound diagnosis and fertilizer recommendations program.

Methodology

1. Leaves of 15 representative mangosteen leaves from each three commercial orchards and one experimental plot in Chantaburi province were collected and analysed at monthly interval throughout the 2000/01 growing season to evaluate the effect of leaf position, position on tree canopy, fruiting vs. non-fruiting, and leaf age on nutrient concentrations in mangosteen leaves. Seasonal changes in nutrient concentrations of these leaves were used to establish standard leaf sampling method and tentative nutrient standards for mangosteen.
2. The above four orchards and additional 26 orchards of below average, average and above average were surveyed for nutrient concentration in mangosteen leaves during 2001/02 growing season. The data were used as the tentative nutrient standards established in the first year.
3. The effects of N and K fertilizer applications on leaf nutrient concentrations and yields were carried out to calibrate the leaf diagnosis standards.
4. Preliminary effect of MgSO_4 on mangosteen leaf Mg concentration was tested to verify whether the observed symptom was due to Mg deficiency.

Results

1. A standard leaf sampling method for mangosteen was established as followed : mangosteen leaves should be sampled when they are 8-10 months old.
2. The established nutrient concentration standard ranges for mangosteen are : 1.10-1.40% N, 0.05-0.08% P, 0.6-1.1% K, 1.00–1.40% Ca, 0.12–0.18% Mg, 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 25-45 mg kg⁻¹ B.
3. Leaf nutrient concentrations from above average, average and below average orchards followed similar patterns but above the average orchards trend to have lower leaf Ca and Mg due to higher K in leaves.
4. Applications of various amount of N and K fertilizers did not significantly increase nutrient concentrations and yields of mangosteen during the two years experiment.
5. Application of MgSO₄ to mangosteen where symptom of Mg deficiency existed increased Mg concentrations in leaves over the control treatment. However, leaf Mg increased only slightly after 1,500 g MgSO₄ per tree was applied.

บทคัดย่อ

การใช้ค่าวิเคราะห์ใบพืชเพื่อเป็นแนวทางในการวินิจฉัยอาการขาดธาตุอาหารและการใส่ปุ๋ย ในไม้ผลเริ่มได้รับความนิยมจากเกษตรกรเพิ่มขึ้นในระยะเวลา 2-3 ปีที่ผ่านมา โดยเริ่มต้นจากทุเรียน ซึ่งเป็นไม้ผลเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย ทำให้มีความตื่นตัวในหมู่เกษตรกรที่จะวิเคราะห์ไม้ผลอื่นด้วย อย่างไรก็ตาม ก่อนที่จะสามารถนำค่าวิเคราะห์มาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมียุติมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบ และค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบที่เชื่อถือได้ก่อน การทดลองครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ 1) ให้ได้วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบมังคุด 2) สร้างค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับมังคุด 3) สามารถนำค่ามาตรฐานที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการแนะนำปุ๋ยแก่เกษตรกรได้

ในปีที่ 1 ทำการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดจากสวนเกษตรกร 3 แห่ง และแปลงปลูกมังคุดของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี 1 แปลง แต่ละแห่งเก็บตัวอย่างใบจากมังคุดจำนวน 15 ต้น เดือนละครั้ง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2543 ทำการศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งทิศ และตำแหน่งกิ่งที่อยู่ส่วนกลางและส่วนล่างของลำต้น ตำแหน่งใบ (ใบที่แตกออกมารุ่นปัจจุบันและรุ่นก่อนนั้นประมาณ 4-5 เดือน) และใบที่มาจากกิ่งที่มีผลและไม่มีผล ที่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุ N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B โดยศึกษาตำแหน่งทิศเฉพาะเดือนแรก ส่วนใบที่มาจากกิ่งที่มีผลและไม่มีผล ทำการศึกษาเพียง 2 ส่วนในเดือนกุมภาพันธ์ 2544 มีการติดตามการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุดจนถึงเดือนพฤศจิกายน 2544 ผลการทดลองปรากฏว่า ตำแหน่งทิศ และตำแหน่งกิ่งมีอิทธิพลต่อปริมาณธาตุอาหารในใบมังคุดค่อนข้างน้อย แต่ใบจากกิ่งที่มีผลมีปริมาณ N สูงกว่า แต่มี Ca ต่ำกว่ากิ่งที่ไม่มีผล ส่วนปริมาณธาตุอื่น ๆ ไม่แตกต่างกัน สำหรับอิทธิพลของอายุใบพบว่า เมื่อใบมีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของ P และ K ลดลง แต่ Ca, Fe, Mn และ B เพิ่มขึ้น ส่วน N และ Mg ค่อนข้างคงที่ สำหรับ Cu และ Zn มีความผันแปรค่อนข้างมากตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากเกษตรกรมีการฉีดพ่นจุลธาตุและสารปราบศัตรูพืช อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดเปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยหลังจากที่ใบมีอายุประมาณ 5 เดือน แต่เมื่อพิจารณาความสะดวกของการเก็บตัวอย่างใบเพื่อวิเคราะห์ คณะผู้วิจัยเสนอให้ใช้ใบที่มีอายุ 8-10 เดือนเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบเพื่อวิเคราะห์ธาตุอาหาร วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบมังคุดสำหรับวิเคราะห์คือ เก็บตัวอย่างใบคู่แรกจากยอด (ใบที่ 1) เมื่ออายุประมาณ 8-10 เดือน หรือหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม โดยเก็บจากทุกทิศรอบทรงพุ่ม ทิศละ 1 ใบ ในระดับที่มีมือเอื้อมถึง โดยกำหนดช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารในใบมังคุดเป็นดังนี้ 1.10-1.40% N, 0.05-0.08% P, 0.6-1.1% K, 1.00-1.40% Ca, 0.12-0.18% Mg,

50-150 mg kg⁻¹ Fe, 50-250 mg kg⁻¹ Mn, 5-15 mg kg⁻¹ Cu, 15-35 mg kg⁻¹ Zn และ 25-45 mg kg⁻¹ B

ในปีที่ 2 ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดทั้ง 4 แปลง ต่อจากปีที่ 1 โดยเก็บเฉพาะใบที่แตกออกมาใหม่ในปีที่ 2 ผลการติดตามพบว่า ทั้ง 2 ปีที่เก็บตัวอย่าง ธาตุอาหารในใบมังคุดมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคล้ายกัน และมีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่ใกล้เคียงกัน แต่ความเข้มข้นของ Mg ในใบปีที่ 2 ต่ำกว่าปีที่ 1 จนน่าจะเกิดการขาดแคลนเมื่อพิจารณาข้อมูลของทั้ง 2 ปีแล้ว คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า ไม่มีความจำเป็นต้องปรับปรุงค่ามาตรฐานที่กำหนดเอาไว้ในปีที่ 1 นอกจากนั้น ในปีที่ 2 ยังได้ทำการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดจากสวนเกษตรในจังหวัดจันทบุรีเพิ่มอีก 26 สวน รวมทั้งสิ้นเป็น 30 สวนแต่ละสวนเก็บตัวอย่างใบมังคุด 10 ต้น โดยแบ่งสวนออกเป็น 3 กลุ่มคือ กลุ่มที่มีความสมบูรณ์ของต้นมังคุดดี ปานกลาง และไม่ดี ปรากฏว่า สวนทุกกลุ่มมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารคล้ายกัน และมีความเข้มข้นของธาตุอาหารไม่แตกต่างกันมากนัก ถึงแม้ว่าสวนกลุ่มดี จะมีปริมาณธาตุ Ca และ Mg ต่ำกว่ากลุ่มไม่ดี เนื่องจากการใส่ปุ๋ย K ในอัตราสูงกว่า ทำให้เกิดปฏิบัตินอกกัน (antagonism) ระหว่างธาตุ K, Ca และ Mg แต่ในสวนทุกกลุ่มจะมีความสมดุลของธาตุอาหารแตกต่างกันไป สำหรับธาตุอาหารที่มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน ตามลำดับจากมากไปหาน้อยคือ Mg, Ca, Cu และ K เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารมาหาความสัมพันธ์กับผลผลิตพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ในทางสถิติ ซึ่งเป็นปกติสำหรับไม้ผล แต่เมื่อใช้วิธีเส้นขอบเขต (boundary line) ในการหาความสัมพันธ์พบว่า ธาตุ N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn และ B สามารถแสดงความสัมพันธ์ด้วยเส้นสหสัมพันธ์ 2 เส้น ซึ่งข้อมูลบนเส้นสหสัมพันธ์สามารถใช้ระบุความเข้มข้นของธาตุอาหารในระดับขาดแคลน ต่ำ และเหมาะสม โดยใช้ผลผลิตในช่วง <60, 60-80 และ 80-100% ตามลำดับ ทำให้การแปลผลค่าวิเคราะห์แม่นยำกว่าค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่กำหนดโดยช่วงเวลาธาตุอาหารมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

การทดลองในปีที่ 3 และ 4 (แต่เดิมนั้น มีการวางแผนการทดลองไว้สำหรับปีที่ 3 เพียงปีเดียว แต่เนื่องจากมีข้อผิดพลาดในการใส่ปุ๋ย จึงได้ขยายระยะเวลาการทดลองออกไปอีก 1 ปี) เป็นการศึกษาอิทธิพลของการใส่ปุ๋ย N (1,000, 1,500 และ 2,000 กรัม N/ ต้น) และ K (1,500 และ 2,500 กรัม K₂O/ต้น) ต่อการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารและผลผลิตในใบมังคุด วางแผนการทดลองแบบ factorial in RCBD จำนวน 6 ซ้ำ ผลการทดลองปรากฏว่า การใส่ปุ๋ย N และ K ทุกอัตรามีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ ค่อนข้างน้อย ส่วนผลผลิตนั้น พบว่าในฤดูการแรกที่ศึกษา สวนสองวนมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างตำรับการทดลอง แต่ในฤดูการที่ 2 ผลผลิตไม่แตกต่างกัน และเมื่อนำผลผลิตทั้ง 2 ปีมารวมกัน พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นเดียวกัน ถึงแม้ว่าตำรับการทดลองที่ N2K1 จะให้ผลผลิตรวม 2 ปีสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นถึง 20

กก./ต้นก็ตาม อย่างไรก็ตาม ควรจะต้องมีการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยต่อไปอีก เนื่องจากโดยทั่วไปแล้ว การตอบสนองของไม้ผลต่อปุ๋ยที่ใส่จะค่อนข้างช้า และอาจต้องใช้เวลาหลายปี

ในปีที่ 4 นี้ ได้ทำการศึกษาเบื้องต้นถึงผลของการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต อัตรา 500, 1,000 และ 1,500 กรัม/ต้น ต่อปริมาณธาตุอาหารไนโบมังกุด โดยทำการทดลองเพียง 3 ซ้ำ ในสวน 3 แห่ง ผลการทดลองปรากฏว่า การใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟตทั้ง 3 อัตรา ทำให้ความเข้มข้นของ Mg ในใบเพิ่มขึ้นกว่าต้นมังกุดที่ไม่ใส่ปุ๋ยเพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่าใบมังกุดจะมีอาการขาดแคลน Mg ก็ตาม การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโบในไม้ผลเกิดได้ช้าและอาจต้องใช้เวลาหลายปี

Abstract

In the past 3-4 years, orchard growers in Thailand have become more interested in using leaf and soil analyses as a basis for fertilizer management since the method has been successfully used in durian crops. This leads to a need for other fruit trees leaf analysis. However, before leaf analysis can be used as an effective diagnostic tool, the following procedures or guidelines must be established 1) a standardized sampling method which can collect representative samples and be easily followed by growers 2) reliable leaf diagnosis nutrient standards. However, little information is available on leaf nutrient standards of mangosteen which is native crop to Southeast Asia. Thus, the series of experiments were carried out with the following objectives 1) to establish standardized leaf sampling method which can collect representative leaf sample for mangosteen 2) to establish nutrient standards for nutritional diagnosis of mangosteen 3) to establish a sound diagnosis and fertilizer recommendation program.

In the first year, mineral nutrient concentrations in mangosteen leaves were investigated at three mature orchards and one experimental plot in Chantaburi province. Fifteen uniform and representative mangosteen trees from the individual orchards were sampled at monthly and the concentrations of N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn in their leaves were analyzed. The effects of leaf age on nutrient concentrations were compared by sampling leaves from current flush (2 months old at December 2000) with the previous flush (4-5 months old at December 2000). At the first sampling date, the effects of 4 leaf directions (North, South, East and West) and two branch positions on the tree canopy, lower (1-2 m height) and middle (3-4 m height), on leaf mineral composition were investigated. Thereafter, leaves from all four directions were pooled to create one sample for each tree. The sampling were continued until November 2001. In February 2001, the effect of fruiting vs. non-fruiting on leaf nutrient concentration was evaluated. It was found that the effects of leaf direction and position on tree canopy on leaf nutrient concentrations were relatively small. On the other hand, leaves from the fruiting branch had higher N but lower in Ca than the non-fruiting branch. As leaf mature, concentrations of P, K decreased while the concentrations of Ca, Fe, Mn and B increased. The concentrations of N and Mg were relatively unchanged during the whole sampling

periods. Fluctuations in leaf Cu and Zn were observed during the growing season due to foliar spray. Minimum variations in nutrient concentrations in mangosteen leaves occurred after leaves were five months old. However, considering the practical time for both growers and service laboratories, it is suggested that mangosteen leaves should be sampled for diagnostic purposes when leaves are 8-10 months old, which is usually after fruit harvested during June to August. The data from these four orchards were proposed as tentative nutrient standards for mangosteen. The established ranges of nutrient concentration standards for mangosteen are : 1.10-1.40% N, 0.05-0.08% P, 0.6-1.1% K, 1.00–1.40% Ca, 0.12–0.18% Mg, 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 25-45 mg kg⁻¹ B

In the second year, leaf nutrient concentrations in the above four orchards were sampled and analyzed for another growing season. Seasonal trends and concentrations of nutrient were similar for both seasons except Mg was lower and might be deficient in the second growing season. Thus it was not necessary to modify the tentative nutrient standards proposed during the first year experiment. Additional 26 orchards of below average, average and above average yield were surveyed for nutrient concentrations in mangosteen leaves during 2001/02 growing season. Leaf nutrient concentrations all three orchard categories followed similar pattern but above average orchards trend to have lower leaf Ca and Mg due to higher K in leaves. When the relationship between leaf nutrient concentrations and yields was constructed, no strong, significant relationship was observed which is normal for many fruit trees. However, it was found that boundary line existed in N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn and B. The boundary line of each nutrient could be quantified by fitting 2 linear lines to the data. The low, deficient and optimum yield ranges corresponded to the relative yield of <60%, 60-80% and 80-100%, respectively. The results could be used to improve the efficiency of plant testing because they provided a more precise interpretation and/or narrower range of critical values.

The third year experiment was carried out to determine the effect of fertilizer N (1,000, 1,500 และ 2,000 gN tree⁻¹) and K (1,500 และ 2,500 gK₂O tree⁻¹) on nutrient concentrations and yields of mangosteen. However, applications of fertilizers could not be carried out as original schedule and the experiment was extended for another growing season. It was found that applications of various amounts of N and K fertilizers did not

significantly increase nutrient concentrations and yields of mangosteen during the two years experiment even though yield was significantly different at one orchard during the first growing season.

A preliminary experiment to evaluate the effect of 500, 1,000 and 1,500 g of MgSO_4 application on leaf Mg concentration was carried out with three replications in three orchards. The result indicated that leaf Mg concentration was slightly higher with MgSO_4 application compared to the control.

สารบัญ

	หน้า
Executive Summary	i
บทคัดย่อ	iii
Abstract	vi
สารบัญ	ix
สารบัญตาราง	x
สารบัญรูป	xv
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
การทดลองปีที่ 1	9
อุปกรณ์และวิธีการ	9
ผลการทดลองและวิจารณ์	12
การทดลองปีที่ 2	45
อุปกรณ์และวิธีการ	45
ผลการทดลองและวิจารณ์	47
การทดลองปีที่ 3 และ 4	98
อุปกรณ์และวิธีการ	98
ผลการทดลองและวิจารณ์	100
สรุปผลการทดลอง	148
เอกสารอ้างอิง	150
ภาคผนวก	157

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1a	สมบัติของดินมังกุด สวน M1 (อนุสรณ์ ปรางรัตน์) อ.ขลุง จ.จันทบุรี เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)	14
1b	สมบัติของดินมังกุด สวน M2 (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี) จ.จันทบุรี เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)	15
1c	สมบัติของดินมังกุด สวน M3 (นิรันดร์ ปรางรัตน์) จ.จันทบุรี เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)	16
1d	สมบัติของดินมังกุด สวน M4 (จ่าย ราชนิยม) อ.ขลุง จ.จันทบุรี เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)	17
2a	อิทธิพลของตำแหน่งทิศต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด (สวน M1 ไร่ที่ 1)	18
2b	อิทธิพลของตำแหน่งทิศต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด (สวน M2 ไร่ที่ 1)	18
2c	อิทธิพลของตำแหน่งทิศต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด (สวน M3 ไร่ที่ 1)	19
2d	อิทธิพลของตำแหน่งทิศต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด (สวน M4 ไร่ที่ 1)	19
3a	อิทธิพลของตำแหน่งกึ่งต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด ไร่ที่ 1 (ข้อมูลรวมทุกสวน ค่าเฉลี่ย 10 เดือน)	20
3b	อิทธิพลของตำแหน่งกึ่งต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด ไร่ที่ 2 (ข้อมูลรวมทุกสวน ค่าเฉลี่ย 10 เดือน)	20
4a	ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุดจากกิ่งที่ติดผลและไม่ติดผล (สวนนิรันดร์)	21
4b	ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุดจากกิ่งที่ติดผลและไม่ติดผล (สวนจ่าย)	21
5a	อิทธิพลของอายุใบต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด ฤดูการเจริญ เติบโต 2543/44 (ตำแหน่งไร่ที่ 1 ข้อมูลเฉลี่ย 4 สวน)	26
5b	อิทธิพลของอายุใบต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด ฤดูการเจริญ เติบโต 2543/44 (ตำแหน่งไร่ที่ 2 ข้อมูลเฉลี่ย 4 สวน)	26

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
6	ช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีจำนวนตัวอย่างอยู่ 70% และค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับมังคุด	28
7	ช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของใบมังคุด ข้อมูล 10 เดือน เปรียบเทียบกับข้อมูล 3 เดือน	28
8	ค่ามาตรฐานธาตุอาหารเบื้องต้นสำหรับมังคุด (Tentative nutrient standards for mangosteen)	29
9	ผลผลิตมังคุดทั้ง 4 สวน ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	30
10a	สมบัติของดินมังคุด สวน M1 (อนุสรณ์ ปรางรัตน์) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=15)	48
10b	สมบัติของดินมังคุด สวน M2 (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=15)	49
10c	สมบัติของดินมังคุด สวน M3 (นิรันดร์ ปรางรัตน์) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=10)	50
10d	สมบัติของดินมังคุด สวน M4 (จ่าย ราชนิยม) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=15)	51
11	ความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ย (mean) และพิสัย (range) ของธาตุอาหารในใบมังคุด อายุ 8-10 เดือน ของสวนกลุ่มดี กลุ่มปานกลาง และ กลุ่มไม่ดี ของสวนมังคุด 30 สวน	61
12	จำนวนสวนที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารจัดอยู่ในช่วงต่ำกว่ามาตรฐาน (low) อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน (optimum) และสูงกว่าค่ามาตรฐาน (high)	62
13	ผลผลิตมังคุดจากสวน 30 สวน ฤดูกาลเจริญเติบโต 2544/45	63
14	ช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่ได้จากการกำหนดโดยใช้วิธีเส้นขอบเขตเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหารของมังคุด	65
15a	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2545) (n=6)	105
15b	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ของสวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2545) (n=6)	106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
15c	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 40-60 ซม. ของสวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุ้ง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2545) (n=6)	107
16a	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุ้ง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	108
16b	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ของสวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุ้ง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	109
16c	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 40-60 ซม. ของสวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุ้ง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	110
17	ECEC และ %AI saturation ของดินมังกุด สวน M14 คุณนิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุ้ง จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	111
18a	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสวน M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2545) (n=6)	112
18b	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ของสวน M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2545) (n=6)	113
18c	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 40-60 ซม. ของสวน M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2545) (n=6)	114
19a	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสวน M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	115
19b	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ของสวน M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	116
19c	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 40-60 ซม. ของสวน M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	117
20	ECEC และ %AI saturation ของดินสวนมังกุด M51 คุณสงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี (พฤศจิกายน 2546) (n=6)	118
21a	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี (มิถุนายน 2546) (n=7)	119
21b	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี (มิถุนายน 2546) (n=7)	120

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
21c	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 40-60 ซม. ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี (มิถุนายน 2546) (n=7)	121
22	ECEC และ %Al saturation ของดินสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี (มิถุนายน 2546) (n=7)	122
23	ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกด์ที่มีอายุ 8-10 เดือน ของสวนนิพนธ์ (M14) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ฤดูแล้งปี 2545/46 และ 2546/47	129
24	ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกด์ที่มีอายุ 8-10 เดือน ของสวนสงวน (M51) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ฤดูแล้งปี 2545/46 และ 2546/47	130
25	ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกด์ที่มีอายุ 8-10 เดือน ของสถาบัน เทคโนโลยีราชมงคล (RIT) เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ฤดูแล้งปี 2546/47	131
26	จำนวนผลและผลผลิตมังคุดของสวนนิพนธ์ (M14) ฤดูแล้งปี 2545/46 และ 2546/47	132
27	จำนวนผลและผลผลิตมังคุดของสวนสงวน (M51) ฤดูแล้งปี 2545/46 และ 2546/47	133
28	จำนวนผลและผลผลิตมังคุดของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล (RIT) ฤดูแล้งปี 2546/47	133
29	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของแปลง RIT สถาบันเทคโนโลยี- ราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี จ.จันทบุรี (ทดสอบ $MgSO_4$ ทางดิน) (กันยายน 2546) (n=3)	136
30	ECEC และ %Al saturation ของแปลง RIT สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี จ.จันทบุรี (ทดสอบ $MgSO_4$ ทางดิน) (กันยายน 2546) (n=3)	136
31	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสวนพิชญ์ ปากพลวง จ.จันทบุรี (ทดสอบ $MgSO_4$ ทางดิน) (กันยายน 2546) (n=3)	137

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
32	ECEC และ %Al saturation ของสวนพืชผัก ปากพลวง จ.จันทบุรี (ทดสอบ MgSO_4 ทางดิน) (กันยายน 2546) (n=3)	137
33	สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ของสวนส้มิตร ท่าหลวง จ.จันทบุรี (ทดสอบ MgSO_4 ทางดิน) (กันยายน 2546) (n=3)	138
34	ECEC และ %Al saturation ของดินสวนส้มิตร ท่าหลวง จ.จันทบุรี (ทดสอบ MgSO_4 ทางดิน) (กันยายน 2546) (n=3)	138
35	ความเข้มข้นของ Mg ในใบมังคุดที่อายุใบต่าง ๆ (แปลง RIT)	139
36	ความเข้มข้นของ Mg ในใบมังคุดที่อายุใบต่าง ๆ (สวนพืชผัก)	139
37	ความเข้มข้นของ Mg ในใบมังคุดที่อายุใบต่าง ๆ (สวนส้มิตร)	140

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1 การใช้เส้นขอบเขตในการกำหนดระดับความเพียงพอของธาตุอาหาร a) ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของข้าวโพดกับ P จำนวน 8,000 ตัวอย่าง (Walwort et al., 1986) b) ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของ sweet cherry กับ Ca จำนวน 113 ตัวอย่าง	7
2 ตำแหน่งของใบมังคุดที่เก็บตัวอย่าง	10
3a ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดจากทิศทั้ง 4 ของทรงพุ่ม (ใบที่ 1) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	31
3b ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดจากทิศทั้ง 4 ของทรงพุ่ม (ใบที่ 2) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	32
4a ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบน และส่วนล่างของลำต้น (สวน M1 : อนุสรณ์) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	33
4b ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบน และส่วนล่างของลำต้น (สวน M2 : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	34
4c ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบน และส่วนล่างของลำต้น (สวน M3 : นิรันดร์) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	35
4d ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบน และส่วนล่างของลำต้น (สวน M4 : จำย) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	36
5a แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบมังคุด จาก 4 สวน (ใบที่1) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	37
5b แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบมังคุด จาก 4 สวน (ใบที่2) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44	39
6 การแจกกระจาย (distribution) ของธาตุอาหารในใบมังคุด [ข้อมูลรวม 4 สวน 10 เดือน (ธ.ค.43-ก.ย.44)]	41
7 การแจกกระจาย (distribution) ของธาตุอาหารในใบมังคุด [ข้อมูลรวม 4 สวน 3 เดือน (มิ.ย.44-ส.ค.44)]	43
8a การกระจายความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินมังคุด จากสวนเกษตรกร 30 สวน (ความลึก 0-20 เซนติเมตร) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2544/45	66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
8b การกระจายความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินมังคุดจากสวนเกษตรกร 30 สวน (ความลึก 20-40 เซนติเมตร) การเจริญเติบโต 2544/45	71
8c การกระจายความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินมังคุดจากสวนเกษตรกร 30 สวน (ความลึก 40-60 เซนติเมตร) การเจริญเติบโต 2544/45	76
9 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุดตำแหน่งใบที่ 1 ระหว่าง 4 สวน ปีที่ 1 และ 2 การเจริญเติบโต 2543/44 และ 2544/45	81
10 เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดเฉลี่ย ระหว่าง ปีที่ 1 และ 2 การเจริญเติบโต 2543/44 และ 2544/45	85
11a เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุด (สวนกลุ่มดี) การเจริญเติบโต 2544/45	87
11b เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุด (สวนกลุ่มปานกลาง) การเจริญเติบโต 2544/45	89
11c เปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุด (สวนกลุ่มไม่ดี) การเจริญเติบโต 2544/45	91
12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุ Fe และ Mn (a), Mg และ Mn (b) และเมื่อนำเฉพาะส่วนของ boundary line มาหาความสัมพันธ์ (c และ d) การเจริญเติบโต 2544/45	93
13 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดเฉลี่ย 30 สวน โดยใช้สมการ Quadratic การเจริญเติบโต 2544/45	94
14 ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมังคุด (กก.) กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด การเจริญเติบโต 2544/45	96
15 Boundary line ของความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตมังคุด (กก.) กับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด	97
16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุด M14 นิพนธ์ สมพันธ์ อ.ขลุ้ง จ.จันทบุรี การเจริญเติบโต 2545/46 และ 2546/47	141
17 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุด M51 สงวน บุญญฤทธิ์ อ.มะขาม จ.จันทบุรี การเจริญเติบโต 2545/46 และ 2546/47	143

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
18 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารไนโตรเจนในใบมังคุด RIT สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี จ.จันทบุรี ฤดูกาลเจริญเติบโต 2546/47	145
19 อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อผลผลิต (กก.) ของสวน M14 นิพนธ์ สมพันธ์ (a) และ สวน M51 สวน บุญญฤทธิ์ (b) และ RIT สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตจันทบุรี (c)	147

คำนำ

ในการทำสวนไม้ผลค่าใช้จ่ายมากกว่า 25% เป็นค่าปุ๋ย แต่การแนะนำการให้ปุ๋ยสำหรับไม้ผลและดินทุกชนิดของไทยยังคงใช้สูตรเดียวกัน ทำให้การให้ปุ๋ยไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร เนื่องจากไม้ผลแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารแตกต่างกัน นอกจากนั้น ดินแต่ละชนิดยังมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันด้วย ดินที่ปลูกไม้ผลเป็นการค้ามานาน มักมีการสะสมธาตุอาหารแตกต่างกับดินที่ยังไม่เคยทำการเกษตรมาก่อน ด้วยเหตุนี้ เกษตรกรที่ทำสวนในปัจจุบันจึงต้องใช้ประสบการณ์ของตนเอง แสวงหาความรู้ด้านการให้ปุ๋ยจากตัวแทนจำหน่าย หรืออาศัยคำบอกเล่าของเพื่อนบ้าน ที่อาจมีสภาพดินแตกต่างกัน ทำให้เกษตรกรจำนวนมากยังคงให้ปุ๋ยอย่างไม่ถูกต้อง ยังผลให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น เช่น ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตราสูงทั้งที่ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสมากอยู่แล้ว ส่งผลให้เกิดการขาดแคลนจุลธาตุอาหาร เช่น Zn (สุมิตราและคณะ 2545a,b) ผลที่ตามมาคือ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไม่ดีเท่าที่ควร นอกจากนั้น ยังทำลายสภาพแวดล้อมจากการชะล้างของปุ๋ยสู่แหล่งน้ำอีกด้วย

การทำสวนไม้ผลในต่างประเทศ ไม่ว่าจะเป็นยุโรป สหรัฐอเมริกา ออสเตรเลีย หรือแม้กระทั่งไต้หวันและฟิลิปปินส์ ได้มีการนำวิธีวิเคราะห์พืช โดยเฉพาะการวิเคราะห์ใบพืช (leaf analysis) มาใช้เพื่อประเมินระดับธาตุอาหารและเป็นแนวทางการใส่ปุ๋ยในไม้ผลมานานแล้ว (Kenworthy, 1973; Leece, 1976; Magat, 1996; Chang et al., 1996) สำหรับประเทศไทย ได้มีการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับทุเรียนเพื่อใช้เป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ย (สุมิตรา และคณะ 2544; 2545a, b; Poovarodom et al., 2001, 2002) และได้รับความสนใจจากเกษตรกรในการส่งตัวอย่างมาวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยมากขึ้นทุกปี

หลักการสำคัญของการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบพืช เพื่อประเมินระดับธาตุอาหารและเป็นแนวทางสำหรับการแนะนำปุ๋ยสำหรับไม้ผลคือ ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืชที่เป็นตัวแทน จะสามารถบอกให้รู้ถึง สถานะของธาตุอาหารของสวนไม้ผลนั้น ๆ สำหรับการวิเคราะห์ดินพบว่าไม่ค่อยมีประโยชน์มากนักในการแนะนำปุ๋ย เพราะการให้ปุ๋ยในสวนไม้ผล มักไม่กระจายอย่างสม่ำเสมอ และระบบรากของไม้ผลค่อนข้างลึก การเก็บตัวอย่างดินเพื่อจะให้ได้ตัวแทนที่ดีทำได้ยาก นอกจากนั้น สถานะของธาตุอาหารในไม้ผลยังเป็นผลรวมของการจัดการด้านต่าง ๆ ของสวนนั้น เช่น ความชุ่มชื้นและการให้น้ำ ตลอดจนการปฏิบัติดูแลต่าง ๆ ภายในสวนไม้ผล ดังนั้น จึงไม่นิยมใช้ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการแนะนำปุ๋ยในไม้ผล แต่นิยมใช้ค่าวิเคราะห์ดินเป็นแนวทางในการปรับปรุงดินเพื่อให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Chang et al., 1996; Leece, 1976)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชสำหรับประเมินระดับธาตุอาหาร และเป็นแนวทางสำหรับการใส่ปุ๋ยให้กับพืช มีหลายวิธี วิธีที่ได้รับความนิยมแพร่หลายได้แก่ วิธีเทียบค่าวิเคราะห์กับค่าวิกฤตมาตรฐาน (critical value) หรือ ค่าวิเคราะห์มาตรฐาน (diagnosis standard or sufficiency range) ซึ่งกำหนดว่า หากระดับธาตุอาหารในพืชมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน แสดงว่า การเจริญเติบโตของพืชจะเริ่มหยุดชะงักและมีผลกระทบต่อผลผลิต ซึ่งค่าวิเคราะห์มาตรฐานนี้จะแตกต่างกันออกไปในพืชแต่ละชนิด การที่จะใช้ค่าวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในพืชเพื่อเป็นแนวทางในการแนะนำปุ๋ยให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะต้องประกอบด้วยปัจจัยสำคัญ 2 ประการคือ

1) มีวิธีการมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างที่ดี การเก็บตัวอย่างพืชเพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร สำหรับไม้ผลจะต้องกำหนดไว้เป็นการเฉพาะว่าจะต้องเก็บส่วนใด เช่นเป็นใบหรือเป็นก้านใบ และถ้าเป็นใบต้องเป็นใบที่เท่าใด อยู่ในส่วนไหนของลำต้น เป็นกิ่งที่ติดผลหรือไม่ติดผล และต้องมีอายุเท่าใด ทั้งนี้เนื่องจาก ในไม้ผล ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบจะแตกต่างกันออกไป ขึ้นกับอายุและตำแหน่งของใบที่เก็บมาวิเคราะห์ ดังนั้น การเก็บตัวอย่างพืชจะต้องเป็นไปตามที่กำหนดไว้โดยค่ามาตรฐานเหล่านั้น (Embleton et al., 1973)

2) การสร้างค่ามาตรฐานที่มีความแม่นยำสูง ซึ่งการศึกษาการตอบสนองต่อปุ๋ยในไม้ผลต้องใช้เวลานาน การสร้างค่ามาตรฐานที่แม่นยำจากการทดลองทำได้ยาก ใช้เวลานานและสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้น จึงนิยมใช้การสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบพืชจากสวนที่มีการเจริญเติบโตดี เป็นตัวประกอบในการกำหนดค่ามาตรฐานเบื้องต้น

ค่าการวิเคราะห์พืชที่ได้จากการเก็บตัวอย่างที่ดีและมีมาตรฐาน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์มาตรฐานแล้ว จะทำให้ทราบว่าพืชมีระดับธาตุอาหารเพียงพอต่อความต้องการหรือไม่ ถ้าระดับธาตุอาหารตัวใดสูงหรือต่ำเกินไป ก็สามารถเพิ่มหรือลดปุ๋ยตามต้องการ

มังคุดเป็นราชินีแห่งผลไม้ มีอนาคตการส่งออกดี เนื่องจากมีรสชาติเป็นที่ยอมรับของต่างประเทศโดยเฉพาะ ฮองกง ญี่ปุ่น และประเทศในทวีปยุโรป (Yaacob and Tindall, 1995) ในปี 2541 พื้นที่ปลูกมังคุดของไทยมีประมาณ 218,000 ไร่ (ข้อมูลกรมส่งเสริมการเกษตร) และมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต การปลูกมังคุดมีทั้งในภาคตะวันออกและภาคใต้ของประเทศ จังหวัดที่มีพื้นที่ปลูกมังคุดมากที่สุดของประเทศไทยคือ ชุมพร รองลงมาได้แก่ จังหวัดจันทบุรี ผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ของมังคุดของจังหวัดจันทบุรี ตั้งแต่ปี 2535-2541 ประมาณ 727-1,403 กก./ไร่ การศึกษาเกี่ยวกับการใส่ปุ๋ยในมังคุดมีค่อนข้างจำกัด เนื่องจากแต่เดิมนั้น ชาวสวนนิยมปลูกมังคุดแซมในสวนทุเรียน การใส่ปุ๋ยจึงเป็นไปในลักษณะเดียวกับการใส่ปุ๋ยในทุเรียน อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาลักษณะต้นและผลมังคุดกับทุเรียนแล้ว จะพบว่ามีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก การใส่ปุ๋ยชนิดเดียวกันในพืชทั้ง 2 ชนิด จึงไม่น่าจะถูกต้องหรือไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องศึกษาเพื่อหาแนวทางในการให้ปุ๋ยในมังคุดอย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบมังคุด เพื่อประเมินระดับธาตุอาหาร
2. เพื่อให้ได้ค่าวิเคราะห์มาตรฐานในใบมังคุด เพื่อประเมินความสมบูรณ์ของต้น
3. เพื่อให้ได้แนวทางการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพจากผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบ

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของมังคุด

ใบมังคุดเป็นใบเดี่ยว ขนาดใหญ่ มีลักษณะเป็นแบบยาวรีรูปไข่ มังคุดแตกใบอ่อน 1-2 ครั้ง ต่อปี ครั้งละ 1 คู่ เป็นแบบ opposite ระยะที่ใบเริ่มแทงออกมาจากตาใบจนแผ่นใบมีขนาดเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน (สายัณห์ และคณะ 2538) ใบมังคุดมีอายุยาวนานหลายปีก่อนจะร่วง (Yaacob and Tindall, 1995) โดยทั่วไปแล้ว มังคุดในภาคตะวันออกเฉียงของไทย จะแตกใบอ่อนรุ่นแรกประมาณเดือนกันยายน-ตุลาคม และรุ่นที่ 2 จะแตกใบอ่อนประมาณเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์

ดอกมังคุดส่วนใหญ่เป็นดอกเดี่ยว (solitary flower) บางครั้งอาจเป็นดอกคู่ (paired flower) มังคุดที่พร้อมสำหรับการออกดอกจะต้องมีใบแก่พร้อมกันทั่วต้น โดยใบจะต้องมีอายุ 9-12 สัปดาห์ก่อนที่จะกระทบสภาวะแวดล้อมที่ชักนำให้ออกดอก ระยะเวลาที่ใช้ในการพัฒนาผลประมาณ 12-14 สัปดาห์หลังดอกบาน

การใช้ค่าวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยในไม้ผล

การศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยในประเทศไทย เริ่มต้นเมื่อไม่นานมานี้ สุมิตรา และคณะ (2544, 2545a,b; Poovarodom et al., 2001, 2002) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยในทุเรียน และได้กำหนดวิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างใบทุเรียนเพื่อการวิเคราะห์ และได้ค่ามาตรฐานธาตุอาหาร (standard concentration) สำหรับทุเรียน ทำให้มีผู้สนใจส่งตัวอย่างใบและตัวอย่างดินมาวิเคราะห์เพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยมากขึ้น นอกจากนั้น ยังมีการศึกษาเพื่อใช้แนวทางการวิเคราะห์พืชเพื่อใส่ปุ๋ยในไม้ผลอื่น เช่น ลิ้นจี่ (นันทรัตน์ 2545; อรุณศิริ และคณะ 2546) และ ลำไย (ยุทธนาและคณะ 2544)

การใส่ปุ๋ยในมังคุดทั้งในภาคตะวันออกเฉียงและภาคใต้ของไทย จะคล้ายกับการใส่ปุ๋ยในทุเรียน แต่จะใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่า กล่าวคือ ในระยะแรกหลังการเก็บเกี่ยวจะใส่ปุ๋ยสูตรเสมอ เช่น 15-15-15 ก่อนมังคุดออกดอกจะใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 และในช่วงพัฒนาผลอาจจะใส่ปุ๋ยสูตร 12-12-17 (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี 2536; สายัณห์ 2536; พิชัย 2537) ในประเทศมาเลเซีย การใส่ปุ๋ยในมังคุดจะคล้ายคลึงกับการใส่ปุ๋ยในประเทศไทย ส่วนในประเทศจีน จะให้ปุ๋ยไนโตรเจน 3 ครั้ง ๆ ละ 0.25 กก./ต้น และ P_2O_5 จำนวน 0.5 กก./ต้น หลังการเก็บผล (Yaacob and Tindall, 1995)

ไม้ผลหรือไม้ยืนต้นเป็นพืชที่มีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการใช้ค่าวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ย เนื่องจากมีอายุยืนนานหลายปี นอกจากนั้น ยังสามารถวางแผนการจัดการธาตุอาหารในระยะยาวได้ด้วย วิธีการใช้ค่าวิเคราะห์พืชจึงได้รับความนิยมแพร่หลาย ปัจจัยที่สำคัญในการจัดการธาตุอาหารในไม้ผลคือ ต้องวางแผนให้พืชเจริญเติบโตสมบูรณ์อย่างต่อเนื่อง ไม่ใช้การจัดการธาตุอาหารเมื่อพืชแสดงอาการขาด เนื่องจากในไม้ผล ธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในลำต้นหรือกิ่ง

ก้าน (stored nutrient pools) มีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ธาตุ N ซึ่งมีการหมุนเวียนนำกลับ (recycle) มาใช้ในปริมาณมาก (Weinbaum et al., 1984) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่อธิบายว่ากว่าพืชจะแสดงอาการขาด หรือชะงักการเจริญเติบโต อาจต้องดวนการใส่ปุ๋ยเป็นเวลาหลายปี (Kenworthy, 1973; Smith 1962) นอกจากการใช้ค่าวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยแล้ว การวิเคราะห์พืชยังมีประโยชน์หลายประการคือ 1) ช่วยวินิจฉัยหรือยืนยันข้อวินิจฉัยที่มองเห็นด้วยตาเปล่า เช่น อาการผิดปกติของใบลักษณะต่าง ๆ 2) ช่วยบ่งชี้ปัญหาที่อาจมองไม่เห็น (hidden trouble) ธาตุอาหารหลายชนิดอาจยังไม่แสดงอาการขาดให้เห็นชัดเจน แต่พืชอาจไม่แข็งแรงและให้ผลผลิตลดลง การวิเคราะห์พืชจะช่วยในการบ่งชี้ปัญหาเหล่านี้ก่อนอาการที่เกิดขึ้นจะรุนแรงจนกระทบต่อผลผลิต 3) ช่วยให้ทราบว่าธาตุอาหารที่ใส่ลงไปดินพืชสามารถดูดไปใช้ได้หรือไม่ เนื่องจากอาจมีปฏิสัมพันธ์ต่าง ๆ ในดิน หรือมีปัจจัยบางอย่างขัดขวางการดูดธาตุอาหารพืช ทำให้พืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารในดินไปใช้ได้ 4) ช่วยให้เข้าใจปฏิสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหาร ทั้งในส่วนที่เป็นแบบเอื้ออำนวยกัน (synergism) และเกิดปฏิปักษ์ต่อกัน (antagonism) ระหว่างธาตุอาหาร

การที่จะใช้ค่าวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยจะต้องประกอบด้วย 2 ปัจจัยคือ วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างที่ดีและมีความมาตรฐานที่มีความแม่นยำสูง โดยใบที่เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ส่วนใหญ่จะเป็นใบที่เจริญเติบโตเต็มที่แล้ว และมีช่วงอายุที่เหมาะสมสำหรับเก็บตัวอย่างประมาณ 4-7 เดือน เช่น ส้ม (สหรัฐอเมริกา) อายุ 5-7 เดือน (Embleton et al., 1973) ใต้หวันอายุ 5-6 เดือน (Chang et al., 1996) อโวคาโดอายุ 5-7 เดือน (Koo and Young, 1977) ลิ้นจี่ (อินเดีย) อายุ 6-7 เดือน (Kotur and Singh, 1993) และทุเรียนอายุ 5-7 เดือน (สุมิตรา และคณะ 2545a) เป็นต้น สำหรับวิธีการเก็บตัวอย่างนั้น ถึงแม้ว่าใบจากทิศทั้ง 4 รอบทรงพุ่มจะมีความแตกต่างกันบ้างในธาตุอาหารบางชนิด ส่วนใหญ่จะแนะนำให้เก็บตัวอย่างใบจากทุกทิศรอบทรงพุ่ม (สุมิตรา และคณะ 2545a; Reuter and Robinson, 1986; Marchal, 1987) อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก ใบที่มาจากกิ่งที่มีผลและไม่มีผลจะมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกันค่อนข้างมาก ดังนั้นในพืชหลายชนิด เช่น ส้ม และฝรั่ง แนะนำให้เก็บใบจากกิ่งที่ไม่มีผลเพื่อการวิเคราะห์ (Embleton et al., 1973; Chang et al., 1996; Chaudahary et al., 1989)

การกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารในไม้ผล

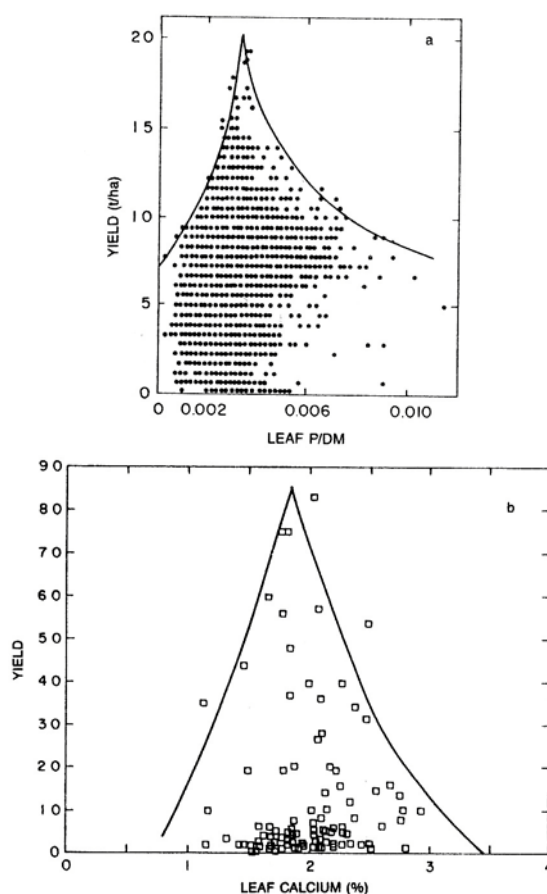
โดยทั่วไปแล้ว การกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารเพื่อใช้เป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยในไม้ผล มักใช้ข้อมูลจากการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนที่ให้ผลผลิตดี โดยใช้ความเข้มข้นธาตุอาหารในช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดในฤดูกาล โดยตั้งสมมติฐานว่าส่วนเหล่านี้มีธาตุอาหารในปริมาณและสัดส่วนที่เหมาะสม แล้วสร้างค่ามาตรฐานเบื้องต้น (tentative standards or sufficiency range) ขึ้นมา อย่างไรก็ตาม วิธีนี้แม้จะได้รับความนิยมแพร่หลาย (Reuter and Robinson, 1986) แต่ก็ยังมีข้อจำกัดเช่นกัน เนื่องจากค่ามาตรฐานที่ได้จากวิธีนี้อาจรวมเอาความเข้มข้น

ชั้นของธาตุอาหารในช่วงบริโภคฟุ่มเฟือย (luxury consumption) ของสวนที่ให้ผลผลิตดีเข้ามาด้วย (Righetti et al., 1990) จึงได้มีความพยายามที่จะหาวิธีกำหนดความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่น มาใช้ในการปรับปรุงความเข้มข้นธาตุอาหารให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น ซึ่งวิธีหนึ่งที่ได้รับคือนิยามคือ วิธีใช้เส้นขอบเขต (boundary line) (Walworth et al., 1986; Righetti et al., 1990)

การใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหาร

เมื่อใช้ข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารจากการสำรวจสวนที่ให้ผลผลิตดีมาหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารกับการเจริญเติบโต ผลผลิต หรือคุณภาพของผลผลิต จะไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ (strong significant relationships) Walworth et al. (1986) ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของธาตุ P ของข้าวโพดจำนวน 8,000 ตัวอย่าง ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1a จากรูปจะพบว่า เมื่อหาความสัมพันธ์ตามวิธีการทางสถิติทั่วไป จะไม่พบความสัมพันธ์ที่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาจากรูปจะพบว่า ตัวอย่างที่ให้ผลผลิตสูง (>12 ตันต่อเอเคอร์) ความเข้มข้นของ P จะอยู่ในช่วงแคบ ๆ เท่านั้น ตัวอย่างที่มี P สูงหรือต่ำกว่านั้น ไม่มีโอกาสที่จะมีผลผลิตสูง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าจะมีธาตุอาหารอยู่ในระดับที่เหมาะสมแล้วก็ตาม ในหลายโอกาส พืชก็ไม่สามารถให้ผลผลิตสูง ทั้งนี้เนื่องจากมีปัจจัยอื่นนอกเหนือจากธาตุอาหารที่เป็นตัวจำกัดการเจริญเติบโต หรือผลผลิตของพืช เช่น โรค แมลง ปริมาณความชื้นในดิน หรือสภาพภูมิอากาศ ซึ่งเป็นปัจจัยที่กำหนดผลผลิตของพืชได้เช่นกัน ปัจจัยเหล่านี้จะมีผลต่อความสัมพันธ์ในทางสถิติที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงมักมองหาความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นสามเหลี่ยม (triangular pattern) Righetti et al. (1990) ใช้วิธีเส้นขอบเขตในการศึกษาความสัมพันธ์ของธาตุ Ca และผลผลิตของเชอร์รี่หวาน (รูปที่ 1b) ถึงแม้จะมีข้อมูลน้อยกว่าของ Walworth et al. (1986) มาก แต่ก็พบความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยมเช่นกัน จากรูปจะพบว่า ถ้าความเข้มข้นของ Ca ต่ำกว่า 1.1% หรือสูงกว่า 2.5% เชอร์รี่หวานไม่มีโอกาสที่จะให้ผลผลิตสูง

แนวคิดของวิธีเส้นขอบเขต (boundary line) ถือว่าเมื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับธาตุอาหารที่กำหนดและผลผลิตหรือการเจริญเติบโตของพืชจากตัวอย่างประชากรจำนวนมาก กลุ่มข้อมูลของผลผลิตสูงสุดในแต่ละระดับของธาตุอาหาร จะอยู่บนเส้นบริเวณกรอบด้านนอกสุดหรือเส้นขอบเขตของค่าความสัมพันธ์ดังกล่าวเมื่อปัจจัยอื่นอยู่ในระดับที่เหมาะสม (รูปที่ 1) ส่วนข้อมูลผลผลิตที่ต่ำลงมาได้เส้นขอบเขตในระดับธาตุอาหารเดียวกันนั้น เนื่องจากมีปัจจัยอื่นเป็นตัวจำกัดการให้ผลผลิต ไม่ใช่สาเหตุจากการขาดธาตุอาหารที่ศึกษา (Webb, 1972; Evanylo and Sumner, 1987; Schnug et al., 1996; Lark, 1997) นอกจากนี้ ในกรณีที่ปัจจัยธาตุอาหารที่กำหนดมีอิทธิพลต่อระดับผลผลิตโดยตรง โดยปัจจัยอื่นอยู่ในสภาพเหมาะสม จะสามารถพบเส้นขอบเขตในลักษณะที่เป็นรูปสามเหลี่ยม (triangle pattern) ได้ (Webb, 1972; Lark, 1997). Walworth et al. (1986)



รูปที่ 1 การใช้เส้นขอบเขตในการกำหนดระดับความเพียงพอของธาตุอาหาร a) ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของข้าวโพดกับ P จำนวน 8,000 ตัวอย่าง (Walwort et al., 1986) b) ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตของ sweet cherry กับ Ca จำนวน 113 ตัวอย่าง (Righetti et al., 1990)

และ Evanylo and Sumner (1987) ประสบความสำเร็จในการใช้วิธีเส้นขอบเขตในการกำหนดช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับพืชไร่ ในขณะที่ Righetti et al. (1990) ใช้วิธีเส้นขอบเขตในการตรวจสอบความถูกต้องของช่วงค่าวิกฤตธาตุอาหาร (critical range) ในไม้ผลเขตหนาวหลายชนิด

สุมิตรและวิเชียร (2546) ใช้ข้อมูลจากสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบทุเรียนจำนวน 300 ตัวอย่าง นำมาหาความสัมพันธ์ผลผลิตทุเรียน ปรากฏว่า ความเข้มข้นของธาตุ N, P, K, Ca, Ca/K และ Zn มีความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยม (triangle pattern) ซึ่งแสดงว่า กลุ่มข้อมูลบริเวณกรอบนอกสุด หรือแนวเส้นขอบเขต (boundary lines) เป็นอิทธิพลของระดับธาตุอาหารที่ศึกษา หรือมีความสัมพันธ์ในเชิง cause-effect กันโดยตรงระหว่างความเข้มข้นธาตุอาหารกับผลผลิต นอกจากนี้พบว่า ข้อมูลบนเส้นขอบเขต สามารถแสดงได้ด้วยเส้นสหสัมพันธ์ (regression line) 2 เส้น และสามารถใช้ในการกำหนดช่วงค่าธาตุอาหารที่เหมาะสม (sufficiency range) ของธาตุ

อาหารแต่ละธาตุ ในระดับขาดแคลน (deficient) ต่ำ (low) และเหมาะสม (optimum) โดยใช้ข้อมูลระดับผลผลิตในช่วงร้อยละ 60, 80 และ 100 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่ได้จากการใช้วิธีเส้นขอบเขตสามารถนำมาใช้ร่วมกับค่าวิเคราะห์พืชเพื่อเป็นแนวทางในการใส่ปุ๋ยให้แม่นยำขึ้น เนื่องจากสามารถแปลผลการวิเคราะห์ได้ชัดเจนโดยการระบุช่วงสถานภาพธาตุอาหารในระดับต่าง ๆ ได้ดีกว่าการใช้ค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่กำหนดจากช่วงที่ธาตุอาหารในใบทุเรียนมีการผันแปรน้อยที่สุดในฤดูกาล (สุมิตรา และคณะ 2545b)

การทดลองปีที่ 1

วัตถุประสงค์

1. เพื่อให้ได้วิธีที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบมังคุด เพื่อประเมินระดับธาตุอาหาร
2. เพื่อให้ได้ค่าวิเคราะห์มาตรฐานในใบมังคุด เพื่อประเมินความสมบูรณ์ของต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

I. สถานที่ทดลอง

ทำการทดลองที่จังหวัดจันทบุรี ซึ่งเป็นแหล่งปลูกมังคุดที่ใหญ่ที่สุดในภาคตะวันออกของ ไทย โดยเลือกสวนมังคุดที่เจริญเติบโตเต็มที่ อายุ 16-18 ปี จำนวน 4 สวน ทั้ง 4 สวนจัดอยู่ในกลุ่ม ที่ให้ผลผลิตค่อนข้างดีคือ สวนอนุสรณ์ (M1) แปลงปลูกมังคุดของศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี (ศวส. จบ., M2) สวนนรินทร์ (M3) และสวนจ่าย (M4) แต่ละสวนเลือกมังคุด 15 ต้น สำหรับหลักเกณฑ์ ในการเลือกสวนนั้นใช้การดูทรงพุ่มด้วยสายตา และสอบถามเกษตรกรที่อยู่ในบริเวณนั้น แต่ ปัญหาสำคัญคือเกษตรกรส่วนใหญ่ไม่สามารถบอกปริมาณผลผลิตเฉลี่ยได้ เนื่องจากการเก็บผล ผลิตมังคุดจะทยอยเก็บ โดยใช้เวลา 4-6 สัปดาห์ และมังคุดเป็นพืชที่มีการให้ผลผลิตแบบ alternate bearing ค่อนข้างชัดเจน ความแตกต่างระหว่างผลผลิตแต่ละปีค่อนข้างสูง สวนทั้ง 4 ที่ ศึกษาเป็นดินชุดห้วยโป่ง (Huai Pong series, Hp: Typic Paleudults) ทั้ง 4 สวนมีการให้น้ำ และ ดูแลด้านโรคและแมลงอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

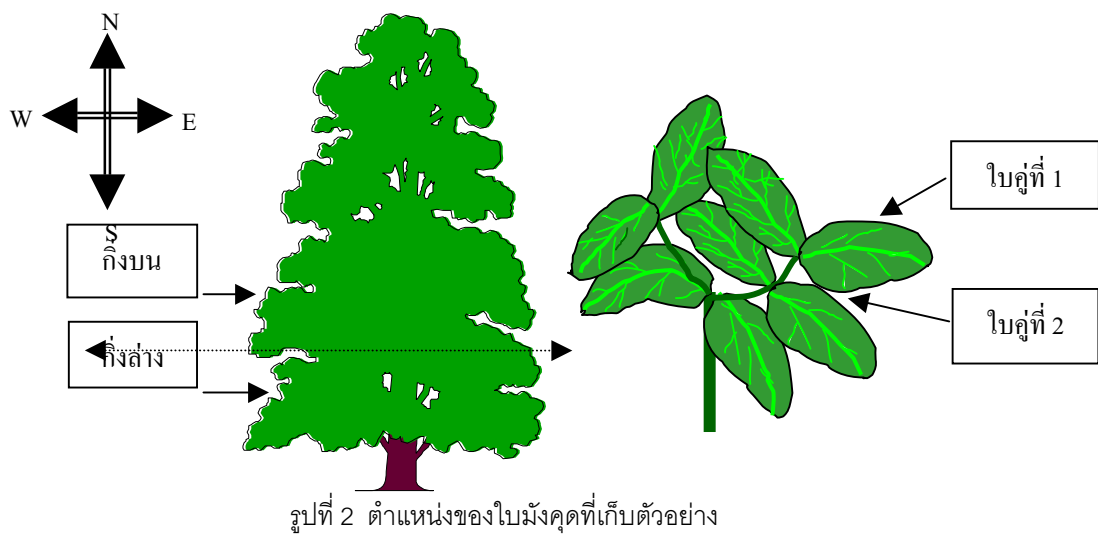
II. การเก็บตัวอย่างใบมังคุด

1. ทำการ tag กิ่งมังคุดที่แตกออกมาในรุ่นเดียวกัน (สวนใหญ่เริ่มแตกใบอ่อนประมาณเดือนตุลาคม 2543) จำนวนมากพอที่จะเก็บตัวอย่างได้ตลอดทั้งปี

2. ทำการเปรียบเทียบอิทธิพลของ 1) ตำแหน่งทิศ [ออก ตก เหนือ และใต้ ของทรงพุ่ม] 2) ตำแหน่งกิ่ง [บนและล่าง] และ 3) ใบคู่ที่ 1 (ใบรุ่นที่แตกออกมาเมื่อตุลาคม 2543) และใบคู่ที่ 2 (ใบรุ่นที่แตก ออกประมาณเดือนสิงหาคม - ตุลาคม 2542) เพื่อศึกษาความเข้มข้นของธาตุอาหารว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ แต่ละตำรับการทดลองเก็บตัวอย่างใบมังคุด 2 ใบ

3. การศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งทิศ ทำการศึกษาเฉพาะเดือนธันวาคม 2543 หลังจากนั้น เก็บตัว อย่างใบจากทุกทิศรอบทรงพุ่ม ทิศละ 1 ใบแล้วนำใบทั้งหมดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง ส่วนการศึกษาตำแหน่ง กิ่งที่เก็บตัวอย่าง (กิ่งบนและกิ่งล่าง) ยังคงไว้เหมือนเดิม

4. ในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นระยะที่มังคุดติดผล เก็บตัวอย่างใบจากกิ่งที่มีผลและไม่มีผล (fruiting vs. non-fruiting) เพื่อศึกษาอิทธิพลของผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหาร ทำการศึกษาเฉพาะในสวน M3 และ M4 เนื่องจากบางสวนมีผลน้อย และไม่สามารถหาใบที่มีอายุใกล้เคียงกันจากกิ่งที่ติดผลและกิ่งที่ไม่ติดผล



5. นำใบมังคุดที่ได้มาล้างด้วย 0.1 N HCl หลังจากนั้น ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง อบที่อุณหภูมิ 70° C จนแห้งสนิท แล้วบดผ่านตะแกรงขนาด 40 mesh (0.42 mm) ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบมังคุดดังนี้

- N โดยวิธี microKjeldahl
- P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn โดยการย่อยสลายด้วยกรด $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$ (5:1) จนสารละลายใส หลังจากสารละลายเย็นแล้ว เติม 3 N HCl จำนวน 5 มล. นำไปย่อยต่อจนสารละลายใสอีกครั้งหนึ่ง ปรับปริมาตรเป็น 50 มล. กรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในสารละลายด้วยวิธีต่อไปนี้
 - วัด P โดยวิธี molybdate – vanadate (Yoshida et al., 1977)
 - วัด K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn โดยใช้ Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)
- B ย่อยสลายด้วยวิธี dry ashing ที่อุณหภูมิ 550° C เป็นเวลา 5 ชั่วโมง หลังจากนั้น วิเคราะห์หา B ในสารละลายโดยวิธี Azomethine H (Gaines and Mitchell, 1979) การศึกษาอิทธิพลของตำแหน่งที่ใส่ไม้ได้วิเคราะห์ B เนื่องจากมีตัวอย่างจำนวนมากและมีเวลาน้อย

III. การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินบริเวณรอบ ๆ ทรงพุ่ม ต้นละ 4 จุด โดยเก็บที่ความลึก 0-20, 20-40 และ 40-60 เซนติเมตร นำดินของแต่ละจุดมารวมกัน โดยแยกแต่ละชั้น แล้ววิเคราะห์ เนื้อดิน (texture), pH , EC, CEC, OM, P, K , Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B ตามวิธีข้างล่าง

ค่าที่วิเคราะห์	วิธีวิเคราะห์
pH	1 : 1 Soil : H ₂ O
Electrical conductivity	1 : 1 Soil : H ₂ O
Organic matter	Walkley and Balck
Cation Exchange Capacity	1 N NH ₄ OAc pH 7.0
Available P	Bray II และ develop สีด้วยวิธี Molybdenum blue โดยใช้ ascorbic acid เป็น reducing agent)
Extractable K, Ca, Mg	1 N NH ₄ OAc pH 7.0 และวัดด้วยเครื่อง AAS
Extractable Fe, Mn, Cu, Zn	DTPA และวัดด้วยเครื่อง AAS (Lindsey and Norvell, 1978)
B	Hot water และ develop สีด้วยวิธี curcumin (Bingham, 1982)
เนื้อดิน	Pipette method

IV. การเก็บข้อมูลผลผลิตมังคุด

เนื่องจากการเก็บผลผลิตมังคุดจะต้องใช้เวลาต่อเนื่องกันประมาณ 4-6 สัปดาห์ ทำให้ไม่สามารถเก็บน้ำหนักผลผลิตได้ จึงประมาณผลผลิตมังคุด โดยการนับจำนวนผลมังคุดทั้งหมดบนต้น เมื่อผลมีอายุมากกว่า 8 สัปดาห์ (ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ผลมังคุดไม่ร่วงแล้ว) หลังจากนั้น เมื่อผลมังคุดอายุประมาณ 12 สัปดาห์ขึ้นไป ทำการสุ่มเก็บผลมังคุดจำนวน 10 ผลต่อต้น นำผลที่ได้มาชั่งน้ำหนักผลทุกลูก ทำการสุ่มทั้งหมด 5 ครั้ง รวมเป็น 50 ผลต่อต้น นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปคำนวณปริมาณผลผลิต โดยการคูณกับจำนวนผลที่อยู่บนต้น

V. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยวิเคราะห์ค่า Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของดินที่ศึกษา

ค่าเฉลี่ย ค่าสูงสุด ต่ำสุด และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ของสมบัติของดินทั้ง 4 ส่วนได้แสดงไว้ในตารางที่ 1a-d จากตารางจะพบว่า

1.1 เนื้อดิน : ดินบน (0-20 ซม.) ของสวนอนุสรณ์ (M1) ศวส.จบ. (M2) และสวนจ่าย (M4) มีเนื้อดินแบบ Sandy loam ส่วนสวนนิรันดร์ (M3) มีเนื้อดินแบบ Sandy clay loam สำหรับดินล่างที่ความลึก 20-40 และ 40-60 ซม. เป็นเนื้อดินแบบ Sandy clay loam ยกเว้นสวน M3 ที่มีเนื้อดินเป็น Clay

1.2 pH : ดินทุกสวนเป็นดินกรดมีค่า pH ตั้งแต่ 4.53 - 5.65 สำหรับชั้นความลึก 0-20 ซม. โดยสวน M1 มีค่า pH ของดินสูงสุดคือ 5.65 ส่วนอีก 3 สวนที่เหลือมีค่า pH ประมาณ 4.6 ส่วนชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่า pH ลดลงเล็กน้อยและใกล้เคียงกันทั้ง 4 สวน

1.3 การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) : ดินทั้ง 4 สวนมีค่า EC ต่ำและจัดว่าไม่มีความเค็ม โดยมีค่า EC ตั้งแต่ 50-201 $\mu\text{S cm}^{-1}$ ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปมีค่า EC ลดลงเล็กน้อยยกเว้นสวน M1 ซึ่งค่า EC ของดินทั้ง 3 ชั้นมีค่าใกล้เคียงกัน

1.4 อินทรีย์วัตถุ (OM) : สวนทั้ง 4 มีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางและค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือ ตั้งแต่ 1.69-1.92% สำหรับดินบน และลดลงเหลือประมาณ 1% สำหรับชั้นความลึก 20-40 ซม. ส่วนชั้นความลึก 40-60 ซม. มีอินทรีย์วัตถุตั้งแต่ 0.53-0.78%

1.5 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (CEC) : ค่า CEC ของดินทั้ง 4 สวนมีค่าค่อนข้างต่ำ คือ ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 ซม. มีค่า CEC ตั้งแต่ 4.4-8.7 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ สำหรับดินที่อยู่ลึกลงไปมีค่า CEC ลดลงตามลำดับความลึก ยกเว้นสวน M1 ที่ดินระดับความลึก 20-40 ซม. มีค่า CEC สูงกว่าดินบนเล็กน้อย โดยที่ระดับความลึก 20-40 ซม. มีค่า CEC ระหว่าง 2.04-7.76 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$ และ 40-60 ซม. มีค่า CEC ระหว่าง 1.3-7.2 $\text{cmol}(+) \text{kg}^{-1}$

1.6 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ : ดินทั้ง 4 สวนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมากคือ ตั้งแต่ 217 - 1,349 mg kg^{-1} สำหรับดินบน โดยสวน M1 มีปริมาณ P สูงที่สุดในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ปริมาณ P ลดลงค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่า การเคลื่อนที่ของฟอสฟอรัสในดินเกิดได้น้อย การที่สวนส่วนมากมีการสะสมของ P สูง เนื่องจากชาวสวนส่วนมากเชื่อว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยให้มังคุดออกดอกและติดผลเร็วขึ้น จึงมีการใส่ปุ๋ยที่มี P สูงจำนวนมากและต่อเนื่องทุกปี

1.7 โพแทสเซียม : โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกสวนค่อนข้างต่ำ คือมีค่าระหว่าง 37-80 mg kg^{-1} ยกเว้นสวน M1 มี K ในระดับปานกลางคือ 128 mg kg^{-1} เนื่องจากดินส่วนใหญ่เป็นดินกรด และมีเนื้อหยาบ นอกจากนั้น จังหวัดจันทบุรียังมีฝนตกชุก ทำให้เกิดการชะล้างของ K ค่อนข้างสูง สำหรับดินล่าง มี K ต่ำกว่าดินบนเล็กน้อย

1.8 แคลเซียม : เช่นเดียวกับ K สวน M1 มีปริมาณแคลเซียม 712 mg kg^{-1} ซึ่งค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับสวนอีก 3 แห่ง เนื่องจากสวนนี้ มีการใส่ปูนมาร์ลเมื่อปีที่ผ่านมา สวน M2 และ M3 มี Ca ประมาณ 200 mg kg^{-1} และ สวน M4 มีแคลเซียมเพียง 114 mg kg^{-1} เท่านั้น สำหรับดินล่างมีปริมาณ Ca ลดลงตามลำดับ

1.9 แมกนีเซียม : ทั้ง 4 สวนมีปริมาณ Mg ในดินค่อนข้างต่ำ คือ ตั้งแต่ 11.7-23.1 mg kg^{-1} มีหลายสวนที่ปริมาณ Mg ที่ระดับความลึก 40-60 ซม. สูงกว่าดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากการที่ชาวสวนตัดหน้าดินบริเวณในทรงพุ่ม มาทำเป็นคั่นกันบริเวณชายพุ่ม

1.10 เหล็ก : มีปริมาณค่อนข้างสูงทั้ง 4 สวนคือตั้งแต่ 56-112 mg kg^{-1} สำหรับดินบน ส่วนดินล่างมีปริมาณเหล็กลดลงเล็กน้อย ยกเว้นสวน M4 ที่มีการสะสมของ Fe ในบริเวณดินล่าง

1.11 แมงกานีส : มีปริมาณตั้งแต่ 2.0 - 8.8 mg kg^{-1} สำหรับดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ส่วนที่ระดับความลึก 20-40 และ 40-60 ซม. มีความเข้มข้นของ Mn ในดินตั้งแต่ 0.8-3.8 mg kg^{-1} และ 0.3-2.2 mg kg^{-1} ซึ่งจัดอยู่ในช่วงต่ำจนถึงปานกลาง

1.12 ทองแดง : ดินบนมีปริมาณ Cu ค่อนข้างสูง ยกเว้นสวน M3 ที่มีความเข้มข้นของ Cu ค่อนข้างต่ำคือ 0.6 mg kg^{-1} สำหรับปริมาณ Cu ในดินล่างลดลงจากดินบนค่อนข้างมาก

1.13 สังกะสี : ดินทั้ง 4 สวนมี Zn ในระดับปานกลางคือ ตั้งแต่ $2.4\text{--}7.3 \text{ mg kg}^{-1}$ สำหรับดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และมีความเข้มข้นลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น

1.14 โบรอน : ดินทั้ง 4 สวนมีปริมาณ B ในดินต่ำมาก คือมีค่าระหว่าง $0.1\text{--}0.2 \text{ mg kg}^{-1}$ โดยสวน M1 มีความเข้มข้นของ B สูงที่สุดคือ ที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. มีปริมาณ B เท่ากับ เท่ากับ 0.2 mg kg^{-1} ส่วนที่ระดับความลึก 40-60 ซม. มีปริมาณ B เท่ากับ 0.13 mg kg^{-1} สำหรับสวน M3 มีความเข้มข้นของ B ในดินต่ำที่สุดคือ 0.1 mg kg^{-1} สำหรับดินที่ระดับความลึก 0-20 และ 20-40 ซม. ส่วนที่ระดับความลึก 40-60 ซม. มีปริมาณ B เท่ากับ 0.03 mg kg^{-1} เท่านั้น ส่วนสวน M2 และ M4 มีความเข้มข้นของ B ระหว่าง $0.10\text{--}0.17 \text{ mg kg}^{-1}$ ปริมาณ B ในดินทั้ง 4 สวนจัดอยู่ในช่วงขาดแคลน (Peryea, 1994) เนื่องจากดินมีค่า pH ต่ำ เป็นดินทรายจัด และฝนตกชุก ทำให้เกิดการชะล้างของ B สูง

2. อิทธิพลของตำแหน่งทิศ (Direction)

ในการเก็บตัวอย่างครั้งแรก (ธันวาคม 2543) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของทิศ (ตะวันออก ตะวันตกตก เหนือ และ ใต้) ต่อปริมาณธาตุอาหารในใบมังคุด ผลการทดลองปรากฏว่า ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่เก็บจากทิศทั้ง 4 มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุก 4 สวนที่ศึกษา (ตารางที่ 2a-d และรูปที่ 3a-b) และทั้ง 2 ตำแหน่งใบ เมื่อนำข้อมูลแต่ละสวนมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปรากฏว่า สวน M1 ไม่พบความแตกต่างระหว่างตำแหน่งทิศ ส่วนอีก 3 สวนพบความแตกต่างของธาตุอาหารในใบจากทั้ง 4 ทิศมากขึ้นแตกต่างกันเช่น สวน M2 มีความแตกต่างกันของธาตุ N

ตารางที่ 1a สมบัติของดินมั่งคุด สวนอนุสรณ์ (M1) อ.ขลุง จ.จันทบุรี เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) μS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Texture
0-20 (cm)	Mean	5.65	201	1.70	1,349	6.40	124	712	20	57	8.8	3.4	7.3	0.20	SL
	Max	6.52	298	2.29	1,927	7.60	248	1,259	43	76	16	6.6	12	0.30	
	Min	4.73	124	1.17	804	4.52	56	306	7.8	40	2.3	2.1	4.1	0.10	
	SD	0.50	56	0.32	291	1.65	59	263	10	11	3.9	1.4	2.6	0.10	
20-40 (cm)	Mean	4.58	203	1.13	602	7.76	101	215	18	64	1.9	0.7	1.7	0.20	SCL
	Max	5.25	451	1.54	738	12.6	165	349	38	82	3.6	1.5	2.2	0.20	
	Min	4.08	61	0.94	231	2.49	38	118	7.9	46	0.7	0.3	1.1	0.20	
	SD	0.39	131	0.16	144	5.06	38	65	8.5	9.9	0.8	0.3	0.4	0.00	
40-60 (cm)	Mean	4.34	222	0.78	276	5.41	83	165	44	45	1.3	0.4	1.2	0.13	SCL
	Max	5.03	510	1.09	496	7.78	128	290	83	71	2.2	1.1	2.1	0.20	
	Min	3.88	56	0.44	119	1.30	39	70	21	21	0.3	0.1	0.7	0.10	
	SD	0.35	144	0.22	106	3.57	30	60	18	16	0.6	0.2	0.4	0.06	

ตารางที่ 1b สมบัติของดินแม่ชุด แปลงศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี (M2) จ.จันทบุรี เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) µS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	Extractable (mg kg ⁻¹)								Texture
							K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
0-20 (cm)	Mean	4.53	133	1.70	545	4.44	80	215	23	112	2.0	7.7	2.4	0.17	SL
	Max	5.23	240	2.09	934	8.36	150	477	67	253	3.7	11	4.4	0.20	
	Min	4.24	83	1.36	344	1.84	38	122	4.6	60	1.2	4.9	1.6	0.10	
	SD	0.27	41	0.22	152	3.46	34	95	16	68	0.7	1.7	0.7	0.06	
20-40 (cm)	Mean	4.22	97	0.99	311	2.04	67	71.5	7.8	64	0.8	1.6	1.1	0.13	SCL
	Max	4.69	179	1.24	661	3.20	93	183	26	114	1.6	2.6	1.9	0.20	
	Min	4.01	61	0.77	81	1.21	39	31	2.0	38	0.4	0.6	0.7	0.10	
	SD	0.16	29	0.13	133	1.03	16	39	5.9	23	0.3	0.6	0.4	0.06	
40-60 (cm)	Mean	4.09	96	0.53	102	1.31	60	44	12	29	0.3	0.4	0.9	0.10	SCL
	Max	4.37	193	0.70	470	2.68	89	89	35	69	0.9	0.9	1.4	0.10	
	Min	3.82	54	0.38	22	0.53	33	18	2.6	8.9	0.1	0.1	0.6	0.10	
	SD	0.14	38	0.09	115	1.19	16	22	9.4	18	0.3	0.2	0.3	0.00	

ตารางที่ 1c สมบัติของดินมั่งคุด สวนนันทมิตร (M3) จ.ฉะเชิงเทรา เก็บได้เมื่อวันที่ 2543 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) µS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	Extractable (mg kg ⁻¹)								Texture
							K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
0-20 (cm)	Mean	4.58	72	1.92	217	8.69	38	254	20	56	3.0	0.6	3.0	0.10	SCL
	Max	5.21	99	3.17	535	12.2	68	580	57	161	7.5	1.2	9.3	0.10	
	Min	3.85	44	1.03	58	6.68	21	78	5.2	15	1.4	0.1	1.2	0.10	
	SD	0.38	17	0.49	109	3.05	15	169	13	50	1.5	0.3	2.0	0.00	
20-40 (cm)	Mean	4.45	47	1.00	82	7.33	26	82	13	79	0.9	0.2	0.9	0.10	SCL
	Max	5.02	73	1.63	209	7.97	42	255	45	134	1.7	0.6	1.7	0.10	
	Min	4.21	34	0.53	8.9	6.69	17	16	3.3	23	0.2	0.0	0.4	0.10	
	SD	0.20	13	0.33	59	0.64	7.1	61	9.6	34	0.4	0.1	0.5	0.00	
40-60 (cm)	Mean	4.40	42	0.66	42	7.15	24	57	16	42	0.5	0.2	0.5	0.03	Clay
	Max	4.92	63	0.91	122	11.2	35	194	51	80	1.4	0.5	1.1	0.10	
	Min	4.13	29	0.48	5.3	3.34	19	12	3.3	15	0.1	0.0	0.2	0.00	
	SD	0.20	11	0.13	37	3.94	5.0	56	11	23	0.3	0.1	0.2	0.06	

ตารางที่ 1d สมบัติของดินแม่รังคุด สวนจ่าย (M4) จ.ฉะเชิงเทรา เก็บเดือนตุลาคม 2543 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) $\mu\text{S cm}^{-1}$	OM %	P mg kg^{-1}	CEC $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$	Extractable (mg kg^{-1})						B	Texture
							K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	
0-20 (cm)	Mean	4.62	50	1.69	247	7.77	37	114	12	83	6.3	2.3	2.6	0.10
	Max	5.11	63	2.26	404	13.4	47	199	16	166	13	3.7	4.9	0.10
	Min	4.18	39	1.31	121	4.51	28	47	4.0	29	3.8	1.1	1.0	0.10
	SD	0.22	9	0.28	95	4.92	5.8	47	4.3	45	2.5	0.8	1.0	0.00
20-40 (cm)	Mean	4.50	50	1.04	99	6.88	33	60	9.4	55	3.8	0.8	1.3	0.13
	Max	5.01	72	1.44	176	12.1	47	154	24	273	7.8	1.3	2.5	0.29
	Min	4.12	21	0.65	12	4.06	26	24	3.3	9.6	1.9	0.4	0.3	0.00
	SD	0.25	14	0.19	48	4.48	5.4	39	5.5	63	1.6	0.2	0.6	0.15
40-60 (cm)	Mean	4.41	50	0.64	32	5.00	28	36	9.2	107	2.2	0.4	0.7	0.13
	Max	4.86	111	1.01	68	6.97	37	105	23	216	5.8	0.5	1.6	0.20
	Min	4.13	31	0.29	11	3.48	19	12	2.6	2.4	0.8	0.3	0.3	0.10
	SD	0.22	20	0.19	15	1.79	5.5	27	6.5	83	1.6	0.1	0.4	0.06

และ Ca ส่วนสวน M3 มีความแตกต่างกันระหว่างธาตุ N และ K และสวน M4 มีความแตกต่างระหว่างธาตุ Ca อย่างไรก็ดีตาม ความเข้มข้นของธาตุอาหารจากทั้ง 4 ทิศ ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบที่มาจากทิศทั้ง 4 แตกต่างกันค่อนข้างน้อย โดยส่วนใหญ่แล้วจะแตกต่างกันน้อยกว่าความแตกต่างระหว่างต้นมังคุดที่อยู่ภายในสวนเดียวกัน (tree to tree variations) ผลการทดลองนี้คล้ายคลึงกับที่พบในทุเรียน (วิชาสุธาและสุมิตรา 2544; สุมิตรา และคณะ 2545a, Poovarodom, et al., 2001, 2002) และลิ้นจี่ (Kotur and Singh, 1993) ดังนั้น ตั้งแต่เดือนมกราคม 2544 เป็นต้นไป การเก็บตัวอย่างใบมังคุด จึงเก็บตัวอย่างใบจากทุกทิศรอบทรงพุ่ม รวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง

ตารางที่ 2a อิทธิพลของตำแหน่งทิศต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด (สวน M1 ใบที่1)

ทิศ	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
ออก	1.37	0.08	1.36	1.22b	0.15	56.3	40.5	12.0ab	22.7
ตก	1.35	0.08	1.39	1.17ab	0.15	59.3	39.3	9.4ab	20.0
เหนือ	1.34	0.08	1.30	1.08a	0.14	60.4	39.3	14.3b	21.8
ใต้	1.35	0.08	1.33	1.17ab	0.15	54.9	39.9	8.5a	19.8
<i>P=0.05</i>									

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2b อิทธิพลของตำแหน่งทิศต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด (สวน M2 ใบที่1)

ทิศ	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
ออก	1.44b	0.09	1.48ab	1.18b	0.15	34.5	100	50.2	24.0
ตก	1.38a	0.10	1.56b	1.06a	0.14	34.2	100	53.5	25.5
เหนือ	1.38a	0.09	1.44a	1.04a	0.14	32.0	98.1	44.7	23.3
ใต้	1.40a	0.09	1.56b	1.07a	0.14	31.7	99.2	43.7	25.1
<i>P=0.05</i>	*			*					

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2c อิทธิพลของตำแหน่งทิสต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด (ส่วน M3 ใบที่1)

ทิส	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
ออก	1.34b	0.09	1.12bc	0.90	0.17b	57.9	79.8ab	21.2	23.7
ตก	1.29a	0.09	1.10ab	0.81	0.16a	64.6	74.9ab	23.9	23.4
เหนือ	1.30a	0.09	1.00a	0.81	0.16a	65.0	65.4a	18.1	24.3
ใต้	1.35b	0.09	1.20b	0.92	0.17b	59.4	84.2b	16.7	25.8
<i>P=0.05</i>	*		*						

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 2d อิทธิพลของตำแหน่งทิสต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด (ส่วน M4 ใบที่1)

ทิส	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
ออก	1.39b	0.10	1.19ab	0.97bc	0.16b	60.4	122	15.8	22.7
ตก	1.36a	0.10	1.19ab	0.90ab	0.15a	60.2	118	17.7	22.5
เหนือ	1.38ab	0.09	1.15a	0.88a	0.15a	55.3	116	14.5	23.6
ใต้	1.39ab	0.10	1.24b	0.98b	0.16b	62.4	123	13.7	24.2
<i>P=0.05</i>				*					

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

3. อิทธิพลของตำแหน่งกิ่งบนต้น (Position of twig)

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่เก็บจากกิ่งบน (ความสูง 3-4 เมตรจากพื้น) และกิ่งล่าง (ความสูง 1-2 เมตรจากพื้น) มีค่าใกล้เคียงกันในทุก 4 ส่วนที่เก็บตัวอย่าง (ตารางที่ 3a-b และรูปที่ 4a-d) ยกเว้นจุลธาตุบางตัวในบางสวนเท่านั้นที่พบที่มีความแตกต่างกันบ้าง ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติปรากฏว่า มีบางธาตุที่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ค่าที่แตกต่างกันจะค่อนข้างน้อย เช่นเดียวกับที่พบในความแตกต่างระหว่างตำแหน่งทิส กล่าวคือ ความแตกต่างระหว่างตำแหน่งกิ่งบนและกิ่งล่าง โดยทั่วไปจะมีน้อยกว่าความแตกต่างระหว่างต้นมังคุดที่อยู่ภายในสวนเดียวกัน ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของไม้ผลรวมทั้งทุเรียน (สุเมตตราและคณะ 2544)

ตารางที่ 3a อิทธิพลของตำแหน่งกิ่งต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดใบที่ 1 (ข้อมูลรวมทุกสวน ค่าเฉลี่ย 10 เดือน)

ตำแหน่ง กิ่ง	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
กิ่งบน	1.31	0.08	1.06	1.14	0.16	68	139	19	25
กิ่งล่าง	1.31	0.08	1.09	1.15	0.16	68	147	21	25
<i>P=0.05</i>			*						

ตารางที่ 3b อิทธิพลของตำแหน่งกิ่งต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดใบที่ 2 (ข้อมูลรวมทุกสวน ค่าเฉลี่ย 10 เดือน)

ตำแหน่ง กิ่ง	มหธาตุ (%)					จุลธาตุ (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
กิ่งบน	1.21	0.05	0.58	1.42	0.14	76	208	20	26
กิ่งล่าง	1.22	0.05	0.63	1.44	0.15	76	214	22	26
<i>P=0.05</i>	*		*		*				

4. อิทธิพลของตำแหน่งใบ (Leaf position)

มังคุดแตกใบครั้งละ 1 คู่ แต่ละคู่อายุไม่เท่ากัน ใบที่ยอด (ตำแหน่งใบที่ 1) มีอายุน้อยกว่า ใบที่ถัดลงมา (ตำแหน่งใบที่ 2) สำหรับตำแหน่งใบที่ 1 ที่ทำการศึกษาครั้งนี้ แรกออกมาเมื่อเดือน ตุลาคม 2543 ส่วนตำแหน่งใบที่ 2 ไม่ทราบช่วงเวลาแตกใบอ่อนที่แน่นอน แต่น่าจะเป็นประมาณ เดือนสิงหาคม – ตุลาคม 2542 ดังนั้น ตำแหน่งใบทั้ง 2 จึงมีอายุแตกต่างกันค่อนข้างมาก แนวโน้ม การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบที่ 1 และ 2 จะเป็นไปในลักษณะเดียวกัน ในทั้ง 4 สวนที่ศึกษา (รูปที่ 4a-d) แต่ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบแตกต่างกันดังนี้

4.1 ธาตุอาหารที่พบมากในใบอ่อน (ใบที่ 1 สูงกว่าใบที่ 2) ได้แก่ N, P, K และ Mg ซึ่งมี ลักษณะเดียวกันในทั้ง 4 สวน ยกเว้น Mg ในสวน M3 ที่มีค่าใกล้เคียงกันระหว่างใบที่ 1 และ ใบที่ 2 เนื่องจากธาตุเหล่านี้เป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ในพืช เมื่อใบอายุมากขึ้นจะเคลื่อนที่ไปยังใบอ่อนหรือใบที่ อายุน้อย

4.2 ธาตุที่พบมากในใบแก่ (ใบที่ 2 สูงกว่าใบที่ 1) ได้แก่ Ca และ Mn ซึ่งทั้ง 4 สวนพบใน ลักษณะเดียวกันคือพบมากในใบที่ 2 ธาตุทั้ง 2 นี้เป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในพืช จึงพบสะสมในใบแก่

4.3 ธาตุที่พบในลักษณะอื่น ๆ ได้แก่ Fe, Cu และ Zn

Fe และ Zn : มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันในทั้ง 4 สวนที่ศึกษา ยกเว้นในสวน M1 ซึ่ง ความเข้มข้นของ Fe และ Zn ในใบที่ 2 มีค่าสูงกว่าใบที่ 1 เล็กน้อย ทั้งนี้ อาจเนื่องสวน M1 มีการ ฉีดพ่นจุลธาตุค่อนข้างบ่อย ค่าที่ได้จึงอาจแตกต่างไปจากสวนอื่น

Cu : ความเข้มข้นของ Cu ในใบที่ 1 และ 2 ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในสวน M1, M3 และ M4 สำหรับสวน M2 นั้น มีความแตกต่างเล็กน้อยระหว่างใบทั้ง 2 และมีความเข้มข้นของ Cu สูงกว่าอีก 3 สวนค่อนข้างมาก

5. ใบจากกิ่งที่ติดผลและไม่ติดผล (Fruiting vs. non-fruited)

การติดผลทำให้ธาตุอาหารในใบเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากผลเป็น sink ที่สำคัญของธาตุอาหาร และความต้องการธาตุอาหารของผลจะแตกต่างกับของใบ การศึกษาอิทธิพลของการติดผลนี้ ทำเฉพาะในสวนนิรันดร์ (M3) และสวนจ่าย (M4) ผลการทดลองปรากฏว่า มีเพียง N และ Ca เท่านั้นที่แตกต่างกันทางสถิติทั้ง 2 สวน ส่วน Mn นั้นมีความแตกต่างกันเฉพาะสวนนิรันดร์ ส่วนสวนจ่าย นั้นถึงแม้ว่าความเข้มข้นของ Mn จะแตกต่างกันค่อนข้างมากก็ตาม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 4a-b) อาจเนื่องจากมีความผันแปรระหว่างต้นค่อนข้างสูงจากการฉีดพ่นจุลธาตุอาหารของเกษตรกร จึงทำให้ค่าที่ได้คลาดเคลื่อนหรือแตกต่างกันบ้าง Embleton et al., (1973) รายงานว่า ใบสั้มนี่มาจากกิ่งที่ไม่ติดผลมีความเข้มข้นของ N, P, K, Fe, Mn, Cu, Zn และ B สูงกว่ากิ่งที่ติดผล ส่วน Ca และ Mg นั้นในกิ่งที่ติดผลจะสูงกว่า ซึ่ง McClung and Lott (1956) ก็รายงานผลในทำนองเดียวกันสำหรับใบพีช (peach) ในขณะที่ Kotur and Singh (1993) รายงานว่า ธาตุ N, P, K และ Zn ในใบจากกิ่งที่ไม่ติดมีค่าสูงกว่ากิ่งที่ติดผล แต่ Mg, Mn B และ Mo จากกิ่งที่ไม่ติดผลมีค่าน้อยกว่ากิ่งที่ติดผล ส่วน Ca, Fe และ Cu ไม่แตกต่างกัน และ Koo and Young (1977) รายงานว่าใบโอไวกาโดที่มาจากกิ่งที่ไม่มีผลมีปริมาณ N สูงกว่าแต่ Cu ต่ำกว่ากิ่งที่มีผล ส่วนธาตุอื่นไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ

ตารางที่ 4a ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมั่งคุดจากกิ่งที่ติดผลและไม่ติดผล (สวนนิรันดร์)

ตำแหน่งใบ	มหธาตุอาหาร (%)					จุลธาตุอาหาร (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
ไม่ติดผล	1.39	.08	0.73	1.08	0.18	52	91	7.2	25
ติดผล	1.25	.08	0.66	1.28	0.18	63	111	8.6	24
P=0.05	*			*			*		

ตารางที่ 4b ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมั่งคุดจากกิ่งที่ติดผลและไม่ติดผล (สวนจ่าย)

ตำแหน่งใบ	มหธาตุอาหาร (%)					จุลธาตุอาหาร (mg kg ⁻¹)			
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
ไม่ติดผล	1.22	.08	1.18	0.96	0.15	69	184	4.9	18
ติดผล	1.11	.08	1.07	1.21	0.14	67	250	5.1	19
P=0.05	*			*					

6. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุด (Seasonal variations)

เมื่อใบอายุมากขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบ ทั้งนี้ขึ้นกับธาตุอาหารแต่ละชนิด สำหรับการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในทั้ง 4 สวนได้แสดงไว้ในรูปที่ 5a สำหรับใบที่ 1 และรูปที่ 5b สำหรับใบที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ไนโตรเจน : มีค่าความเข้มข้นใกล้เคียงกันทั้ง 4 สวนที่ศึกษา ความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมังคุดลดลงเล็กน้อยเมื่อใบมีอายุมากขึ้น เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยความเข้มข้นไนโตรเจนของทั้ง 4 สวนที่ศึกษาพบว่า เมื่อใบมีอายุเพิ่มขึ้นความเข้มข้นของ N ลดลงจาก 1.38% เหลือ 1.21% (ตารางที่ 5a) ซึ่งคล้ายกับที่พบในทุเรียน และพืชเขตร้อนและเขตหนาวอื่น ๆ แต่ความเข้มข้นของไนโตรเจนที่พบในมังคุดมีค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเทียบกับไม้ผลอื่น เช่น ทุเรียน (2.0-2.4%; สุมิตรา และคณะ 2545a,b; Poovarodom et al., 2001, 2002) ลิ้นจี่ (1.5-1.8%; Menzel et al., 1992a) หรือส้ม ซึ่งมีความเข้มข้นของธาตุอาหารประมาณ 2.5% (Embleton et al., 1973) สำหรับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบที่ 2 จะคล้ายกับใบที่ 1 แต่ความเข้มข้นของใบที่ 2 ต่ำกว่าใบที่ 1 เล็กน้อย (ตารางที่ 5b) ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น

6.2 ฟอสฟอรัส : ความเข้มข้นของ P ในใบที่ 1 ของทั้ง 4 สวนมีค่าลดลงจาก 0.09% เหลือ 0.06% เมื่อใบอายุมากขึ้นเช่นเดียวกับไนโตรเจน ส่วนใบที่ 2 จะมีค่าค่อนข้างคงที่หรือลดลงเล็กน้อย (จาก 0.06% เมื่อใบมีอายุ 2 เดือน เหลือ 0.05% เมื่อใบมีอายุ 11 เดือน) ความเข้มข้นของ P ทั้ง 4 สวนมีค่าผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ และมีความเข้มข้นของ P ค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับไม้ผลในเขตร้อนและเขตหนาวทั่วไปทั้งทุเรียน (สุมิตรา และคณะ 2545a,b; Poovarodom et al., 2001, 2002) ลิ้นจี่ ส้ม มะม่วง (Reuter and Robinson, 1997) เป็นที่น่าสังเกตว่า ความเข้มข้นของ P ในใบไม่ได้มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ P ในดิน เนื่องจากสวน M1 และสวน M2 ซึ่งมีปริมาณ P ในดินสูงมากกว่า 1,000 และ 500 mg kg⁻¹ ตามลำดับ แต่ปริมาณ P ในใบไม่ได้สูงที่สุดแต่อย่างใด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Obreza (1993) ที่พบว่าความเข้มข้นของ P ในใบส้ม ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ P ในดิน สำหรับแอปเปิ้ล และแพร์ก็มีรายงานในลักษณะเดียวกัน (Righetti et al., 1990)

6.3 โพแทสเซียม : ความเข้มข้นของ K ในใบลดลงจาก 1.31% ในเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งใบมีอายุประมาณ 2 เดือน จนถึงเมื่อใบมีอายุ 6 เดือน ซึ่งเป็นช่วงที่มีการพัฒนาของผลจนถึงเก็บเกี่ยว หลังจากนั้น ความเข้มข้นของ K ในใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและลดลงอีกครั้งจนถึงเมื่อใบอายุ 10 เดือน (0.82%) และเพิ่มขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อใบอายุ 11 เดือน (รูปที่ 5a และตารางที่ 5a) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ K ในใบที่ 2 คล้ายกับที่พบในใบที่ 1 แต่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าในใบที่ 1 (ตารางที่ 5b และรูปที่ 5b) ความเข้มข้นของ K ในสวน M1, M2 และ M4 ใกล้เคียงกัน แต่สวน M3 มีความเข้มข้นของ K ต่ำกว่าสวนอื่นและมีการลดลงค่อนข้างมาก สวนนี้มีปริมาณ K ในดิน

ค่อนข้างต่ำ ($<50 \text{ mg kg}^{-1}$) และมีการติดผลของมังคุดมาก ทำให้มีความต้องการ K เพื่อการพัฒนาผลสูง เนื่องจากผลเป็น sink ที่สำคัญของ K (Menzel et al., 1992b) จึงมีการเคลื่อนย้าย K จากใบไปที่ผลมาก Menzel et al. (1987) รายงานว่า การติดผลมีอิทธิพลมากต่อความเข้มข้นของธาตุ K ในใบ โดยเฉพาะในสภาพที่มีการติดผลมากและในต้นมีธาตุอาหารสำรอง (reserve) น้อย และการใส่ปุ๋ย K หลังจากมีการติดผล (fruit set) แล้ว ไม่ทำให้ K ในใบเพิ่มขึ้น ในสภาพที่มีการขาดรุนแรง การติดผลอาจชักนำให้เกิดการขาด K ในกิ่งที่มีการติดผลมากได้ ความเข้มข้นของ K ในดินและในใบไม่ได้มีความสัมพันธ์กันโดยตรง เนื่องจากถูกควบคุมโดยปริมาณ Ca และ Mg ด้วย เช่น สวน M1 ซึ่งมีปริมาณ K ในดินสูงสุด แต่ K ในใบไม่ได้สูงที่สุด เนื่องจากสวนนี้มีปริมาณ Ca สูงกว่าสวน M2 จึงทำให้ K ในใบต่ำกว่าสวน M2 ซึ่งเป็นสิ่งปกติและพบได้ในไม้ผลทั่วไป (Foshey, 1969)

6.4 แคลเซียม : ความเข้มข้นของ Ca ในสวนทั้ง 4 เพิ่มขึ้นจากการเก็บตัวอย่างครั้งแรกในเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งใบมีอายุประมาณ 2 เดือน หลังจากนั้น Ca ค่อนข้างคงที่และผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ โดยความเข้มข้นของ Ca ในใบที่ 1 มีความเข้มข้นประมาณ 1.5 % ยกเว้นสวน M3 ซึ่ง Ca ในใบต่ำกว่าสวนอื่นเล็กน้อย ส่วนใบที่ 2 มีความเข้มข้นของ Ca สูงกว่าใบที่ 1 เล็กน้อย การเปลี่ยนแปลง Ca ของใบมังคุดตลอดฤดูการเจริญเติบโตค่อนข้างน้อย ซึ่งแตกต่างจากในใบทุเรียนที่ความเข้มข้นของ Ca เพิ่มขึ้นค่อนข้างมากเมื่อใบอายุมากขึ้น (สุमितราและคณะ 2545a,b) แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Ca คล้ายกันระหว่างใบที่ 1 และ 2 ซึ่งความเข้มข้นของ Ca ในใบจะสัมพันธ์กับ K และ Mg

6.5 แมกนีเซียม : ความเข้มข้นของ Mg ในใบมังคุดค่อนข้างต่ำและผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ ระหว่าง 0.14-0.18% สำหรับใบที่ 1 ส่วนใบที่ 2 มีความเข้มข้นของ Mg ต่ำกว่าเล็กน้อย โดยเฉพาะสวนที่ 2 และ สวนที่ 4 ซึ่งความเข้มข้นของ Mg อยู่ระหว่าง 0.12-0.14% ความเข้มข้นของ Mg ของสวน M3 สูงกว่าอีก 3 สวน และเกิด antagonism กับ K อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลชนิดอื่น ๆ เช่น ทุเรียน (สุमितรา และคณะ 2545a, b) ส้ม และลิ้นจี่ ความเข้มข้นของ Mg ในใบมังคุดค่อนข้างต่ำ (Reuter and Robinson, 1997)

6.6 เหล็ก : ความเข้มข้นของ Fe ในทั้ง 4 สวนที่ศึกษามีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มเหมือนกัน คือเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ตามอายุใบจนถึงเดือนกรกฎาคม (อายุใบ 9 เดือน) หลังจากนั้นความเข้มข้นของ Fe ลดลง ซึ่งความเข้มข้นของ Fe ในใบที่ 1 และ 2 มีค่าใกล้เคียงกัน แสดงว่า Fe สามารถเคลื่อนที่ได้บ้างในมังคุด โดยภาพรวมแล้ว ความเข้มข้นของ Fe ในสวน M2 และ M4 ซึ่งมี Fe ในดินสูงกลับพบว่ามีความเข้มข้นของ Fe ในใบต่ำกว่าสวนอื่น ๆ แต่เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของ Mn ในใบจะเห็นว่า Mn ในใบมังคุดของทั้ง 2 สวนนี้ค่อนข้างสูง (รูปที่ 5a-b) การที่ Mn สูงจะยับยั้งการดูดใช้ Fe ของพืช (Shear et al., 1946; Rogers et al., 1974).

6.7 แมงกานีส : ความเข้มข้นของ Mn ในสวนทั้ง 4 แตกต่างกันอย่างค่อนข้างมาก เหมือนกับที่พบในทุเรียน (สุมิตรา และคณะ 2545a, b; Poovarodom et al., 2001, 2002) เมื่อใบมีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของ Mn เพิ่มขึ้นจนถึงเมื่อใบอายุ 6 เดือน หลังจากนั้นความเข้มข้นของ Mn จะค่อนข้างคงที่ สวน M4 มีความเข้มข้นของ Mn สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับสวนอื่น ทั้ง ๆ ที่ Mn ในดินของสวนนี้ต่ำกว่า สวน M1 อาจเนื่องจากสวน M1 มีปริมาณ P ในดินสูงมาก (ตารางที่ 1a) จึงทำให้ Mn ไม่เป็นประโยชน์เท่าที่ควร ความเข้มข้นของ Mn ในใบของสวน M4 มีความผันแปรค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับสวนอื่น ส่วนหนึ่งอาจมาจากการฉีดพ่นใบ แต่เจ้าของสวนไม่สามารถบอกได้ว่าฉีดพ่นอะไรไปบ้าง

6.8 ทองแดง : มีความแตกต่างระหว่างสวนมาก และไม่มีแนวโน้มชัดเจน เนื่องจากมีการฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืชที่มี Cu เป็นส่วนประกอบ ความเข้มข้นของ Cu ของสวน M1, M3 และ M4 ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 20 mg kg^{-1} ส่วนสวน M2 มีความเข้มข้นของ Cu สูงกว่าอีก 3 สวนค่อนข้างมาก

6.9 สังกะสี : ปริมาณ Zn ทั้ง 4 สวนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อใบอายุมากขึ้น สวน M1 มีความผันแปรของ Zn มากเนื่องจาก การฉีดพ่นสังกะสี สวนนี้มีอาการของการขาด Zn ค่อนข้างชัดเจน คือใบจะเรียวเล็ก และแข็ง เนื่องจากดินในสวนนี้มี P สูงมาก จึงทำให้จุลธาตุไม่เป็นประโยชน์ ความเข้มข้นของ Zn ในใบของสวนส่วนใหญ่ผันแปรอยู่ในช่วงระหว่าง $15\text{-}30 \text{ mg kg}^{-1}$

6.10 โบรอน : ความเข้มข้นของ B ทั้ง 4 สวนเพิ่มขึ้นเมื่อใบอายุมากขึ้น สวนที่มีความเข้มข้นของ B ต่ำสุดได้แก่สวน M3 ซึ่งมีความเข้มข้นของ B อยู่ในระดับ 25 mg kg^{-1} ส่วนสวนที่มีความเข้มข้นของ B สูงสุดได้แก่สวน M2 ซึ่งมีค่า B สูงสุดประมาณ 45 mg kg^{-1} ซึ่งความเข้มข้นของ B ในใบมังคุดนี้ จัดว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับ ทุเรียน และไม้ผลหลายชนิดเช่น ส้ม อโวคาโด และลิ้นจี่ แต่อยู่ในช่วง $20\text{-}70 \text{ mg kg}^{-1}$ ที่จัดว่าเพียงพอสำหรับพืชใบเลี้ยงคู่ทั่วไป (Jones, 1998) และใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน $20\text{-}40 \text{ mg kg}^{-1}$ ของแพร้ (van den Ende and Leece, 1975)

โดยภาพรวมแล้ว ใบมังคุดมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารค่อนข้างน้อย เมื่อใบมีอายุมากขึ้น ถึงแม้ว่าจะมีแนวโน้มคล้ายกับพืชในเขตร้อนและหนาวอื่น ๆ ก็ตาม แต่การเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า (สุมิตรา และคณะ 2545a, b; Koo and Young, 1977; Kotur and Singh, 1993; Brown, 1994; Poovarodom et al., 2001, 2002) อาจเนื่องจากใบมังคุดมีอายุอยู่บนต้นหลายปี ทำให้มีการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารในใบค่อนข้างน้อย ในขณะที่พืชที่ใบมีอายุไม่นาน จะมีการเคลื่อนที่ของธาตุอาหารไปเก็บอยู่ในส่วนอื่นของลำต้นก่อนใบร่วง

7. การนำผลการวิจัยไปใช้ในทางปฏิบัติ

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบ สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ โดยนำข้อมูลไปสร้างค่ามาตรฐาน 2 อย่างคือ 1) วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่าง ซึ่งจะต้องบ่งบอก

วิธีการเก็บตัวอย่างใบว่าเก็บใบไหน และเก็บช่วงเวลาใด 2) ค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ซึ่งจะบอกว่าธาตุอาหารแต่ละธาตุควรมีอยู่ในปริมาณใดในช่วงเวลาเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ สำหรับรายละเอียดของวิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่าง และค่ามาตรฐานธาตุอาหารเบื้องต้นจะกล่าวถึงในตอนต่อไป

I. วิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่าง

1. ตำแหน่งใบสำหรับเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์ธาตุอาหาร (Index leaf)

มีข้อกำหนดสำคัญที่จะต้องพิจารณาเมื่อกำหนดวิธีมาตรฐานในการเก็บตัวอย่างคือ ใบนั้น ๆ ต้องมีอยู่เสมอเมื่อต้องการเก็บตัวอย่าง และวิธีการเก็บตัวอย่างจะต้องทำตามได้ไม่ยาก เมื่อพิจารณาข้อกำหนดข้างต้นแล้ว ทางคณะผู้วิจัยจึงเสนอให้ใช้ตำแหน่งใบที่ 1 เป็นใบที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง เนื่องจากความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบโดยเฉพาะ P และ K ในใบที่ 2 มีค่าค่อนข้างต่ำ อาจเกิดความผิดพลาดจากการวิเคราะห์ได้ง่าย นอกจากนั้นใบที่ 2 ของแต่ละกิ่ง อาจไม่ใช่ใบที่แตกออกมาในรุ่นเดียวกัน อายุจึงอาจไม่เท่ากัน ซึ่งจะทำให้ค่าวิเคราะห์ที่ได้ไม่เป็นประโยชน์เท่าที่ควร

2. ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง

ในทางทฤษฎีนั้น ระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างคือ ธาตุอาหารนั้น ๆ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด (Cresswell and Wickson, 1986) แต่ในความเป็นจริง ระยะเวลาที่ธาตุอาหารเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดจะแตกต่างกันไปในแต่ละธาตุ ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงต้องเลือกระยะเวลาที่ธาตุอาหารส่วนใหญ่มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด จากรูปที่ 5a และ ตารางที่ 5a จะพบว่า ธาตุอาหารในมังคุดส่วนมากมีค่าค่อนข้างคงที่ และอยู่ในช่วงแคบ ๆ ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง มีเพียง K และ Mn เท่านั้นที่พบว่า มีความเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารค่อนข้างมากเมื่อใบมีอายุมากขึ้น เมื่อพิจารณาจากทั้ง 2 ธาตุนี้แล้ว คณะผู้วิจัยมีความเห็นว่า ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง น่าจะเป็นช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน – เดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ใบมังคุดมีอายุระหว่าง 8-10 เดือน เนื่องจาก ช่วงนั้นเป็นช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิต ความเข้มข้นของ K ค่อนข้างคงที่ ซึ่งในเวลานี้ มีเพียงธาตุ Fe เท่านั้นที่มีค่าความเข้มข้นค่อนข้างสูงในเดือนกรกฎาคม แต่ค่าที่สูงขึ้นนั้น ไม่ได้มีผลมากนักในทางปฏิบัติ โดยทั่วไปแล้ว ช่วงความเข้มข้น (range) ของธาตุ Fe ในใบพืชค่อนข้างกว้าง ส่วนธาตุอื่น ๆ เช่น Mg นั้นถึงแม้จะมีความแตกต่างกันอยู่บ้างระหว่างเดือน แต่ค่าความเข้มข้นที่ต่างต่างนั้นค่อนข้างน้อย และไม่มีผลในทางปฏิบัติเช่นกัน นอกจากนั้น ในช่วงเดือนมิถุนายน – เดือนสิงหาคม ยังเป็นช่วงหลังการเก็บเกี่ยว ซึ่งเกษตรกรจะว่างจากงานมากกว่าช่วงอื่น ๆ จึงสะดวกที่จะเก็บตัวอย่างใบมาเพื่อส่งวิเคราะห์ ซึ่งเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง เมื่อพิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่าง (Righetti et al., 1990)

ตารางที่ 5a อิทธิพลของอายุใบต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดฤดูการเจริญเติบโต 2543/44
(ตำแหน่งใบที่ 1 ข้อมูลเฉลี่ย 4 สวน)

อายุใบ (เดือน)	มหธาตุอาหาร (%)					จุลธาตุอาหาร (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
2	1.38e	0.09d	1.31f	1.03a	0.15b	53a	95a	23d	23b	29a
3	1.35d	0.08c	1.21e	1.32d	0.16c	57ab	108ab	16abc	24b	31ab
4	1.33d	0.08c	1.11d	1.14b	0.16c	65b	127bc	19.bcd	25b	33c
5	1.27c	0.07b	0.98c	1.29d	0.16c	77c	136c	21cd	29c	32bc
6	1.28c	0.07b	0.90b	1.28d	0.18e	78c	175d	19bcd	35d	29a
7	1.27c	0.07b	1.08d	1.14b	0.17d	66b	179d	11a	28c	29a
8	1.25b	0.06a	0.88ab	1.18bc	0.15b	77c	191d	13a	23b	32abc
9	1.34d	0.07b	0.83a	1.19c	0.17d	128d	190d	16abc	28c	34c
10	1.22a	0.06a	0.82a	1.20c	0.14a	82c	194d	14ab	21a	37d
11	1.21a	0.06a	0.97c	1.05a	0.18e	49a	181d	42e	25b	37d
เฉลี่ย	1.31	0.07	1.08	1.15	0.16	68	143	20	25	32bc

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

ตารางที่ 5b อิทธิพลของอายุใบต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดฤดูการเจริญเติบโต 2543/44
(ตำแหน่งใบที่ 2 ข้อมูลเฉลี่ย 4 สวน)

อายุใบ เดือน	มหธาตุอาหาร (%)					จุลธาตุอาหาร (mg kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
2	1.28f	0.06b	0.59a	1.55e	0.14b	67c	199ab	23bc	22a	40bc
3	1.25e	0.06b	0.63a	1.69f	0.14b	56ab	187a	17ab	24ab	40bc
4	1.23d	0.06b	0.57a	1.35c	0.14b	65c	195ab	25c	26b	42c
5	1.16bc	0.05a	0.58a	1.47d	0.14b	77d	194ab	17ab	31c	37ab
6	1.17c	0.05a	0.56a	1.43d	0.16c	85d	231b	22bc	35d	35a
7	1.22d	0.06b	0.74b	1.27b	0.16c	79d	228ab	12a	30c	34a
8	1.15ab	0.05a	0.57a	1.36c	0.14b	86d	232b	13a	26b	37ab
9	1.25e	0.05a	0.55a	1.32bc	0.15c	138e	236b	16a	31c	40bc
10	1.14ab	0.05a	0.57a	1.30bc	0.13a	82d	230b	15a	23ab	41c
11	1.13a	0.05a	0.70b	1.18a	0.16c	52a	214ab	44d	29c	41c
เฉลี่ย	1.22	0.05	0.60	1.43	0.15	76	211	21	26	36

ตัวอักษรที่เหมือนกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT

II. ค่ามาตรฐานธาตุอาหารเบื้องต้นสำหรับมังคุด (Tentative nutrient standards)

ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดส่วนมากมีค่อนข้างใกล้เคียงกัน ถึงแม้ว่าทั้ง 4 สวนจะมีผลผลิตแตกต่างกันค่อนข้างมากก็ตาม ปัญหาหนึ่งในการจำแนกว่าสวนมังคุดสวนใดเป็นสวนที่ให้ผลผลิตที่ดี ทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากมังคุดเป็นพืชที่มี alternate bearing ค่อนข้างชัดเจน คือจะมีผลผลิตมากและน้อยสลับกันไปในแต่ละปี นอกจากนั้น การเก็บผลผลิตในมังคุดยังต้องทยอยทำในช่วงระยะเวลาค่อนข้างนาน ทำให้ชาวสวนส่วนมากไม่สามารถบอกได้ว่าผลผลิตเฉลี่ยของแต่ละสวนเป็นเท่าใด จากการพิจารณาข้อมูลจากรูปที่ 5a พบว่าช่วงค่าความเข้มข้นของธาตุอาหาร (range) ระหว่างสวนทั้ง 4 ค่อนข้างแคบ ไม่สามารถใช้เป็นค่ามาตรฐานได้ดี เพราะอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย คณะผู้วิจัยจึงได้นำค่าที่ได้ไปหาค่า 95% confidence interval for mean ตามวิธีของ Lim et al. (1999) ปรากฏว่า ช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ได้ค่อนข้างแคบและไม่สามารถนำไปใช้ปฏิบัติได้เช่นกัน (ค่า 95% confidential interval for mean ของ N มีค่าระหว่าง 1.22 - 1.23%, K 0.69 - 0.73% เป็นต้น) จึงได้ใช้วิธีของ Menzel et al. (1992a) ซึ่งนำความเข้มข้นของธาตุอาหารมาหาการแจกกระจาย (distribution) ของตัวอย่าง และเลือกเอาช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีจำนวนตัวอย่างอยู่ประมาณ 70% ขึ้นไป เป็นแนวทางในการกำหนดช่วงค่ามาตรฐาน และนำค่าที่ได้นั้นมาปรับค่าให้เหมาะสมอีกเล็กน้อย ทางคณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลทั้งหมด (10 เดือนที่เก็บตัวอย่าง) มาแจกกระจาย (รูปที่ 6) และหาช่วงค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีตัวอย่างอยู่ 70% (ตารางที่ 6) และทางคณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลเฉพาะ 3 เดือนซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เสนอให้เป็นช่วงเวลามาตรฐานในการเก็บตัวอย่างมาหาการแจกกระจาย (รูปที่ 7) และหาช่วงค่าธาตุอาหารในลักษณะเดียวกันเป็นการเปรียบเทียบ (ตารางที่ 6)

นอกจากนั้น ทางคณะผู้วิจัยยังได้นำค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารของตัวอย่างทั้งหมด (10 เดือน) และข้อมูลเฉพาะเดือน มิถุนายน – สิงหาคม (ข้อมูล 3 เดือน) มาหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นธาตุอาหาร (mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) เพื่อหาช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารว่าอยู่ในช่วงใดสำหรับแต่ละธาตุ (ตารางที่ 7) ซึ่งช่วงค่าความเข้มข้นของธาตุอาหาร (range) ที่ได้จากการหาค่า standard deviation นี้ใกล้เคียงกับวิธีใช้ช่วงค่าที่ 70% ยกเว้นในกรณีของ Fe, Mn และ Cu เนื่องจากทั้ง 3 ธาตุมีความผันแปรระหว่างสวนค่อนข้างมาก

ตารางที่ 6 ช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่มีจำนวนตัวอย่างอยู่ 70% และค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับมังคุด

ธาตุอาหาร	ช่วงค่าความเข้มข้น ธาตุอาหารที่มี ตัวอย่างอยู่ 70% (ข้อมูล 10 เดือน)	ค่ามาตรฐานเบื้องต้น (Proposed tentative standards) (ข้อมูล 10 เดือน)	ช่วงค่าความเข้มข้น ธาตุอาหารที่มี ตัวอย่างอยู่ 70% (ข้อมูล 3 เดือน)	ค่ามาตรฐานเบื้องต้น (Proposed tentative standards) (ข้อมูล 3 เดือน)
%N	1.15 - 1.40	1.10 - 1.40	1.17-1.36	1.10 - 1.40
%P	0.05 - 0.09	0.05 - 0.09	0.05 - 0.07	0.05 - 0.08
%K	0.47 - 1.37	0.80 - 1.20	0.54 - 1.11	0.60 - 1.10
%Ca	0.92 - 1.47	1.00 - 1.40	1.01 - 1.39	1.00 - 1.40
%Mg	0.12 - 0.18	0.12 - 0.18	0.13 - 0.18	0.12 - 0.18
mg kg ⁻¹ Fe	34 - 110	60 - 150	45.8 - 148	50 - 150
mg kg ⁻¹ Mn	58 - 250	50 - 250	69 - 310	60 - 320
mg kg ⁻¹ Cu	3.3 - 40	5 - 15	2.5 - 25.0	5 - 15
mg kg ⁻¹ Zn	17.4 - 34.6	15 - 35	16 - 31	15 - 35
mg kg ⁻¹ B	26.8 - 44.5	25 - 45	25.6 - 41.4	25-45

ตารางที่ 7 ช่วงความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ได้จากการคำนวณหาค่าเฉลี่ย +/- ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของใบ
มังคุด ข้อมูล 10 เดือน เปรียบเทียบกับข้อมูล 3 เดือน

ธาตุอาหาร	Mean +/- SD. (ข้อมูล 10 เดือน)	Range (ข้อมูล 10 เดือน)	Mean +/- SD. (ข้อมูล 3 เดือน)	Range (ข้อมูล 3 เดือน)
%N	1.28 +/- 0.11	1.17 - 1.39	1.27 +/- 0.08	1.19 - 1.35
%P	0.07 +/- 0.02	0.05 - 0.09	0.06 +/- 0.01	0.05 - 0.07
%K	0.94 +/- 0.39	0.55 - 1.33	0.84 +/- 0.25	0.59 - 1.09
%Ca	1.20 +/- 0.26	0.94 - 1.46	1.19 +/- 0.19	1.00 - 1.38
%Mg	0.15 +/- 0.03	0.12 - 0.18	0.15 +/- 0.03	0.12 - 0.18
mg kg ⁻¹ Fe	70.3 +/- 42.8	28 - 113	95.7 +/- 50.4	45 - 146
Mgkg ⁻¹ Mn	157 +/- 122	35 - 278	191.4 +/- 129.9	62 - 321
mg kg ⁻¹ Cu	19.8 +/- 21.6	-	14.3 +/- 16.1	-
mg kg ⁻¹ Zn	26.1 +/- 10.1	16 - 36	23.7 +/- 7.6	16.1 - 31.3
mg kg ⁻¹ B	35.4 +/- 8.5	27 - 44	33.9 +/- 7.4	27 - 41

เมื่อพิจารณาข้อมูลทั้งหมดแล้ว คณะผู้วิจัยขอเสนอค่ามาตรฐานเบื้องต้นสำหรับมังคุดดัง
ตารางที่ 8 ซึ่งค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่เสนอนี้ มีประเด็นที่ต้องพิจารณาคือค่า K ซึ่งมีความผันแปร
ระหว่างเดือน (variation) ค่อนข้างมาก การตัดสินใจที่จะใช้ช่วงค่ามาตรฐานที่แคบเกินไป อาจทำให้

แปลผลผลิตได้ง่าย เนื่องจากค่า K เป็นธาตุที่ปริมาณการติดผล (crop load) มีบทบาทต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบค่อนข้างมาก ในเบื้องต้นจึงใช้ค่ามาตรฐานที่กว้างไปก่อน

นอกจากค่า K แล้ว ธาตุที่มีปัญหาอีก 2 ธาตุคือ Mn และ Cu สำหรับ Mn นั้น มีความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างสวนค่อนข้างมาก สวนที่มีความเข้มข้นของ Mn สูงสุดคือ สวน M4 มีความผันแปรของ Mn ระหว่างเดือนค่อนข้างมาก ซึ่งน่าจะมาจากการใช้ปุ๋ยทางใบ จึงไม่รวมค่าความเข้มข้นของสวนนี้ไว้ในค่ามาตรฐาน อย่างไรก็ตาม ในพืชหลายชนิด ช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหาร (range) สำหรับ Mn ค่อนข้างกว้าง เช่น ฝรั่ง (202-398 mg kg⁻¹) Hazel nut (26-800 mg kg⁻¹) passion fruit (100-500 mg kg⁻¹) พืช (161-400 mg kg⁻¹) (Reuter and Robinson, 1997) ช่วงค่ามาตรฐานที่เสนอไว้สำหรับ Mn นี้ เป็นช่วงที่จัดว่าเพียงพอสำหรับพืชทั่วไป สำหรับ Cu นั้น เนื่องจากมีการฉีดพ่นสารปราบศัตรูมาก ค่าที่ได้จึงเป็นเพียงแนวทางกว้าง ๆ เท่านั้น เมื่อมีการศึกษามากขึ้นในปีต่อไป น่าจะสามารถปรับปรุงค่ามาตรฐานให้ดีขึ้นได้

ตารางที่ 8 ค่ามาตรฐานธาตุอาหารเบื้องต้นสำหรับมังคุด
(Tentative nutrient standards for mangosteen)

ธาตุ	ความเข้มข้นธาตุอาหาร
%N	1.10 - 1.40
%P	0.05 - 0.08
%K	0.60 - 1.10
%Ca	1.00 - 1.40
%Mg	0.12 - 0.18
mg kg ⁻¹ Fe	50 - 150
mg kg ⁻¹ Mn	50 - 250
mg kg ⁻¹ Cu	5 - 15
mg kg ⁻¹ Zn	15 - 35
mg kg ⁻¹ B	25 - 45

7. ผลผลิตมังคุด

ผลผลิตมังคุดฤดูปลูก 2543/44 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 9 จากตารางจะพบว่า ผลผลิตมังคุดที่ได้มีความผันแปรค่อนข้างสูงระหว่างต้นที่อยู่ภายในสวนเดียวกัน ถึงแม้ว่าต้นมังคุดจะมีลักษณะภายนอกเหมือนกันก็ตาม เนื่องจากมังคุดเป็นพืชที่มีการติดผลเป็นจำนวนมาก การตัดแต่งผลน้อย จึงทำให้เกิด alternate bearing ได้ง่าย นอกจากนั้น ผลผลิตระหว่างสวนยังมีความแตกต่างกันค่อนข้างมากเช่นกัน คือ ตั้งแต่ 11.1 - 48.9 กก./ต้น ส่วนคุณภาพผลนั้น ปรากฏว่า ทั้ง 4 สวนมีน้ำหนักผลเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (83.3-97.4 กรัม/ผล)

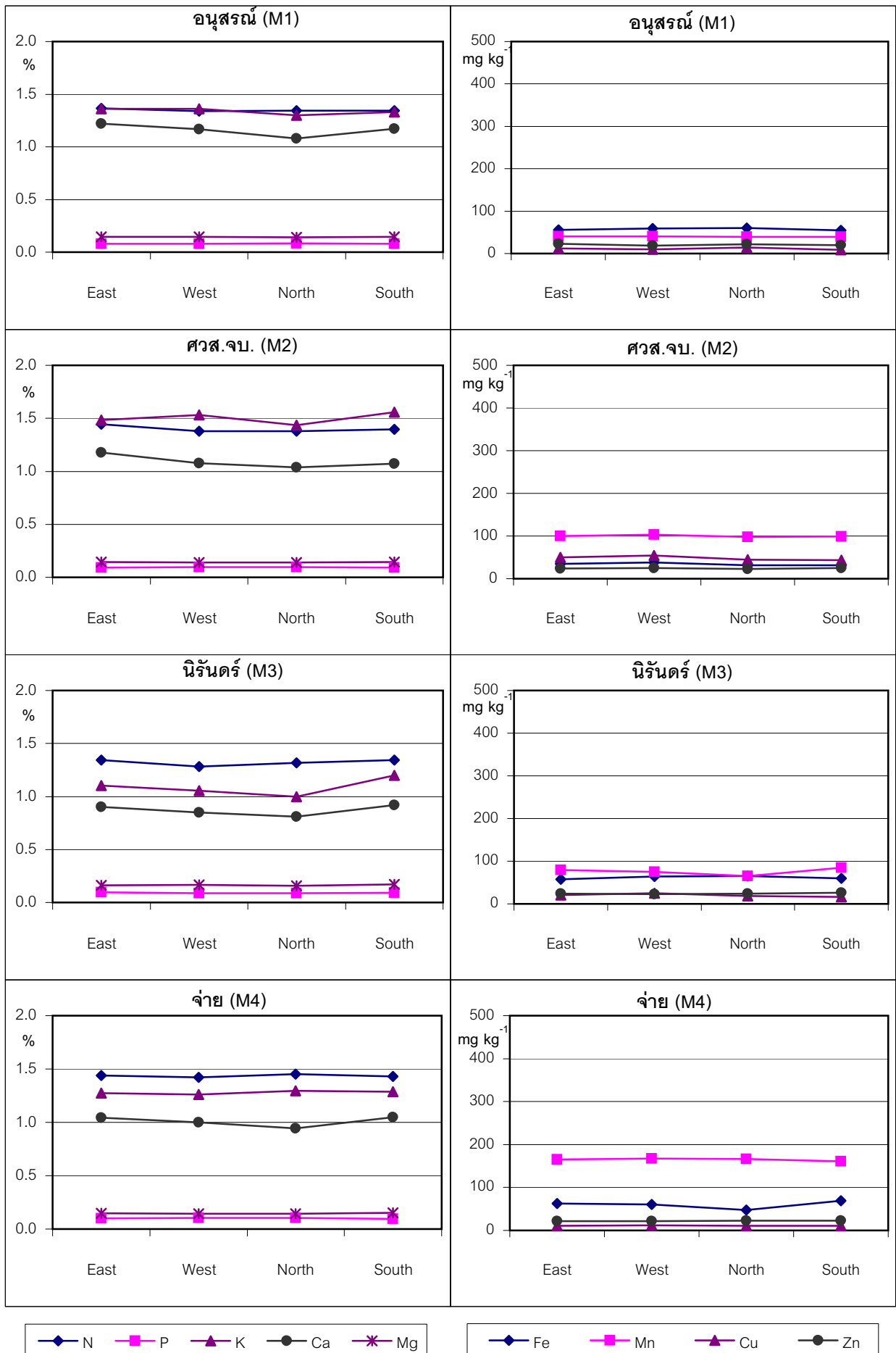
สรุป

1. **วิธีมาตรฐานสำหรับเก็บใบมังคุด** : เก็บตัวอย่างใบคู่แรกจากยอด เมื่ออายุประมาณ 8 -10 เดือน หรือ ช่วงหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงประมาณเดือนมิถุนายน - สิงหาคม โดยเก็บจากทุกทิศรอบทรงพุ่ม ทิศละ 1 ใบ ในระดับที่มือเอื้อมถึง

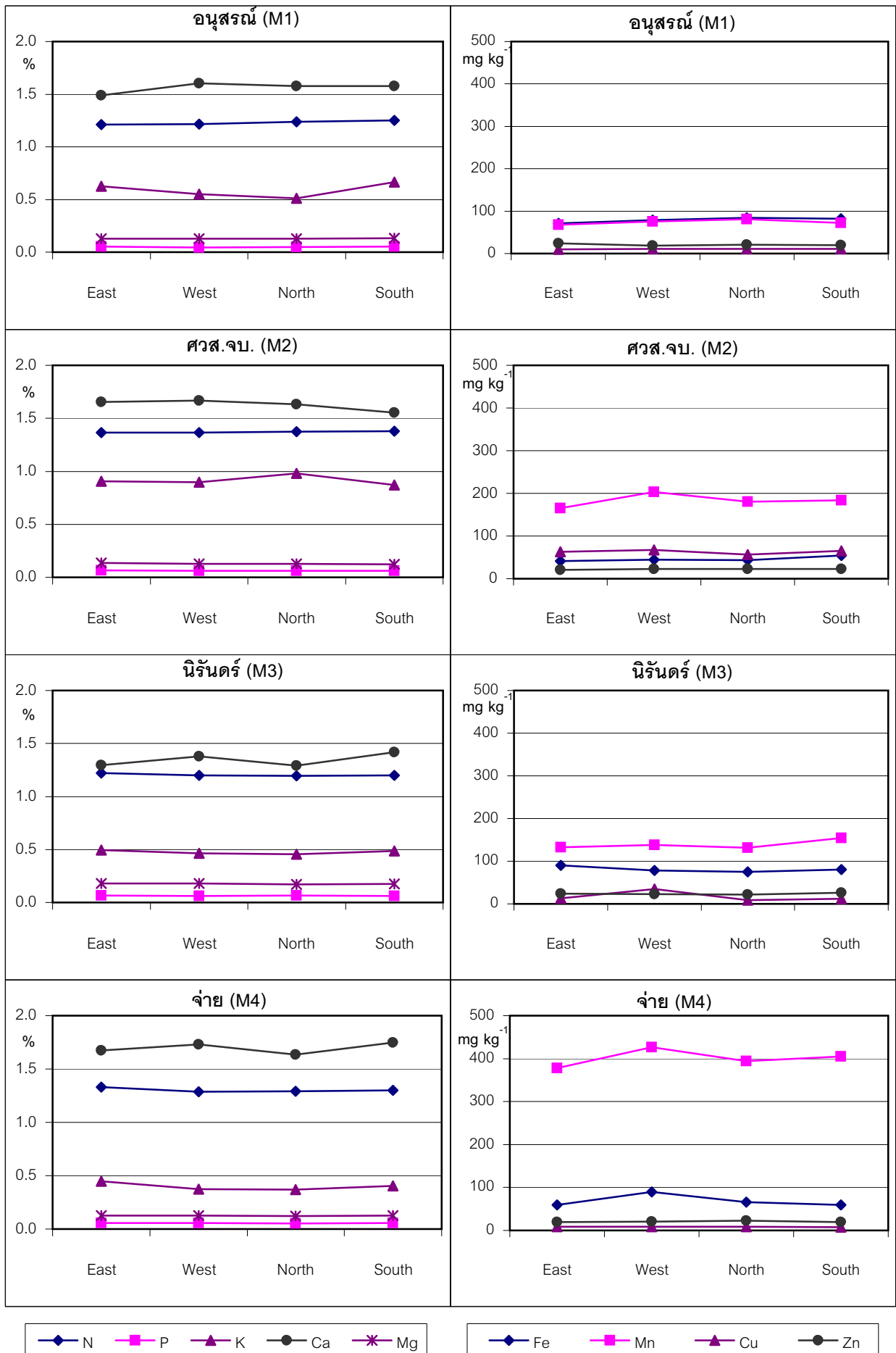
2. **ค่ามาตรฐานธาตุอาหารเบื้องต้นสำหรับมังคุดเป็นดังนี้** : 1.10-1.40% N, 0.05-0.08% P, 0.6-1.1% K, 1.00–1.40% Ca, 0.12–0.18% Mg, 50-150 mg kg⁻¹ Fe, 50-250 mg kg⁻¹ Mn, 5-15 mg kg⁻¹ Cu, 15-35 mg kg⁻¹ Zn และ 25-45 mg kg⁻¹ B

ตารางที่ 9 ผลผลิตมังคุดทั้ง 4 สวน ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44

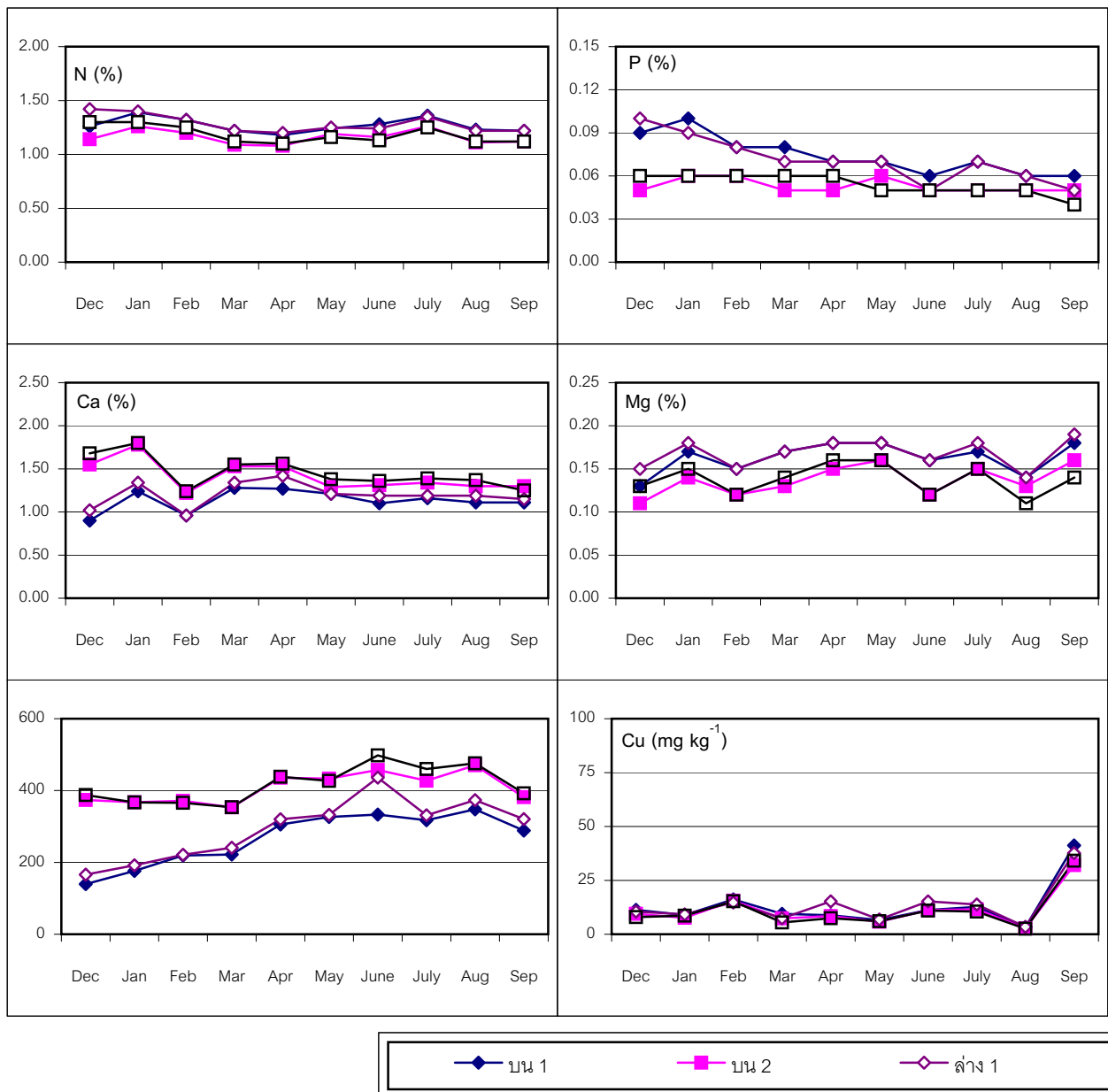
สวน	ค่า	จำนวนผล/ ต้น	นน.ผลเฉลี่ย (กรัม)	ผลผลิต/ต้น (กก.)	เส้นรอบวง (ซม.)	กว้าง (ซม.)	ยาว (ซม.)
M1 อนุสรณ์	Mean	165.8	83.3	13.9	18.5	5.64	5.0
	Max	250	96.3	20.5	20.1	6.0	5.3
	Min	90	69.8	6.8	17.4	5.0	4.7
	SD	55.6	8.6	5.1	0.7	0.3	0.2
M2 ศวสจป.	Mean	408.1	97.4	39.4	18.7	5.8	5.2
	Max	562	118.9	49.0	20.8	6.7	5.8
	Min	302	75.7	23.4	15.3	4.6	4.1
	SD	80.0	10.4	6.5	1.8	0.6	0.5
M3 นิรันดร์	Mean	579.6	88.0	48.9	18.7	5.8	5.2
	Max	1,050	112.4	94.7	20.3	6.3	5.6
	Min	110	69.5	10.5	17.8	5.5	4.7
	SD	376.4	13.2	31.2	0.8	0.2	0.3
M4 จ่าย	Mean	119.3	97.2	11.1	19.1	5.9	5.4
	Max	368	114.8	27.4	20.0	6.2	5.6
	Min	33	74.5	3.0	17.7	5.5	5.0
	SD	106.4	13.5	8.7	0.8	0.2	0.2



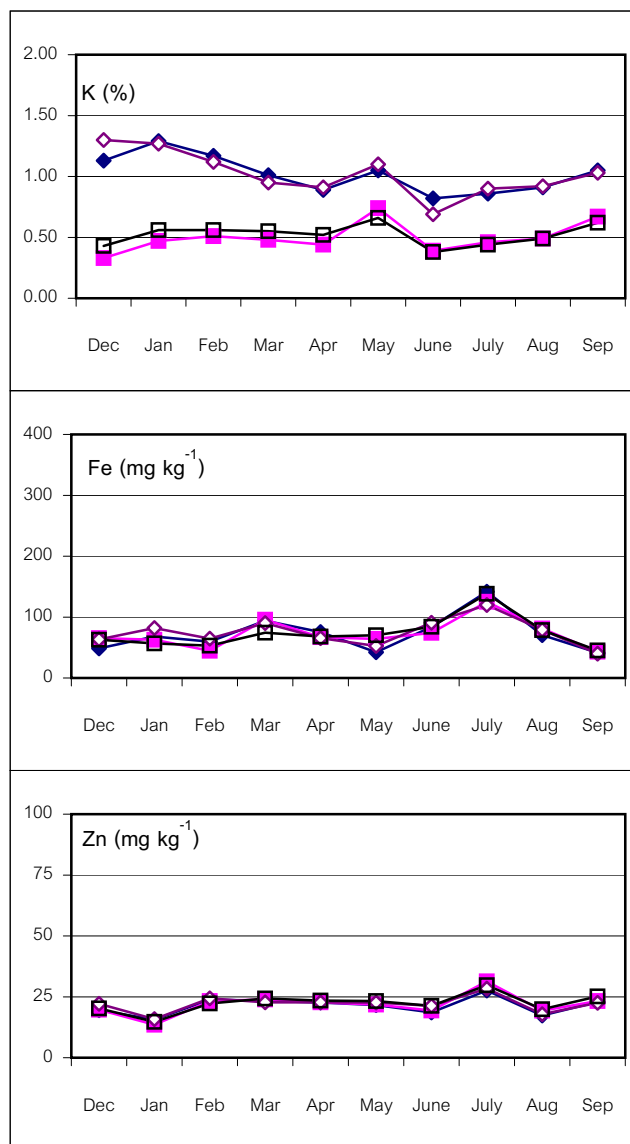
รูปที่ 3a ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบมังคุด จากทิศทั้ง 4 ของทรงพุ่ม (ใบที่ 1) ถัดการเจริญเติบโต 2543/44



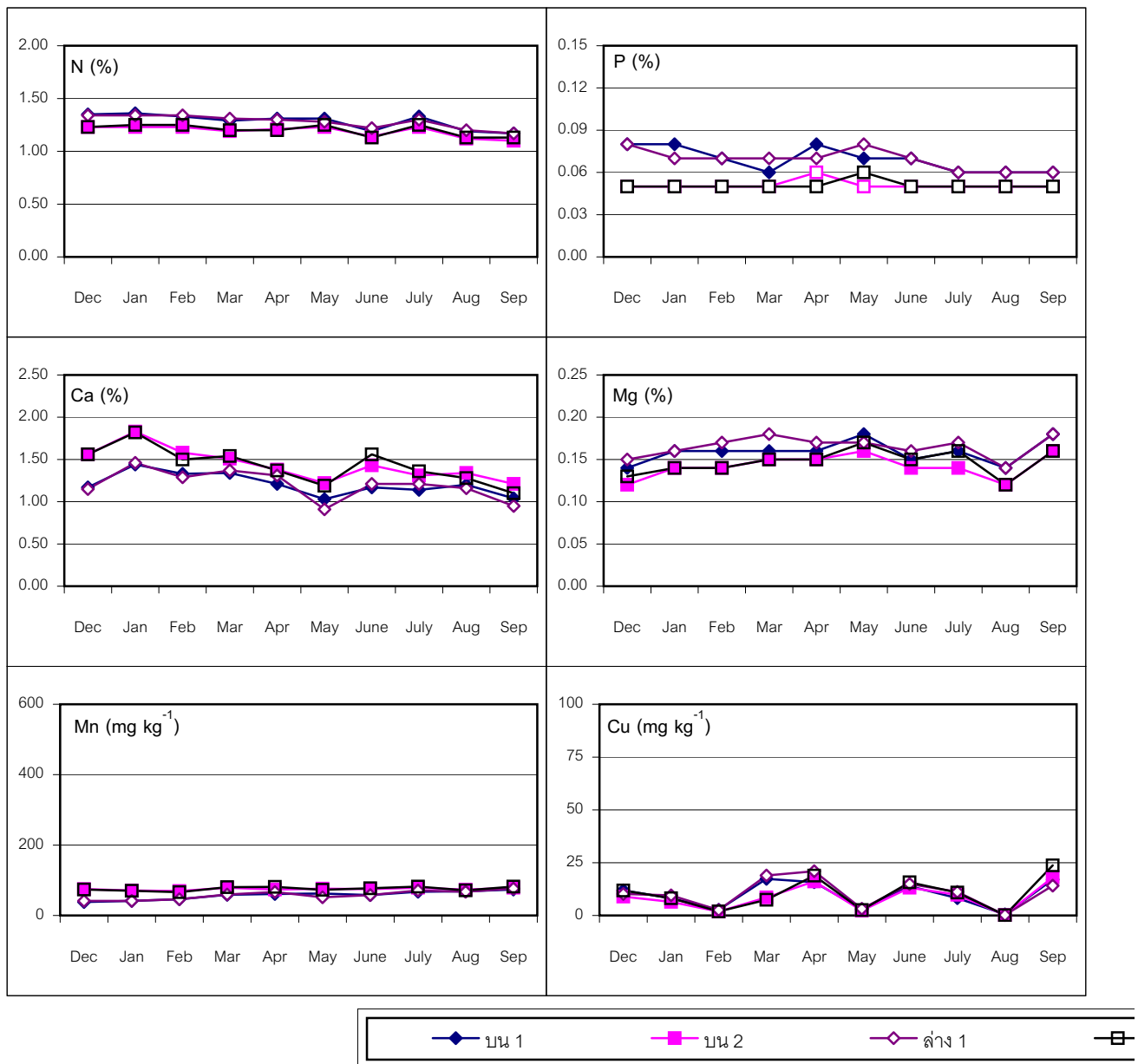
รูปที่ 3b ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด จากทิศทั้ง 4 ของทรงพุ่ม (ใบที่ 2) ถัดการเจริญเติบโต 2543/44



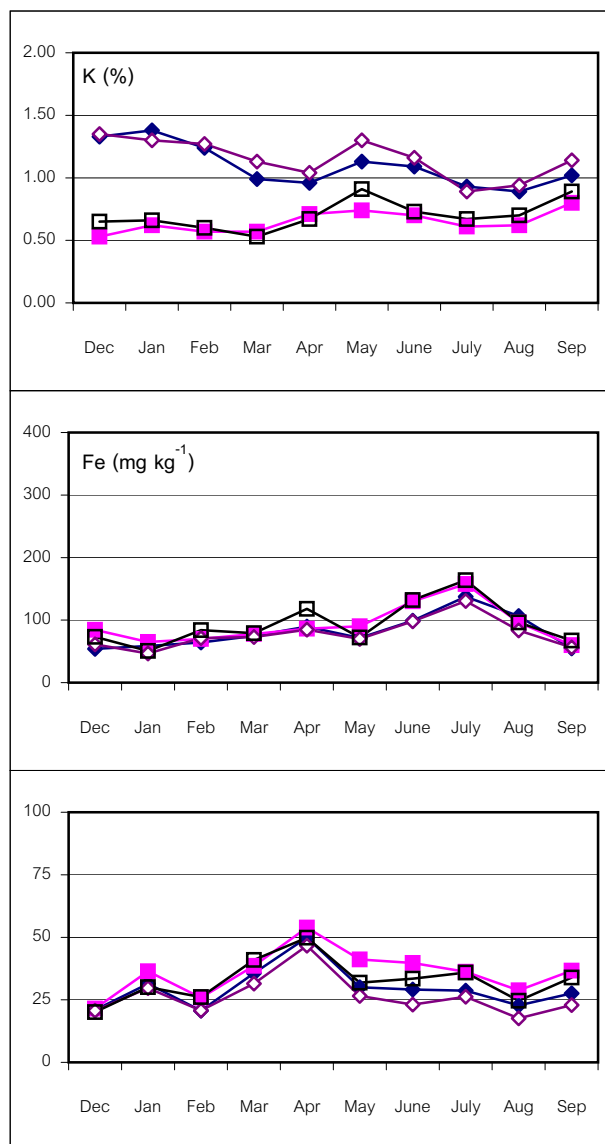
รูปที่ 4d ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกุด ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างของลำต้น (สวน M4 : จั)



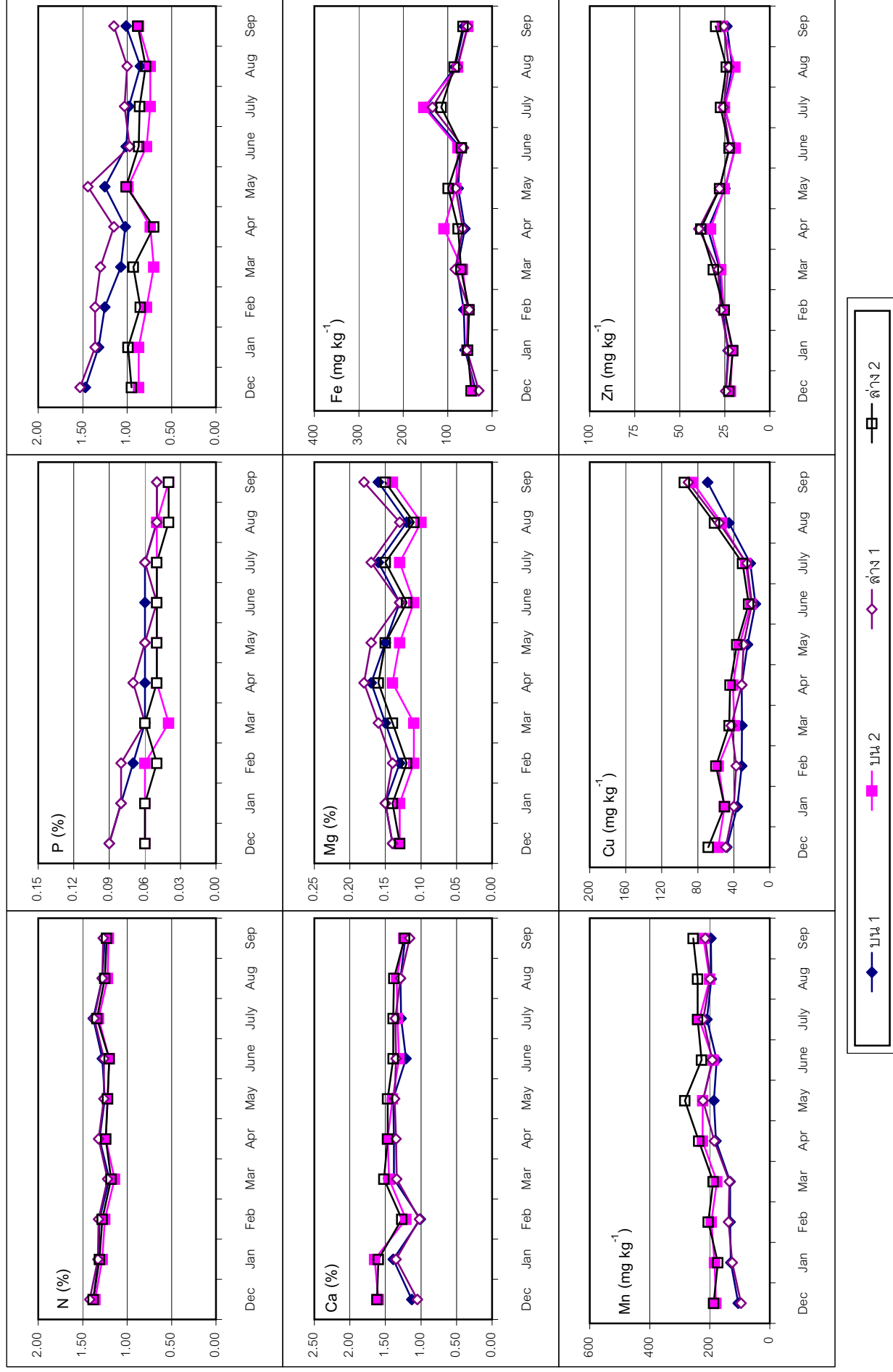
—□— ล่าง 2



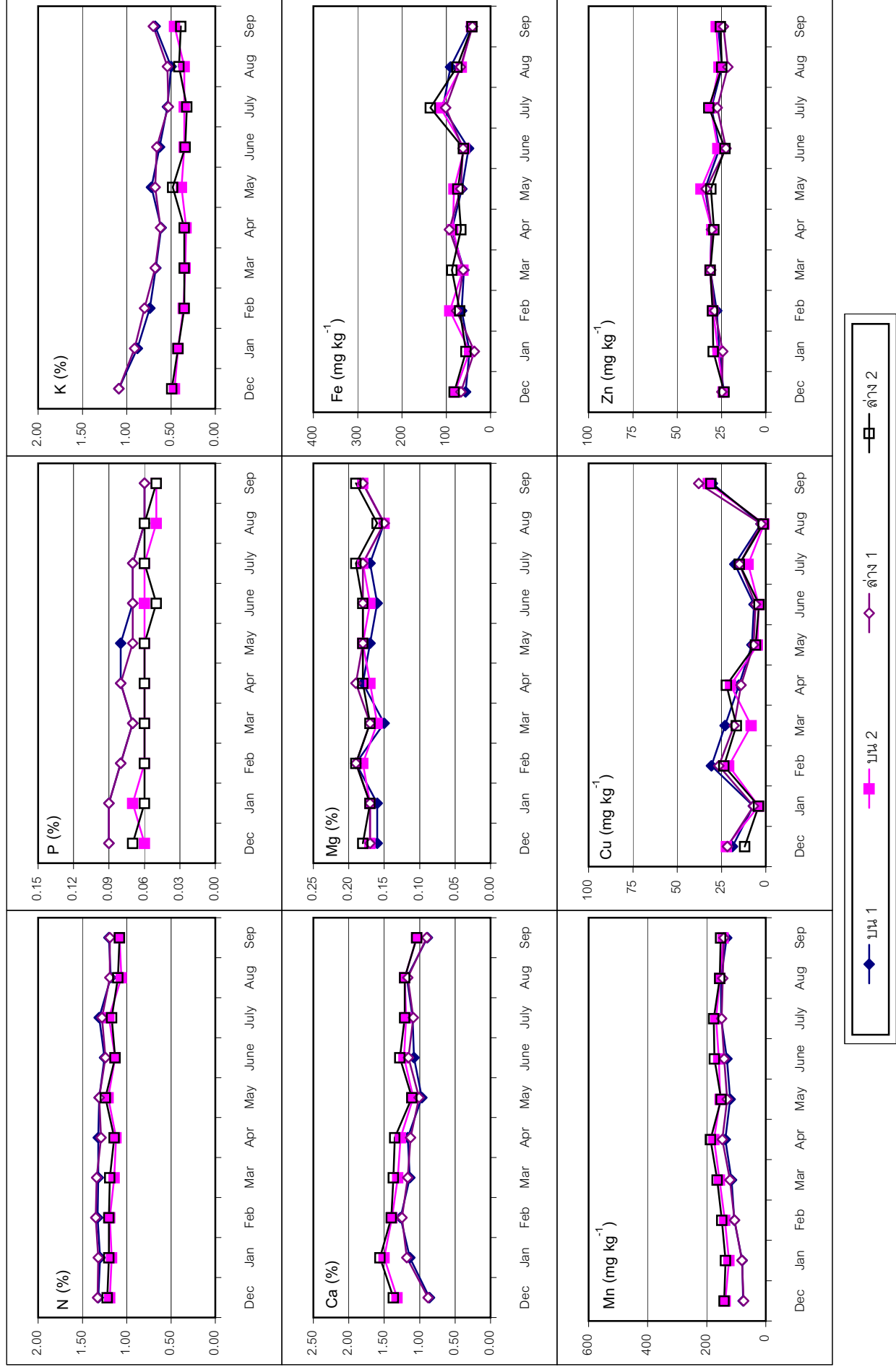
รูปที่ 4a ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบมังกด์ โบที่ 1 และโบที่ 2 จากกึ่งที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างของลำต้น (สวณ M1 : อ'



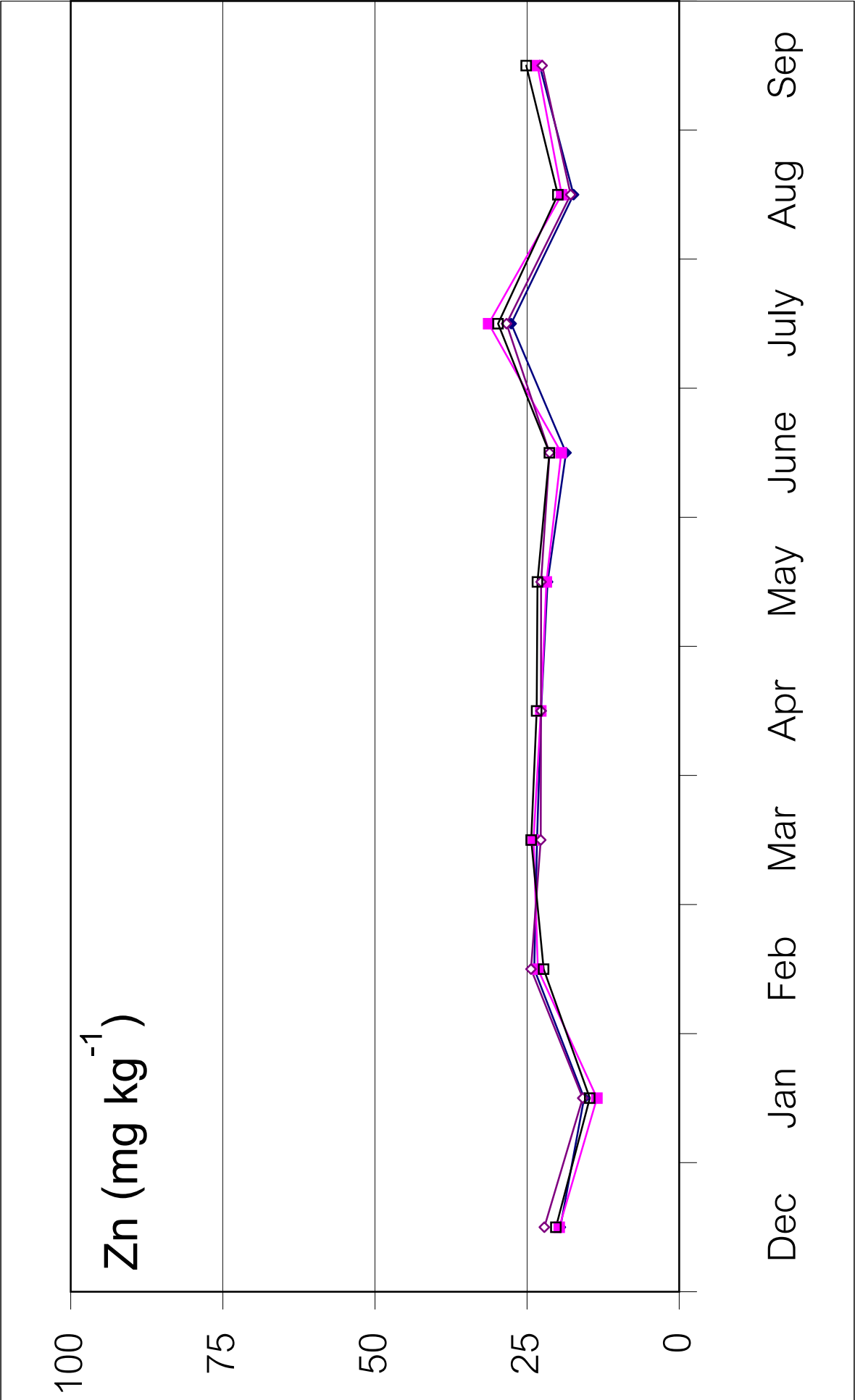
—■— ลำ 2

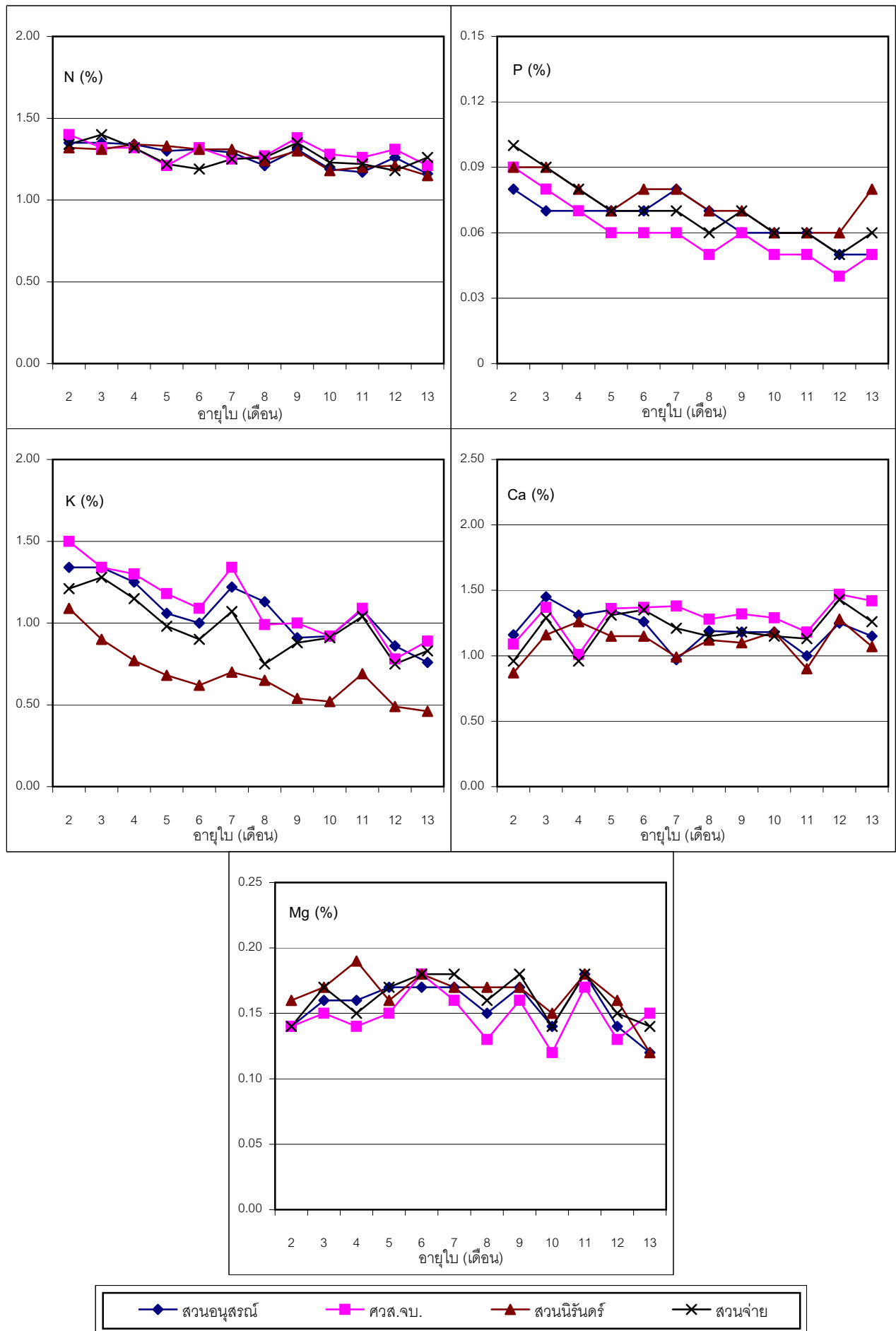


รูปที่ 4b ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดไป ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างของลำต้น (ส่วน M2 : ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี) ฤดูกาลเจริญเติบโต 2543/44

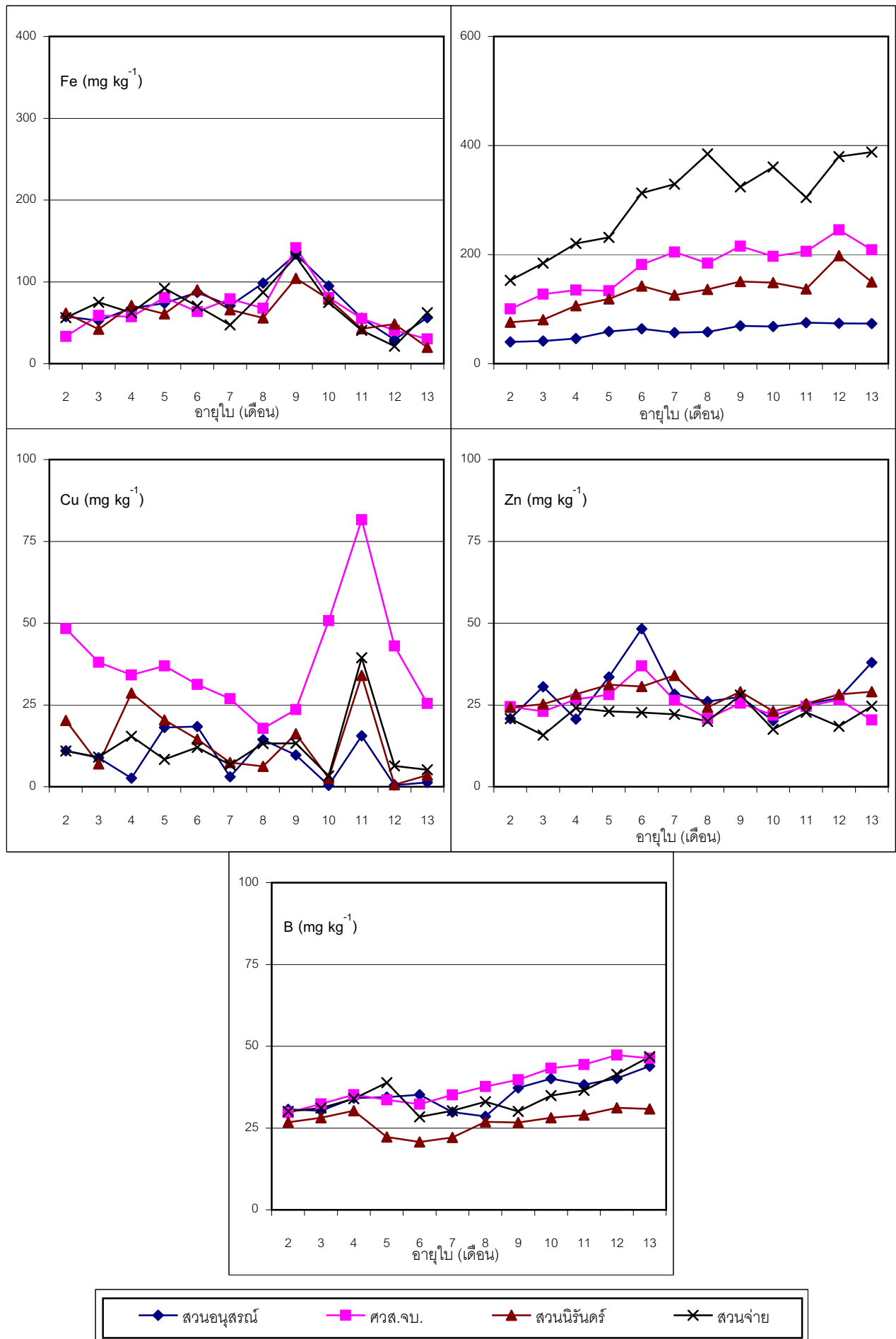


รูปที่ 4c ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมะม่วงดิบ ใบที่ 1 และใบที่ 2 จากกิ่งที่อยู่ส่วนบนและส่วนล่างของลำต้น (ส่วน M3 : นรีนทร์) การเจริญเติบโต 2543/44

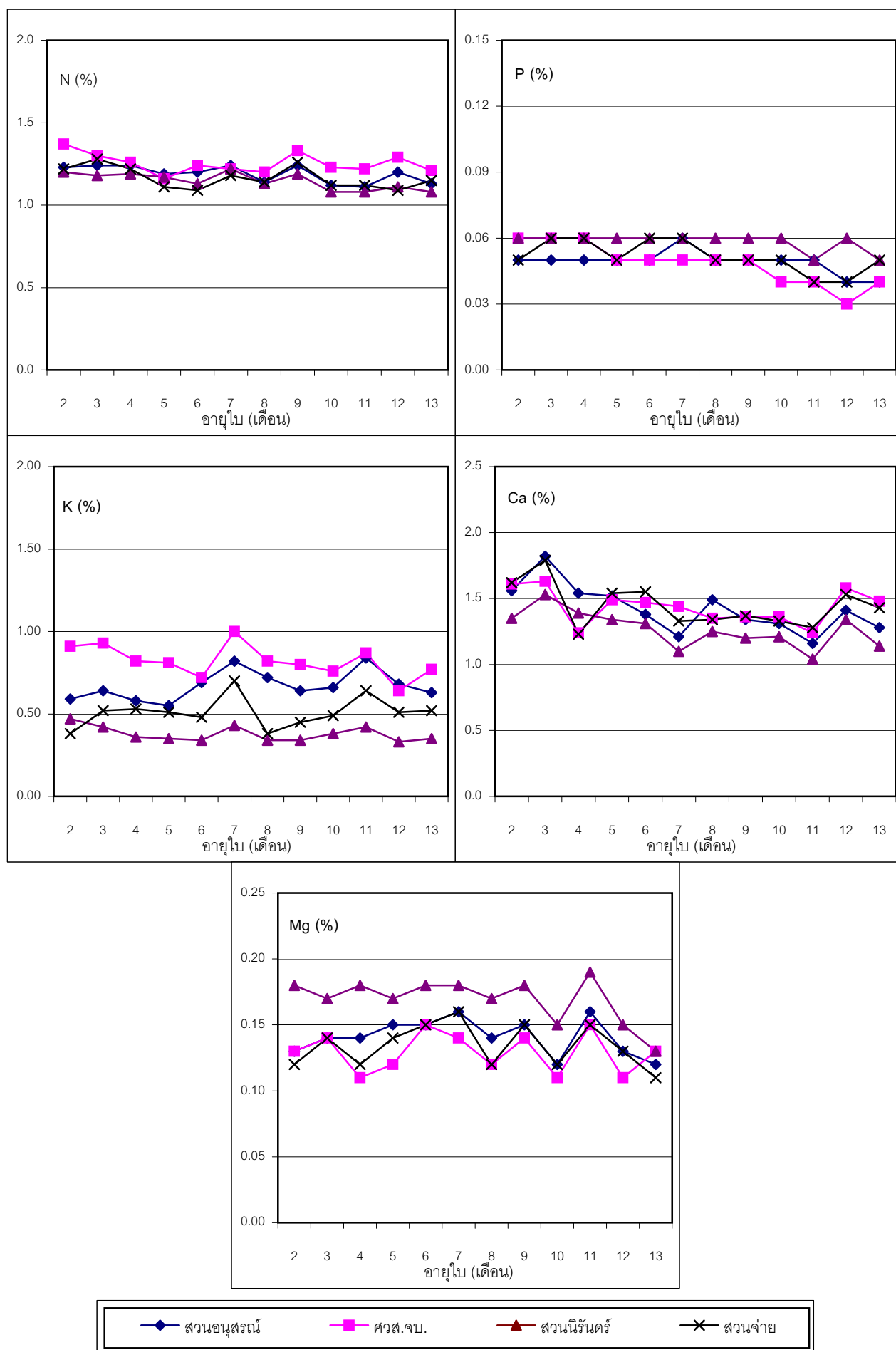




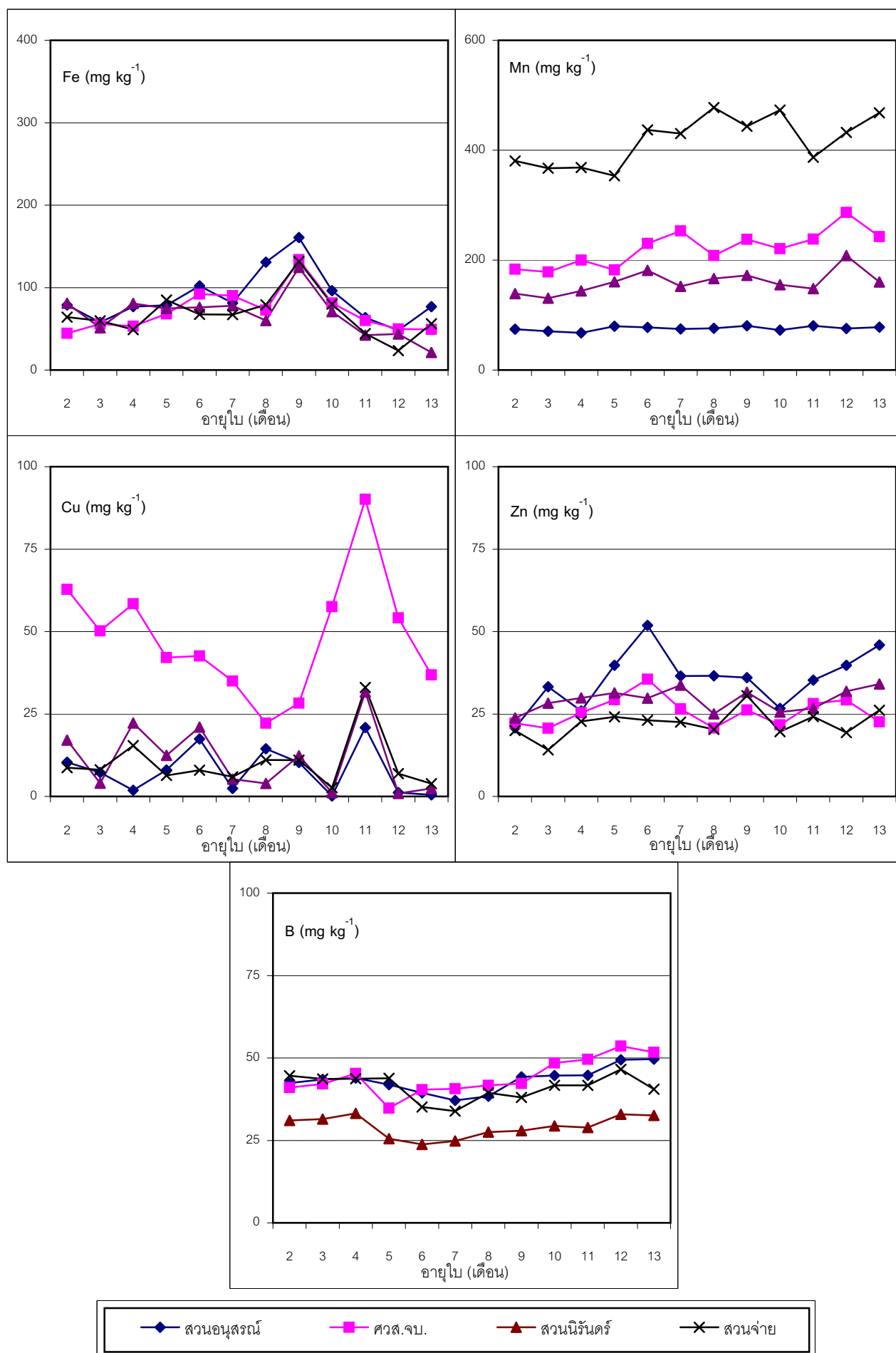
รูปที่ 5a แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบมัจจุค จาก 4 สวน (ใบที่ 1) ฤดูการเจริญเติบโต 2543/44



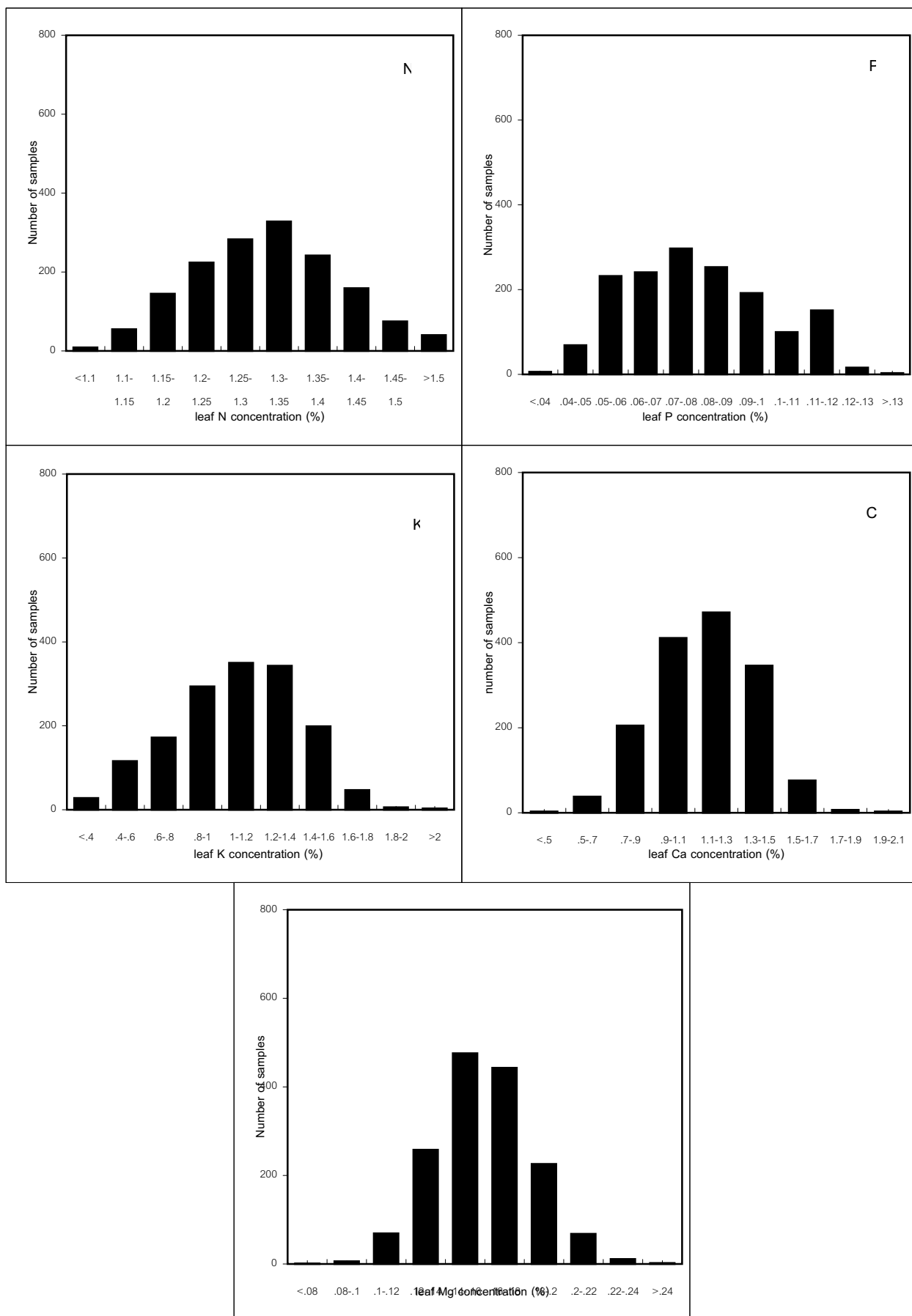
รูปที่ 5a (ต่อ)



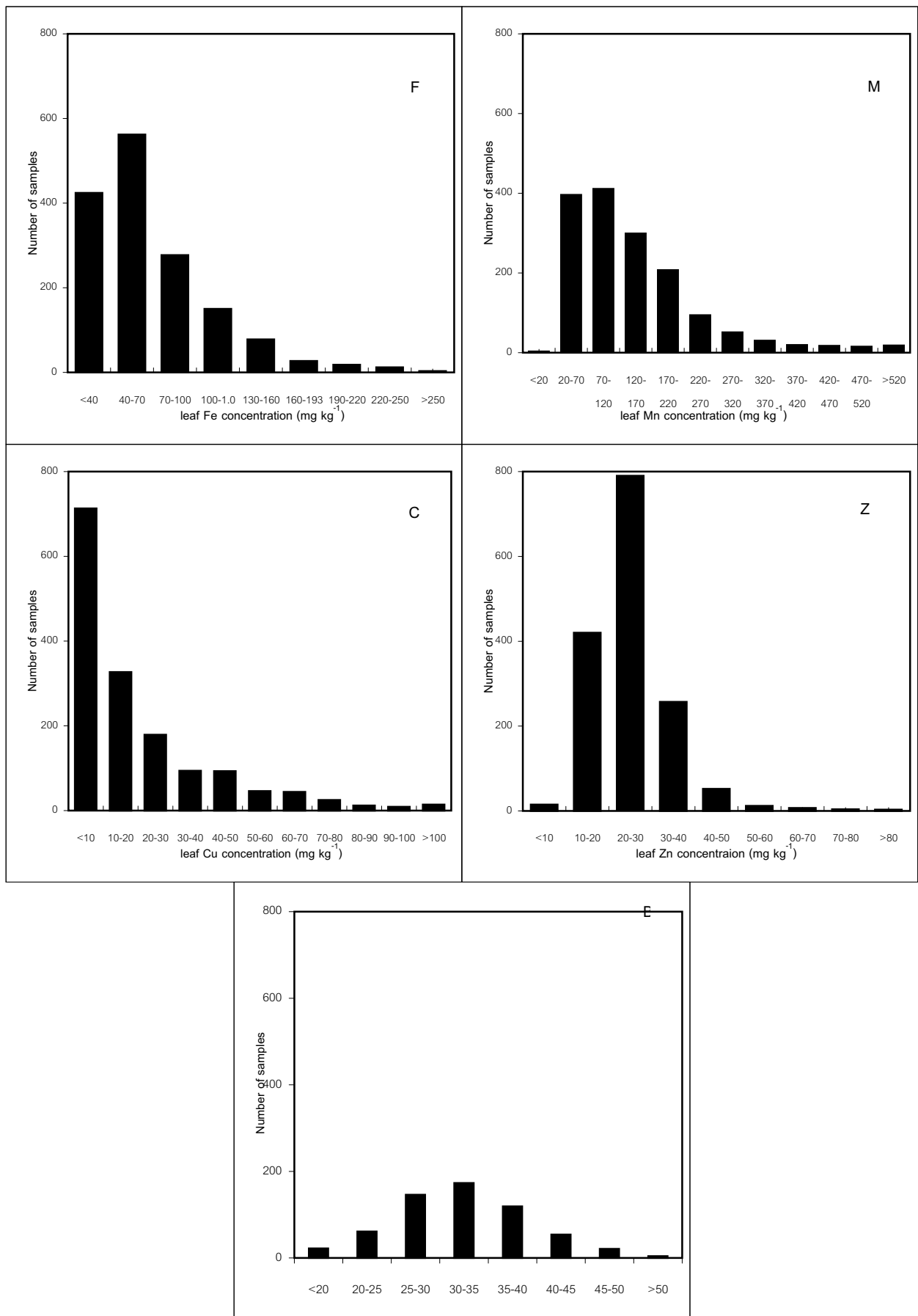
รูปที่ 5b แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในใบมังกูด จาก 4 สวน (ใบที่ 2) ฤดูการเจริญเติบโต 2543/44



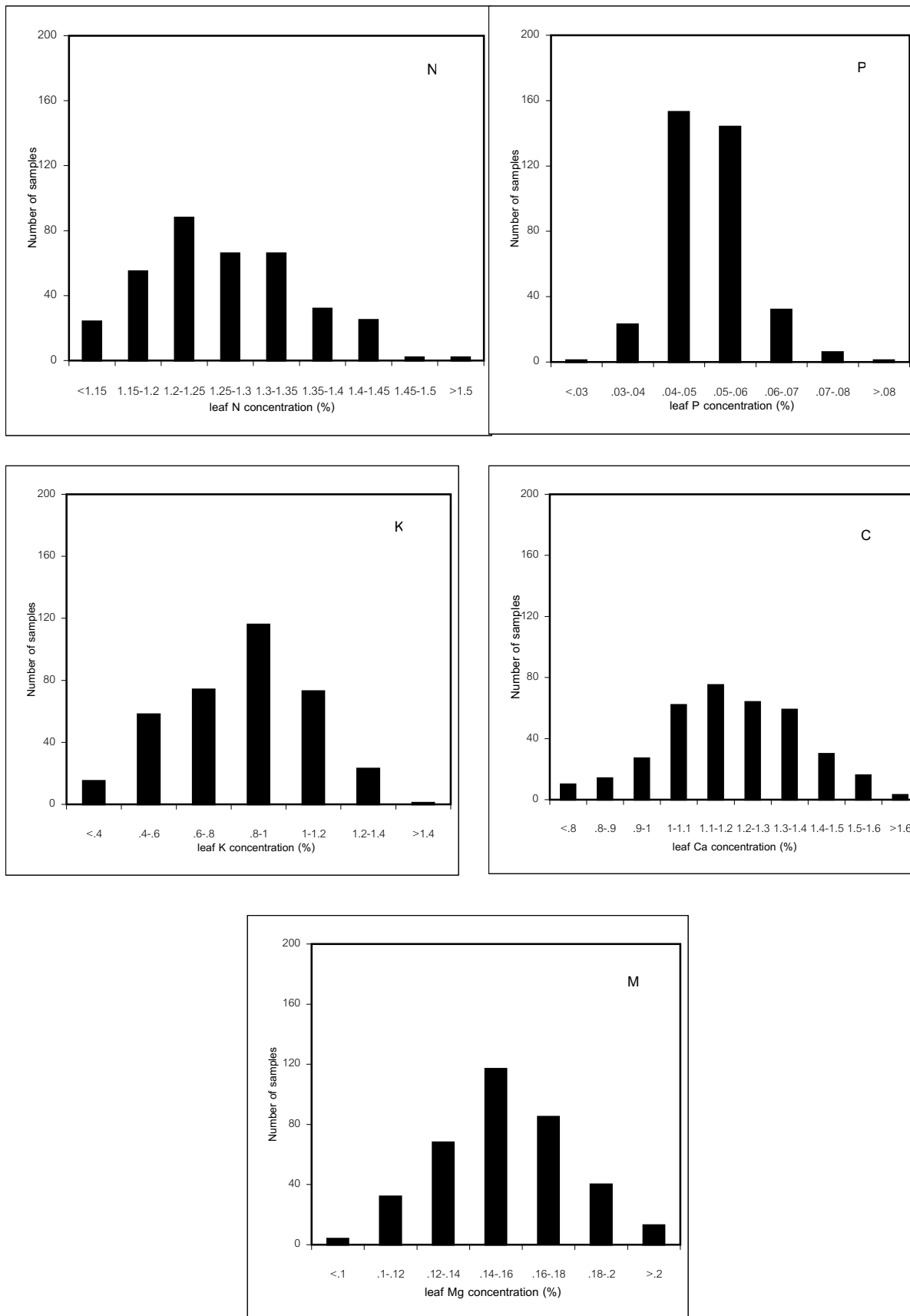
รูปที่ 5b (ต่อ)



รูปที่ 6 การแจกกระจาย (distribution) ของธาตุอาหารในใบมังคุด [ข้อมูลรวม 4 สวน 10 เดือน (ธ.ค.43-ก.ย.44)]

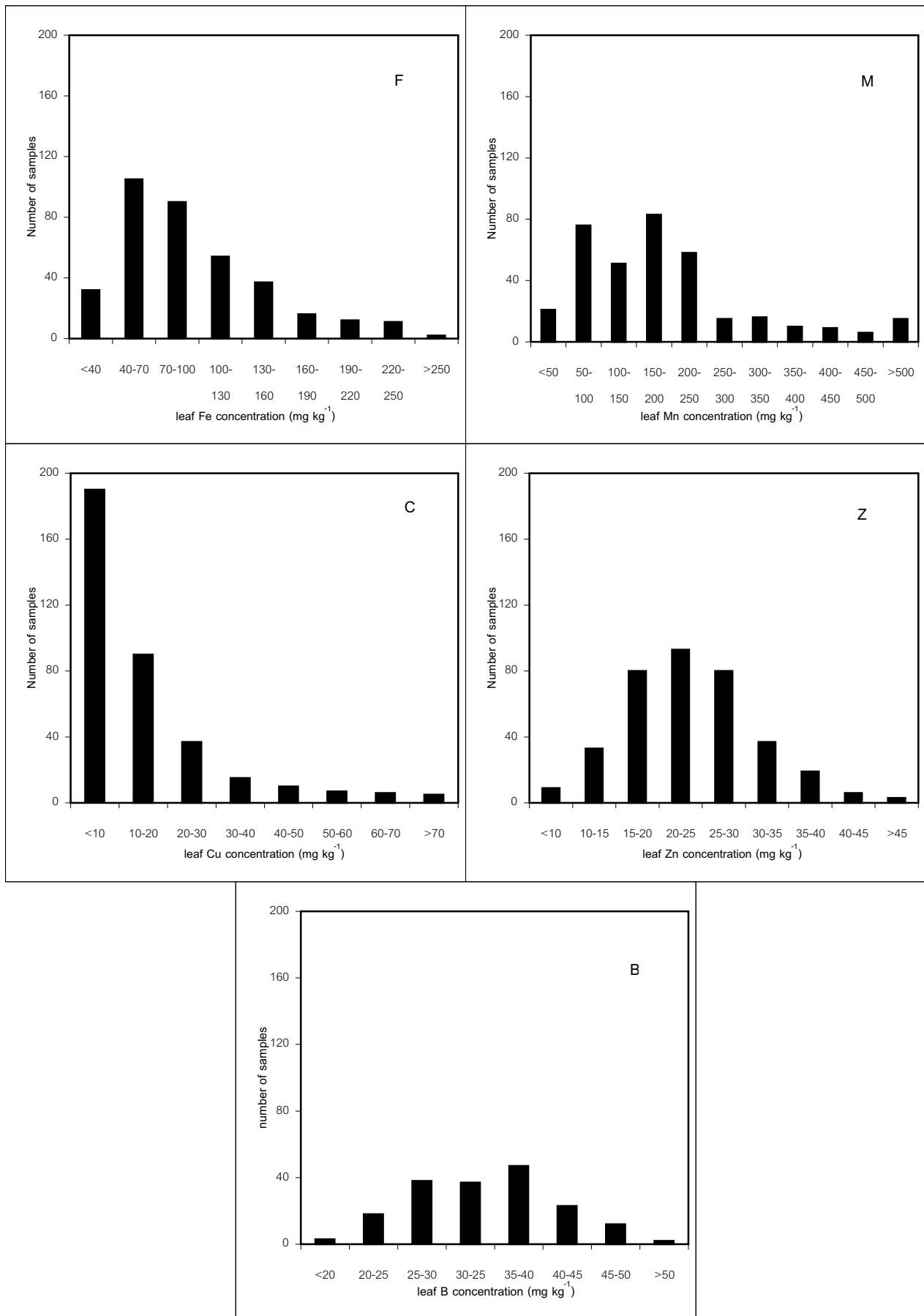


รูปที่ 6 (ต่อ)



รูปที่ 7 การแจกกระจาย (distribution) ของธาตุอาหารไนโบมังคุด [ข้อมูลรวม 4 สวน 3 เดือน (มิ.ย.44 - ส.ค.44)]

ฤดูการเจริญเติบโต 2543/44



รูปที่ 7 (ต่อ)

การทดลองปีที่ 2

วัตถุประสงค์

เพื่อปรับปรุงค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับมังคุดที่กำหนดไว้ในปีที่ 1 ให้มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

I. สวนมังคุดที่ศึกษา

1. สวนมังคุดจำนวน 4 สวนที่ทำการศึกษาในปีที่ 1
2. เลือกสวนมังคุดของเกษตรกรเพิ่มเติมจากเดิมอีก 26 สวน รวมทั้งสิ้นเป็น 30 สวน สวนทุกแห่งเป็นมังคุดที่มีอายุระหว่าง 12-18 ปี โดยกระจายอยู่ตามแหล่งที่ปลูกมังคุดจำนวนมากของจังหวัดจันทบุรี ในแต่ละบริเวณเลือกสวนที่จัดว่ามีความสมบูรณ์ดี ปานกลาง และไม่ดี โดยดูจากทรงพุ่ม และสอบถามจากเกษตรกรในบริเวณนั้น ทุกสวนที่เก็บตัวอย่างมีระบบการให้น้ำ เมื่อรวมสวนมังคุดทั้งหมด สามารถแบ่งสวนออกเป็นกลุ่มที่มีการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์ของต้นในระดับดี 8 สวน ปานกลาง 11 สวน และไม่ดี 11 สวน แต่ละสวนเลือกต้นมังคุดสำหรับเก็บตัวอย่างจำนวน 10 ต้น

II. การเก็บตัวอย่างใบมังคุด

1. ทำการ Tag ตัวอย่างใบมังคุดที่แตกออกมารุ่นแรกหลังเก็บเกี่ยวจำนวนเพียงพอที่จะเก็บตัวอย่างได้ตลอดทั้งปี
2. เก็บตัวอย่างใบมังคุดที่อายุ 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10 และ 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายน 2544 ถึงเดือน กันยายน 2545 โดยเก็บจากทั้ง 4 ทิศรอบทรงพุ่ม ทิศละ 1 ใบ แล้วนำทั้งหมดมารวมเป็น 1 ตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนของมังคุดแต่ละต้น
3. นำใบมังคุดที่ได้มาล้างทำความสะอาด และ วิเคราะห์ธาตุ N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B ตามวิธีที่กล่าวไว้ใน การทดลองปีที่ 1

III. การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินรอบทรงพุ่มมังคุดที่เก็บตัวอย่างใบในต้นฤดูการเจริญเติบโต โดยเก็บตัวอย่างดินละ 4 จุด นำดินจากทั้ง 4 จุดมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง เก็บดินที่ระดับความลึก 0-20, 20-40 และ 40-60 ซม. หลังจากนั้น นำดินที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีได้แก่ pH, EC, OM, CEC, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn และ B ตามวิธีที่กล่าวไว้ใน การทดลองปีที่ 1

IV. การเก็บข้อมูลผลผลิต

เนื่องจากการเก็บผลผลิตมังคุดจะต้องใช้เวลาต่อเนื่องกันประมาณ 4-6 สัปดาห์ ทำให้ไม่สามารถเก็บน้ำหนักผลผลิตได้ จึงประมาณการผลผลิตมังคุด โดยการนับจำนวนผลมังคุดทั้งหมดบนต้น เมื่อผลมีอายุมากกว่า 8 สัปดาห์ (ซึ่งเป็นระยะเวลาที่ผลมังคุดไม่ร่วงแล้ว) หลังจากนั้น เมื่อผลมังคุดอายุประมาณ 12 สัปดาห์ขึ้นไป ทำการสุ่มเก็บผลมังคุดจำนวน 10 ผลต่อต้น นำผลที่ได้มาวัดเส้นรอบวง เส้นผ่าศูนย์กลาง (ความกว้าง) ความยาวของผล และชั่งน้ำหนักผลทุกลูก ทำการสุ่มทั้งหมด 5 ครั้ง รวมเป็น 50 ผลต่อต้น นำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยแล้วนำไปคำนวณปริมาณผลผลิต โดยการคูณกับจำนวนผลที่อยู่บนต้น

V. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS โดยวิเคราะห์ค่า Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test เช่นเดียวกับที่ทำในปีที่ 1

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. สมบัติของดินที่ศึกษา

1.1 ดินจากสวนมังคุด 4 สวน

สมบัติของดินทั้ง 4 สวนที่เก็บตัวอย่างไปตั้งแต่ปีที่ 1 แสดงไว้ในตารางที่ 10a-d จากตารางจะพบว่า ดินสวน M1, M3 และ M4 มีค่า pH สูงขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากการใส่ปุ๋ยอินโดไมท์ ในปีที่ผ่านมา สำหรับปริมาณ P ในดินพบว่า สวน M3 มีค่าสูงกว่าปีที่ 1 ค่อนข้างมาก ซึ่งน่าจะมาจากการกระจายของปุ๋ยที่ไม่สม่ำเสมอ และมีการใส่ปุ๋ย P ในปีที่ผ่านมา นอกจากนั้นยังพบว่า สวน M1 มีปริมาณ Ca และ Mg ในดินสูงขึ้น สอดคล้องกับค่า pH ที่เพิ่มขึ้นของดิน ส่วนสมบัติต่าง ๆ ของดินที่เก็บในปีนี้อาจใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา

1.2 ดินจากสวนมังคุด 30 สวน

สมบัติทางเคมีของดินในสวนมังคุดทั้ง 30 สวนที่ระดับความลึก 0-20, 20-40 และ 40-60 ซม. ได้แสดงไว้ในรูปที่ 8a-c โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.2.1 ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) : ค่า pH ของดินในสวนมังคุดทั้ง 30 สวนที่เก็บตัวอย่าง มีค่าระหว่าง 4.0-6.3 สำหรับดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. แต่ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ระหว่าง 4.0-5.0 สวนที่มีค่า pH สูงกว่า 6.0 มีเพียง 1 สวน สำหรับค่า pH ของดินที่ระดับความลึก 20-40 และ 40-60 ซม. มีค่าต่ำกว่าดินบนเล็กน้อย

1.2.2 การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) : ค่า EC ส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำ คือตั้งแต่ 45-473 $\mu\text{S cm}^{-1}$ มีเพียงไม่กี่สวนเท่านั้นที่มีค่า EC สูงกว่า 300 $\mu\text{S cm}^{-1}$ สำหรับดินที่ระดับความลึกเพิ่มขึ้นมีค่า EC ลดลงเล็กน้อย ซึ่งจัดว่าดินไม่มีความเค็ม

1.2.3 อินทรีย์วัตถุ (Organic matter) : มีค่าผันแปรค่อนข้างมากคือตั้งแต่ ประมาณ 1.1-6.8% ส่วนส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ประมาณ 2.0-3.0% สำหรับดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ส่วนที่ระดับ 20-40 และ 40-60 ซม. ส่วนใหญ่มีอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 2%

1.2.4 ความจุในการแลกเปลี่ยนไอออนบวก (CEC) : สวนส่วนมากมีค่า CEC ต่ำถึง ปานกลาง คือระหว่าง 8-18 $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$ มีเพียงสวนเดียวเท่านั้นที่มีค่า CEC สูง เนื่องจากดินสวนนี้มีอินทรีย์วัตถุสูงถึง 6%

1.2.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) : มีค่าผันแปรมากคือตั้งแต่ประมาณ 70-1,200 mg kg^{-1} สวนส่วนใหญ่ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีปริมาณ P ในดินค่อนข้างสูง และมีสวนมากกว่า 50% ที่มีปริมาณ P ในดินสูงกว่า 300 mg kg^{-1} เนื่องจากมังคุดจัดเป็นพืชที่ออกดอกยากและเกษตรกร

ตารางที่ 10a สมบัติของดินมังคุด สวน M1 (อนุสรณ์ ปรากฏรัตน์) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) µS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	Extractable (mg kg ⁻¹)							
							K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
0-20 (cm.)	Mean	6.36	211	2.08	1,203	13.3	115	924	119	48	12	4.3	10	0.26
	Max	7.13	281	2.92	1,501	18.0	193	1,716	324	65	20	9.6	19	0.30
	Min	5.55	134	1.55	878	10.6	49	449	55	30	4.7	1.5	5.5	0.19
	SD	0.42	42	0.41	196	4.05	35	417	69	12	4.2	2.4	4.0	0.06
20-40 (cm.)	Mean	5.46	121	1.38	862	10.5	104	339	54	52	2.5	0.7	1.8	0.23
	Max	6.19	154	1.95	1,377	13.4	190	752	161	75	4.5	1.9	3.5	0.29
	Min	4.66	89	1.17	582	7.67	54	103	22	34	1.3	0.4	1.1	0.20
	SD	0.46	21	0.22	199	2.85	44	185	31	12	1.0	0.4	0.6	0.06
40-60 (cm.)	Mean	5.18	123	1.17	602	8.95	110	241	45	54	2.0	0.4	1.3	0.23
	Max	5.93	155	1.69	1,068	9.5	183	670	74	69	4.3	1.3	3.5	0.30
	Min	4.54	82	0.80	350	8.20	46	86	26	35	0.9	0.2	0.8	0.19
	SD	0.44	20	0.25	201	0.68	49	145	14	10	1.0	0.3	0.7	0.06

ตารางที่ 10b สมบัติของดินมั่งจุด สวน M2 (ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี) เก็บเดือนกันยายน 2544 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) μS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
0-20 (cm.)	Mean	4.34	234	1.80	601	10.7	94	341	22	71	3.0	7.4	2.2	0.23
	Max	4.88	445	2.26	843	12.0	158	754	40	82	5.2	17	3.6	0.29
	Min	3.79	134	1.39	379	9.24	64	120	8.8	55	1.2	1.2	0.9	0.20
	SD	0.33	102	0.26	142	1.41	33	171	8.5	8.0	1.3	4.2	0.9	0.06
20-40 (cm.)	Mean	4.18	147	1.15	382	9.82	78	129	13	52	0.9	1.9	0.7	0.23
	Max	4.52	281	1.37	614	13.6	146	251	23	74	2.4	3.9	1.5	0.30
	Min	3.93	95	0.99	212	6.18	53	58	7.0	31	0.6	1.0	0.3	0.20
	SD	0.17	46	0.12	108	3.72	22	55	5.3	13	0.5	0.8	0.3	0.06
40-60 (cm.)	Mean	4.19	131	0.75	128	5.24	72	117	13	29	0.7	0.8	0.6	0.16
	Max	4.48	236	1.13	313	7.40	156	252	25	65	1.6	3.2	1.0	0.20
	Min	4.04	74	0.57	30	4.08	39	61	7.2	13	0.4	0.2	0.2	0.09
	SD	0.14	42	0.13	85	1.87	26	59	5.8	12	0.4	0.8	0.3	0.06

ตารางที่ 10c สมบัติของดินมั่งคุด สวน M3 (นิรันดร์ ปรารังรัตน์) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=10)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) µS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	Extractable (mg kg ⁻¹)							
							K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
0-20 (cm.)	Mean	4.27	385	1.98	702	9.51	85	464	31	142	9.4	2.6	7.0	0.25
	Max	5.72	561	2.44	791	10.1	110	1,016	49	199	14	4.4	19	0.30
	Min	3.56	185	1.52	486	8.96	67	161	21	105	0.7	1.3	2.8	0.20
	SD	0.66	130	0.29	88	0.78	13	260	10	30	3.9	1.1	5.0	0.07
20-40 (cm.)	Mean	3.99	165	1.14	455	7.22	68	273	20	116	3.2	0.8	2.5	0.20
	Max	4.58	354	1.61	666	8.74	97	650	41	162	6.3	1.6	4.4	0.20
	Min	3.50	99	0.76	283	5.70	54	91	8.9	56	1.4	0.3	0.6	0.20
	SD	0.31	74	0.25	104	2.15	12	185	9.5	40	1.7	0.5	1.3	0.00
40-60 (cm.)	Mean	3.91	139	0.79	320	7.30	71	295	20	86	2.5	0.5	2.4	0.20
	Max	4.22	214	1.14	525	8.71	123	838	36	193	4.6	1.0	7.3	0.20
	Min	3.52	73	0.27	149	5.88	25	85	7.6	38	0.6	0.1	0.3	0.20
	SD	0.25	51	0.24	138	2.00	26	229	9.2	53	1.3	0.3	2.1	0.00

ตารางที่ 10d สมบัติของดินมั่งคุด สวน M4 (จ่าย ราชนิยม) เก็บเดือนธันวาคม 2544 (n=15)

ความลึก	ค่า	pH (1:1) น้ำ	EC (1:1) µS cm ⁻¹	OM %	P mg kg ⁻¹	CEC cmol(+) kg ⁻¹	Extractable (mg kg ⁻¹)							
							K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
0-20 (cm.)	Mean	4.41	119	1.73	241	7.64	46	181	17	70	7.6	2.9	2.4	0.20
	Max	4.95	224	2.50	483	9.67	57	511	30	88	13	21	9.2	0.20
	Min	4.07	75	1.11	121	5.95	25	51	7.7	46	1.9	1.1	0.9	0.19
	SD	0.20	38	0.38	105	1.89	8.7	122	6.1	12	3.4	5.0	2.0	0.00
20-40 (cm.)	Mean	4.46	83	1.23	105	6.66	40	120	11	46	4.9	3.6	5.2	0.16
	Max	5.45	204	2.39	330	7.25	58	409	31	72	11	43	59	0.20
	Min	3.9	39	0.75	15	6.01	29	34	5.6	29	1.8	0.5	0.4	0.10
	SD	0.33	41	0.38	90	0.62	9.2	105	6.8	15	2.4	11	15	0.06
40-60 (cm.)	Mean	4.44	77	0.91	47	5.55	35	125	11	32	3.9	0.9	1.6	0.10
	Max	5.47	190	1.93	127	6.32	48	449	39	62	10	5.6	9.4	0.10
	Min	3.94	33	0.58	7.97	4.85	21	27	4.6	20	1.1	0.2	0.4	0.10
	SD	0.34	43	0.31	38	0.73	7.9	133	9.0	12	2.4	1.3	2.3	0.00

จำนวนมากมีความเชื่อว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสจะช่วยให้ไม้ผลออกดอก จึงนิยมใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสสูง เช่น ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จำนวนมากทุก ๆ ปี บางสวนใส่ปุ๋ยสูตร 8-24-24 จำนวนสูงถึง 10 กก./ต้น/ปี ทำให้มี P สะสมในดินมาก อย่างไรก็ตาม ในดินที่อยู่ในระดับที่ลึกลงไปมีปริมาณน้อยกว่าดินบนมาก เนื่องจาก P จัดเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในดิน

1.2.3 โพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) : สวนส่วนมากที่ศึกษามี K ค่อนข้างต่ำ คือประมาณ 10-100 mg kg⁻¹ มีเพียงไม่กี่สวนเท่านั้นที่มี K สูงกว่า 100 mg kg⁻¹ ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของดินในจังหวัดจันทบุรี เนื่องจากดินในบริเวณนั้นส่วนใหญ่จะมีเนื้อหยาบ มีความเป็นกรดสูง มีปริมาณฝนมาก จึงเกิดการชะล้างของ K สูง นอกจากนั้น เกษตรกรชาวสวนมังคุด ยังไม่นิยมใส่ปุ๋ย K สูงในช่วงท้ายของการพัฒนาผล จึงทำให้ K ในดินลดลงมากกว่าที่พบในดินที่ปลูกทุเรียน สำหรับชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป มีปริมาณ K ในดินลดลงและมีความเข้มข้นกระจายอยู่ในช่วงแคบ ๆ

1.2.4 แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Extractable Ca & Mg) : ดินส่วนใหญ่มี Ca อยู่ระหว่าง 200-500 mg kg⁻¹ มีเพียง 3 สวนเท่านั้นที่มี Ca สูงกว่า 1,000 mg kg⁻¹ และมี 2 สวนที่มีแคลเซียมต่ำกว่า 100 mg kg⁻¹ ส่วน Mg มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมาก คือสวนที่มี Mg ต่ำสุดมีความ Mg ต่ำกว่า 10 mg kg⁻¹ ส่วนสวนที่มี Mg สูงสุดมีปริมาณ Mg ในดินสูงถึง 213 mg kg⁻¹ สวนส่วนมากมีปริมาณ Mg ในดินค่อนข้างต่ำ เนื่องจากดินเป็นกรดจัด มีค่า pH ค่อนข้างต่ำดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น สวนที่มีค่า pH สูงกว่า 5.0 ขึ้นไปเท่านั้นที่พบปริมาณ Ca และ Mg สูงขึ้น

1.2.5 เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี (Fe, Mn, Cu & Zn) : ความเข้มข้นของ Fe ในดินจัดอยู่ในปริมาณที่ค่อนข้างสูง สำหรับ Mn จัดอยู่ในช่วงต่ำจนถึงปานกลาง ในทำนองเดียวกัน Cu มีความเข้มข้นระดับปานกลาง มีเพียง 1 สวนที่มี Cu ในระดับสูง และ Zn มีความเข้มข้นส่วนมากอยู่ในระดับปานกลางเช่นเดียวกัน มีไม่กี่สวนเท่านั้นที่มีสังกะสีในปริมาณสูง ซึ่งน่าจะมาจากการตกค้างของสังกะสีจากการฉีดพ่นทางใบของเกษตรกร

1.2.6 โบรอน : ความเข้มข้นของ B ในดินมีค่าระหว่าง 0.09 - 0.34 mg kg⁻¹ สำหรับดินบน ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. สวนส่วนใหญ่มีค่าความเข้มข้นของ B อยู่ระหว่าง 0.1-0.2 mg kg⁻¹ สำหรับดินล่างมีค่าเฉลี่ยของ B ใกล้เคียงหรือต่ำกว่าดินบนเล็กน้อย ปริมาณ B ที่พบในดินจัดอยู่ในระดับต่ำ (Peryae, 1994) เนื่องจากดินเป็นกรดจัด มีเนื้อหยาบ และฝนตกชุก ทำให้เกิดการชะล้างของ B สูง

2. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด

2.1 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของสวนมังคุด 4 สวน

แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารในสวนมังคุดทั้ง 4 สวนที่ทำการศึกษามาตั้งแต่ปีที่ 1 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 9 โดยได้แสดงความเข้มข้นของธาตุอาหารของฤดูการเจริญเติบโต 2543/44 (การทดลองปีที่ 1) และ 2544/45 ไว้ในรูปเดียวกัน เพื่อเปรียบเทียบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบมังคุดทั้ง 2 ปี ส่วนรูปที่ 10 เป็นการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเข้มข้นธาตุอาหารของสวนทั้ง 4 สำหรับปีที่ 1 และ ปีที่ 2 โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 ไนโตรเจน : ความเข้มข้น N ของทั้ง 4 สวนอยู่ในช่วงแคบ ๆ ระหว่าง 1.3-1.4% และมีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง เช่นเดียวกับที่พบในปีที่ 1 อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของ N ในใบปีที่ 2 สูงกว่าปีที่ 1 เล็กน้อย โดยเฉพาะช่วงท้ายของฤดูการเจริญเติบโต

1.1.2 ฟอสฟอรัส แนวโน้มการเปลี่ยนแปลง P คล้ายกับปีที่ 1 คือลดลงเล็กน้อยจากประมาณ 0.09 % ไปเป็น 0.06% เมื่อใบมีอายุมากขึ้น นอกจากนี้ ยังพบว่าความเข้มข้นของ P ในปีที่ 2 ใกล้เคียงกับปีที่ 1

1.1.3 โพแทสเซียม : เมื่อใบมีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของ K ในใบลดลงค่อนข้างมากเหมือนกับที่พบในปีที่ 1 โดยเฉพาะในสวน M3 ซึ่งความเข้มข้นของ K ลดลงจาก 1.0% เมื่อใบอายุ 4 เดือน เหลือ 0.4% เมื่อใบอายุ 12 เดือน นอกจากนั้น สวน M3 ยังมีความเข้มข้นของ K ต่ำกว่าอีก 3 สวนค่อนข้างมากเหมือนกับที่พบในปีที่ 1 สวนที่มีความเข้มข้นของ K สูงสุด ได้แก่ สวน M2 ซึ่งมีความเข้มข้นของ K ลดลงจาก 1.5 % เหลือ 0.8% ในช่วงท้ายของการเก็บตัวอย่าง

1.1.4 แคลเซียม : ความเข้มข้นของ Ca ในใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนถึงเมื่อใบมีอายุประมาณ 6 เดือน หลังจากนั้นความเข้มข้นของ Ca ในใบค่อนข้างคงที่จนถึงช่วงท้ายของการเก็บตัวอย่าง ซึ่งมีความเข้มข้นของ Ca มีค่าประมาณ 1.2-1.3% ความเข้มข้นของ Ca ในใบของทั้ง 4 สวนมีค่าใกล้เคียงกับปีที่ 1

1.1.5 แมกนีเซียม : ความเข้มข้นของ Mg ในใบปีที่ 2 ต่ำกว่าปีที่ 1 ในทั้ง 4 สวนที่ศึกษา คือมีความเข้มข้นตั้งแต่ 0.10-0.14% ในขณะที่ปีที่ 1 มีความเข้มข้นของ Mg ตั้งแต่ 0.14-0.18% (รูปที่ 10) โดยสวน M2 มีความเข้มข้นของ Mg ต่ำสุดและในบางช่วงของการเก็บตัวอย่างมีความเข้มข้นของ Mg ต่ำกว่า 0.1% ทั้งนี้อาจเกิดจากการที่ดินมี Mg ในปริมาณต่ำ และเกิด antagonism ระหว่าง K กับ Mg คือ สวนที่พบ K สูงจะพบ Mg ในปริมาณต่ำ ซึ่งพบได้ทั่วไปในไม้ผล รวมทั้งในทุเรียน (สุมิตรา และคณะ 2545a, b; Poovarodom et al., 2001, 2002) ความเข้มข้นของ Mg ในใบมังคุดที่พบในปีที่ 2 จัดว่าค่อนข้างต่ำ จนน่าจะเกิดการขาดแคลน (deficiency) Marchal (1972) ทำการศึกษ ปริมาณธาตุอาหารในใบมังคุด และรายงานว่ใบมังคุดที่สมบูรณ์มีความเข้มข้นของ Mg 0.15% สวนใบมังคุดที่มีอาการขาด Mg คือใบมีสีเหลืองระหว่างเส้นใบ

(interveinal chlorosis) มีความเข้มข้นของ Mg ในใบ 0.105% ในการศึกษาครั้งนี้ พบอาการใบแก่มีสีน้ำตาลปนม่วงอยู่ทั่วไป ซึ่งน่าจะเป็นอาการขาด Mg อาการนี้จะพบรุนแรงมากขึ้นเมื่อใบถูกแสงแดดมาก (ชาวสวนส่วนมากเชื่อว่า การที่ใบมีอาการเช่นนี้ มีสาเหตุจากแสงแดดเผา) แต่อาการที่ใบมีพื้นที่สีเหลืองระหว่างเส้นใบ ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจนเหมือนในพืชอื่น เช่น ทุเรียน เงาะ หรือสละ สาเหตุที่คณะผู้วิจัยไม่แน่ใจว่าอาการที่เห็นเป็นการขาด Mg จริงหรือไม่ เนื่องจากเมื่อเก็บใบจากต้นมังคุดที่มีอาการที่รุนแรงแตกต่างกันมาวิเคราะห์ ไม่พบความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของ Mg ในใบที่ชัดเจนนัก อาจเนื่องจากสวนส่วนมากมีอาการขาด Mg เพียงแต่มีความรุนแรงแตกต่างกัน นอกจากนั้น แสงแดดอาจมีส่วนทำให้อาการรุนแรงขึ้น จึงทำให้ผลการวิเคราะห์กับอาการที่มองเห็นด้วยตาเปล่าไม่สอดคล้องกัน ในระยะแรก คณะผู้วิจัย ไม่แน่ใจว่าอาการขาดที่กล่าวมานี้จะเกิดจาก K หรือไม่ เนื่องจากความเข้มข้นของ K ในใบต่ำมากเช่นกัน Shear and Faust (1980) ได้ตั้งข้อสงสัยเกี่ยวกับ อาการขาด Mg และ K ในบางระยะ (certain stages) ในไม้ผลและถั่ว (nuts) บางชนิดมีอาการคล้ายคลึงกันมากและอาจไม่สามารถแยกได้แม้แต่คนที่มีความชำนาญสูงก็ตาม

1.1.6 เหล็ก : ความเข้มข้นของ Fe ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้นเหมือนกับที่พบในปีที่ 1 แต่ความผันแปรของ Fe ระหว่างเดือนที่เก็บตัวอย่างมากกว่าที่พบในปีที่ 1 เนื่องจาก Fe เป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในพืช ความเข้มข้นของ Fe ในปีที่ 2 สูงกว่าปีที่ 1 เล็กน้อย

1.1.7 แมงกานีส : เช่นเดียวกับ Fe ความเข้มข้นของ Mn ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น โดยความเข้มข้นของ Mn ในสวน M1, M2 และ M3 มีค่าใกล้เคียงกับปีที่ 1 แต่สวน M4 ความเข้มข้นของ Mn ในช่วงท้ายของฤดูการเจริญเติบโตลดลงกว่าปีที่ 1 ค่อนข้างมาก กล่าวคือในปีที่ 1 ความเข้มข้นของ Mn ในช่วงท้ายของการเก็บตัวอย่างสูงกว่า 300 mg kg^{-1} ในขณะที่ในปีที่ 2 ความเข้มข้นของ Mn อยู่ระหว่าง $200\text{-}270 \text{ mg kg}^{-1}$ อาจเนื่องจากค่า pH ของดินสวนนี้เพิ่มสูงขึ้นจากการใส่ปุ๋ยโดโลไมท์ในปีที่ผ่านมา ทำให้การละลายของ Mn ลดลง (Righetti et al., 1990)

1.1.8 ทองแดง : ความเข้มข้นของ Cu ในใบปีที่ 2 ค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ 1 ซึ่งน่าจะเกิดจากการปนเปื้อนที่น้อยกว่า สวน M1 มีความเข้มข้นของ Cu ในระยะแรกของการเก็บตัวอย่างค่อนข้างต่ำ แต่ในช่วงท้ายของการเก็บตัวอย่าง ความเข้มข้นของ Cu สูงขึ้นมาก จากการฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืช เนื่องจากมังคุดมีการแตกใบอ่อน ความเข้มข้นของ Cu ที่พบในใบมังคุดจัดว่าเพียงพอ (Jones, 1998)

1.1.9 สังกะสี : มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและปริมาณความเข้มข้นในใบใกล้เคียงกับปีที่ 1 ยกเว้นช่วงท้ายของการเก็บตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของ Zn สูงและผันแปรมาก ซึ่งน่าจะมาจากการฉีดพ่นของเกษตรกร เพราะสวนส่วนมากมีการขาด Zn ซึ่งในช่วงท้ายของการเก็บตัวอย่างในช่วงที่มีการแตกใบอ่อน จึงมีการฉีดพ่น Zn กันมาก

1.1.10 โบราณ : ความเข้มข้นของ B ในใบมังคุดมีค่าผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ และค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงฤดูการเจริญเติบโต ซึ่งคล้ายกับที่พบในทุเรียน (สุมิตรา และคณะ 2544) แต่แตกต่างจากพืชอื่นหลายชนิด เช่น ลิ้นจี่ (Kotur and Singh, 1993) พีแคน (Cresswell and Wickson, 1986) หรือ ส้ม (Embleton et al., 1973) แต่เดิมนั้น B จัดว่าเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ในพืช เมื่อใบมีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของ B ในใบจะสูงขึ้น แต่ในระยะหลังได้มีการศึกษาใน B มากขึ้น และพบว่า ในพืชบางชนิด B สามารถเคลื่อนที่ได้ จึงไม่พบการสะสม B ในใบแก่ (Professor P.H. Brown ติดต่อยังเป็นการส่วนตัว) ความเข้มข้นของ B ที่พบในใบมังคุดมีค่าตั้งแต่ 25-40 mg kg⁻¹ ซึ่งต่ำกว่าที่พบในทุเรียน และไม่ผลหลายชนิดเช่น ส้ม อโวคาโด และลิ้นจี่ แต่อยู่ในช่วง 20-70 mg kg⁻¹ ที่จัดว่าเพียงพอสำหรับพืชใบเลี้ยงคู่ทั่วไป (Jones, 1998) และใกล้เคียงกับค่ามาตรฐาน 20-40 mg kg⁻¹ ของแพร้ (van den Ende and Leece, 1975) สำหรับความเข้มข้นของ B ในปี 2 ใกล้เคียงปีที่ 1

ความแตกต่างระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดระหว่าง 2 ฤดูปลูกที่พบในการศึกษาครั้งนี้ จัดว่าค่อนข้างน้อย (รูปที่ 10) โดยเฉพาะธาตุอาหารมหธาตุ มีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้น Mg ที่พบว่าความเข้มข้นในปี 2 ต่ำกว่าปีที่ 1 จนน่าจะเกิดการขาดแคลน ส่วนจุลธาตุนั้นค่าที่แตกต่างจัดว่าไม่มากนัก เพราะความผันแปรของจุลธาตุในใบโดยทั่วไปจะค่อนข้างสูง เนื่องจากอาจมีการปนเปื้อนของจุลธาตุในปุ๋ยทางใบหรือสารปราบศัตรูพืชที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ในพืชอื่น ๆ ก็พบความแตกต่างในลักษณะเดียวกัน (Koo and Young, 1977; สุมิตรา และคณะ 2544) ดังนั้น จึงไม่จำเป็นต้องปรับเปลี่ยนค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับมังคุดที่กำหนดไว้ในการทดลองปีที่ 1 (ตารางที่ 8)

2.2 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนมังคุดทั้ง 30 สวน

จากการเก็บตัวอย่างใบทุเรียนจากสวนเกษตรกรเพิ่มขึ้นอีก 26 สวน โดยแยกเป็นสวนกลุ่มดี (above average) ปานกลาง (average) และไม่ดี (below average) [แยกด้วยสายตา ร่วมกับการสอบถามจากเจ้าของสวนและชาวสวนอื่น ๆ ที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกัน - เกณฑ์การแยกใช้วิธีการประเมินความสมบูรณ์ของต้น โดยดูจากขนาดของใบ ขนาดของทรงพุ่ม เป็นต้น] ซึ่งการคัดเลือกสวนมังคุดให้ได้ทั้ง 3 ระดับความสมบูรณ์ในบริเวณเดียวกันทำได้ค่อนข้างยาก เพราะสวนมังคุดส่วนใหญ่จะมีความสมบูรณ์ในระดับปานกลาง เนื่องจากเป็นพืชที่ออกดอกยาก ทำให้เกษตรกรไม่มั่นใจที่จะลงทุนในด้านปุ๋ยเคมีมากนัก การจัดการและการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรส่วนใหญ่จะคล้ายกัน นอกจากนั้น มังคุดยังเป็นพืชที่มี pattern ของการออกดอกติดผลแบบปีเว้นปี (alternate bearing) ชัดเจน จึงไม่สามารถได้ข้อมูลผลผลิตที่ถูกต้อง ความเข้มข้นของธาตุอาหารในสวนเกษตรกรที่เก็บตัวอย่างใหม่ในปี 26 สวน รวมกับของเดิม 4 สวน เป็นจำนวนทั้งสิ้น 30 สวนได้

แสดงไว้ในรูปที่ 11a-c จากรูปจะพบว่าแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารที่พบในมังคุดนี้ คล้ายคลึงกับที่พบในส่วนทั้ง 4 ที่ทำการศึกษามาตั้งแต่ปีที่ 1 และที่พบในทุเรียนและไม้ผลเขตหนาวทั่วไป (สุมิตรา และคณะ 2544; Poovarodom et al., 2001, 2002; Brown 1994; Cresswell and Wickson, 1986) สำหรับรายละเอียดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดเป็นดังนี้

2.2.1 ไนโตรเจน : ความเข้มข้นของ N ในส่วนแต่ละกลุ่มและในทุกกลุ่มมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน คือมีความเข้มข้นระหว่าง 1.1-1.5% ความเข้มข้นของ N เปลี่ยนแปลงค่อนข้างน้อยตลอดช่วงอายุการเก็บตัวอย่าง ซึ่งคล้ายคลึงกับ 4 ส่วนที่ศึกษา แต่แตกต่างจากไม้ผลในเขตหนาว ซึ่งความเข้มข้นของ N ลดลงค่อนข้างมาก เมื่อใบอายุมากขึ้น (Brown, 1994; Clark et al., 1989, Kotur and Singh, 1993) อาจเนื่องจากมังคุดเป็นไม้ผลที่มีจำนวนใบมากและใบมีอายุยืนยาวหลายปี การเปลี่ยนแปลงธาตุอาหารในใบจึงเกิดช้า

2.2.2 ฟอสฟอรัส : ความเข้มข้นของ P ในใบมังคุดมีค่าค่อนข้างต่ำ และแตกต่างกันค่อนข้างน้อยระหว่างแต่ละส่วน มีเพียงส่วนอ่อน (M23) เท่านั้นที่มีความเข้มข้นของ P สูงกว่าส่วนอื่นค่อนข้างมาก อาจเนื่องจากการให้ปุ๋ย P ทางใบของเกษตรกร

2.2.3 โพแทสเซียม : ความเข้มข้นของ K ในใบลดลงค่อนข้างมากเมื่อใบมีอายุมากขึ้นและลดลงตลอดระยะเวลาที่เก็บตัวอย่าง ซึ่งทุกส่วนมีแนวโน้มเหมือนกัน และความเข้มข้นของ K ในแต่ละส่วนแตกต่างกันไม่มากนัก

2.2.4 แคลเซียม : ตรงกันข้ามกับ K ความเข้มข้นของ Ca เพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของ Ca ในใบแตกต่างกันบ้างพอสมควร เนื่องจากดินมีปริมาณ Ca แตกต่างกันค่อนข้างมาก

2.2.5 แมกนีเซียม : แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ Mg แตกต่างกันบ้างระหว่างส่วนแต่ละกลุ่ม แต่ส่วนมากมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเมื่อใบมีอายุมากขึ้น ความเข้มข้นของ Mg ในส่วนที่ศึกษาส่วนใหญ่ค่อนข้างต่ำ และมีหลายส่วนที่มีความเข้มข้นของ Mg ในใบต่ำมากคือต่ำกว่า 0.1% ซึ่งพบในส่วนทุกกลุ่ม ส่วนเหล่านี้มีอาการขาด Mg ค่อนข้างรุนแรง ในการศึกษาครั้งนี้พบ antagonism ระหว่าง K และ Mg (หรือ K กับ Ca แต่พบน้อยกว่า) ค่อนข้างชัดเจน คือเมื่อ K มีค่าสูง จะพบว่า Mg มีค่าต่ำ ซึ่งคล้ายกับที่พบในทุเรียนและไม้ผลทั่วไป (Poovarodom et al., 2001, 2002; Forshey, 1969)

2.2.6 เหล็ก : ความเข้มข้นของ Fe มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อใบมีอายุมากขึ้น เนื่องจาก Fe เป็นธาตุที่จัดว่าไม่เคลื่อนที่ในพืช อย่างไรก็ตาม บางส่วนมีความผันแปรของความเข้มข้น Fe ค่อนข้างมาก อาจเนื่องจากการฉีดพ่นปุ๋ยทางใบ

2.2.7 แมงกานีส : ความเข้มข้นของ Mn ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อใบมีอายุมากขึ้น และมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากดินเป็นกรดจัด ทำให้แมงกานีสละลายออกมาได้ดี ความเข้มข้นของ Mn แตกต่างกันอย่างมากระหว่างสวนที่ศึกษา คือ มีความเข้มข้นระหว่าง 80-400 mg kg⁻¹ ซึ่งคล้ายคลึงกันทั้ง 3 กลุ่มสวนที่ศึกษา นอกจากนั้นยังพบแนวโน้ม antagonism ระหว่าง Fe และ Mn ด้วย กล่าวคือ เมื่อใบมังคุดมีความเข้มข้นของ Fe สูง มีแนวโน้มที่ Mn ในใบจะต่ำ

2.2.8 ทองแดง : ค่าความเข้มข้นของ Cu ในใบแตกต่างกันบ้างระหว่างสวน เนื่องจากการฉีดพ่นสารปราบศัตรูพืชที่มี Cu ผสมอยู่ แต่ความแตกต่างระหว่างสวนหรือในแต่ละครั้งของการเก็บตัวอย่างไม่สูงเหมือนที่พบในทุเรียน (สุมิตรา และคณะ 2544, 2545a, b)

2.2.9 สังกะสี : สวนส่วนมากมีความเข้มข้นของ Zn อยู่ระหว่าง 15-30 mg kg⁻¹ และมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บตัวอย่าง ยกเว้นในช่วงที่เกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยทางใบ ซึ่งจะพบความเข้มข้นของ Zn ค่อนข้างสูงและผันแปรค่อนข้างมาก

2.2.10 โบรอน : ความเข้มข้นของ B ในใบมังคุดมีค่าผันแปรอยู่ในช่วงแคบ ๆ และค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงฤดูการเจริญเติบโต คล้ายกับที่พบในสวนทั้ง 4 ที่ศึกษามาตั้งแต่ปีที่ 1 มีเพียงสวนทวีป (M22) เท่านั้น ที่ความเข้มข้นของ B สูงกว่าสวนอื่นค่อนข้างมาก

2.3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุดที่เก็บจากสวนเกษตรกร

ความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ย (mean) และพิสัย (range) ของธาตุอาหารแต่ละชนิด เมื่อใบมังคุดที่มีอายุ 8-10 เดือน (ค่าเฉลี่ย 3 เดือน) ซึ่งเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างใบมังคุดเพื่อการวิเคราะห์ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 ไนโตรเจน : ความเข้มข้นของ N มีค่าอยู่ในช่วงแคบๆ คือ ระหว่าง 1.30-1.49% โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.38% สวนทั้ง 3 กลุ่มมีความเข้มข้นของ N ใกล้เคียงกัน ความเข้มข้นของ N ที่พบนี้ใกล้เคียงกับที่พบในฝรั่ง ลิ้นจี่ มะม่วง และถั่วแมคคาเดเมีย (Weir and Cresswell, 1995) แต่ต่ำกว่าที่พบในทุเรียน (สุมิตรา และคณะ 2545b) และส้ม (Embleton et al., 1973) ซึ่งมีความเข้มข้นของ N มากกว่า 2%

2.3.2 ฟอสฟอรัส : ความเข้มข้นของ P มีค่าระหว่าง 0.05-0.10% ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำและแคบ โดยแต่ละกลุ่มมีค่าใกล้เคียงกัน ความเข้มข้นของ P ในมังคุดใกล้เคียงกับในโอคาโด (0.08-0.25%P) ถั่วแมคคาเดเมีย (0.08-0.10%P) และมะม่วง (0.08-0.2%P) (Weir and Cresswell, 1995) แต่ต่ำกว่าไม้ผลทั่วไปที่มักมีความเข้มข้น P สูงกว่า 0.1%

2.3.3 โพแทสเซียม : ความเข้มข้นของ K เฉลี่ย 30 สวนเท่ากับ 0.72% โดยมีค่าตั้งแต่ 0.55-0.90% ซึ่งเป็นค่าที่แตกต่างกันค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับทุเรียน (สุมิตราและคณะ 2544) โดยสวนแต่ละกลุ่มมีความเข้มข้นของ K ในใบใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม Stiles (1994)

แนะนำว่า การแปรผลค่าวิเคราะห์ K จะต้องคำนึงถึงผลผลิต (crop load) ด้วย กล่าวคือ ถ้าไม่ผล
 สนวนนั้นหรือต้นนั้นให้ผลผลิตสูง ความเข้มข้นของ K จะต่ำกว่าต้นที่ให้ผลผลิตต่ำหรือไม่ให้ผลผลิต
 ดังนั้น ในสวนกลุ่มดีที่มี K ในใบในระดับเดียวกับสวนในกลุ่มปานกลางหรือไม่ดี แสดงว่าสวนกลุ่มดี
 มีแนวโน้มที่จะมีความเข้มข้นของ K สูงกว่าอีก 2 กลุ่ม ในกรณีที่มีค่า K ต่ำในสวนกลุ่มดี ส่วนใหญ่
 จะพบ antagonism ระหว่าง K กับ Ca และ Mg ความเข้มข้นของ K ที่พบในมังคุดนี้จัดว่าค่อนข้าง
 ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลหลายชนิด เช่น ส้ม (1.2-1.7%, Embleton et al., 1973) ทุเรียน (1.5-
 2.5%, สุมิตรและคณะ 2545b) แต่ใกล้เคียงกับลิ้นจี่ (0.8-1.2%, Weir and Cresswell, 1995)
 มะม่วง (0.5-0.9%, Weir and Cresswell, 1995) ถั่วแมคคาเดเมีย (0.66-0.80%, Weir and
 Cresswell, 1995)

2.3.4 แคลเซียม : ความเข้มข้นของ Ca มีค่าแตกต่างกันค่อนข้างมากตั้งแต่ 0.85-
 1.51% โดยมีค่าเฉลี่ย 1.12% กลุ่มสวนไม่ดีมีความเข้มข้นของ Ca (1.21%) สูงกว่ากลุ่มดี (1.1%)
 และปานกลาง (1.05%) อาจเนื่องจากสวนกลุ่มดีโดยทั่วไปมีการใส่ปุ๋ย K ในอัตราสูง ทำให้เกิด
 antagonism กับ Ca

2.3.5 แมกนีเซียม : ความเข้มข้นของ Mg ของ 30 สวนมีค่าระหว่าง 0.08-0.15% และ
 มีค่าเฉลี่ย 0.11% ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ ความเข้มข้นของ Mg แต่ละกลุ่มไม่แตกต่างกันมากนัก แต่
 ความเข้มข้นของ Mg ในสวนกลุ่มดีมีแนวโน้มที่จะสูงกว่ากลุ่มปานกลางและกลุ่มไม่ดี ค่าเฉลี่ยของ
 Mg สำหรับสวนกลุ่มดี ปานกลาง และไม่ดี เท่ากับ 0.12, 0.11 และ 0.10% ตามลำดับ

2.3.6 เหล็ก : มีค่าตั้งแต่ 76.3-181.8 mg kg⁻¹ โดยมีค่าเฉลี่ย 108.2 mg kg⁻¹ ความ
 เข้มข้นเฉลี่ยของ Fe สำหรับกลุ่มดี ปานกลาง และไม่ดี เท่ากับ 107.1, 94.2 และ 123.0 mg kg⁻¹
 ตามลำดับโดยความเข้มข้นของ Fe ที่พบในใบมังคุดนี้จัดว่าเพียงพอสำหรับพืชทั่วไป (Jones, 1998)

2.3.7 แมงกานีส : ความแตกต่างระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดสำหรับ Mn
 ค่อนข้างมาก คือ 73.8-385.5 mg kg⁻¹ สำหรับ 30 สวน และมีค่าเฉลี่ย 214 mg kg⁻¹ กลุ่มสวนดีมี
 ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของ Mn 163 mg kg⁻¹ ซึ่งต่ำกว่ากลุ่มสวนปานกลาง (230 mg kg⁻¹) และกลุ่ม
 สวนไม่ดี (235 mg kg⁻¹) ซึ่งตรงกันข้ามกับกรณีของ Mg ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ความเข้มข้นของ Mn
 ในใบมังคุดค่อนข้างสูง เนื่องจากดินสวนมากเป็นกรดจัด ทำให้ Mn ละลายออกมามาก แม้ว่าความ
 เข้มข้นของ Mn ในใบมังคุดจะสูงถึง 400 mg kg⁻¹ ก็ตาม แต่ไม่พบอาการเป็นพิษ (toxicity) ของ Mn
 ในขณะที่ ต้นสะละที่ปลูกอยู่ในสวนหรือบริเวณเดียวกับมังคุดจะมีอาการเป็นพิษของ Mn ค่อนข้าง
 รุนแรง แต่ความเข้มข้นของ Mn ในใบสะละมักสูงกว่า 500 mg kg⁻¹ และบ่อยครั้งพบความเข้มข้น
 มากกว่า 1,500 mg kg⁻¹ (พิชานัน และสุทธิพันธ์ 2545) Edwards and Asher (1982) รายงานว่า
 ความเข้มข้นของ Mn ที่เป็นพิษในพืช มีช่วงค่อนข้างกว้าง ในทานตะวันความเข้มข้นของ Mn ที่สูงถึง
 5,300 mg kg⁻¹ ทำให้ผลผลิตลดลงเพียง 10% นอกจากนั้น ความทนทานต่อการเป็นพิษของ Mn ยัง

ขึ้นกับชนิดและสายพันธุ์พืชด้วย ในไม้ผลหลายชนิด ช่วงค่ามาตรฐานสำหรับ Mn ค่อนข้างสูง (Reuter and Robinson, 1997) เช่น ถั่วพีแคน 150-500 (adequate), 501-2,500 (high) และมากกว่า 2,500 (toxic) mg kg^{-1} ส่วนพลับ (persimmon) มีช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมเท่ากับ 350-1,200 mg kg^{-1} (ออสเตรเลีย) 70-1,844 mg kg^{-1} (ญี่ปุ่น) และ 238-928 mg kg^{-1} (นิวซีแลนด์) ส่วนไม้ผลทั่วไป ก็มีช่วงความเข้มข้นของ Mn กว้าง เช่น อโวคาโด (30-500 mg kg^{-1}) ฝรั่ง (60-400 mg kg^{-1}) มะม่วง (30-500 mg kg^{-1}) อาการเป็นพิษของ Mn คือ ใบจะมีจุดสีน้ำตาลล้อมรอบด้วยพื้นที่สีเหลืองที่ใบแก่ เมื่อพืชมีอาการเป็นพิษของ Mn จะทำให้การดูดใช้ Fe และ Mg เกิดได้ไม่ดี (Foy et al., 1978) ในการศึกษาี้ สามารถพบ antagonism ระหว่าง Mn และ Fe และ Mn กับ Mg ซึ่งอาจเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ทำให้ความเข้มข้นของ Mg ในมังคุดต่ำนอกเหนือจากการที่ดินมี Mg ในต่ำ (รูปที่ 12) และเมื่อนำข้อมูลเฉพาะที่อยู่บนเส้น boundary line มาหาความสัมพันธ์ระหว่าง Mn กับ Fe และ Mn กับ Mg จะได้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) ค่อนข้างสูง

2.3.8 ทองแดง : ปริมาณ Cu ในใบมีความผันแปรตั้งแต่ 2.27-26.5 mg kg^{-1} เนื่องจากการใช้สารปราบศัตรูพืชที่มี Cu ผสมอยู่ อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าสังเกตว่าปริมาณ Cu ในสวนบางแห่งต่ำมาก คือต่ำกว่าความเข้มข้น 3-7 mg kg^{-1} ซึ่งจัดว่าเพียงพอสำหรับพืชทั่วไป (Jones, 1998) ในกรณีของไม้ผลส่วนใหญ่จะจัดให้ความเข้มข้นของ Cu ที่ต่ำกว่า 3 mg kg^{-1} เป็นช่วงความเข้มข้นที่ขาดแคลน (deficient) มีสวน 3 แห่งคือ M12, M18 และ M19 ที่มีความเข้มข้นของ Cu ต่ำกว่า 3 mg kg^{-1} คือ 2.29, 2.91 และ 2.81 mg kg^{-1} ตามลำดับ

2.3.9 สังกะสี : เช่นเดียวกับจุลธาตุอาหารตัวอื่น ๆ Zn ในใบมีความแปรปรวนสูง คือ ตั้งแต่ 15.8-49.9 mg kg^{-1} และมีค่าเฉลี่ย 26.5 mg kg^{-1} ความแตกต่างของ Zn ระหว่างสวนทั้ง 3 กลุ่มไม่มากนัก จากการสังเกตด้วยตาเปล่าพบว่า สวนจำนวนหนึ่งที่มีอาการขาด Zn เนื่องจากดินมี P สูงซึ่งคล้ายกับที่พบในทุเรียน (สุมิตราและคณะ 2545a, b)

2.3.10 โบรอน : ความแปรปรวนของ B เมื่อเทียบกับธาตุอื่น ๆ มีค่าค่อนข้างน้อย คือ มีค่าตั้งแต่ 26.0-60.6 mg kg^{-1} โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 39.8 mg kg^{-1} โดยค่าเฉลี่ยของ B ของสวนดี ปานกลาง และไม่ดี มีค่าตามลำดับดังนี้ 39.0, 39.6 และ 40.7 mg kg^{-1}

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารทั้ง 30 สวนมาหาความสัมพันธ์กับอายุ ใบปรากฏว่าธาตุอาหารทุกธาตุยกเว้นธาตุ Fe และ B สามารถแสดงได้ด้วยเส้น quadratic โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มากกว่า 0.80 (รูปที่ 13) ซึ่งข้อมูลที่ได้ี้จะมีประโยชน์สำหรับคำนวณความเข้มข้นของธาตุอาหาร ในกรณีที่เกษตรกรไม่สามารถเก็บตัวอย่างใบมังคุดได้ในระยะเวลาที่กำหนดคือเมื่อใบมีอายุระหว่าง 8-10 เดือน ซึ่งในตอนใต้ของประเทศอิตาลี ใช้วิธีนี้ในคำนวณเพื่อปรับคำแนะนำในการใส่ปุ๋ยแอปเปิ้ล (Aichner and Stimpfl, 2002)

3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบมังคุด 30 สวนเมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

เมื่อนำข้อมูลความเข้มข้นของธาตุอาหารในสวนมังคุดทั้ง 30 สวนมาเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดเอาไว้ตั้งแต่ปีที่ 1 ปรากฏว่า ธาตุอาหารส่วนมากมีค่าอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่กำหนดไว้ (ตารางที่ 12) ยกเว้น Mg ซึ่งสวนส่วนมากมีความเข้มข้นต่ำกว่าค่ามาตรฐานสำหรับ N และ Zn มีสวนที่มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐาน 8 สวน ส่วนหนึ่งเนื่องจากความเข้มข้นของ N ในป็นสูงกว่าปีที่ 1 ซึ่งค่อนข้างปกติสำหรับ N เพราะความผันแปรระหว่างปีของ N เกิดได้มากในไม้ผล (Righetti et al., 1990) ส่วน Zn ที่สูงนั้น ส่วนใหญ่จะมาจากการฉีดพ่นทางใบ ในกรณีของ Mn ที่มีความเข้มข้นสูง น่าจะเกิดจากการที่ Mn ละลายออกมามาก และมี Mg ต่ำ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

สำหรับ B จะพบว่า มีสวนส่วนมากมีความเข้มข้นสูงกว่าค่ามาตรฐาน แต่ความเข้มข้นที่พบว่าสูงกว่าค่ามาตรฐานธาตุอาหารส่วนใหญ่สูงกว่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น คือมีสวนจำนวนมากที่มีค่าความเข้มข้นของ B ประมาณ 50 mg kg^{-1} ในขณะที่ค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับ B อยู่ระหว่าง $25\text{--}45 \text{ mg kg}^{-1}$ มีเพียงสวนเดียวเท่านั้นที่มีความเข้มข้นของ B เท่ากับ 60 mg kg^{-1} เมื่อจำแนกออกเป็นกลุ่มสวนดี ปานกลาง และไม่ดีขึ้นพบว่า โดยทั่วไปแล้วสวนในกลุ่มดีจะมีความเข้มข้นของธาตุอาหารส่วนใหญ่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 ความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ย (mean) และพิสัย (range) ของธาตุอาหารในใบมังคุดอายุ 8-10 เดือน ของสวนกลุ่มดี กลุ่มปานกลาง และกลุ่มไม่ดี ของสวนมังคุด 30 สวน

ความสมบูรณ์ของสวน	ดี	ปานกลาง	ไม่ดี	รวมทุกสวน
จำนวนสวน	8	11	11	30
Nitrogen (%)				
Range	1.35 – 1.41	1.30 – 1.44	1.30 – 1.49	1.30 – 1.49
Mean*	1.38 ± 0.008	1.37 ± 0.01	1.40 ± 0.02	1.38 ± 0.007
Phosphorous (%)				
Range	0.06 - 0.08	0.06 - 0.10	0.05 - 0.07	0.05 - 0.10
Mean	0.066 ± 0.003	0.068 ± 0.004	0.065 ± 0.002	0.067 ± 0.002
Potassium (%)				
Range	0.55-0.90	0.55-0.88	0.63-0.86	0.55-0.90
Mean	0.75 ± 0.05	0.69 ± 0.03	0.73 ± 0.02	0.72 ± 0.02
Calcium (%)				
Range	0.90 – 1.25	0.85 – 1.24	0.97 – 1.51	0.85 – 1.51
Mean	1.10 ± 0.05	1.05 ± 0.04	1.21 ± 0.05	1.12 ± 0.03
Magnesium (%)				
Range	0.09 - 0.15	0.08 - 0.15	0.08 - 0.12	0.08 - 0.15
Mean	0.12 ± 0.007	0.11 ± 0.007	0.10 ± 0.005	0.11 ± 0.004
Iron (mg kg ⁻¹)				
Range	83.4 – 137.4	76.3 – 143.6	78.1 – 181.8	76.3 – 181.8
Mean	107.1 ± 6.98	94.2 ± 5.24	123.0 ± 9.64	108.2 ± 4.86
Maganese (mg kg ⁻¹)				
Range	73.8 – 316.5	78.8 – 374.7	97.7 – 385.5	73.8 – 385.5
Mean	162.6 ± 28.9	230.2 ± 27.1	234.8 ± 32.7	213.9 ± 17.8
Copper (mg kg ⁻¹)				
Range	3.37 – 8.92	2.81 – 26.5	2.27 – 17.19	2.27 – 26.5
Mean	6.69 ± 0.59	8.2 ± 2.03	7.05 ± 1.30	7.37 ± 0.88
Zinc (mg kg ⁻¹)				
Range	17.5 - 47.7	19.2 – 31.5	15.8 – 49.9	15.8 – 49.9
Mean	30.7 ± 3.49	23.5 ± 1.1	26.3 ± 2.91	26.5 ± 1.51
Boron (mg kg ⁻¹)				
Range	26.0 – 60.6	29.3 – 46.9	33.8– 48.0	26.0 – 60.6
Mean	39.0 ± 3.76	39.6 ± 1.61	40.7 ± 1.32	39.8 ± 1.22

* Mean ± standard error

ตารางที่ 12 จำนวนสวนที่มีความเข้มข้นของธาตุอาหารจัดอยู่ในช่วงต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (low) อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน (optimum) และสูงกว่าค่ามาตรฐาน (high)

Classification	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
ทั้งหมด 30 สวน										
Low	-	-	4	7	18	-	-	7	-	-
Optimum	22	29	26	22	12	28	25	21	23	14
High	8	1	-	1	-	2	5	2	7	16
สวนดี 8 สวน										
Low	-	-	2	2	3	-	-	1	-	-
Optimum	7	8	6	6	5	8	8	7	4	5
High	1	-	-	-	-	-	-	-	4	3
สวนปานกลาง 11 สวน										
Low	-	-	2	4	8	-	-	3	-	-
Optimum	9	11	9	7	3	11	9	7	10	4
High	2	-	-	-	-	-	2	1	1	7
สวนไม่ดี 11 สวน										
Low	-	-	-	1	7	-	-	3	-	-
Optimum	6	11	11	9	4	9	8	7	9	5
High	5	-	-	-	-	2	3	1	2	6

4. ผลผลิตมังคุด

ผลผลิตมังคุด ได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 จากตารางจะเห็นว่าผลผลิตของแต่ละสวนมีความแตกต่างระหว่างต้นค่อนข้างมากคือ ต่ำสุดเท่ากับ 6.82 กิโลกรัม และสูงสุดเท่ากับ 93.88 กิโลกรัม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 36.73 กิโลกรัม สาเหตุส่วนหนึ่งอาจเนื่องจากมังคุดที่ให้ผลผลิตมากในปีที่ผ่านมา มักจะให้ผลผลิตน้อยในปีนี้ (alternate bearing) จึงทำให้มีความแตกต่างระหว่างต้นค่อนข้างสูงอีกประการหนึ่งคือ ข้อมูลผลผลิตที่ได้เป็นข้อมูลประมาณการโดยการนับผลมังคุดที่อยู่บนต้น หลังจากนั้น ในช่วงเก็บผลผลิตจริง ทำการสุ่มผลมังคุดจำนวน 5 ครั้ง ๆ ละ 10 ผลเพื่อชั่งน้ำหนัก และหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักต่อผล แล้วนำค่าที่ได้ไปคูณกับจำนวนผลที่นับเอาไว้ เป็นผลผลิตประมาณการของแต่ละต้น การที่ไม่สามารถเก็บผลผลิตจริงได้เนื่องจากระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวผลผลิตมังคุดค่อนข้างยาวประมาณ 40 วัน และต้องเก็บผลผลิต 15-20 ครั้ง อย่างไรก็ตาม การประมาณการผลผลิตมังคุดในทุกสวนทำโดยวิธีเดียวกัน ข้อมูลที่ได้น่าจะสามารถเป็นตัวแทนผลผลิตของแต่ละสวนเพื่อใช้เปรียบเทียบกันได้

ตารางที่ 13 ผลผลิตมังคุดจากสวน 30 สวน ฤดูกาลเจริญเติบโต 2544/45

หมายเลขสวน	เกษตรกร	จำนวนผล/ต้น	SD	นน.เฉลี่ย/ผล (ก.)	SD	ผลผลิตเฉลี่ย (กก.)	SD
M 1	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 สมภักดี	3,522	148.96	72.73	12.63	24.93	10.42
M 14	คุณนิพนธ์ สมพันธ์	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	คุณหมด พัฒนาผล	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	คุณจะอ่อน	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
M2	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	คุณออน จำสัณฑ์	5,903	201	72.59	2.75	42.57	13.63
M24	คุณนัยนา 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
M3	คุณนิรันดร์ ปรางรัตน์	7,111	239.5	64.1	6.51	45.30	14.29
M4	คุณจ่าย ราชนิม	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	ครูจ้อง	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 ฉิมกลีบ	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	คุณเรือน โพธิ์ร่ม	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

5. ความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ

เมื่อนำความเข้มข้นของธาตุอาหารเมื่อใบมั่งคุดมีอายุ 8-10 เดือน ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างเพื่อการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับผลผลิตทั้ง 30 สวน ปรากฏว่าไม่พบความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิต (รูปที่ 14) ซึ่งเป็นไปตามความคาดหมาย และมักพบโดยทั่วไปในไม้ผลรวมทั้งหมดที่เรียน (สุมิตราและวิเชียร 2546; Poovarodom and Chatupote, 2002; Righetti, et al., 1990) โดยเฉพาะเมื่อเป็นข้อมูลจากการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในสวนไม้ผลจำนวนมาก เนื่องจากมีปัจจัยอื่นที่จำกัดการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของพืช ถึงแม้ความเข้มข้นของธาตุอาหารจะอยู่ในระดับที่เหมาะสมก็ตาม ในทางปฏิบัติ จึงนิยมค้นหาความสัมพันธ์ในลักษณะสามเหลี่ยม (triangle pattern) ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิตที่สูงที่สุดในกลุ่มตัวอย่าง (Webb, 1972; Walworth et al., 1986; Evanylo and Sumner, 1987; Righetti et al., 1990) ซึ่งแสดงว่าในกลุ่มข้อมูลบนเส้นขอบเขตนั้น มีความสัมพันธ์ในลักษณะ cause – effect กันโดยตรง

เมื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลผลผลิตสูงสุดและระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น พบว่ามีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็นเส้นสหสัมพันธ์ (regression line) 2 เส้น ในธาตุ N, P, K, Ca, Mg, Mn, Zn และ B (รูปที่ 15) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ข้อมูลจากสวนที่มีความอุดมสมบูรณ์และให้ผลผลิตสูง (>87 กิโลกรัม/ต้น) แต่ลักษณะความสัมพันธ์แบบสามเหลี่ยมนี้ไม่ปรากฏในธาตุ Fe และ Cu

จุดที่เส้นสหสัมพันธ์ทั้ง 2 เส้นตัดกัน ถือเป็นจุดที่ความเข้มข้นของธาตุอาหารมีความเหมาะสมที่สุดหรือเรียกกันว่าค่าวิกฤตมาตรฐาน (critical value) (Walworth et al., 1986) ซึ่งสหสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของธาตุอาหารกับผลผลิต เมื่อใช้ร่วมกับข้อมูลของผลผลิตแล้วสามารถใช้ชี้บ่งช่วงค่าธาตุอาหารที่เหมาะสม (sufficiency range) ของธาตุอาหารแต่ละธาตุได้ ดังนั้น จุดตัดของเส้นสหสัมพันธ์ ที่มี slope เป็นบวก (เส้นสหสัมพันธ์เส้นที่ 1) กับระดับผลผลิตที่กำหนดในช่วง <60, 60-80 และ 80-100% สามารถใช้เป็นเกณฑ์ในการกำหนดสถานะของธาตุอาหารในระดับขาดแคลน (deficient) ต่ำ (low) และเหมาะสม (optimum) ได้ตามลำดับ ในขณะที่ระดับธาตุอาหารที่จัดอยู่ในช่วงสูงหรือสูงมาก (excessive) สามารถชี้บ่งด้วยจุดเริ่มต้นของความเข้มข้นธาตุอาหารซึ่งผลผลิตเริ่มลดลง (เส้นสหสัมพันธ์ที่เป็นลบหรือเส้นที่ 2) ช่วงความพอเพียงของธาตุอาหารที่ได้โดยการใช้วิธีเส้นขอบเขตนี้สอดคล้องและใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานเบื้องต้นที่ใช้เกณฑ์ระดับธาตุอาหารในใบมั่งคุดจากสวนที่ให้ผลผลิตดีและในช่วงที่ธาตุอาหารต่าง ๆ มีความผันแปรน้อยที่สุดในฤดูกาลเป็นตัวกำหนดดังตารางที่ 14 มีเพียงธาตุ Ca และ Mn เท่านั้นที่มีความแตกต่างกันบ้าง กล่าวคือ ช่วงค่า Ca ที่กำหนดไว้เดิม มีค่าระหว่าง 1.0-1.4% ส่วนค่าที่กำหนดจากเส้นขอบเขตมีค่าระหว่าง 0.9-1.1% อย่างไรก็ตาม เนื่องจากสวนที่ศึกษาส่วนใหญ่มีค่า pH ค่อนข้าง

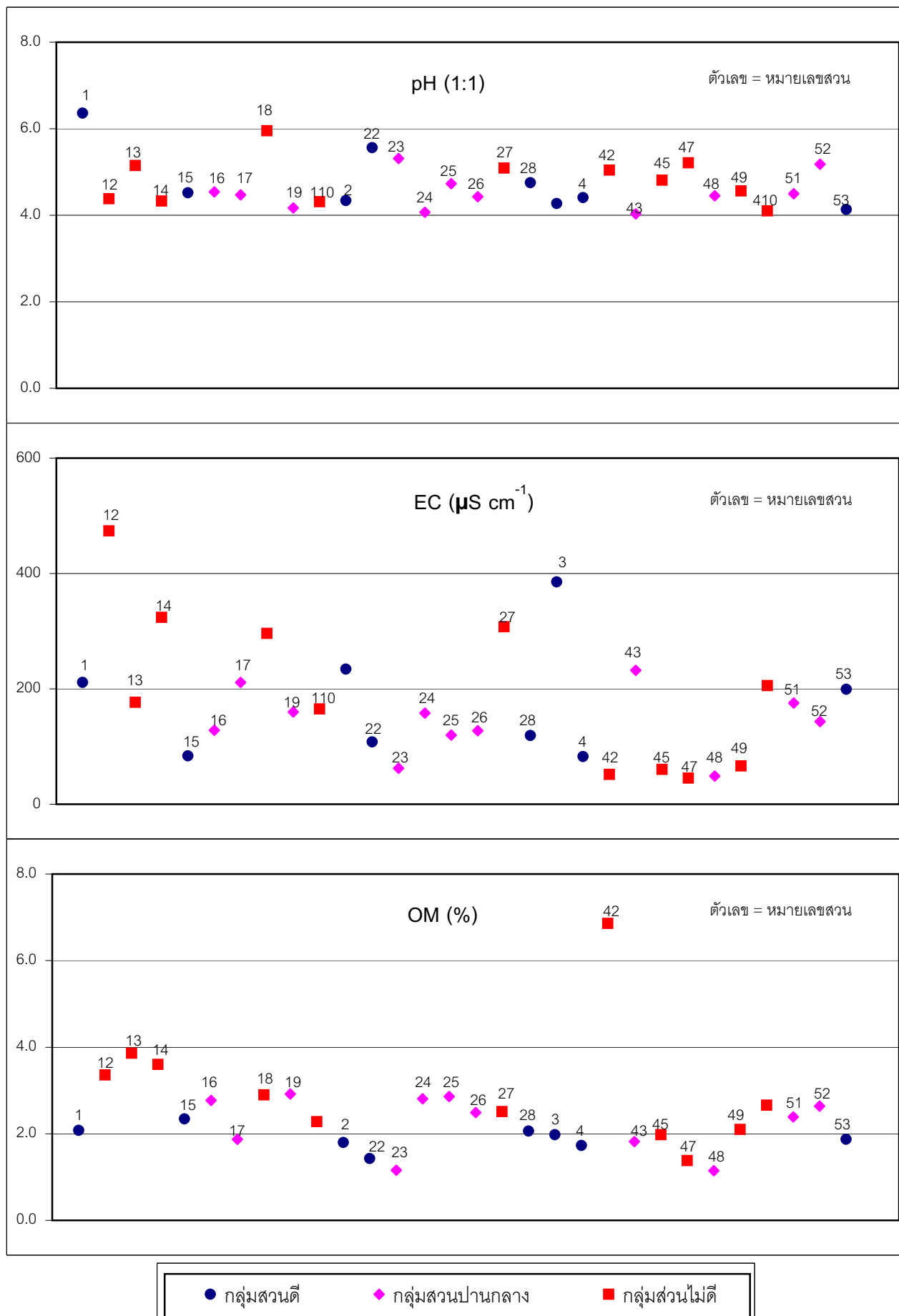
ต่ำ ทำให้มี Ca ในดินน้อย จึงทำให้ ค่า Ca ที่ได้จากวิธีเส้นขอบเขตค่อนข้างต่ำ แต่ปัจจุบันนี้ พบว่า Ca มีบทบาทสำคัญในการเก็บรักษาและคุณภาพของไม้ผลหลังการเก็บเกี่ยว (Bangerth, 1979; Shear, 1975) คณะผู้วิจัย จึงคงค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับ Ca ไว้ สำหรับ Mn มีค่าระหว่าง 50-250 mg kg⁻¹ เปรียบเทียบกับ 90-260 mg kg⁻¹ ซึ่งความเข้มข้นของ Mn ที่ระดับ 90 mg kg⁻¹ จัดว่าค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไม้ผลหลายชนิด (Weir and Cresswell, 1995) และไม่พบอาการขาด Mn ในสวนที่ศึกษา ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีความเห็นว่าไม่มีความจำเป็นต้องปรับปรุงค่ามาตรฐานธาตุอาหารสำหรับ Mn ให้สูงขึ้นเช่นกัน

ข้อดีของวิธีเส้นขอบเขตเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหาร คือ สามารถใช้ในการปรับปรุงและกำหนดค่ามาตรฐานธาตุอาหารพืชให้มีช่วงแคบลงและมีความถูกต้องมากขึ้น เนื่องจากค่ามาตรฐานที่กำหนดจากการสำรวจความเข้มข้นของธาตุอาหารในสวนที่ให้ผลผลิตดี อาจรวมเอาค่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในช่วงบริเวณฟุ่มเฟือยเอาไว้ด้วย

ตารางที่ 14 ช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารที่ได้จากการกำหนดโดยใช้วิธีเส้นขอบเขตเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานธาตุอาหารของมังคุด

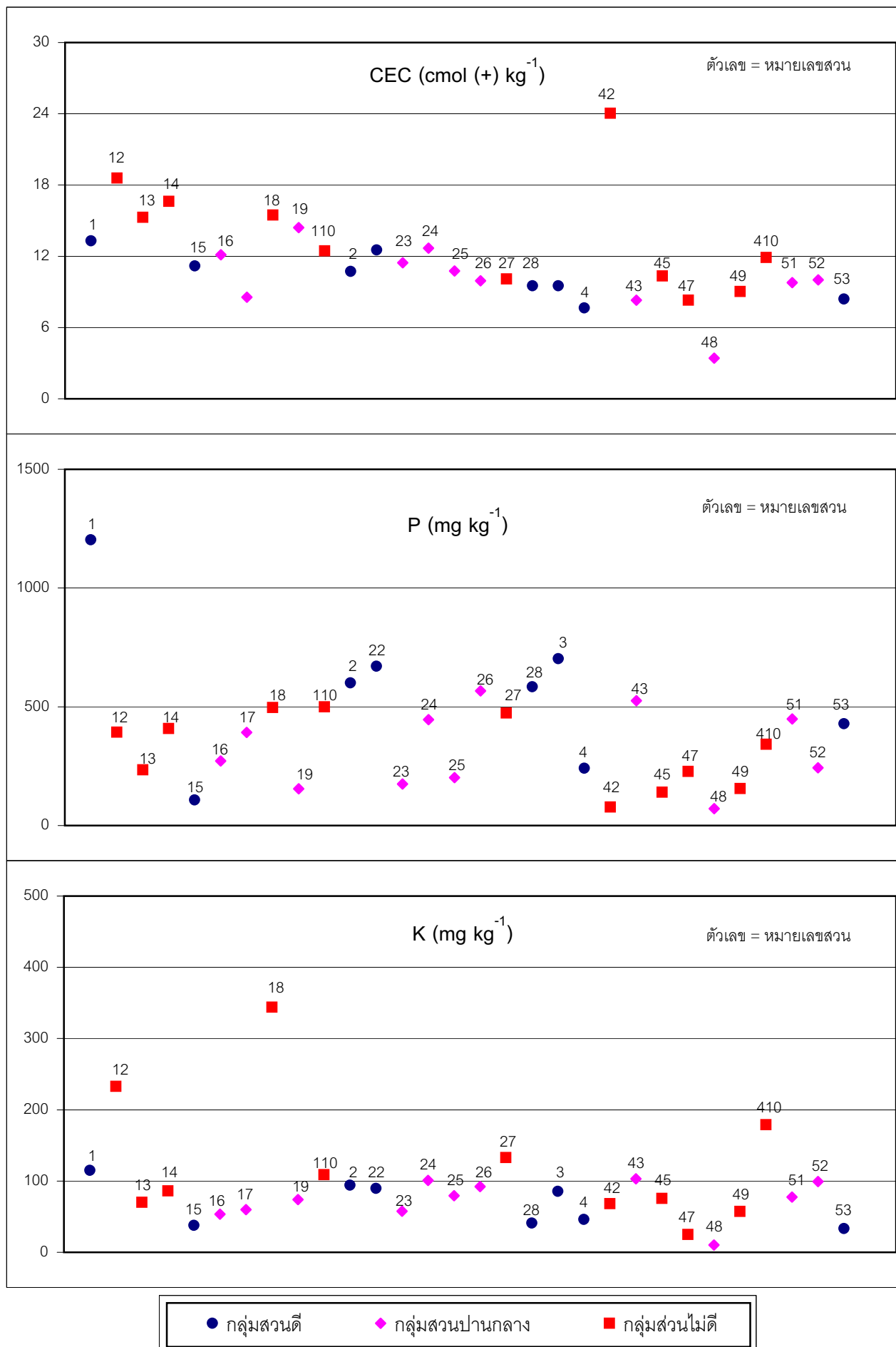
	มหธาตุอาหาร (%)					จุลธาตุอาหาร (mg kg ⁻¹)		
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Zn	B
ค่ามาตรฐานธาตุอาหาร ¹	1.10-1.40	0.05-0.08	0.60-1.10	1.00-1.40	0.12-0.18	50-250	15-35	25-40
ช่วงค่ามาตรฐานธาตุอาหารจากวิธีเส้นขอบเขต								
ขาดแคลน (deficient)	< 1.25	< 0.05	< 0.60	< 0.80	< 0.08	< 11	< 16	< 18
ต่ำ (low)	1.25-1.32	0.05-0.06	0.60-0.70	0.80-0.90	0.08-0.11	11-90	16-20	18-30
เหมาะสม (optimum)	1.32-1.42	0.06-0.07	0.70-1.00	0.90-1.10	0.11-0.13	90-260	20-35	30-45
สูง (high)	> 1.42	> 0.07	> 1.00	> 1.10	> 0.13	> 260	> 35	> 45

¹ ค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้จากการทดลองปีที่ 1

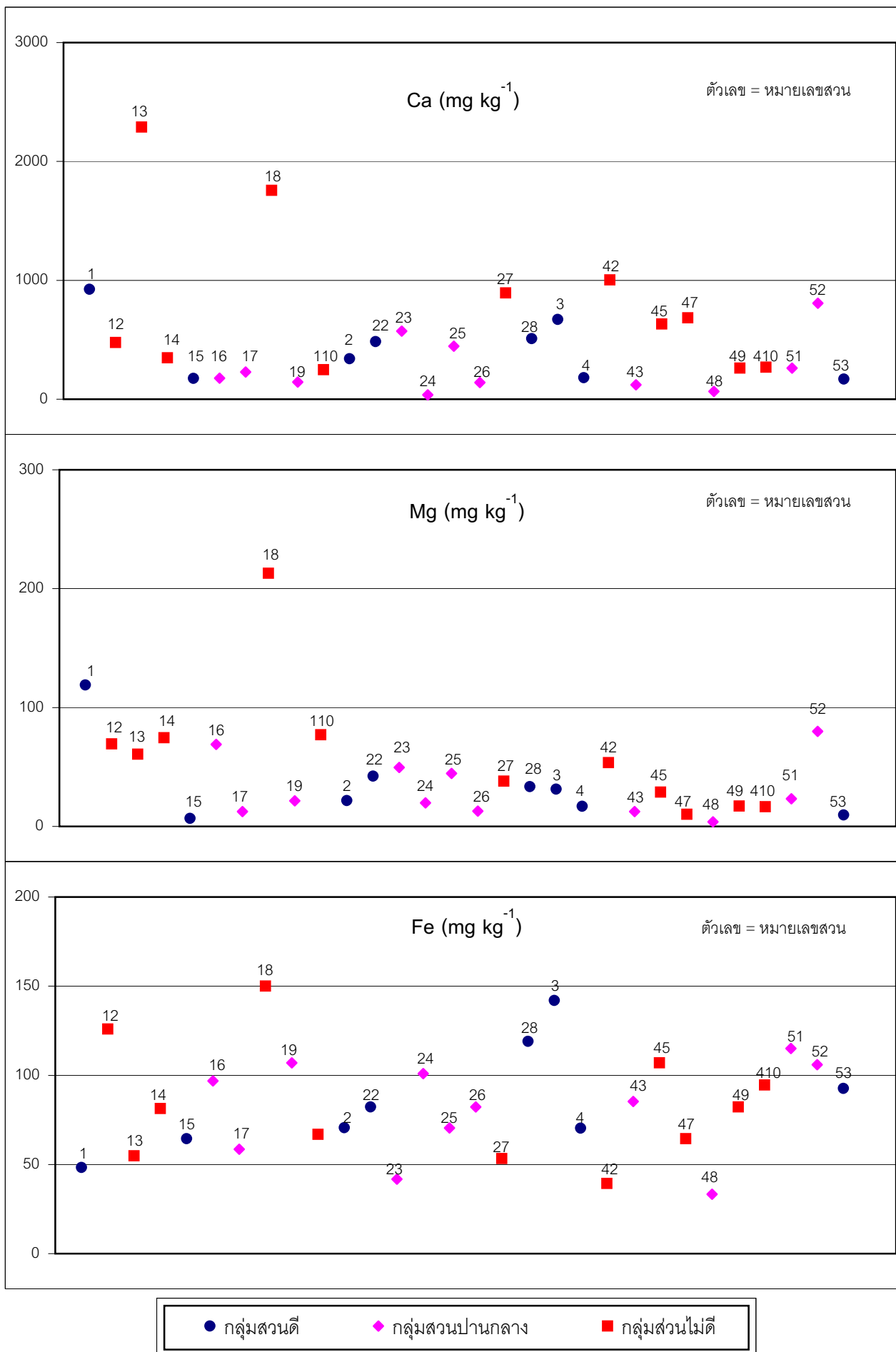


รูปที่ 8a การกระจายความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินมั่งคุด จากสวนเกษตรกร 30 สวน (ความลึก 0-20 เซนติเมตร)

ฤดูกาลเจริญเติบโต 2544/45



รูปที่ 8a (ต่อ)



รูปที่ 8a (ต่อ)