



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Chemical Fertilizer Management Following Soil Analysis for Augmenting the Production
of Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

نامผู้วิจัย นางสาวศิริสุดา บุตรเพชร

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์กฤษณ์ สังขศิลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

สืบสังจิ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Chemical Fertilizer Management Following Soil Analysis for Augmenting the Production of
Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

โดย

นางสาวศิริสุดา บุตรเพชร

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2553

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริสุดา บุตรเพชร 2553: การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D. 94 หน้า

ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 7 ดำรับทดลอง ได้แก่ ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0^*$) ดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินของกรมวิชาการเกษตร ($T_2 = 16-8-16^*$) ดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมีของกรมวิชาการเกษตร ($T_3 = 16-0-8^*$ [ปลายฤดูฝน] หรือ $T_3 = 16-0-4^*$ [ต้นฤดูฝน]) ดำรับทดลองที่คำนวณปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% ($T_4 = 10-0-68^*$, $T_5 = 20-0-68^*$ และ $T_6 = 40-0-68^*$ [ปลายฤดูฝน] หรือ $T_4 = 6-0-54^*$, $T_5 = 12-0-54^*$ และ $T_6 = 24-0-54^*$ [ต้นฤดูฝน]) และดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งได้จากการใช้แบบจำลองสำหรับการจัดทำคำแนะนำการให้ธาตุอาหารหลักแก่พืช โดยใช้ข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ดิน ($T_7 = 60-17.5-70^*$) [* กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ตามลำดับ]

ผลการทดลอง พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก และมีค่าใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$ หรือ $T_6 = 24-0-54$) ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และความกว้างของหัวต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก นอกจากนี้ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดในปลายฤดูฝน ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-8$) และดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 24-0-54$) รองลงมาคือ ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบของมันสำปะหลังทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$ หรือ $T_6 = 24-0-54$) และดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 มีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-8$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยมากที่สุดในปลายฤดูฝน ขณะที่ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 24-0-54$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยมากที่สุดในต้นฤดูฝน

Sirisuda Bootpetch 2010: Chemical Fertilizer Management Following Soil Analysis for Augmenting the Production of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Chaisit Thongjoo, Ph.D. 94 pages.

This study aimed at chemical fertilizer management base on soil analysis to improve cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production planted in Kamphaeng Saen soil series on late and early rainy season. Randomized Completely Block Design was used as an experimental design including 7 treatments, i.e., a) control/unfertilized treatment ($T_1 = 0-0-0^*$); b) chemical fertilizer application based on soil texture as recommended by Department of Agriculture ($T_2 = 16-8-16^*$); c) chemical fertilizers application based on soil chemical analysis as recommended by Department of Agriculture ($T_3 = 16-0-8^*$ [on late rainy season] or $T_3 = 16-0-4^*$ [on early rainy season]); d-f) chemical fertilizers based on estimated uptake of 100, 50, 25% of applied nitrogen; ($T_4 = 10-0-68^*$, $T_5 = 20-0-68^*$ and $T_6 = 40-0-68^*$, respectively [on late rainy season] or $T_4 = 6-0-54^*$, $T_5 = 12-0-54^*$ and $T_6 = 24-0-54^*$, respectively [on early rainy season]) and g) chemical fertilizers derived from mathematical model based on soil chemical analysis ($T_7 = 60-17.5-70^*$) [* kg N, P_2O_5 and K_2O per rai, respectively].

Results revealed that T_7 ($T_7 = 60-17.5-70$) effected on the highest of weight of fresh shoot, average weight per root and width of root of cassava at 12 months for two planting seasons, and it was nearly the same as T_6 ($T_6 = 40-0-68$ or $T_6 = 24-0-54$). While, the control treatment ($T_1 = 0-0-0$) had the lowest effect on weight of fresh shoot, average weight per root and width of root for two planting seasons. Further, T_6 ($T_6 = 40-0-68$) effected on the highest of yield of fresh root in late rainy season, and nearly the same as T_7 ($T_7 = 60-17.5-70$), T_3 ($T_3 = 16-0-8$), and T_2 ($T_2 = 16-8-16$), respectively. Regarding planting cassava during early rainy season, it was found that T_7 ($T_7 = 60-17.5-70$) effected on the highest of yield of fresh root nearly the same as T_6 ($T_6 = 24-0-54$) and T_2 ($T_2 = 16-8-16$), chronologically.

Regarding concentration of plant nutrients in cassava leaves on two planting seasons, it was found that T_6 ($T_6 = 40-0-68$ or $T_6 = 24-0-54$) and T_7 ($T_7 = 60-17.5-70$) effected on concentration of total N, P and K rather high, and its concentration was nearly the same. Regarding the concentration of plant nutrient in fresh root of cassava, it was found that T_7 ($T_7 = 60-17.5-70$) effected on the highest concentration of total N, while the control treatment ($T_1 = 0-0-0$) effected on the lowest concentration of total N, P and K in cassava leaves and fresh root yield. However, T_3 ($T_3 = 16-0-8$) showed the highest response on fertilizer during late rainy season, while T_6 ($T_6 = 24-0-54$) had the highest response on fertilizer during early rainy season.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยสิทธิ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. กุมุท สังขศิลา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ ร่มแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ดร.ศุภชัย อำคา ประธานการสอบและดร.วิสุทธิ วีรสาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำและปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์กระทั่งเสร็จสมบูรณ์

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สุรเดช จินตกานนท์ ที่ให้คำปรึกษาเพื่อเพิ่มพูนความรู้ต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ ขอขอบพระคุณ คุณจิรวัฒน์ พุ่มเพชร คุณมานพ สุชีวงศ์ คุณสมเกียรติ ทองเครือ คุณบุญเลิศ อินทร์แสง คุณสมเกียรติ กราบทอง ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทำแปลงทดลองตลอดมา รวมถึงอาจารย์เกวลิน ศรีจันทร์ คุณธนัต ศรี สอนจิตร คุณปาจริย์ เน้นหนา คุณศศิธร หว่องเจริญพานิช คุณวัลยา แซ่เตียว คุณนพดล ทับทิมทอง และน้องๆ ปลูกพืชวิทยาทุกคนที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือตลอดมา

การทำงานและเรียนไปพร้อมๆ กันค่อนข้างหนักหนามาก คิดจะถอยก็หลายครั้ง คิดจะเลิกก็หลายครา แต่ก็ได้กำลังใจจากคุณพ่อ คุณแม่ คู่ชีวิต และน้องๆ ที่เรียนปริญญาโทด้วยกัน ทำยที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ และคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุนทั้งการเรียนและให้กำลังใจตลอดเวลาที่ทำการศึกษาและวิจัยประกอบวิทยานิพนธ์ หากประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่คุณพ่อ คุณแม่ และครู-อาจารย์ ที่พร่ำอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน และขอบแต่ทุกๆ คนที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา

ศิริสุดา บุตรเพชร

เมษายน 2553

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	16
ผลและวิจารณ์	24
สรุปผลการทดลอง	70
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	72
ภาคผนวก	81
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	94

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสน (การทดลองที่ 1)	20
2	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสน (การทดลองที่ 2)	20
3	รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละตำรับทดลองของการทดลองที่ 1	21
4	รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละตำรับทดลองของการทดลองที่ 2	22
5	สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ปลายฤดูฝน)	43
6	สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 (ต้นฤดูฝน)	62
ตารางผนวกที่		
1	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝน)	82
2	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝน)	83
3	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารไนโตรเจน และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝน)	84
4	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ต้นฤดูฝน)	85
5	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ต้นฤดูฝน)	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
6 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารในใบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ต้นฤดูฝน)	87
7 ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	88
8 ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	89
9 เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝน และต้นฤดูฝน)	90
10 เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	91

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	25
2 จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	25
3 น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	26
4 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	27
5 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	28
6 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	29
7 ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	29
8 ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	30
9 เปอร์เซนต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	31
10 สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	32
11 ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	33
12 ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	35
13 ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	35
14 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของ มันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	36
15 ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	37

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
16 ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	38
17 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	38
18 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	40
19 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	41
20 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	41
21 ผลการตอบสนองการให้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	42
22 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	44
23 จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	45
24 น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	46
25 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	47
26 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	48
27 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	48
28 ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	49
29 ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	50
30 เปอร์เซนต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

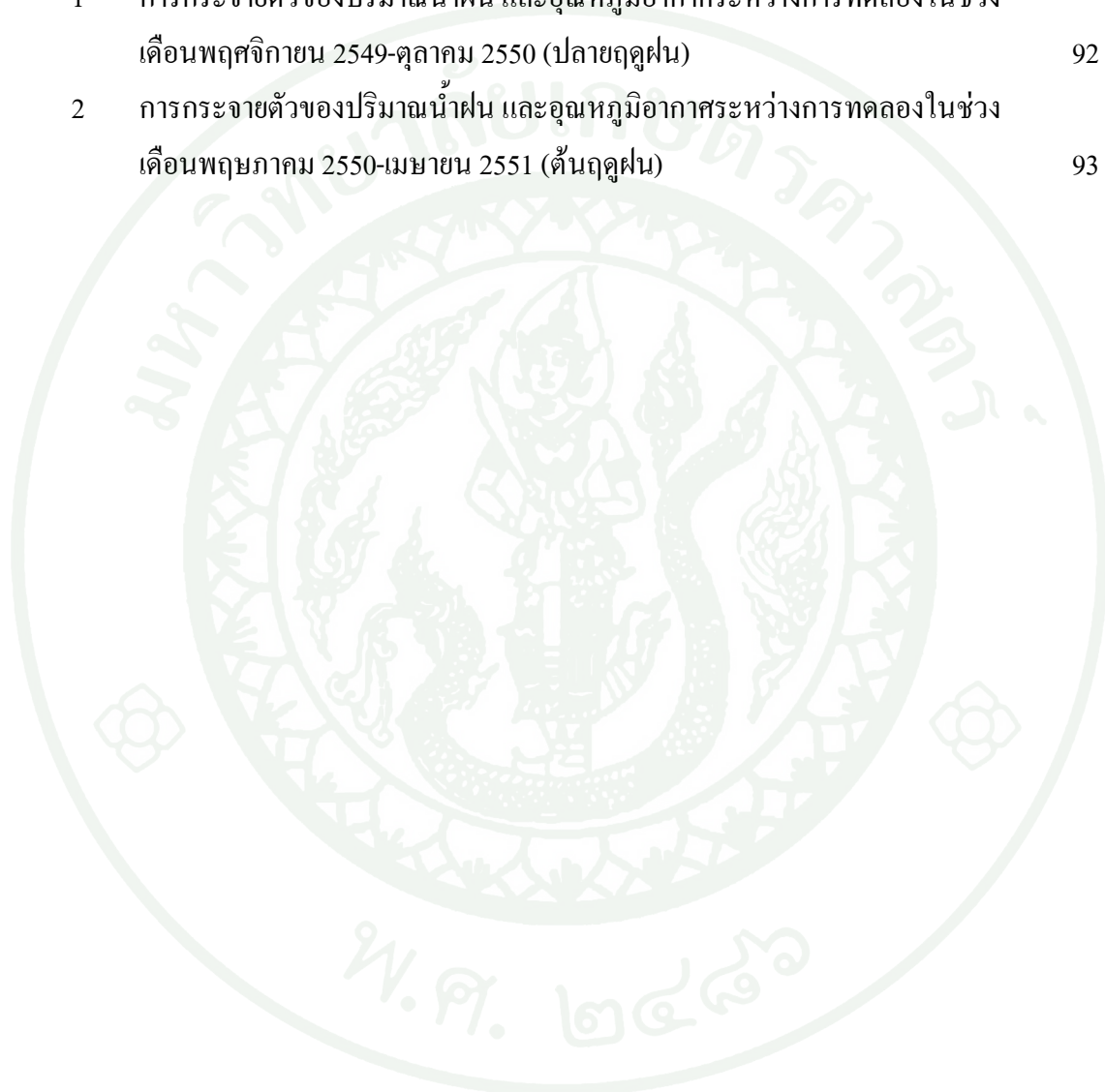
ภาพที่		หน้า
31	สัดส่วนของน้ำหนักได้คินต่อน้ำหนักเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	51
32	ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	52
33	ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	53
34	ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	54
35	เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนที่ในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	55
36	ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	56
37	ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	57
38	เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของ มันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	57
39	ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	58
40	ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	59
41	เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	60
42	ผลการตอบสนองการให้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	เปรียบเทียบความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	63
44	เปรียบเทียบจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	63
45	เปรียบเทียบน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	64
46	เปรียบเทียบผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	65
47	เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	66
48	เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	66
49	เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	67
50	เปรียบเทียบจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	67
51	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	68
52	เปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฝน)	68
53	เปรียบเทียบดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฝน)	69

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2549-ตุลาคม 2550 (ปลายฤดูฝน)	92
2 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 (ต้นฤดูฝน)	93



การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Chemical Fertilizer Management Following Soil Analysis for Augmenting the
Production of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted
in Kamphaeng Saen Soil Series

คำนำ

ปุ๋ยเคมีเป็นวัสดุที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการยกระดับผลผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ขงยุทธ และคณะ, 2551) ในแต่ละปีจะมีการใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตพืชเป็นปริมาณมาก ทั้งส่วนที่มีการนำเข้าหรือส่วนที่ผลิตภายในประเทศ โดยในปี พ.ศ. 2550 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 4,350,520 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 45,140 ล้านบาท (วารสารดินและปุ๋ย, 2551) ด้วยมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิตของเกษตรกร ดังนั้นการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่สอดคล้องกับราคาปุ๋ย รวมถึงการใช้ให้เหมาะสมกับค่าการวิเคราะห์ดิน จึงเป็นหัวใจสำคัญที่สร้างความเข้มแข็งในระบบการผลิตของประเทศไทยให้สามารถแข่งขันในระบบการค้าเสรีได้อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับการประเมินปริมาณธาตุอาหารพืชในดินจากค่าวิเคราะห์ดินเท่านั้น แต่ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ ได้อีก เช่น ลักษณะดินที่แตกต่างกันในแต่ละชุดดิน ปัจจัยด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันตามลักษณะการจัดการดินหรือการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร ปัจจัยด้านภูมิอากาศ หรือปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี ดังนั้น การประมวลองค์ความรู้ต่างๆ ด้านปฐพีวิทยาเพื่อจัดทำคำแนะนำการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการผลิตแก่เกษตรกรอย่างแม่นยำจึงเป็นเรื่องที่ยาก ซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเฉพาะบุคคล และข้อมูลประกอบการพิจารณาอีกมาก

ปัจจุบันคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีของหน่วยงานราชการ มักใช้ข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับลักษณะเนื้อดิน เพื่อจัดทำเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับพืช แต่การทดสอบและติดตามผลจากคำแนะนำมีอยู่อย่างจำกัด ทั้งด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการจัดการดินให้เกิดความยั่งยืนด้านธาตุอาหารพืช ในสภาพใช้ได้จริงในไร่นา และในแต่ละชนิดพืชที่มี

ความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ จึงอาจกล่าวได้ว่าการแนะนำการจัดการด้านดินหรือการใช้ปุ๋ยของประเทศไทยเป็นไปอย่างกว้างๆ โดยรวมเสียส่วนใหญ่ อีกทั้งการศึกษาและพัฒนาคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเคมีกับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยในแต่ละชุดดินยังไม่มีการจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่แม่นยำในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรเกษตร

การทดลองครั้งนี้ ต้องการพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีโดยอาศัยข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ดินและลักษณะเนื้อดินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของพืชสูงสุด โดยใช้มันสำปะหลังเป็นพืชทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังในชุดดินกำแพงแสน เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชพลังงานทดแทนทางเลือกที่อาจมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก และเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงที่จะเพิ่มผลผลิตได้อย่างชัดเจน หากมีการจัดการดินและปุ๋ยอย่างเหมาะสม (ปิยะ, 2536)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองของม้นสำปะหลังต่อการจัดการปุ๋ยเคมีในชุดดินกำแพงแสน ซึ่งเป็นตัวแทนของชุดดินในการผลิตมันสำปะหลังบริเวณพื้นที่ภาคตะวันตก

2. เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของม้นสำปะหลังต่อการจัดการดินด้านการใช้ปุ๋ยเคมีที่ปลูกปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน



การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะและสมบัติทั่วไปของชุดดินกำแพงแสน

ชุดดินกำแพงแสนจัดอยู่ในดินอันดับ Alfisols กลุ่มดิน Haplustalfs และกลุ่มดินย่อย Typic Haplustalfs ซึ่งเป็นกลุ่มดินที่พบบริเวณด้านตะวันตกของที่ราบลุ่มภาคกลางและบริเวณที่ราบลุ่มของแม่น้ำต่างๆ สภาพพื้นที่มีลักษณะราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ มีความลาดชัน 1 เปอร์เซ็นต์ หรือน้อยกว่า ลักษณะดินโดยทั่วไปเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแป้งหรือดินร่วนปนดินเหนียว ภายในระดับความลึกประมาณ 15 เซนติเมตร จะพบชั้นดินร่วนปนทรายละเอียดหรือดินร่วน สีน้ำตาล ดินล่างเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนดินเหนียว สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง พบเกลือแร่ไม่ก่อกองอยู่ตลอดหน้าตัดของดินและมีก้อนหินปูนสะสมขนาดเล็กปะปนอยู่ในดินชั้นล่าง ภายในความลึก 90 เซนติเมตร ดินชั้นบนมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงด่างอ่อน (pH 6.5-7.5) และดินชั้นล่างมีปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (pH 7.0-8.0) ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง กล่าวคือ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง

2. ลักษณะทั่วไปของมันสำปะหลัง

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) จัดอยู่ในวงศ์ Euphobiaceae เป็นไม้พุ่มที่มีอายุอยู่ได้หลายปี (shrubby perennial crop) ความสูงของต้นมันสำปะหลังจะแตกต่างกันตามพันธุ์ และสภาพแวดล้อม ใบมันสำปะหลังเป็นแบบ simple leaf แผ่นใบ (lamina) ประกอบด้วยแฉกใบ (lobe) ลึกแบบรูปมือ (palmate) ตามปกติมีใบ 3-9 ใบ แฉกใบที่อยู่ใกล้ช่อดอกมีขนาดเล็กและมีจำนวนน้อย มีเพียง 1-3 แฉก รูปร่างของแฉกใบจะแตกต่างกันในแต่ละพันธุ์ มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีทั้งดอกตัวผู้ (staminate flower) และดอกตัวเมีย (pistillate flower) อยู่กันคนละดอก แต่อยู่ในช่อดอกเดียวกัน เรียกว่า monoecious plant ช่อดอกเป็นแบบ panicle ช่อดอกเกิดที่จุดที่แตกกิ่งบริเวณยอดของต้น (apical branch) ดังนั้น พันธุ์ที่ไม่แตกกิ่งจึงไม่มีช่อดอก ส่วนผลของมันสำปะหลังเป็นแบบ capsule มันสำปะหลังมีระบบรากแบบ adventitious root คือ มีรากจริง (true หรือ wiry roots) และรากสะสม (modified หรือ storage roots) โดยรากจริงจะเจริญเติบโตไปทางด้านลึกมากกว่าด้านข้าง

ทำหน้าที่เป็นรากยึดเหนี่ยวและหาอาหารให้แก่ต้น ส่วนรากสะสมจะเจริญเติบโตไปในทางด้านข้างรอบๆ ต้น (Onwueme, 1978; โสภณ, 2526; Alves, 2002)

มันสำปะหลังเป็นพืชหัวที่มีแหล่งกำเนิดอยู่ในเขตประเทศละตินอเมริกา เป็นพืชชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในการผลิตคาร์โบไฮเดรตสำหรับประชากรโลกในเขตร้อน (Kawano, 1980) บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังจะอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 30 องศาเหนือ ถึง 30 องศาใต้ แต่บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนมากมักอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ ถึง 15 องศาใต้ (Cock and Rosas, 1975) มันสำปะหลังสามารถขึ้นได้ดีในดินทั่วไป แม้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำที่ไม่สามารถปลูกพืชอื่นได้ มีความทนทานต่อสภาพดินที่เป็นกรดและด่างได้ดี (Rogers and Appan, 1971; Putthacharoen *et al.*, 1998) อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของมันสำปะหลังอยู่ระหว่าง 25-29 องศาเซลเซียส (Onwueme, 1978; Alves, 2002) แต่สามารถเจริญเติบโตได้ดีระหว่างอุณหภูมิ 16-38 องศาเซลเซียส (Cock, 1984) ปริมาณน้ำฝนที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 1,000-1,500 มิลลิเมตรต่อปี มีการกระจายตัวของปริมาณฝนดี นอกจากนี้ มันสำปะหลังยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีตั้งแต่ระดับน้ำทะเลถึงระดับความสูง 2,300 เมตร (Onwueme, 1978; Alves, 2002) สำหรับประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญมากในลำดับต้นๆ และถือเป็นประเทศที่สามารถส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายใหญ่ที่สุดของโลก โดยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.4 ล้านไร่ ผลผลิต 28 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 3.78 ตันต่อไร่ ซึ่งตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศในปี 2550/2551 ได้ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังเป็นพืชทดแทนพลังงานเพื่อผลิตเอทานอล โดยไม่มีนโยบายเพิ่มพื้นที่การผลิต แต่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตหัวสดต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2550)

มันสำปะหลังเป็นพืชที่สามารถปลูกและเจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด และในทุกภาคของประเทศ ตั้งแต่ดินเหนียวจนถึงเนื้อดินเหนียว ปฏิริยาของดินตั้งแต่กรดจัดถึงด่างปานกลาง (pH 4.5-8.0) สามารถปลูกได้ทั้งในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงระดับสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง คือ ดินที่มีเนื้อหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียวร่วนปนทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี มีปฏิริยาของดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0) หน้าดินมีความลึกตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป (ชาญ และ โชติ, 2537) พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ บริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออก คิดเป็นพื้นที่ปลูกถึงร้อยละ 88 ของพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังทั้งประเทศ ลักษณะดินที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งเป็นดินในอันดับ Ultisols, Entisols และ Oxisols ประกอบด้วยกลุ่มดิน

Paleostatls ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนทราย และมีการสะสมดินเหนียวชั้นล่าง (Kaolinite) เช่น ชุคดินโคราช (Ki) วาริน (Wn) ยโสธร (Yt) ห้วยโป่ง (Hp) และมาบบอน (Mp) ส่วนกลุ่มดินที่สำคัญอีกกลุ่ม คือ Quartsipsamment เช่น ชุคดินสัดหีบ (Sh) พัทยา (Pu) และน้ำพอง (Ng) เป็นต้น (Duangpatra, 1988)

3. ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ต้น ใบ และหัว พบว่า มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าฟอสฟอรัส ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังดูดใช้ในโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดิน และดูดใช้โพแทสเซียมเพื่อการสะสมแป้งในหัวได้ผิวดิน (Hagens and Sittibusaya, 1990) นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังขณะเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน พบว่า มันสำปะหลังใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงถึง 15.2 และ 12.4 กิโลกรัมไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ใช้ธาตุฟอสฟอรัสเพียง 3.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ (โชติ และคณะ, 2529) กอบเกียรติ และคณะ (2549) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนของต้น ใบ และหัวสูงสุดรวมเฉลี่ย 11.7 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ มีการดูดใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัสรองลงมาเฉลี่ยเท่ากับ 9.6 และ 3.9 กิโลกรัมไนโตรเจนและฟอสฟอรัสต่อไร่ ตามลำดับ โดยปริมาณไนโตรเจนจะสะสมในส่วนต้นและใบ 5.7 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ มากกว่าในส่วนของหัวซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.9 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ สำหรับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจะสะสมอยู่ในส่วนหัวของมันสำปะหลังเฉลี่ย 2.3 และ 8.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการสะสมจะมากกว่าในส่วนของต้นและใบซึ่งเฉลี่ยเท่ากับ 1.6 และ 3.1 กิโลกรัมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ

ไนโตรเจน เป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช ดังนั้น เมื่อมันสำปะหลังแสดงอาการขาดธาตุนี้ ไนโตรเจนจากส่วนของใบล่างจะถูกเคลื่อนย้ายไปเลี้ยงส่วนยอดหรือส่วนอ่อนของต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; ชาญ และ โชติ, 2537) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบแทนอย่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของหัวสด โดยจะเพิ่มขึ้นในดินแทบทุกชนิด โชติ และคณะ (2519) ได้สรุปอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 8 ถึง 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ แต่ผลผลิตตอบสนองที่ได้รับจะมากขึ้นเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และการกระจายตัวของฝนอย่างสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินชุดสัดหีบในอัตราสูงเกินไป (32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลงจาก 26.4 เป็น 20.9 เปอร์เซ็นต์ (โชติ, 2522)

ฟอสฟอรัส แม้ว่ามันสำปะหลังจะมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ธาตุฟอสฟอรัสก็มีบทบาทเกี่ยวกับการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สำคัญอย่างยิ่ง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมักขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) กล่าวคือ ถ้าดินมี pH ต่ำกว่า 5.5 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุเหล็ก (Fe-P) และอะลูมิเนียม (Al-P) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง ขณะเดียวกัน ถ้า pH ของดินมากกว่า 7 ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยธาตุแคลเซียม (Ca-P) ซึ่งมีผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลงเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสจะเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุดในช่วง pH 6-7 (ชาญ และ โชติ, 2537; Howeler, 2002) นอกจากนี้ โชติ และคณะ (2522) รายงานว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอัตรา 8-16 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ก็เพียงพอสำหรับการยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในดินร่วนทรายได้

โพแทสเซียม มีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นไปยังรากพบว่า ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมที่ดูดจากดินจะสะสมอยู่ในหัว หากดินที่ใช้เพาะปลูกเป็นดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมต่ำ เมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกัน อาจมีผลให้ธาตุโพแทสเซียมในดินไม่เพียงพอ (ชาญ และคณะ, 2537) โชติ และคณะ (2529) ทดลองการใส่ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินยโสธรติดต่อกัน 9 ปี พบว่า การใส่ปุ๋ย N-P-K อย่างครบถ้วน มีผลให้มันสำปะหลังได้ผลผลิต 3.42 ตันต่อไร่ แต่เมื่อใส่ปุ๋ย N-K และ N-P จะได้ผลผลิต 2.97 และ 1.95 ตันต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นถึงความรุนแรงของการขาดธาตุโพแทสเซียม ที่ส่งผลให้ผลผลิตของหัวลดต่ำลงอย่างชัดเจน

4. การตอบสนองต่อปุ๋ยของมันสำปะหลัง

ปิยะวุฒิ และคณะ (2533) ศึกษาการใส่ปุ๋ยเคมีกับมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 และศรีราชา 1 ในชุดดินสัดหีบ โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 0, 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งปลูกในปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน) และต้นฤดูฝน (มิถุนายน) กรณีปลูกในช่วงปลายฤดูฝน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังเท่ากับ 7, 15 และ 21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่

ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนการปลูกในช่วงฤดูฝน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังให้สูงขึ้นเป็น 10, 35 และ 42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปุ๋ยเคมีทุกอัตราที่ใช้และพันธุ์มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกัน โดยเป็นที่สังเกตว่ามันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่สูงที่สุด

ปิยะ (2534) ศึกษาผลตอบสนองต่อปุ๋ยผสมสูตร 15-15-15 และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เปรียบเทียบกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 และระยอง 60 ในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน) พบว่า มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีสูงมากและเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยจาก 0 เป็น 50, 100 และ 200 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า อัตราปุ๋ยที่มันสำปะหลังทุกพันธุ์ แสดงการตอบสนองสูงสุดและให้ผลตอบแทนมากที่สุด คือ การใช้ปุ๋ยผสมสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ แต่การตอบสนองและค่าตอบแทนจะลดลงตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น

ปิยะวุฒิ (2535) ศึกษาพันธุ์มันสำปะหลัง 4 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 60 ศรีราชา 1 และเกษตรศาสตร์ 50 โดยใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 0, 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตที่อายุ 8 และ 12 เดือน พบว่า พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวสดและผลผลิตหัวแห้งสูงสุดทุกอัตราปุ๋ย โดยอายุการเก็บเกี่ยวที่ 8 และ 12 เดือนไม่พบค่าปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างพันธุ์กับอัตราปุ๋ย และพันธุ์กับอายุเก็บเกี่ยวในลักษณะผลผลิตหัวสดและหัวแห้ง ตลอดจนปริมาณแป้งในหัว แสดงว่าพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยจะให้ผลผลิตสูงขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ย และพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูงเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 8 เดือน ก็ให้ผลผลิตสูงที่อายุเก็บเกี่ยว 12 เดือนเช่นกัน

ปิยะวุฒิ (2537) ศึกษาพันธุ์มันสำปะหลัง 7 พันธุ์ คือ ระยอง 1 ระยอง 3 ระยอง 60 ศรีราชา 1 ระยอง 90 เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 5 ที่มีต่อการแสดงออกบางประการภายใต้ความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำและสูง โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 0 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า การใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้มันสำปะหลังทุกพันธุ์มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 18.7 ถึง 42.0 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่แปลงทดลองอำเภอคำชะโนด จ.กาฬสินธุ์ และอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ส่วนพันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกใน

อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ขณะที่พันธุ์ศรีราชา 1 และพันธุ์ระยอง 60 ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งปานกลางเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่นๆ

วุฒิสักดิ์ และคณะ (2537) ศึกษาระยะปลูกและอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ซึ่งใช้ระยะปลูก 0.8 x 0.8 เมตร และ 1.0 x 1.0 เมตร ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 0, 25, 50, 75 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ โดยเพิ่มปุ๋ยยูเรีย และโพแทสเซียมคลอไรด์อัตราส่วน N : P₂O₅ : K₂O เท่ากับ 2 : 1 : 2 พบว่า ระยะปลูก 2 ระยะกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 5 ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกัน และแนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 กับมันสำปะหลังในชุดดินบ้านบึงอัตรา 75-100 กิโลกรัมต่อไร่ จะให้ผลผลิตหัวสดสูงขึ้นเป็น 3.1 และ 3.5 ตันต่อไร่ ในขณะที่ไม่ใส่ปุ๋ยจะได้ผลผลิตหัวมันสดเพียง 1.5 ตันต่อไร่ ส่วนในชุดดินสัดหีบแนะนำให้ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ผสมยูเรียและโพแทสเซียมคลอไรด์ อัตรา 25.0, 8.15 และ 6.25 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสดสูงถึง 4.6 ตันต่อไร่

อรพินท์ และสำเนา (2537) ศึกษาการดูแลรักษาอาหารของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์ คือ OMR 23-29-15, CMR 24-43-12, ระยอง 1 ระยอง 3 และ (CMC76XV43) 21-1 ในสภาพที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับดำรับทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีผลให้การดูแลรักษาในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยทุกพันธุ์ในด้านปริมาณธาตุอาหารที่มันสำปะหลังดูดขึ้นไป พบว่า ในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจะแตกต่างกันตามพันธุ์ที่ปลูก โดยพันธุ์ CMR 24-43-12 มีการดูแลรักษาอาหารในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไว้ในส่วนต้นและใบสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ OMR 23-29-15 ดูแลรักษาอาหารในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไว้ในส่วนหัวสูงกว่าพันธุ์อื่น นอกจากนี้ การปลูกมันสำปะหลังในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจะมีการดูแลรักษาในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโตคิดเป็น 29.62, 5.71 และ 24.29 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนในสภาพที่มีการใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังจะดูแลรักษาในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่าคิดเป็น 50.46, 8.63 และ 36.59 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการดูแลรักษาอาหารมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับน้ำหนักแห้งของต้น ใบ และหัว

ชุมพล และคณะ (2540) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยผสมสูตร 16-16-16 และ 16-8-16 ต่อผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 ที่ปลูกติดต่อกัน 8 ฤดูปลูก พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีสูตรผสม 16-8-16 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยผสมสูตร 16-16-16 อัตรา 100 กิโลกรัม

ต่อไร่ มีผลให้น้ำหนักหัวมันสดเฉลี่ยเท่ากับ 3,813 และ 3,486 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักหัวมันสดเฉลี่ยเท่ากับ 2,419 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ การใช้ปุ๋ยสูตรผสม 16-16-16 และ 16-8-16 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวมันสดเพิ่มขึ้น 44 และ 58 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ประภาส (2544) ศึกษาผลของปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ที่ปลูกในชุดดินมาบบอน ซึ่งใช้พันธุ์ระยะของ 1 ระยะของ 60 ระยะของ 90 ระยะของ 5 เกษตรศาสตร์ 50 MKUC 34-114-206 (พันธุ์ห้วยบง 60) และ MKUC 34-114-17 โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 0 และ 50 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ MKUC 34-114-206 (พันธุ์ห้วยบง 60) ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยสูงสุด คือ 5,182 กิโลกรัมต่อไร่ พันธุ์ MKUC 34-114-17 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์ระยะของ 60 ระยะของ 90 เกษตรศาสตร์ 50 และระยะของ 5 ขณะที่พันธุ์ระยะของ 1 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 20-37 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ยกเว้นพันธุ์ระยะของ 60 นอกจากนี้ การใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยสูงสุด คือ 24.4 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ MKUC 34-114-206 (พันธุ์ห้วยบง 60) ให้ปริมาณแป้งเฉลี่ย 22.34 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ระยะของ 1 ให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยต่ำสุด คือ 16.5 เปอร์เซ็นต์

กอบเกียรติ และคณะ (2549) ศึกษาการจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกมันสำปะหลังในชุดดินแม่ริม พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 16-8-16 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด คือ 4,154 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอัตรา 0-0-0 และ 8-8-8 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ย 2,218 และ 3,442 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ระวีวรรณ (2552) ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-18-86 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุดเมื่อปลูกปลายฤดูฝน คือ 12.52 ตันต่อไร่ ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 36-18-85 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด คือ 12.42 ตันต่อไร่ ในขณะที่การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งทั้ง 2 ฤดูปลูก

5. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินกับมันสำปะหลัง

การให้ธาตุอาหารที่เพียงพอและสมดุลถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตของพืช (Fageria, 2005) โดยการใช้ปุ๋ยเคมีนับเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ธาตุอาหารแก่พืชโดยตรงอย่างรวดเร็ว (Brady and Weil, 2008) ซึ่งหากมีการใช้ไม่ถูกต้องกับความต้องการของพืชอาจก่อให้เกิดการสูญเสียสมดุลของธาตุอาหารในดินกระทั่งส่งผลให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมได้ (สุทิน, 2542) นอกจากนี้ การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ซ้ำเดิมโดยการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกในปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชจะส่งผลให้ดินมีผลผลิตต่ำ ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง และเกิดการกร่อนของดินในที่สุด (Howeler, 2002) การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการยกระดับและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ยั่งยืน โดยการเพิ่มธาตุอาหารแก่พืชควบคู่ไปกับการป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากดิน (ชุมพล, 2542) สุนทร (2545) กล่าวว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยลงในดิน ส่วนหนึ่งพืชจะใช้เพื่อการเจริญเติบโต และอีกส่วนหนึ่งเพื่อสร้างผลผลิต ดังนั้น การใส่ปุ๋ยจึงต้องทราบหรือประมาณการได้ว่าผลผลิตของพืชจะเป็นเท่าใด การใส่ปุ๋ยในแนวอนุรักษ์ธาตุอาหารให้มีการทดแทนคืนสู่ดินและสัมพันธ์กับส่วนที่นำออกไปในรูปของผลผลิต จะต้องคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารขั้นต่ำที่พืชต้องใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตด้วย ส่วนอัตราปุ๋ยจะต้องปรับให้สัมพันธ์กับดินที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย และความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุรเดช (2550) ที่ว่าแนวทางการใช้ผลการวิเคราะห์ดินเพื่อประกอบคำแนะนำการใช้ปุ๋ย จะต้องพิจารณาจากผลต่างระหว่างปริมาณที่คาดว่าพืชสามารถใช้ประโยชน์ได้จากดินกับปริมาณที่พืชใช้จริงทั้งหมดตลอดฤดูกาลของการปลูกพืชในแต่ละครั้ง

ชุมพล (2542) รายงานว่าการวิเคราะห์ดินเพื่อทราบค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินเป็นขั้นตอนแรกของการวินิจฉัยปัญหาที่ช่วยบ่งชี้สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินว่ามีข้อจำกัดประสิทธิภาพในการผลิตของพืชมากหรือน้อยเพียงใด ความแปรปรวนของผลผลิตพืชมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นตัวแปรที่ต้องทำความเข้าใจและนำมาใช้ในการวางแผนเทคนิคต่างๆ ในการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างผลวิเคราะห์ดินกับผลผลิตตอบสนองของพืชอันเป็นพื้นฐานในการกำหนดคำแนะนำการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะแหล่ง เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพเศรษฐกิจของเกษตรกร

โชติ (2539) รายงานว่าในการวิจัยเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับวางแผนการใส่ปุ๋ยให้มีประสิทธิภาพนั้น อาจถือว่าการตรวจวัดปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินไม่เพียงพอสำหรับการคาดคะเนผลผลิตที่ได้ว่าจะมากหรือน้อยเพียงใด แต่จะต้องดำเนินการประเมินบทบาทของปัจจัยการผลิตทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองต่อปุ๋ยโดยกระบวนการทดลองอีกหลายครั้ง ซึ่ง Mc Lean (1972) ได้แสดงแนวคิดเชิงหลักการในการแปลความหมายของค่าวิเคราะห์ดินเพื่อการใส่ปุ๋ยเคมีใน 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) แนวคิดเกี่ยวกับความพอเพียงของธาตุอาหารในดิน (sufficiency level of available nutrients, SLAN) และ 2) แนวคิดเกี่ยวกับอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างความอิ่มตัวของเบส (basic cation saturation ratios, BCSR) กับความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity, CEC) ของดิน โดยแนวคิดแบบ SLAN ถือว่าระดับธาตุอาหารที่เพียงพอในดินสามารถตรวจวัดได้โดยวิธีการวิเคราะห์ที่เหมาะสม และปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีสัดส่วนผกผันกับผลผลิตที่เพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ย ดังนั้น การใส่ปุ๋ยจึงเป็นการยกระดับธาตุอาหารให้เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืช Bray (1944, 1945) พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยที่เป็นปัจจัยจำกัด จะส่งผลให้ผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้นตามปริมาณปุ๋ยที่เพิ่มขึ้นจนถึงระดับสูงสุด จากนั้น อัตราการตอบสนองต่อหน่วยจะลดต่ำลงจนเป็นศูนย์ หรือติดลบเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยให้สูงขึ้นไปอีก โดยระดับธาตุอาหารในดินมีสหสัมพันธ์กับผลผลิตการตอบสนองต่อปุ๋ย ซึ่งเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับสมการของ Mitscherlich ($dy/dx = (A-y)c$) ที่อธิบายว่าผลผลิตที่เพิ่มขึ้น (dy) ต่อหน่วยของธาตุอาหาร (dx) จะลดลงตามลำดับจนถึงจุดสูงสุดของผลผลิต โดยค่า A ในสมการเป็นผลผลิตสูงสุดเมื่อมีทุกปัจจัยครบในระดับที่เหมาะสม y เป็นผลผลิตที่ได้รับจากการเพิ่มปัจจัยควบคุม และ c เป็นค่าคงที่ ซึ่งค่าคงที่ของธาตุอาหาร P และ K จะแตกต่างกันตามชนิดของพืช ส่วนแนวคิดแบบ BCSR เชื่อว่าผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารประจุบวกต่างๆ ในดินและสัดส่วนที่เหมาะสมของความอิ่มตัวด้วยด่าง (base saturation) ที่มีต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity) ของดินแต่ละท้องที่ แนวคิดนี้หมายถึงการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารชั้นรอง (secondary elements) เพื่อกำหนดคำแนะนำ รวมถึงการใส่ปูนเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ซึ่ง Lean (1977) กล่าวว่า แนวคิดแบบ BCSR ใช้ได้ดีในดินร่วนทรายที่มีค่า CEC ต่ำ

สุทิน (2542) ศึกษาและพัฒนาการวิเคราะห์ดินเพื่อแนะนำการใส่ปุ๋ยรวมทั้งการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช โดยนำผลการทดสอบปุ๋ยพืชไร่เศรษฐกิจจากแปลงทดสอบปุ๋ยในไร่นาเกษตรกรมาวิเคราะห์ร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินเพื่อแปลความหมายเป็นคำแนะนำการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้โปรแกรมฐานข้อมูล dBase ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตามระบบ SLAN

(sufficiency level of available nutrients) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตพืชกับระดับความพอเพียงของปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีสัดส่วนผกผันกับผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ย ซึ่งเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับสมมติฐานของ Mitscherlich-Bray ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ คือ

$$\log (A-y) = \log A - c_1 b - cx$$

เมื่อ c_1 = สัมประสิทธิ์ของปัจจัยที่ใส่ลงไป

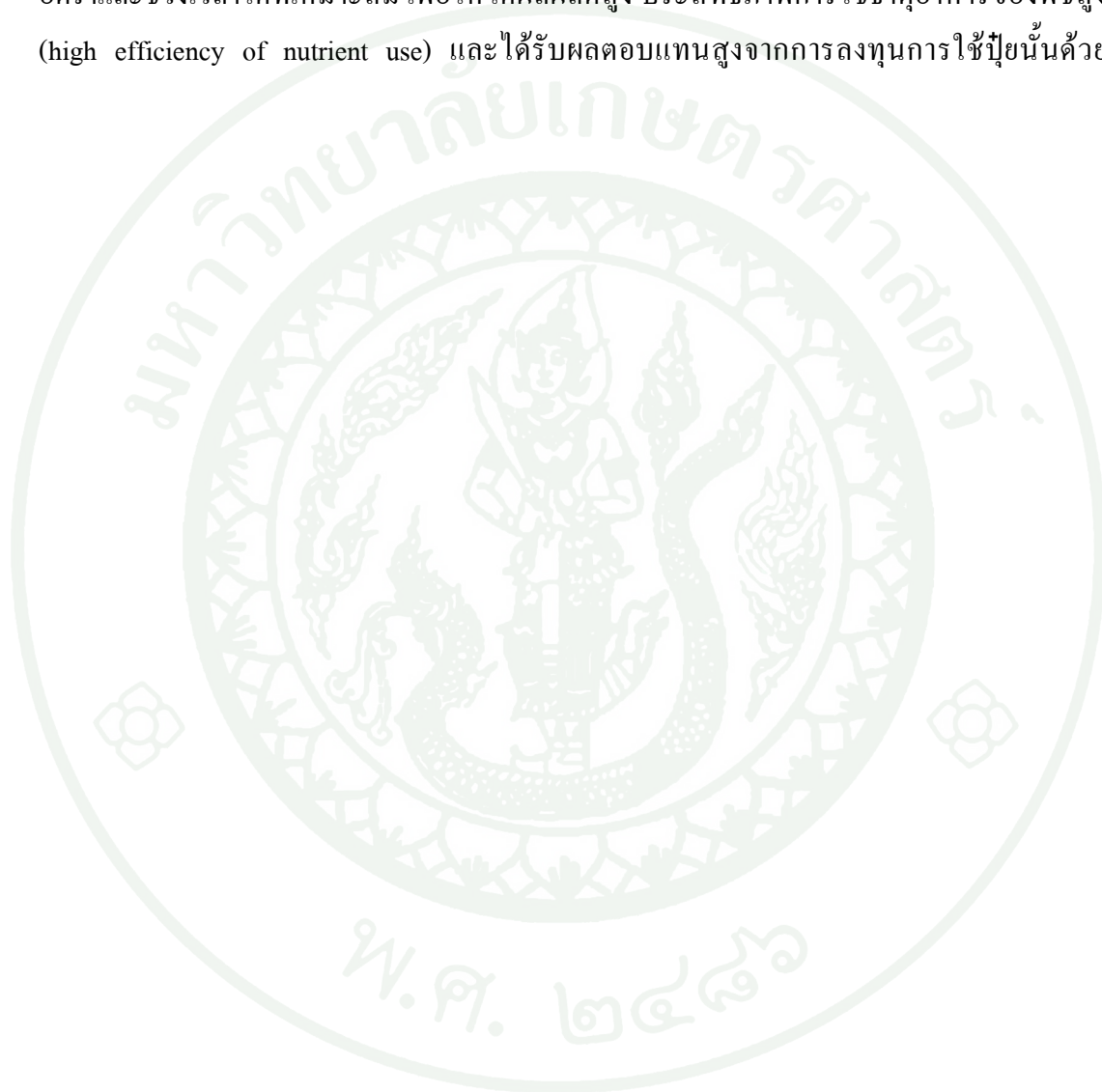
b = ปริมาณของปัจจัยที่ควบคุมที่ได้มาจากดิน

x = ปริมาณของปัจจัยควบคุมที่ใช้

โดยการดำเนินงานแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ ระยะแรกนำข้อมูลผลการทดสอบการตอบสนองของพืชไร่เศรษฐกิจต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียม จากนั้น นำผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตามระบบ SLAN ด้วยโปรแกรมฐานข้อมูล dBase และสร้างเป็นโปรแกรม dbSoilTest for DOS ที่ใช้สมการ Mitscherlich-Bray เป็นหลักในการแนะนำปุ๋ย โดยมีค่า c และ c_1 เป็นค่าคงที่เฉพาะกิจ (tentative constants) ระยะที่สอง ทำการทดสอบโปรแกรม dbSoilTest for DOS เพื่อหาความแม่นยำในการกำหนดอัตราปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยเลือกแปลงทดสอบและเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดิน จากนั้น ให้โปรแกรมคำนวณอัตราปุ๋ยฟอสเฟตและปุ๋ยโพแทสเซียมที่จะใส่เพื่อให้ได้ผลผลิตระดับต่างๆ ตามที่ต้องการ แล้วจัดทำแปลงทดสอบและเปรียบเทียบผลผลิตที่ได้จากแปลงทดสอบกับผลผลิตที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม ถ้าหากผลการเปรียบเทียบยังไม่แม่นยำพอก็ให้นำข้อมูลจากการทดสอบในแปลงมาร่วมวิเคราะห์เพิ่มเติมเพื่อปรับค่า c และ c_1 ของโปรแกรมให้เป็นค่าคงที่เฉพาะสำหรับดินและพืชแต่ละชนิด (soil-crop specific constants)

ขงยุทธ และคณะ (2551) อธิบายหลักการว่า การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่เป็นการให้ธาตุอาหารแก่พืชในพื้นที่หนึ่งอย่างเพียงพอตามที่พืชชนิดนั้นต้องการ รวมทั้งสามารถแก้ไขการขาดแคลนธาตุอาหาร และยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของธาตุในดินให้เหมาะสมด้วย ซึ่งต้องตระหนักว่าพืชที่ปลูกมีความต้องการธาตุอาหารต่างในระดับหนึ่ง จึงจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง แต่ดินซึ่งมีธาตุอาหารดั้งเดิมที่อาจมาจากอินทรีย์สาร อินทรีย์วัตถุ เศษซากพืช ปุ๋ยอินทรีย์ และ

ธาตุอาหารที่ติดมากับชลประทาน โดยปริมาณธาตุอาหารในส่วนดังกล่าวอาจน้อยเกินไป ไม่เพียงพอที่จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงได้ จึงจำเป็นต้องปรับการใช้ปุ๋ยในเชิงพลวัต (dynamically adjust fertilizer use) เพื่อเพิ่มเติมส่วนที่ขาดจนพืชได้รับเพียงพอและให้ผลผลิตตามเป้าหมาย โดยการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ต้องกำหนดเป้าหมายว่าจะให้ธาตุอาหารแก่พืชในอัตราและช่วงเวลาใดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืชสูง (high efficiency of nutrient use) และได้รับผลตอบแทนสูงจากการลงทุนการใช้ปุ๋ยนั้นด้วย



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ดินชุดกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks) เป็นการทดลองในภาคสนาม บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม
2. ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ใช้พันธุ์ห้วยบง 60
3. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ปุ๋ยยูเรีย (46%N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O)
4. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดวัชพืช ได้แก่ alachlor
5. อุปกรณ์ในการเตรียมแปลง ได้แก่ รถแทรกเตอร์ เทปวัดระยะ คราด และจอบ
6. อุปกรณ์สำหรับเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ เหล็กง่ามสำหรับจับหัวมันสำปะหลัง มีด เครื่องชั่งน้ำหนักพืชในสนาม ถังพลาสติก และถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่าง
7. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้งโดยใช้เครื่องชั่งแบบ Remain Scale
8. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ พลั่วตักดิน-ชุดดิน (spades) ท่อเก็บตัวอย่างดิน (core) ถุงเก็บตัวอย่างดิน (sample bags) และพลั่วตักดินขนาดเล็ก (mini spades)
9. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ pH meter (Orion), Electrical conductivity meter (Orion), Microkjeldahl distillation apparatus (Gerhard), Digestion apparatus (Gerhard), Atomic absorption spectrophotometer (Varian), Balance ± 0.00 mg (Sartorius) Spectrophotometer (Biochrom) และ Oven (Memmert)

10. อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและกายภาพ และการวิเคราะห์พืชในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) และการทดลองที่ 2 ปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) โดยการทดลองที่ 1 และ 2 มีวิธีการทดลองเหมือนกันแต่ใช้แปลงทดลองต่างพื้นที่กัน

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ จำนวน 7 ดำรับทดลอง รายละเอียดของดำรับทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 2 และ 4

2. ขนาดแปลงทดลอง

พื้นที่ปลูกทั้งหมด 42 x 51 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 28 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 5 เมตร และยาว 8 เมตร โดยมีระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 2 เมตร

3. การปลูก

เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์ปรับพื้นที่ปลูกให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้น ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ซึ่งมีความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20 เซนติเมตร ปักลงไปดินให้มีระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร และระยะระหว่างต้น 1 เมตร โดยในแปลงย่อยแต่ละแปลงจะใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง 40 ท่อน

4. การใส่ปุ๋ยเคมี

ในดำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ดำรับการทดลองที่ 2-7) มีการแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง โดยเขาจะ ร่องข้างต้นมันสำปะหลัง โรยปุ๋ยเคมีแล้วกลบ โดยครั้งแรกจะใส่ปุ๋ยเคมี 1/3 ของอัตราปุ๋ยทั้งหมด เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน และครั้งที่ 2 จะใส่ปุ๋ยเคมี 2/3 ของอัตราปุ๋ยทั้งหมดเมื่อมันสำปะหลัง อายุ 4 เดือน

5. การเก็บข้อมูล

5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศ

เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศ ซึ่งทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่เริ่มต้นทำการทดลองจนถึงวันสุดท้ายของการทดลองโดยอาศัยข้อมูลจากสถานีกรมอุตุนิยมวิทยากรมอุตุนิยมวิทยา อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม (ภาพผนวกที่ 1 และ 2)

5.2 ข้อมูลดิน

5.2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2

ก. ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) วัดโดย pH meter ซึ่งใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเป็น 1:1 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

ข. ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) วัดโดย Electrical conductivity meter โดยใช้สารละลายดินที่สกัดจากดินอิ่มตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

ค. ปริมาณอินทรียวัตถุ หาโดยวิธี Walkley - Black method (Walkley and Black, 1934)

ง. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หาโดยวิธี Bray II แล้ววัดความเข้มสีด้วย Spectrophotometer (Jackson, 1958)

จ. โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยการสกัดดิน ด้วย 1 N NH_4OAc (pH 7) แล้วนำไปวัดโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542)

5.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูจากแปลง ทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density, ρ_b) โดยวิธี Core method (Blake, 1965) และลักษณะเนื้อดิน (% sand, % silt, % clay) โดยวิธี Hydrometer แสดงไว้ในตารางที่ 1 และ 2

5.3 ข้อมูลพืช

5.3.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ ความสูงต้น และจำนวนกิ่งของต้น สำหรับน้ำหนักสดของดินส่วนเนื้อดินดำเนินการเก็บข้อมูลที่อายุ 12 เดือน

5.3.2 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยใช้ใบมันสำปะหลังในตำแหน่งที่ 3, 4 หรือ 5 นับจากยอด และผลผลิตหัวสดที่อายุ 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจรงค์ (2544) ดังนี้

ก. การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธีของ Micro Kjeldahl

ข. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส ใช้เครื่อง Spectrophotometer

ค. การวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียม ใช้เครื่อง Atomic Absorption /Flame Emission Spectrophotometer

5.3.3 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน โดยข้อมูล ที่เก็บ ได้แก่ น้ำหนักสดของหัว จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาว ของหัว และเปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด

5.3.4 สัดส่วนของน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักส่วนเหนือดิน (root to shoot ratio) ที่อายุ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{root to shoot ratio} = \frac{\text{น้ำหนักใต้ดิน (น้ำหนักผลผลิตหัวสด)}}{\text{น้ำหนักเหนือดิน (ได้แก่ น้ำหนักส่วนใบ ลำต้น และเหง้า)}}$$

5.3.5 ดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ที่อายุ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร

$$\text{harvest index} = \frac{\text{นน. ผลผลิตหัวสด}}{\text{นน. ผลผลิตหัวสด + นน. เหนือดิน (ได้แก่ นน. ส่วนใบ ลำต้น และเหง้า)}}$$

5.3.6 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยที่อายุ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร

$$= \frac{\text{นน. ผลผลิตหัวสดของดำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ย} - \text{นน. ผลผลิตหัวสดในดำรับที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย}}{\text{อัตราปุ๋ย (กก./ไร่)}}$$

หมายเหตุ การเก็บข้อมูลมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย กระทำโดยการสุ่มต้นมันสำปะหลัง จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสนก่อนการทดลองที่ 1

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH (1:1)	8.03
EC _e (dS/m)	0.34
Organic matter (%)	0.58
Available P (mg/kg)	34.82
Exchangeable K (mg/kg)	44.54
Exchangeable Ca (mg/kg)	2768.94
Exchangeable Mg (mg/kg)	129.51
Bulk density (ρ_b , g/cm ³)	1.59
Texture	Sandy loam

ตารางที่ 2 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสนก่อนการทดลองที่ 2

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH (1:1)	7.08
EC _e (dS/m)	0.41
Organic matter (%)	0.88
Available P (mg/kg)	82.28
Exchangeable K (mg/kg)	74.50
Exchangeable Ca (mg/kg)	1714.09
Exchangeable Mg (mg/kg)	77.61
Bulk density (ρ_b , g/cm ³)	1.59
Texture	Sandy loam

ตารางที่ 3 รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละตำรับทดลองของการทดลองที่ 1

ตำรับทดลอง	อัตราปุ๋ยเคมี (กก./ไร่)			หมายเหตุ
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T ₁	0	0	0	ตำรับควบคุม
T ₂	16	8	16	1/
T ₃	16	0	8	2/
T ₄	10	0	68	3/
T ₅	20	0	68	4/
T ₆	40	0	68	5/
T ₇	60	17.5	70	6/

หมายเหตุ ^{1/} อัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำให้ใส่ตามลักษณะของเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

^{2/} อัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำให้ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

^{3/} ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้ 100%
(Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

^{4/} ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้เพียง 50%
(Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

^{5/} ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้เพียง 25%
(Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

^{6/} อัตราปุ๋ยเคมีที่ได้จากการใช้แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลค่าวิเคราะห์ดิน (กุ่มท, 2549)

ตารางที่ 4 รายละเอียดการใช้ปุ๋ยเคมีในแต่ละตำรับทดลองของการทดลองที่ 2

ตำรับทดลอง	อัตราปุ๋ยเคมี (กก./ไร่)			หมายเหตุ
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T ₁	0	0	0	ตำรับควบคุม
T ₂	16	8	16	1/
T ₃	16	0	4	2/
T ₄	6	0	54	3/
T ₅	12	0	54	4/
T ₆	24	0	54	5/
T ₇	60	17.5	70	6/

- หมายเหตุ 1/ อัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำให้ใส่ตามลักษณะของเนื้อดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2548)
 2/ อัตราปุ๋ยเคมีที่แนะนำให้ใส่ตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี (กรมวิชาการเกษตร, 2548)
 3/ ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้ 100% (Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)
 4/ ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้เพียง 50% (Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)
 5/ ปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้เพียง 25% (Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)
 6/ อัตราปุ๋ยเคมีที่ได้จากการใช้แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลค่าวิเคราะห์ดิน (กุ่มท, 2549)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

6.1 ข้อมูลองค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งค่าสถิติสำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี DMRT (Duncan multiple range test)

6.2 เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลองค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตที่ปลูกปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน ด้วยวิธีการ T – test Independent

7. สถานที่ทำการวิจัย

1. แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

8. ระยะเวลาในการวิจัย

ใช้ระยะเวลาในการวิจัยทั้งหมด 2 ปี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2549 ถึงเดือนพฤษภาคม
2551 โดยการทดลองที่ 1 เริ่มวันที่ 1 พฤศจิกายน 2549 ถึงวันที่ 1 พฤศจิกายน 2550 และการทดลอง
ที่ 2 เริ่มวันที่ 9 พฤษภาคม 2550 ถึงวันที่ 9 พฤษภาคม 2551

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน (1 พฤศจิกายน 2549 -1 พฤศจิกายน 2550)

การศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน ปรากฏผลดังนี้

1. องค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต (ปลายฤดูฝน)

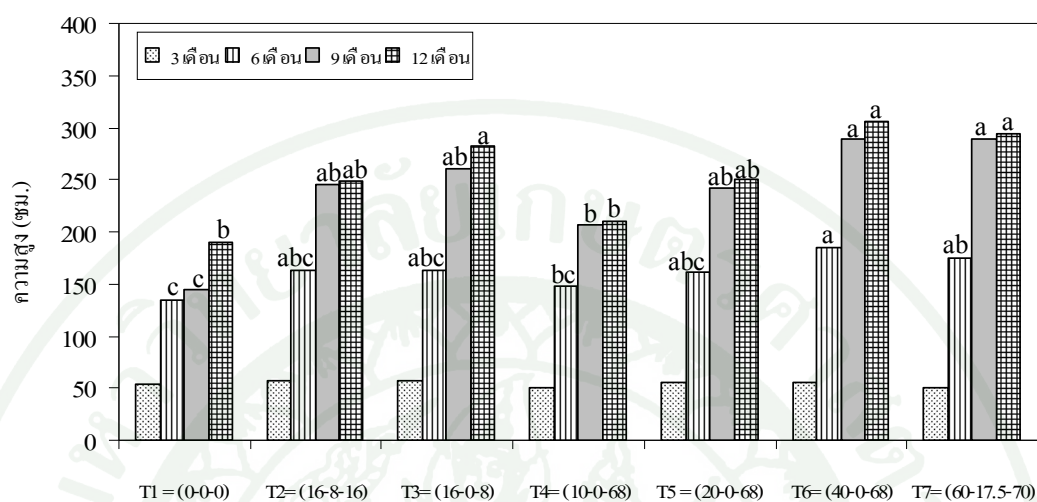
1.1 ความสูงต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 1) โดยได้รับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$) มีผลให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังมากที่สุด ใกล้เคียงกับได้รับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) และได้รับทดลองที่ 3 ($16-0-8$) ตามลำดับ ในขณะที่ได้รับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังต่ำที่สุดทุกอายุการเจริญเติบโต ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะวุฒิ และคณะ (2536) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้การเจริญเติบโตของลำต้น จำนวนใบ และพื้นที่ใบมากขึ้น ซึ่งส่งผลให้ทรงพุ่มขยายเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นข้อดีในการลดการแข่งขันจากวัชพืชในแปลง นอกจากนี้ เป็นที่สังเกตว่าในแต่ละช่วงอายุของมันสำปะหลังความสูงต้นเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และเริ่มคงที่ในช่วง 9 -12 เดือน เพราะเป็นระยะการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตลงหัว (high carbohydrate translocation to roots) ถึงระยะพักตัว (dormancy) โดยระยะนี้การเจริญเติบโตของใบและต้นจะชะงักหรือหยุดลง ส่งผลให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังเริ่มคงที่ (โอภาส, 2546)

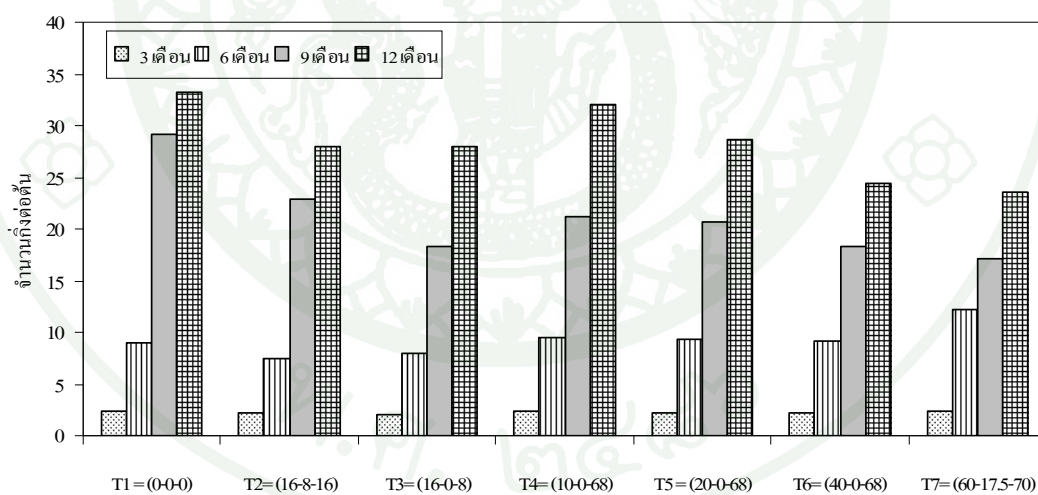
1.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อจำนวนกิ่งของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 1) โดยมีข้อสังเกตว่า การแตกกิ่งน่าจะเป็นผลจากความสมบูรณ์ของท่อนพันธุ์ที่ใช้ปลูกมากกว่าอิทธิพลจากการใช้ปุ๋ย อีกทั้งลักษณะประจำพันธุ์ก็มีผลต่อการแตกกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุขุมาลัย (2546) ที่รายงานว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และระยอง 5 มีค่าเฉลี่ยการแตกแขนงของท่อนพันธุ์จำนวน 3 แขนง

ต่อต้าน ขณะที่พันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 มีค่าเฉลี่ยการแตกแขนงของท่อนพันธุ์เพียง 2.6 แขนงต่อต้น ซึ่งแตกต่างกันตามลักษณะประจำพันธุ์



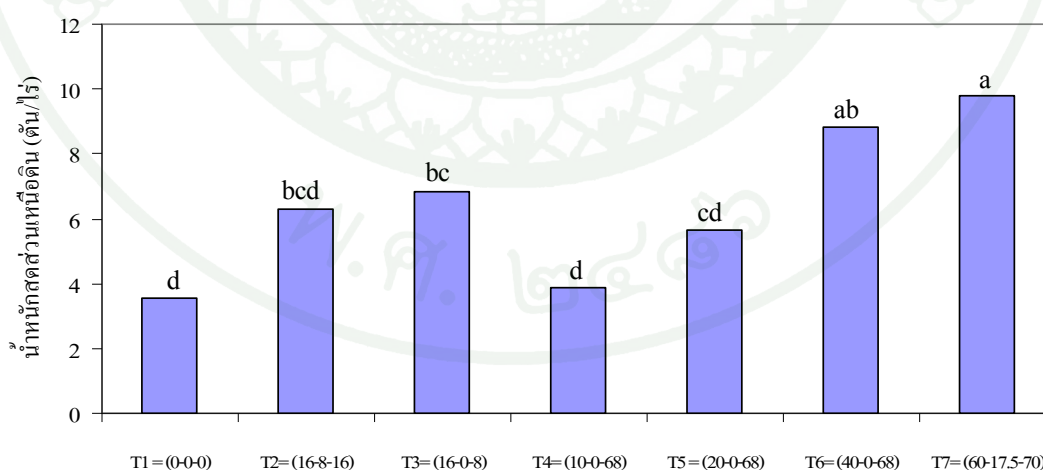
ภาพที่ 1 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 2 จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

1.3 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดิน

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) เพิ่มน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (9.81 ตัน/ไร่) ซึ่งใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$) รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-8$) และ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) ให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของ มันสำปะหลังต่ำที่สุด (3.57 ตัน/ไร่) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 10-0-68$) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่สูงกว่าให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดิน มากกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่น้อยกว่า ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ในอัตราสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น และการเพิ่มจำนวนใบมากขึ้น (Brady and Weil, 2008) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนรวมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงจะมี ส่วนให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินสูงกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียมใน อัตราต่ำกว่า หรือการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของปิยะ (2536); ระวีวรรณ และ คณะ (2552); Sangkhasila *et al.* (2009) ที่รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินจะ สูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่ ขณะที่ประภาส (2544) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อ ดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย

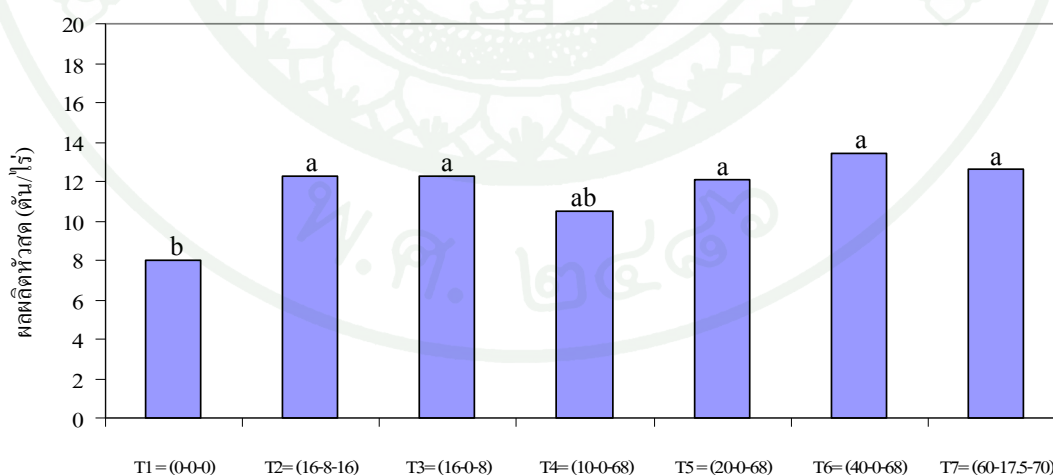


ภาพที่ 3 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต (ปลายฤดูฝน)

2.1 ผลผลิตหัวสด

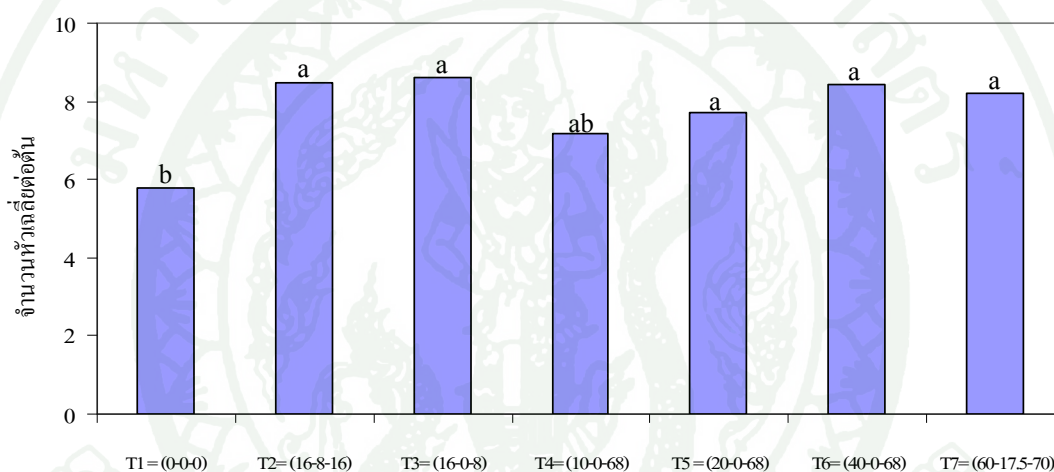
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ดำรับ ทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (13.45 ตัน/ไร่) ใกล้เคียง กับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-8$) ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) และดำรับทดลองที่ 5 ($T_5=20-0-68$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ผลผลิตหัว สดของมันสำปะหลังต่ำที่สุด (7.98 ตัน/ไร่) สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะ (2536) ที่รายงานว่า น้ำหนักผลผลิตหัวสดจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น สำหรับเหตุผลที่ดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) สามารถให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าค่าผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศนั้น (3.78 ตัน/ ไร่) อาจเป็นเพราะปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่ก่อนการทดลองมีสภาพ เป็นทุ่งหญ้า และมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืช และมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับการรายงาน ของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างใน ดิน



ภาพที่ 4 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-8$) มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นมากที่สุด (8.63 หัว/ต้น) ใกล้เคียงกับ ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$) ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) และดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 20-0-68$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (5.78 หัว/ต้น)



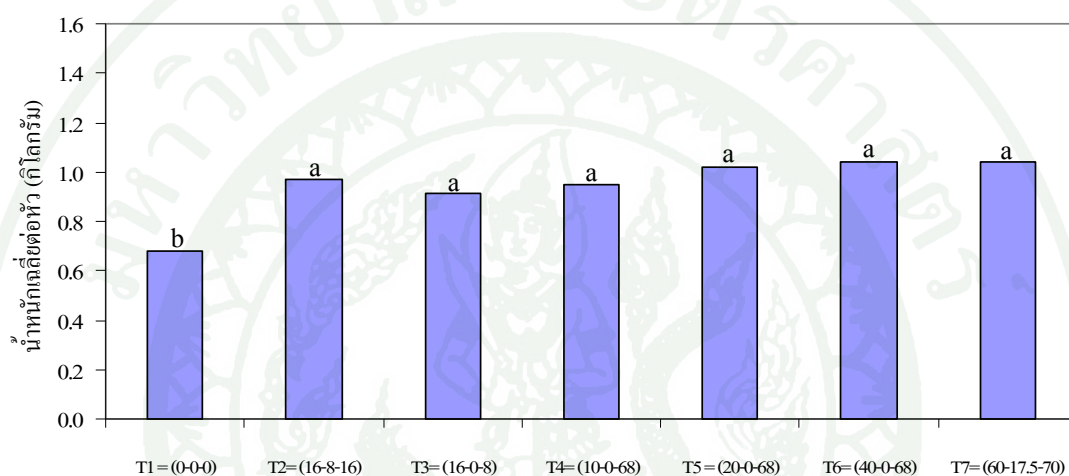
ภาพที่ 5 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

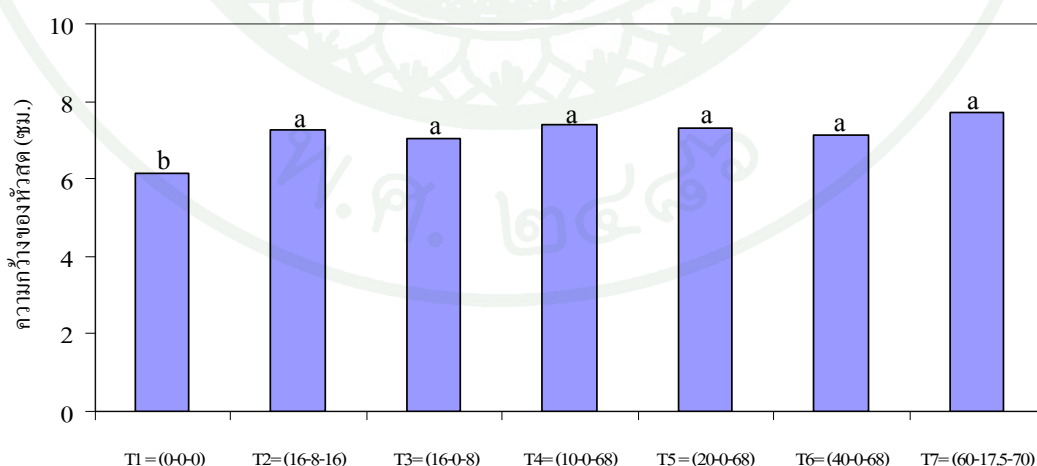
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ทุกดำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน (0.91-1.04 กิโลกรัม/หัว) ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุดเพียง 0.68 กิโลกรัม/หัว

2.4 ความกว้างของหัว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ทุกค่ารับ ทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน (7.06-7.72 เซนติเมตร) ขณะที่ค่ารับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุด (6.14 เซนติเมตร)



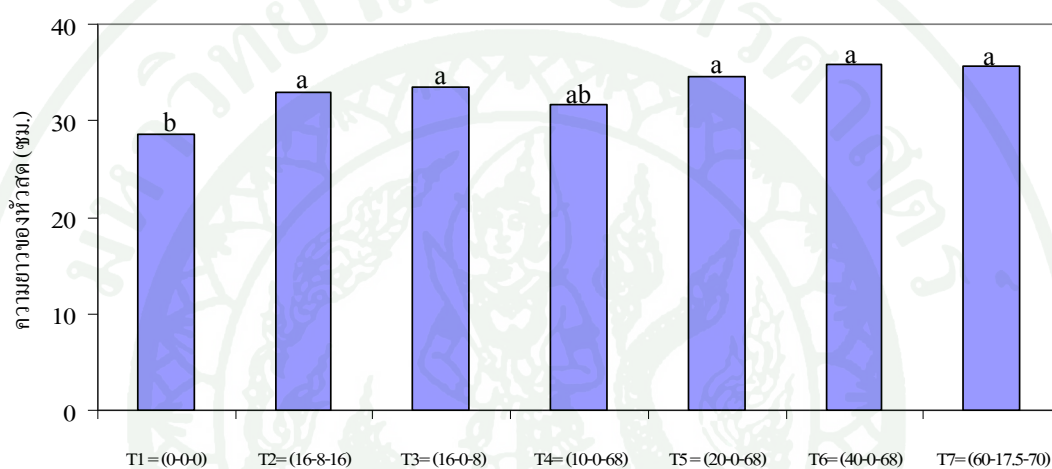
ภาพที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 7 ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.5 ความยาวของหัว

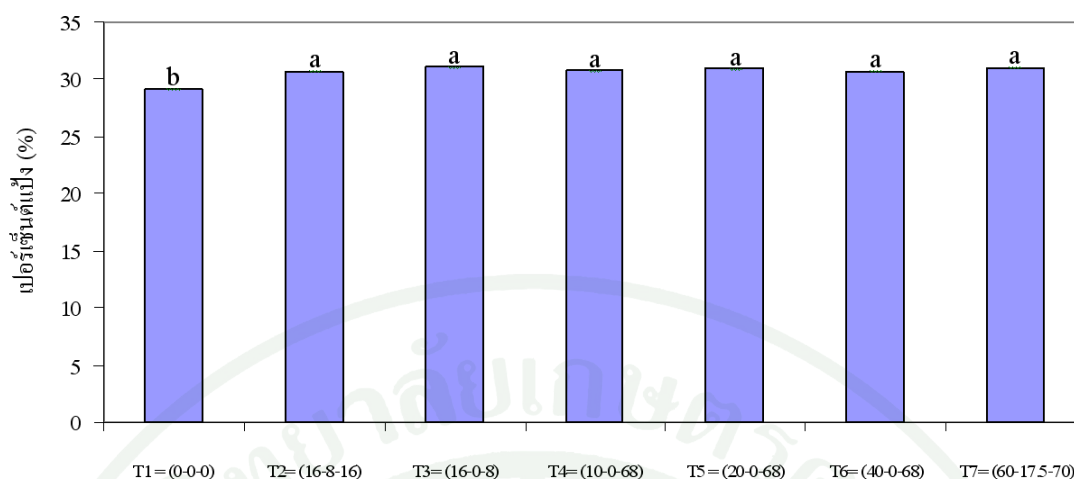
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน (31.73-35.77 เซนติเมตร) ขณะที่ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุด (28.66 เซนติเมตร)



ภาพที่ 8 ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.6 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด

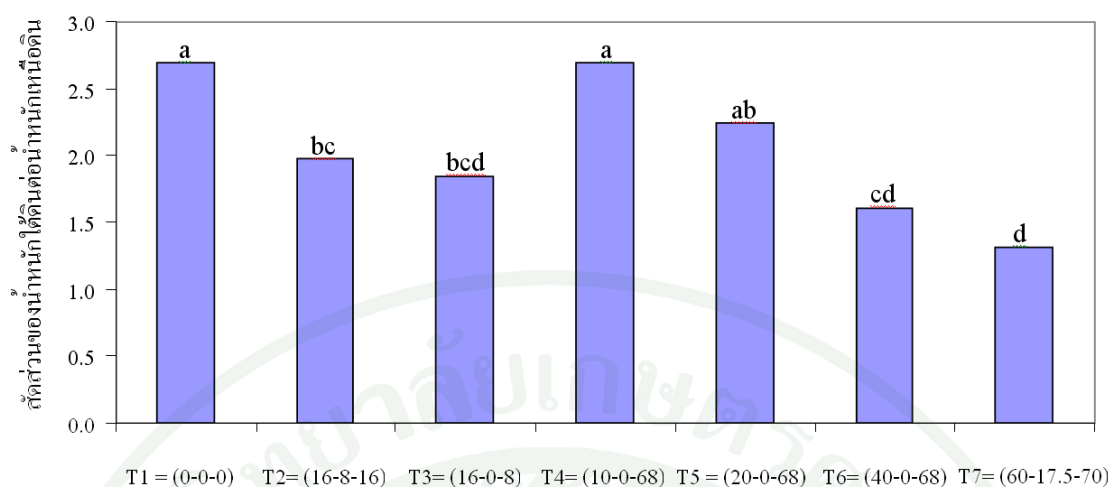
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของหัวมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน (30.65-31.10 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุด (29.13 เปอร์เซ็นต์)



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์เบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.7 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดิน

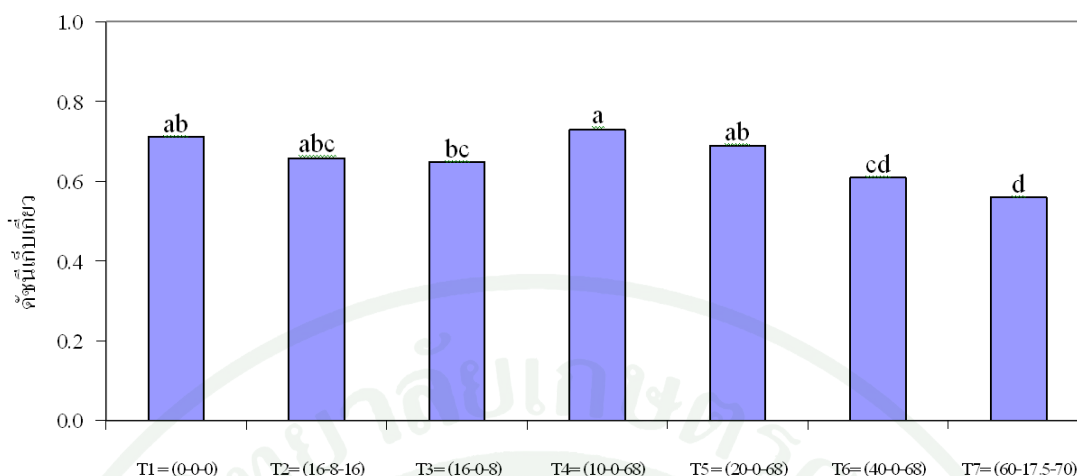
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) และดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 10-0-68$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดินมากที่สุด (2.69) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 20-0-68$) ในขณะที่ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-8$) ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 40-0-68$) และดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีแนวโน้มให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดินเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงถึงความสมดุลระหว่างการสร้าง source (น้ำหนักรีดดิน) และ sink (น้ำหนักรีดดิน) (โอภาส, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของกอบเกียรติ และคณะ (2552) ที่รายงานว่า การปลูกมันสำปะหลังที่มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มผลผลิตหัวสด (sink) โดยไม่บำรุงต้นและใบ (source) ให้มีทรงพุ่มที่สมดุล อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินที่ปลูกมันสำปะหลังเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 10 สัดส่วนของน้ำที่รากได้ดินต่อน้ำที่รากเหนื่อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.8 ดัชนีเก็บเกี่ยว

ดัชนีเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกับค่าสัดส่วนของน้ำที่รากได้ดินต่อน้ำที่รากเหนื่อดิน โดยการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 10-0-68$) มีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด (0.73) ใกล้เคียงกับดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) และดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 20-0-68$) ตามลำดับ ส่วนดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด (0.56) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจนมากเกินไปทำให้เกิดการเจริญเติบโตในส่วนเหนื่อดินมาก ในขณะที่การเคลื่อนย้ายแป้งไปสะสมที่ส่วนหัวสดมีน้อยลง สอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะ (2536); ระวีวรรณ (2552) ที่กล่าวว่า การใช้ปุ๋ยมีแนวโน้มให้ดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำกว่ามันสำปะหลังที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย



ภาพที่ 11 ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบ และผลผลิตหัวสด (ปลายฤดูฝน)

3.1 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลัง

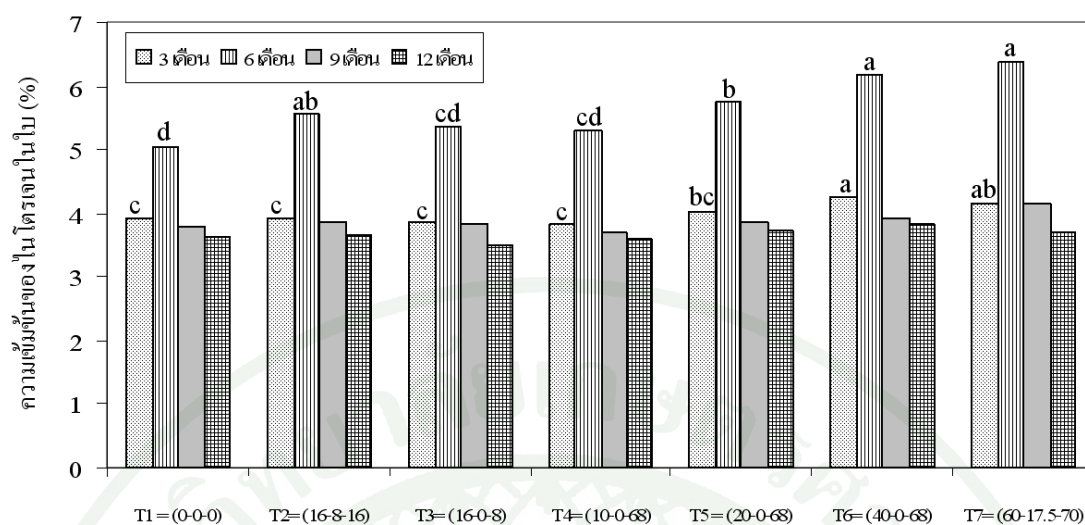
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 และ 6 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่าในแต่ละดำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 3.82-4.24 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 4 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 5.30-6.39 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอ (5.1-5.8 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับสูง (> 5.8 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) สำหรับการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 9 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า ในแต่ละดำรับทดลองให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 3.69-4.14 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 4 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) ส่วนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ในแต่ละดำรับทดลองให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 3.49-3.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 4 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997)

อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก (3.82 – 4.24 เปอร์เซ็นต์) มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยของระวีวรรณ และคณะ (2552) กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือนอยู่ในระดับขาดแคลนมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากมันสำปะหลังในช่วงอายุ 15-90 วัน เป็นช่วงที่มีการพัฒนาใบและรากสะสมอาหาร จึงมีผลให้มันสำปะหลังต้องการใช้ในโตรเจนปริมาณมาก เพื่อพัฒนาทั้งใบและรากสะสมอาหาร (Alves, 2002) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือน มีค่าในระดับเพียงพอ นั้น อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (อายุ 4 เดือน) มีส่วนเพิ่มปริมาณธาตุอาหารประกอบกับมันสำปะหลังในช่วงอายุ 90-180 วัน เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสูงสุด ส่วนที่อายุ 9 และ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Barker and Pilbeam (2007) ที่อธิบายว่าในช่วงอายุ 3-6 เดือน ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบจะสูงกว่าในช่วงอายุอื่นๆ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ระยะที่มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตลงหัว และน้ำหนักแห้งที่ใช้สร้างใบจะมาสะสมที่ส่วนหัวสดมากที่สุด (Alves, 2002)

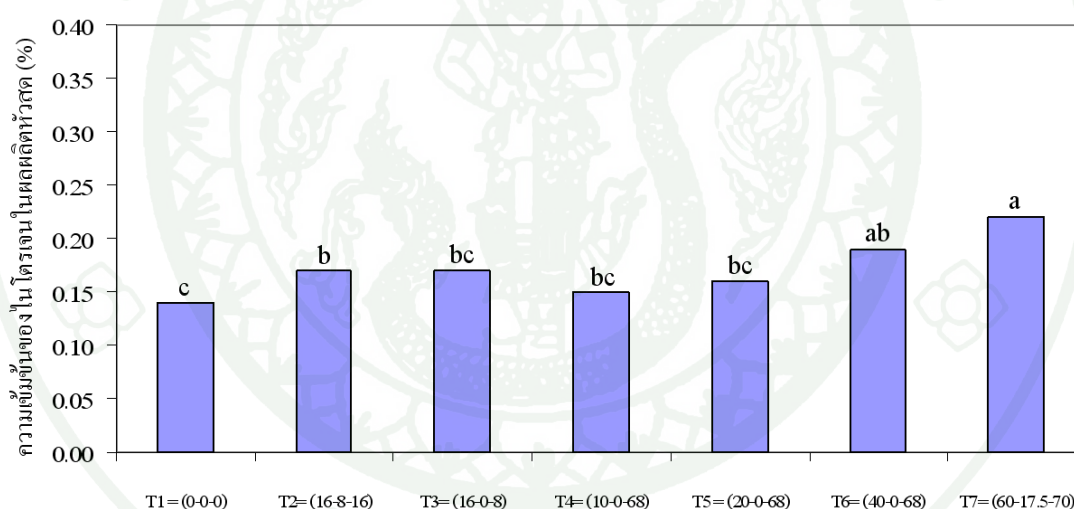
3.2 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.22 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) ส่วนดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.14 เปอร์เซ็นต์)

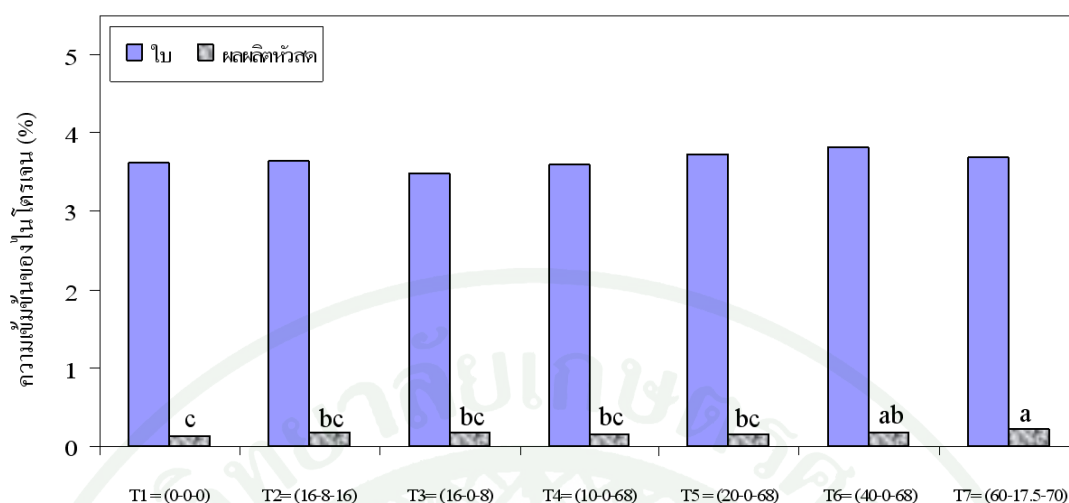
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (3.49-3.83 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.14-0.22 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 14 และตารางผนวกที่ 3 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545); ระวีวรรณ (2552); อุทัยวรรณ (2552); Barker and Pilbeam (2007)



ภาพที่ 12 ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในไขมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



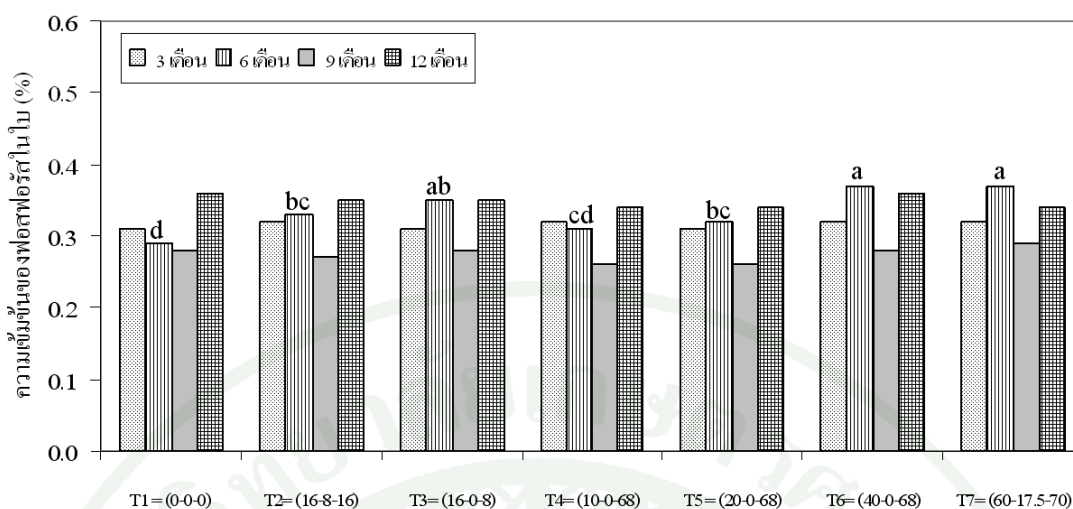
ภาพที่ 13 ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน(ปลายฤดูฝน)

3.3 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 3, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 15 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ในแต่ละตำรับทดลองให้ค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังระหว่าง 0.31-0.32, 0.26-0.29 และ 0.34-0.36 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) ทั้ง 3 อายุปลูก (Howeler, 1996) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 15 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) และตำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) ให้ค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมากที่สุด (0.37 เปอร์เซ็นต์) แม้ว่าจะอยู่ในระดับต่ำ (0.36-0.38 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ขณะที่ตำรับทดลองอื่นๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.29-0.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับขาดแคลน (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996)

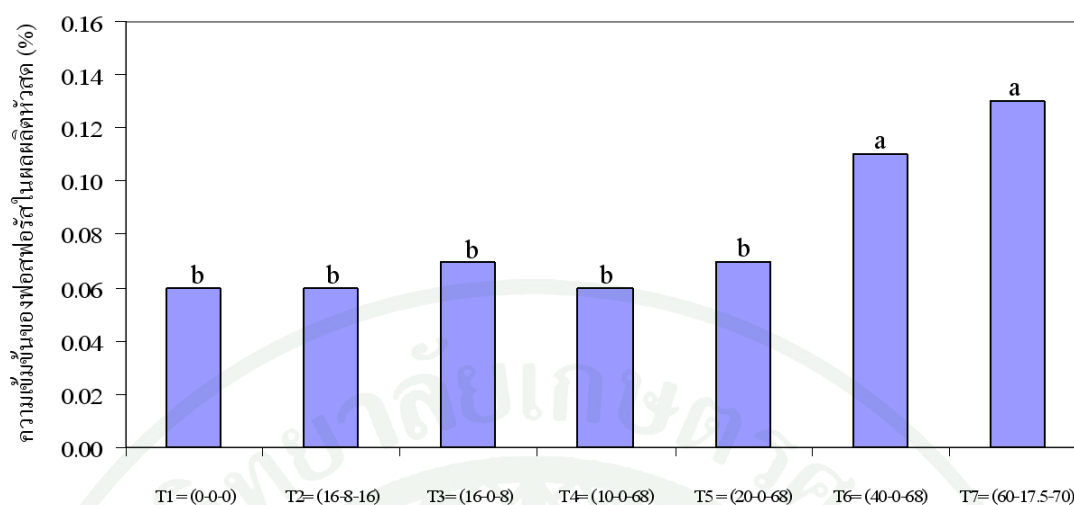


ภาพที่ 15 ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในไบ้มันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน(ปลายฤดูฝน)

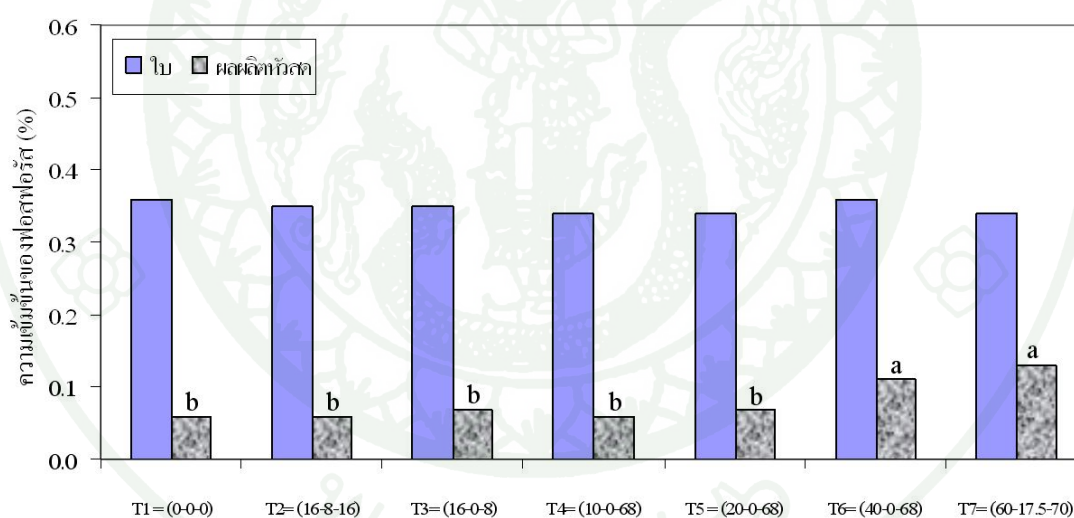
3.4 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การุ้การปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 16 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.13 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) ขณะที่ดำรับทดลองอื่นๆ และดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังในช่วง 0.06-0.07 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบและส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.34-0.36 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.06- 0.13 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 17 และตารางผนวกที่ 3 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545); ระวีวรรณ (2552); อุทัยวรรณ (2552); Barker and Pilbeam (2007)



ภาพที่ 16 ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 17 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

3.5 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง

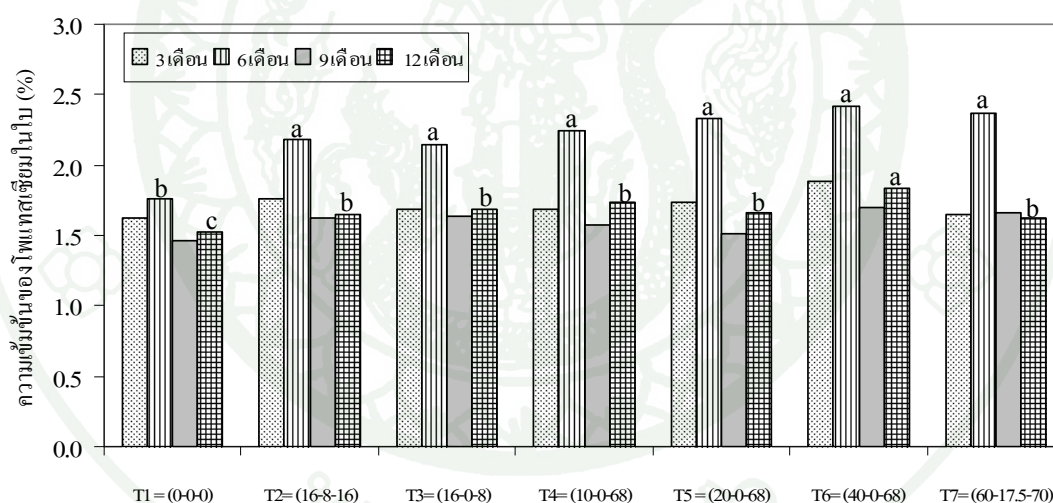
ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 3 และ 9 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 18 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ในแต่ละตำรับทดลองให้ค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังระหว่าง 1.63-1.88 และ 1.46-1.70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3-4 เดือน (Howeler, 1996) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 6 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 18 และตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า ตำรับทดลองที่ 6 (T_6 = 40-0-68) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังสูงที่สุด (2.42 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งอยู่ในระดับเป็นพิษ (> 2.40 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับทดลองอื่นๆ ที่มีการใส่ปุ๋ยมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 2.15-2.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ส่วนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองทั้งที่ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยมีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 1.52-1.83 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996)

จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3 เดือน มีค่าระหว่าง 1.63-1.88 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอ ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังในช่วงอายุ 15-90 วัน เป็นช่วงที่มีการเริ่มพัฒนาใบและรากสะสมอาหาร (Alves, 2002) พืชจึงมีการใช้ธาตุไนโตรเจนสูงกว่าธาตุโพแทสเซียมเพื่อพัฒนาใบ จึงเป็นผลให้มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบค่อนข้างสูง นอกจากนี้ ทิศทางการใช้ธาตุโพแทสเซียมที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ยังคงน้อยกว่าการใช้ธาตุไนโตรเจน เพราะมันสำปะหลังในช่วงอายุ 90-180 วันเป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสูงสุด จึงส่งผลให้ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูง สอดคล้องรายงานวิจัยของ Fageria (1997)

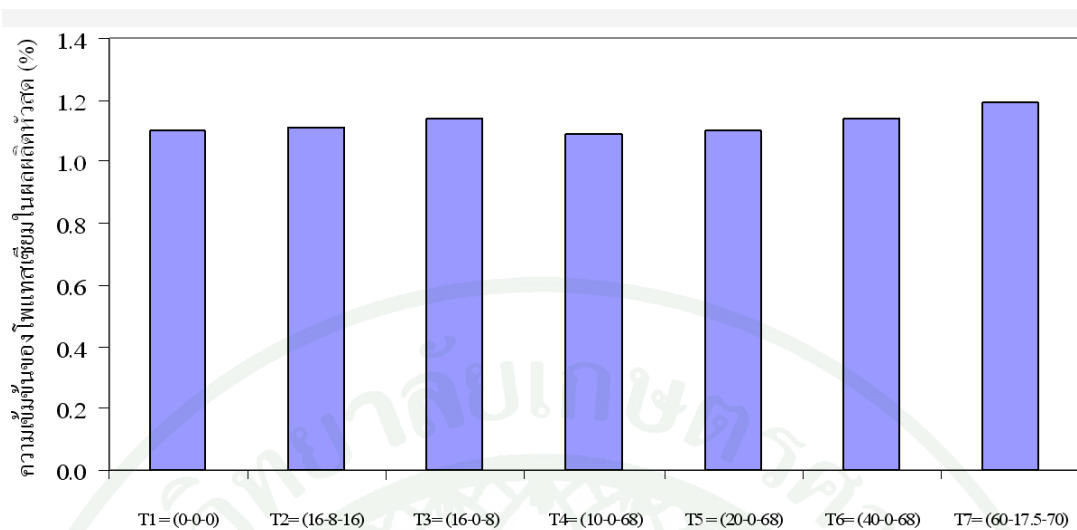
3.6 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 19 และตารางผนวกที่ 3) โดยแต่ละค่ารับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังระหว่าง 1.09-1.19 เปอร์เซ็นต์

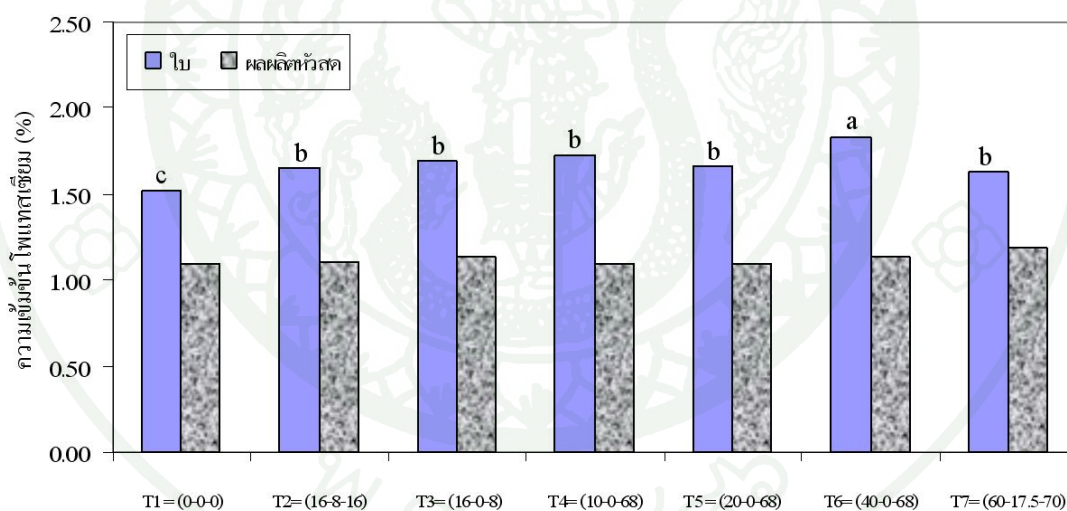
เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ภาพที่ 20 และตารางผนวกที่ 3) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมในใบมันสำปะหลังมากที่สุด (1.52-1.83 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (1.09-1.19 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545); ธีรวิวัฒน์ (2552); อุทัยวรรณ (2552); Barker and Pilbeam (2007)



ภาพที่ 18 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



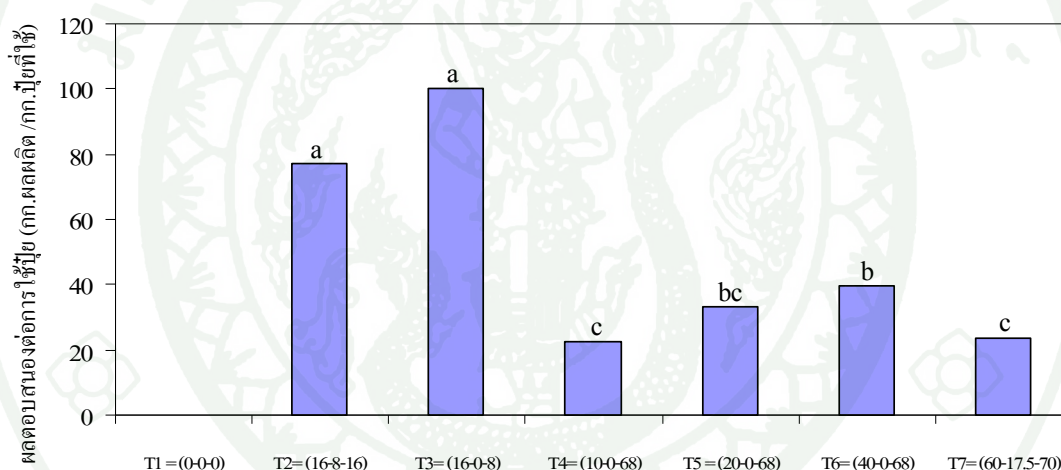
ภาพที่ 19 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

4. ผลการตอบสนองการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง (ปลายฤดูฝน)

จากผลการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน มีการตอบสนองการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 7) โดยตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะของเนื้อดิน ($T_2=16-8-16$) และการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี ($T_3=16-0-8$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยมากที่สุด (77.39 และ 100.39 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยที่ใช้ ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 12.23 และ 12.28 ตัน/ไร่ ตามลำดับ โดยเป็นที่สังเกตว่าทั้ง 2 ตำรับทดลองมีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยมากกว่าตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยในอัตรา 78-147.5 กิโลกรัม/ไร่



ภาพที่ 21 ผลการตอบสนองการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

5. สมบัติทางเคมีของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการทดลอง (ปลายฤดูฝน)

เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาสมบัติทางเคมีของชุดกำแพงแสนภายหลังการปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝน (ตารางที่ 5) พบว่า ปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย (pH 6.85-7.82) โดยช่วง pH ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (ชาญ และ โชติ, 2537) ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มอยู่ในระดับไม่เค็ม (0.39-1.10 dS/m) นั่นคือไม่มีผลกระทบหรือเป็นพิษต่อพืช (พิชิต,

2549) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.48-0.63 เปอร์เซ็นต์) จึงควรให้ความสำคัญกับการเติมสารอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ หรือเศษซากพืชเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินในระยะยาว (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (16.51-50.24 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (47.21-89.03 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง
พันธุ์ห้วยบง 60 (ปลายฤดูฝน)

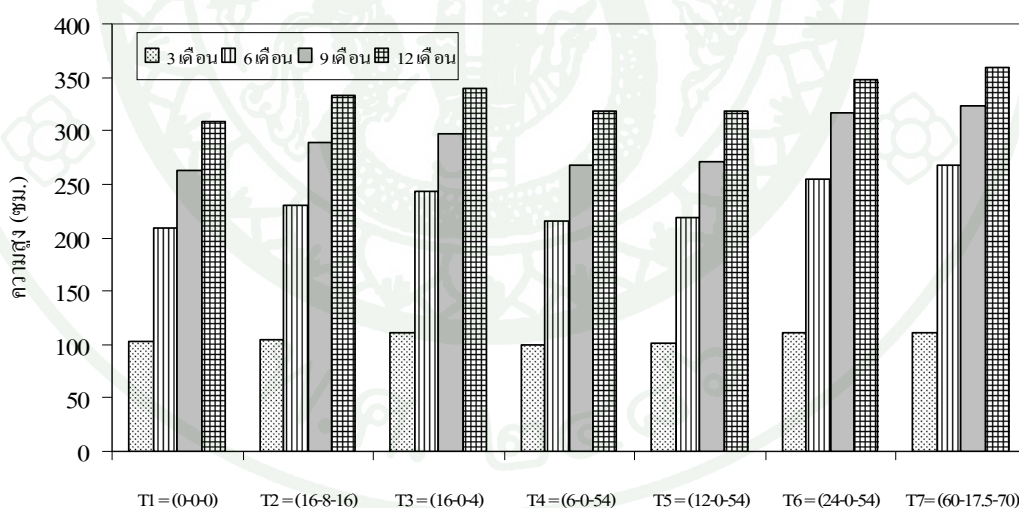
ดำรับทดลอง	pH (1:1)	EC _e (dS/m)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
T ₁ = (0-0-0)	6.95	0.39	0.51	16.51	47.21
T ₂ = (16-8-16)	7.27	0.53	0.58	45.80	50.35
T ₃ = (16-0-8)	7.55	0.54	0.63	27.55	55.68
T ₄ = (10-0-68)	7.82	0.54	0.61	35.04	79.29
T ₅ = (20-0-68)	7.60	0.74	0.60	40.43	84.48
T ₆ = (40-0-68)	7.06	0.74	0.58	40.35	89.03
T ₇ = (60-17.5-70)	6.85	1.10	0.48	50.24	72.20

การทดลองที่ 2 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน (9 พฤษภาคม 2550 – 9 พฤษภาคม 2551)

1. องค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต

1.1 ความสูงต้น

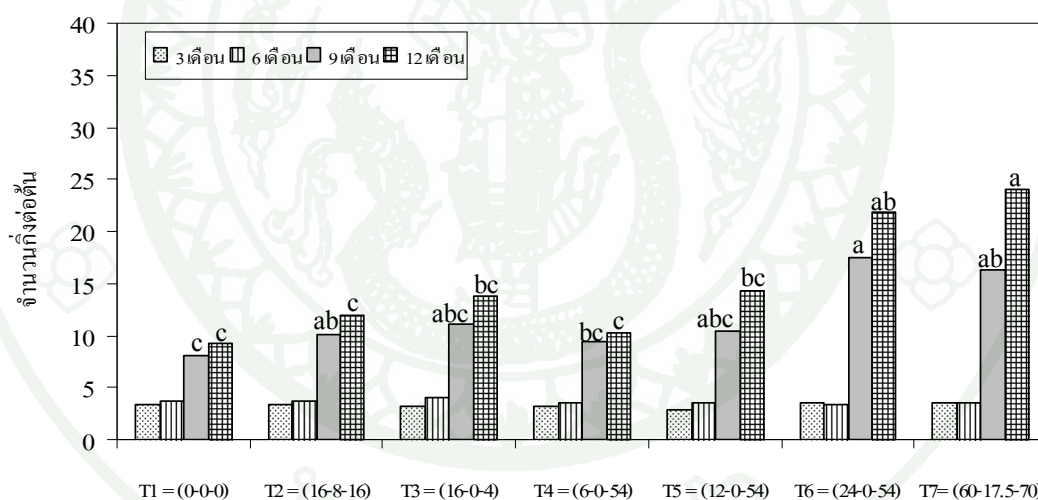
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 22 และตารางผนวกที่ 4) โดยมีข้อสังเกตว่าค่ารับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) และค่ารับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) มีผลให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังมากกว่าค่ารับทดลองที่ใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราต่ำ ซึ่ง Alves (2002) กล่าวว่า ที่อายุ 3-6 เดือนหลังปลูกเป็นระยะที่มันสำปะหลังมีการพัฒนาด้านลำต้นและใบมาก ดังนั้น การใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราสูงมีผลต่อการสร้างลำต้นและใบสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของระวีวรรณ (2552); Cock (1975); Howeler (2002)



ภาพที่ 22 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

1.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อจำนวนกิ่งของมันสำปะหลังที่อายุ 9 และ 12 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 23 และตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ ที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 24-0-54$) มีผลให้จำนวนกิ่งมากที่สุด (17.45 กิ่ง/ต้น) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-4$) ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 12-0-54$) และดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้จำนวนกิ่งน้อยที่สุด (8.10 กิ่ง/ต้น) ส่วนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้จำนวนกิ่งมากที่สุด (24.00 กิ่ง/ต้น) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 24-0-54$) ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 12-0-54$) และดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-4$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้จำนวนกิ่งน้อยที่สุด (9.18 กิ่ง/ต้น) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 6-0-54$) และดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ

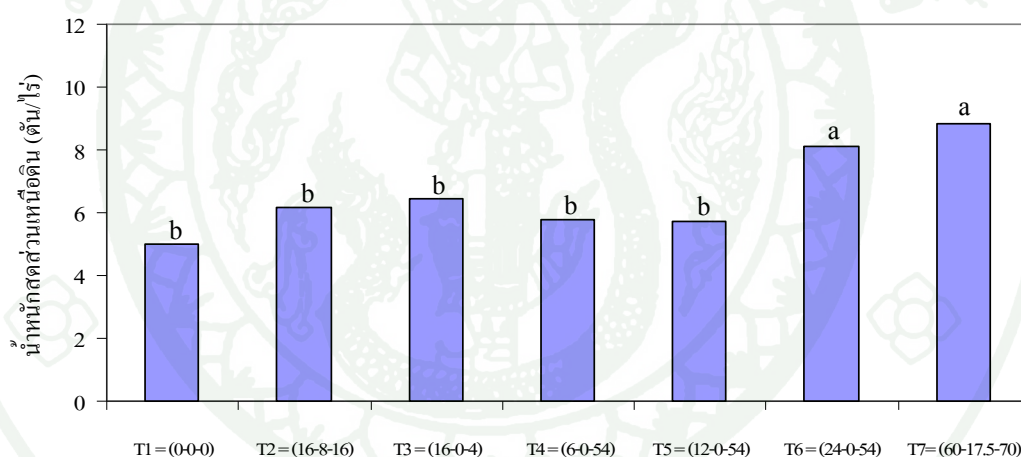


ภาพที่ 23 จำนวนกิ่งของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

1.3 น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 24 และตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุด (8.81 ตัน/ไร่)

ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) ขณะที่ตำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินน้อยที่สุด (4.98 ตัน/ไร่) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) ตำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) และตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) ตามลำดับ โดยผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองที่ 1 (ปลายฤดูฝน) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราสูงมีผลให้การเจริญเติบโตของลำต้น และจำนวนใบมากขึ้น (Brady and Weil, 2008) ส่วนการใส่ปุ๋ยในโตรเจนร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงจะมีส่วนให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินสูงกว่าตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่ต่ำกว่า หรือการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของปิยะ (2536); ระวีวรรณ และคณะ (2552); Sangkhasila *et al.* (2009) ที่รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินจะสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่ เช่นเดียวกับงานวิจัยของประภาส (2544) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย



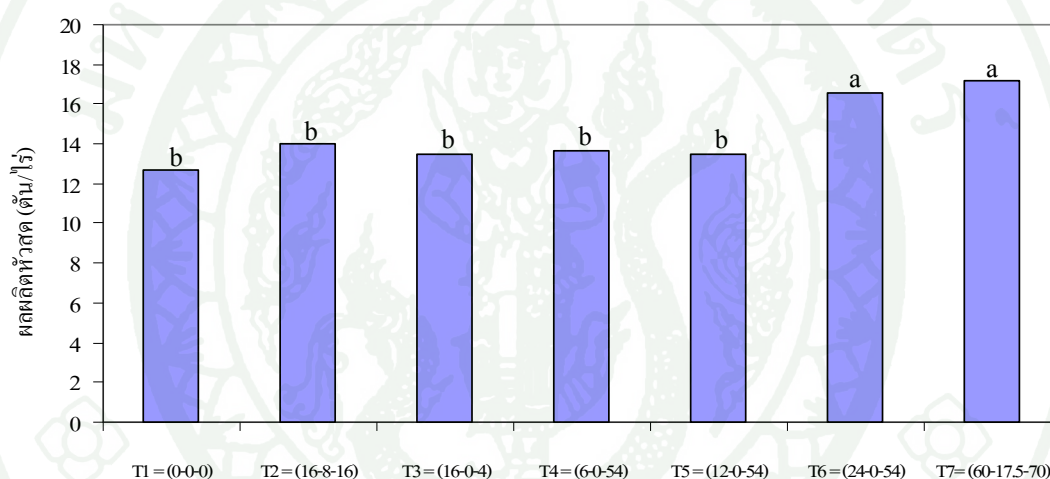
ภาพที่ 24 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

2.1 ผลผลิตหัวสด

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 25 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (17.20 ตัน/ไร่)

ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) ขณะที่ตำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด (12.72 ตัน/ไร่) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) ตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) ตำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) และตำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) ตามลำดับ ส่วนเหตุผลที่ตำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง (12.72 ตัน/ไร่) สูงกว่าค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศ (3.78 ตัน/ไร่) อาจเนื่องมาจากปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่แปลงก่อนการทดลองมีสภาพเป็นทุ่งหญ้า และมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชและมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างในดิน



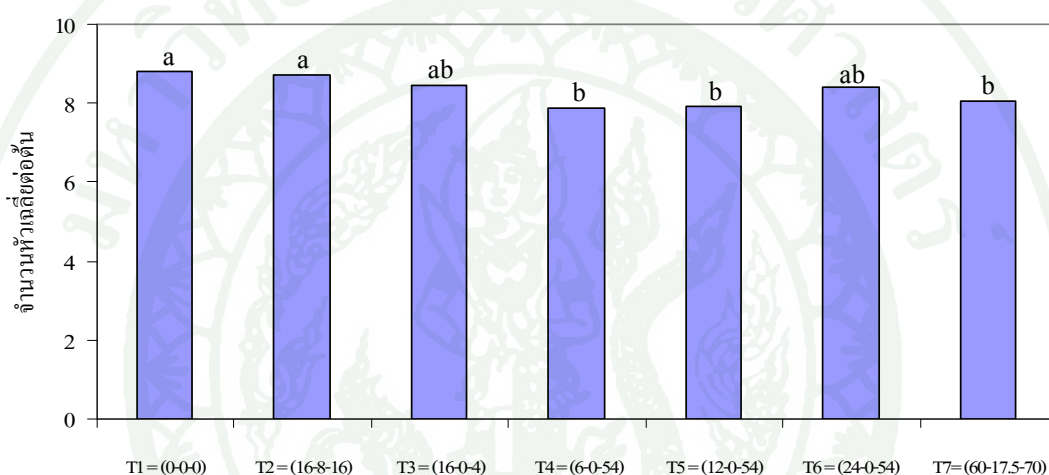
ภาพที่ 25 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

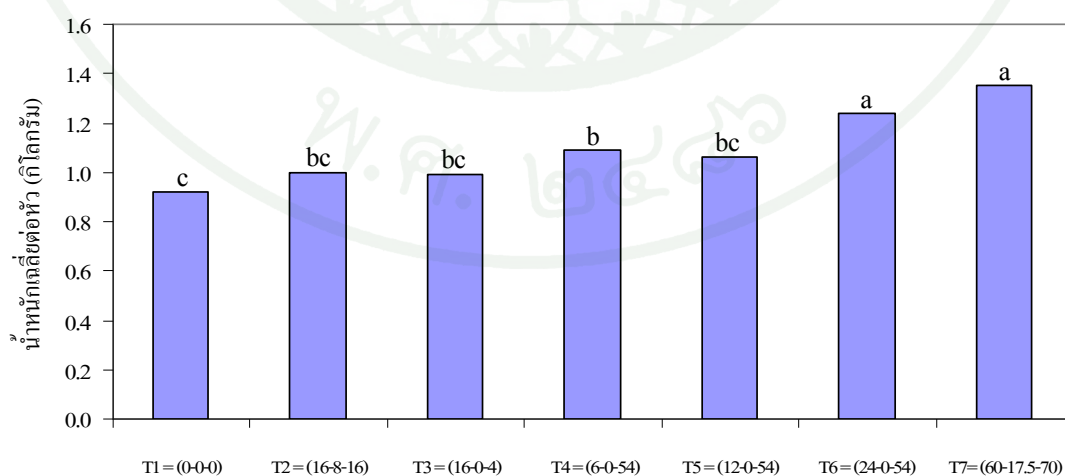
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 26 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ตำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นสูงที่สุด (8.81 หัว/ต้น) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) ตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) ตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) และตำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) ตามลำดับ

2.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 27 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (1.35 กิโลกรัม/หัว) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) ขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวน้อยที่สุด (0.92 กิโลกรัม/หัว)



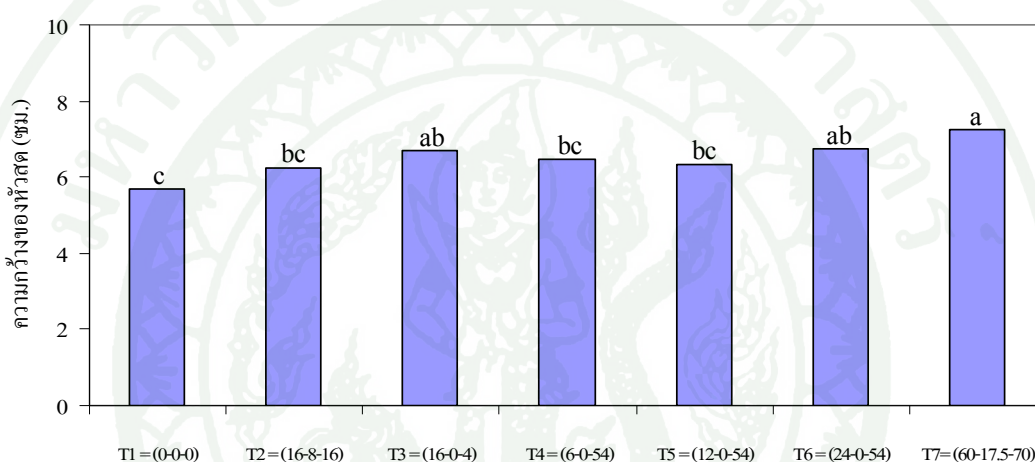
ภาพที่ 26 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 27 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.4 ความกว้างของหัว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 28 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ดำรับ ทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (7.23 เซนติเมตร) ไกล่เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) และดำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) ตามลำดับ ส่วนดำรับ ควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุด (5.71 เซนติเมตร)



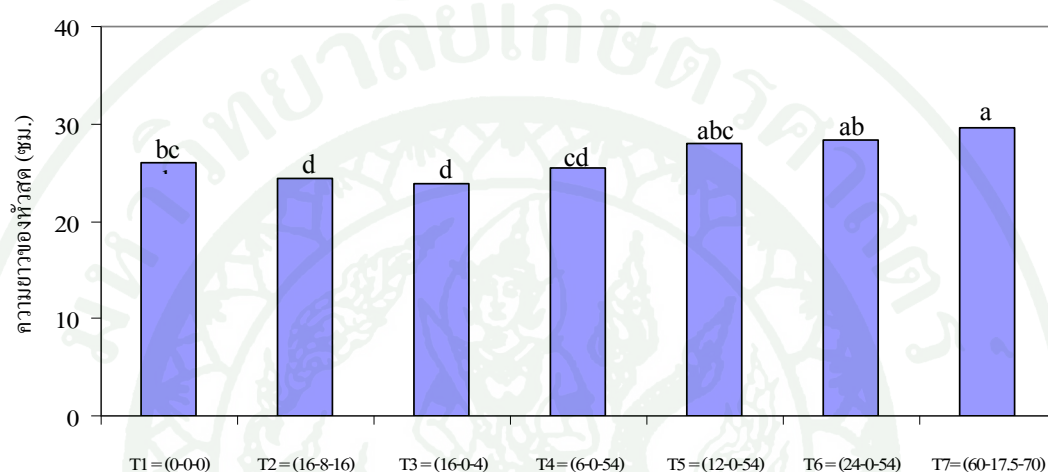
ภาพที่ 28 ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.5 ความยาวของหัว

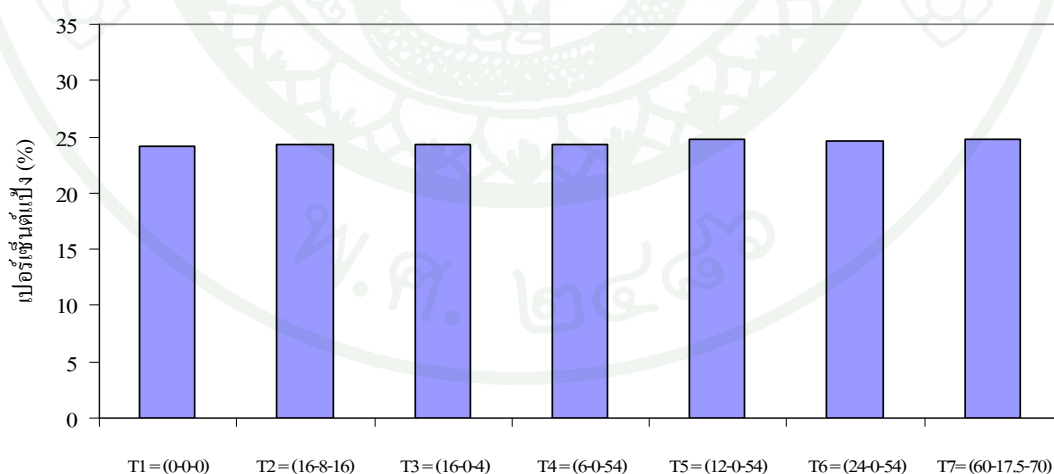
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน หลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 29 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ดำรับ ทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (29.63 เซนติเมตร) ไกล่เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 24-0-54$) และดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 12-0-54$) ตามลำดับ ขณะที่ ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-4$) มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังน้อยที่สุด (23.89 เซนติเมตร) ไกล่เคียงกับดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 6-0-54$) ตามลำดับ

2.6 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ และค่ารับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งของผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 30 และตารางผนวกที่ 5) โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งในช่วง 24.10 – 24.74 เปอร์เซ็นต์



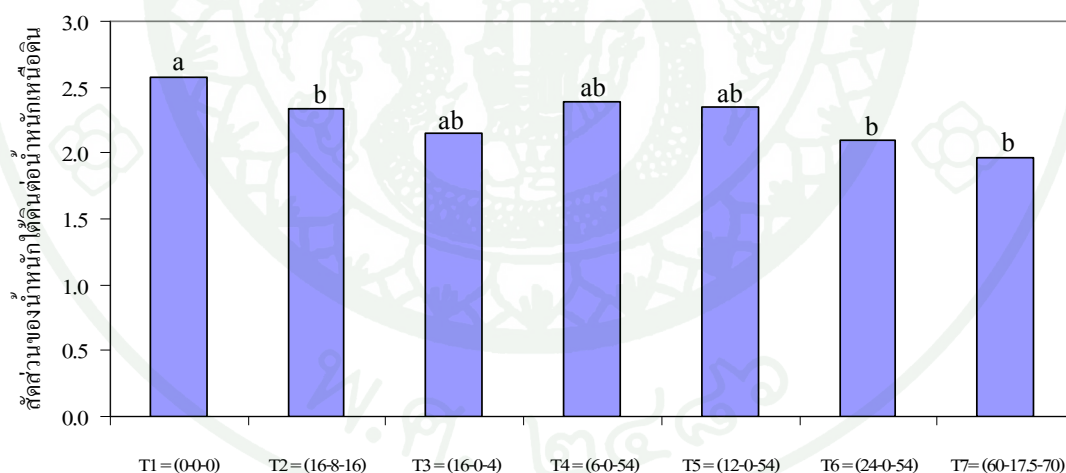
ภาพที่ 29 ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 30 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.7 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเนื้อดิน

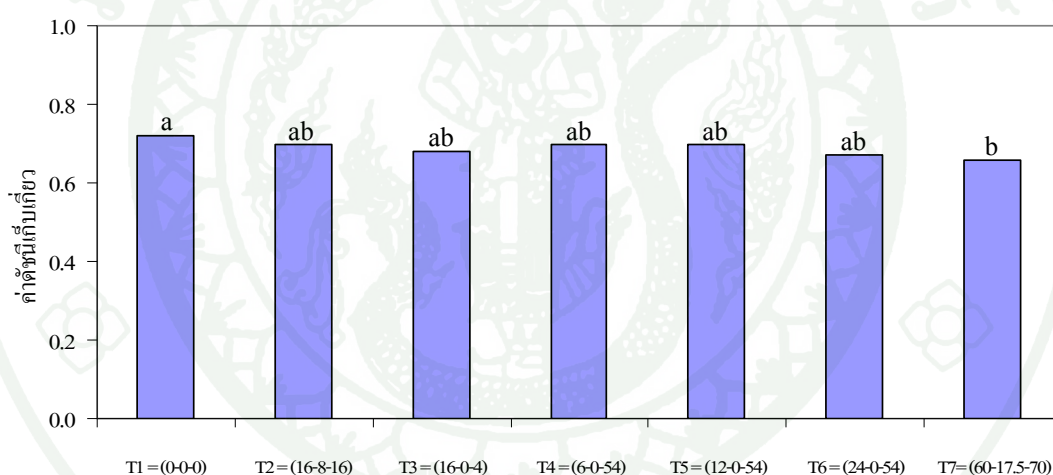
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเนื้อดินของมันสำปะหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 31 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเนื้อดินของมันสำปะหลังสูงที่สุด (2.58) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 6-0-54$) ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 12-0-54$) และดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเนื้อดินต่ำที่สุด (1.96) สำหรับเหตุผลที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเนื้อดินมากที่สุด อธิบายได้ว่าการที่มันสำปะหลังได้รับปริมาณธาตุอาหารที่ต่ำหรือไม่ได้รับธาตุอาหารเลย จะมีผลให้การสร้างส่วนเนื้อดินน้อย ขณะเดียวกันจะมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปสะสมที่หัวสดมากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของกอบเกียรติ และคณะ (2552) ที่รายงานว่าการปลูกมันสำปะหลังที่มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มผลผลิตหัวสด (sink) โดยไม่ใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงต้นและใบ (source) ให้มีทรงพุ่มที่สมดุล อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินที่ปลูกมันสำปะหลังเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 31 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.8 ดัชนีเก็บเกี่ยว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 32 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวมากที่สุด (0.72) ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 6-0-54$) ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 12-0-54$) ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-0-4$) และดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 24-0-54$) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 60-17.5-70$) มีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวน้อยที่สุด (0.66) โดยมีข้อสังเกตว่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่ปลูกต้นฤดูฝนมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของปิยะ (2536) ที่กล่าวว่ามันสำปะหลังที่มีการใช้ปุ๋ยมีแนวโน้มให้ดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำกว่ามันสำปะหลังที่ไม่มีการใช้ปุ๋ย



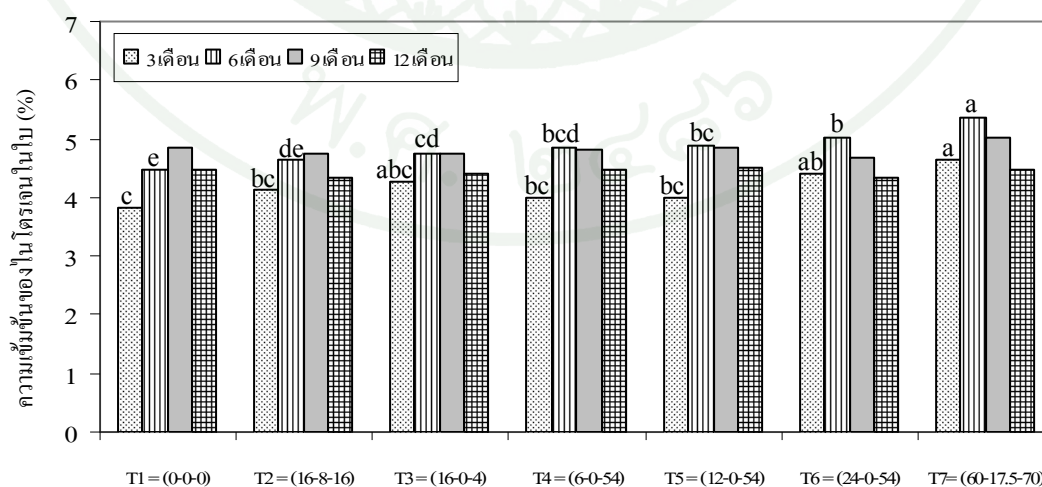
ภาพที่ 32 ดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบ และผลผลิตหัวสด (ต้นฤดูฝน)

3.1 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 33 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก แต่ละดำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบ

ระหว่าง 4.67-5.01 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับต่ำ (4.8-5.1 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) และที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 4.33-4.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 3 และ 6 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 33 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า ตำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) และตำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) ให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบ 3.82 และ 3.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 4.0 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) ตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) ตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) และตำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบในช่วง 4.00-4.65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (4.10-4.80 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) ส่วนที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) และตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) มีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 4.63-4.76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) และตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) ให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 4.84-5.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (4.8-5.1 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) และตำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบ 5.35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอ (5.1-5.8 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996)

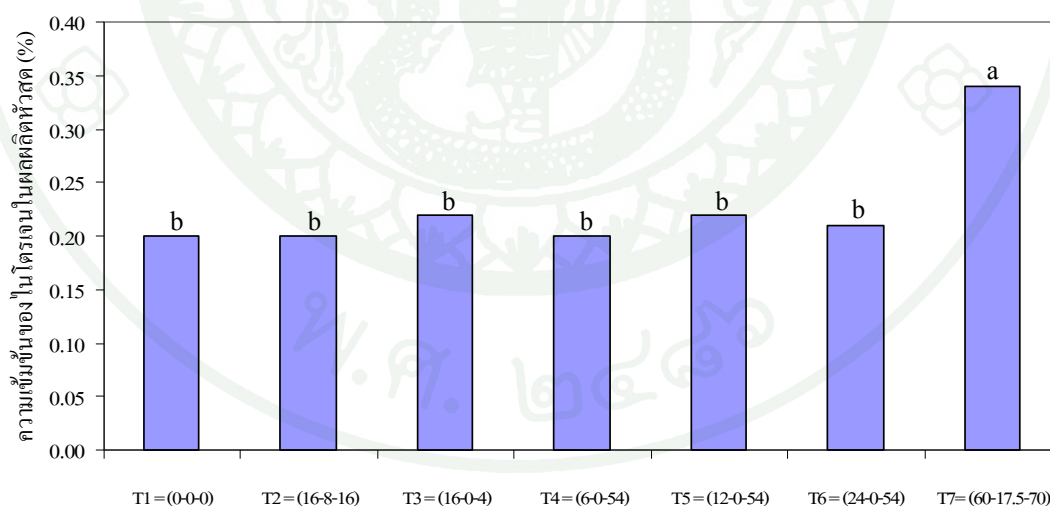


ภาพที่ 33 ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

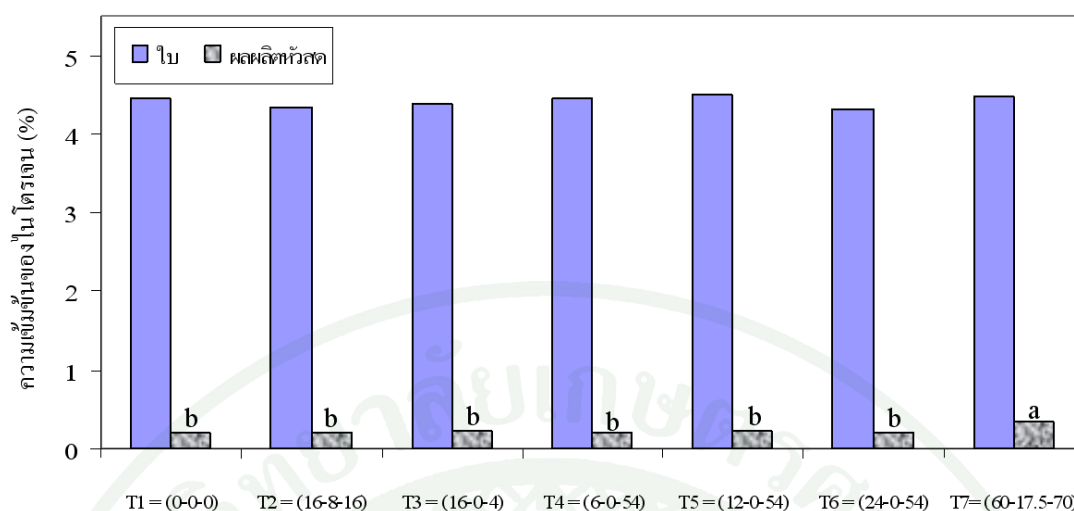
3.2 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 34 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.34 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ดำรับทดลองอื่นๆ และดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 0.20-0.22 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (4.33-4.51 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.20-0.34 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 35 และตารางผนวกที่ 6 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภาพ และคณะ (2545); ระวีวรรณ (2552); อุทัยวรรณ (2552); Barker and Pilbeam (2007)



ภาพที่ 34 ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

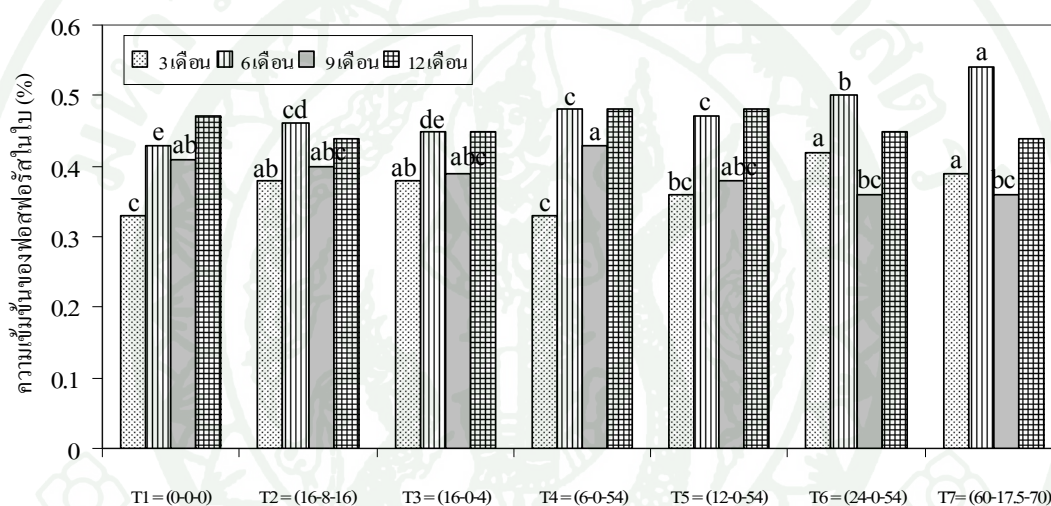


ภาพที่ 35 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุไนโตรเจนในใบ และส่วนหัวตอของมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3.3 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 3, 6 และ 9 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 36 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า ดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) และดำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.33-0.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับขาดแคลน (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังช่วงอายุ 3-4 เดือนที่จัดว่าเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ขณะที่ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) และดำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบ 0.38 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ (0.36-0.38 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) สำหรับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) และดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.39-0.42 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบ 0.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง (> 0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ส่วนดำรับทดลองอื่นๆ รวมทั้งดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.43-0.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ส่วนที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) และดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสใน

ใบ 0.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับขาดแคลน (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5=12-0-54$) ตำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2=16-8-16$) ตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) และตำรับทดลองที่ 4 ($T_4=6-0-54$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.38-0.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 36 และตารางผนวกที่ 6) โดยแต่ละตำรับการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.44-0.48 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996)

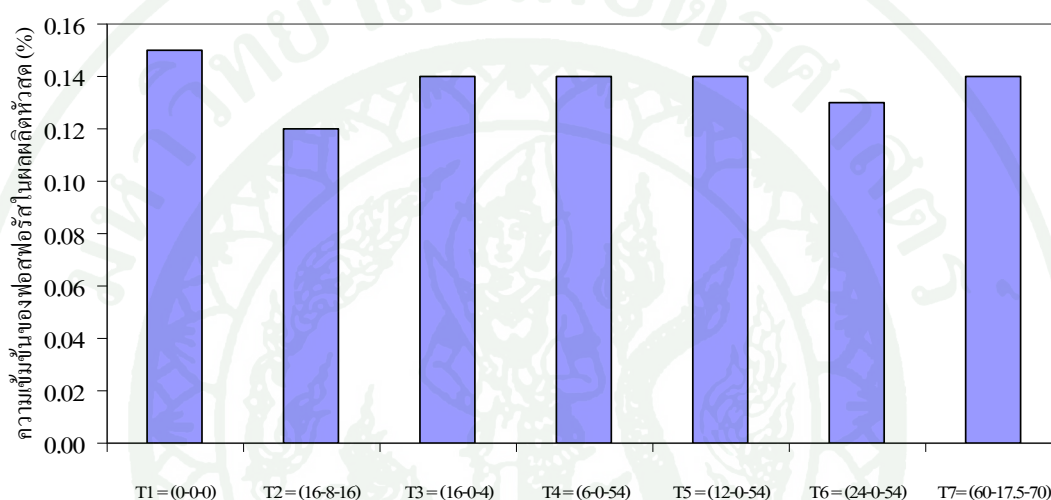


ภาพที่ 36 ปริมาณความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

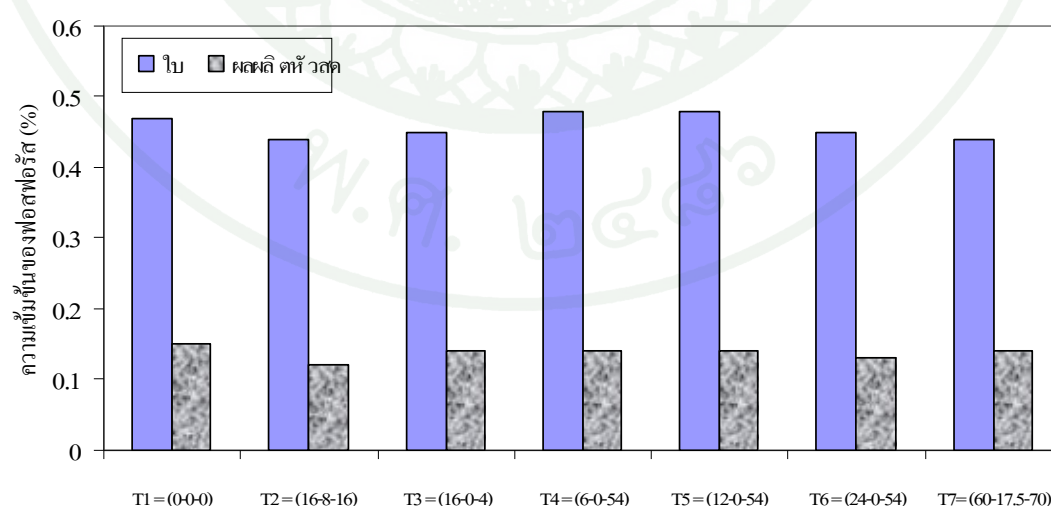
3.4 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 37 และตารางผนวกที่ 6) โดยทุกตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังระหว่าง 0.12-0.15 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบและส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.44-0.48 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.12- 0.15 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 38 และตารางผนวกที่ 6 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545); ระวีวรรณ (2552); อุทัยวรรณ (2552); Barker and Pilbeam (2007)



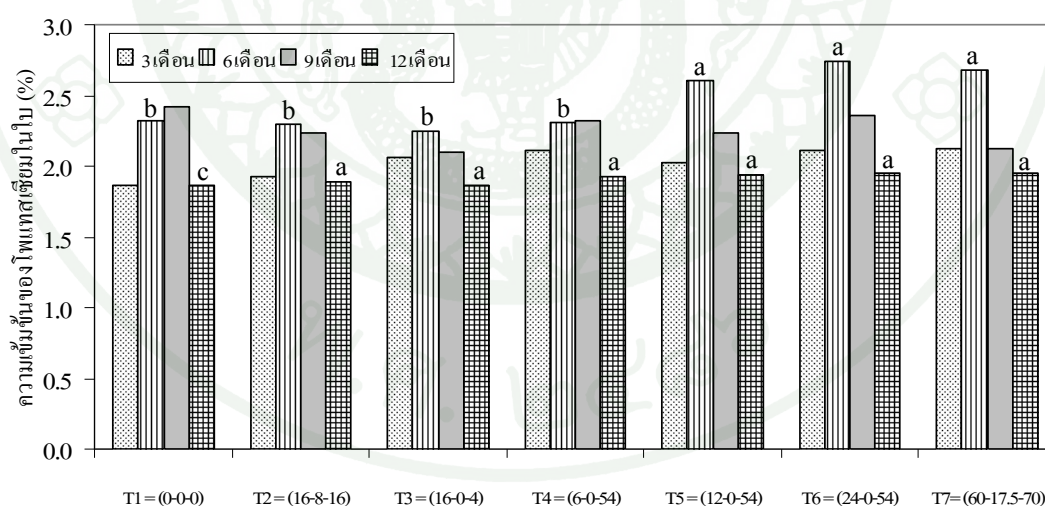
ภาพที่ 37 ความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 38 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุฟอสฟอรัสในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3.5 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 3 และ 9 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 39 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า แต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 1.87-2.12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) ถึงสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) ส่วนที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า แต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 2.10-2.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่อายุ 6 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 39 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า แต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 2.25-2.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับเป็นพิษ (> 2.40 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ขณะที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า แต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 1.86-1.95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจัดอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) ถึงสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์)



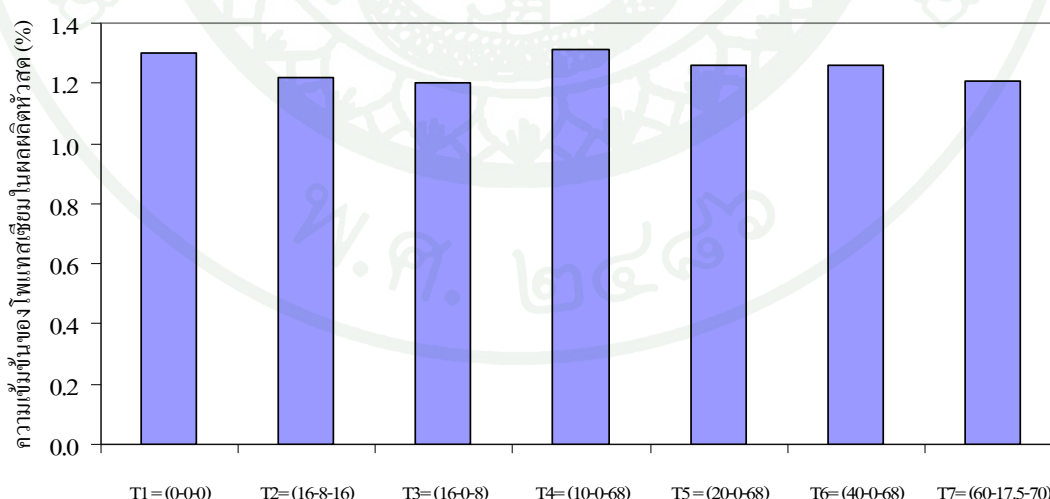
ภาพที่ 39 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3.6 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

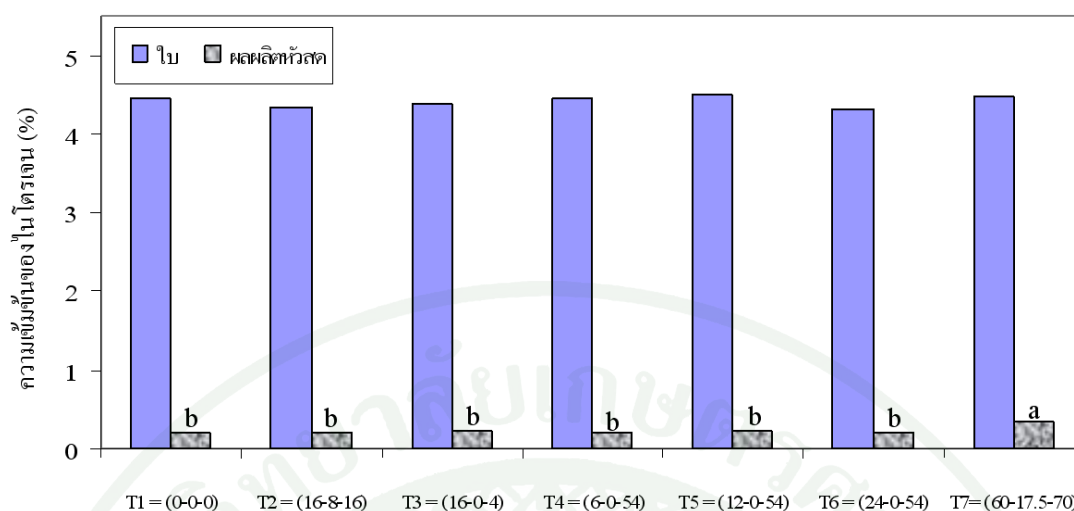
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 40 และตารางผนวกที่ 6) โดยแต่ละตำรับการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบระหว่าง 1.20-1.31 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ภาพที่ 41 และตารางผนวกที่ 6) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมที่ใบมันสำปะหลังมากที่สุด (1.86-1.95 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (1.20-1.31 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545); ระวีวรรณ (2552); อุทัยวรรณ (2552); Barker and Pilbeam (2007)

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่า ใบมันสำปะหลังมีการสะสมของธาตุไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุโพแทสเซียมและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ส่วนผลผลิตหัวสดมีการสะสมธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของระวีวรรณ (2552); Howeler and Cadavid (1983)



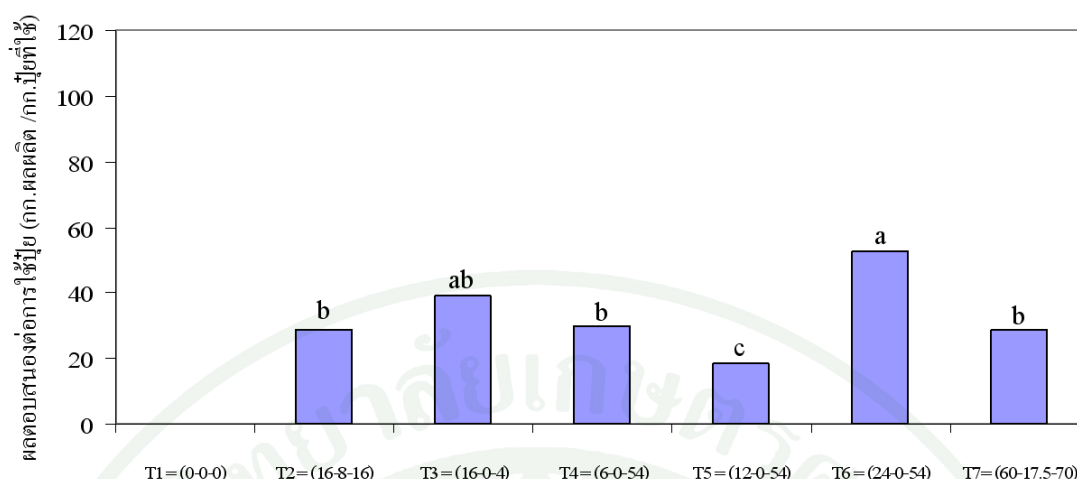
ภาพที่ 40 ความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 41 เปรียบเทียบความเข้มข้นธาตุโพแทสเซียมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

4. ผลการตอบสนองการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง(ต้นฤดูฝน)

จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์หัวยวบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 42 และ ตารางผนวกที่ 8) โดยตำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยมากที่สุด (52.94 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยที่ใช้) ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 16.59 ตัน/ไร่ รองลงมาคือตำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-4$) ที่มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย 38.83 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยที่ใช้ โดยให้ผลผลิตหัวสด 13.45 ตัน/ไร่



ภาพที่ 42 ผลการตอบสนองการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

5. สมบัติทางเคมีของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการทดลอง (ต้นฤดูฝน)

เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาสมบัติทางเคมีของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง (ต้นฤดูฝน) พบว่า ปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับเป็นกลางถึงด่างเล็กน้อย (pH 6.55-7.39) แต่ช่วง pH ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (ชาญและโชติ, 2537) ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มอยู่ในระดับไม่เค็ม (0.60-2.84 dS/m) นั่นคือไม่มีผลกระทบหรือเป็นพิษต่อพืช (พิชิต, 2549) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (0.90-1.03 เปอร์เซ็นต์) จึงควรให้ความสำคัญกับการเติมสารอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ หรือเศษซากพืชเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินในระยะยาว (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (72.06-118.95 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (74.87-158.75 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

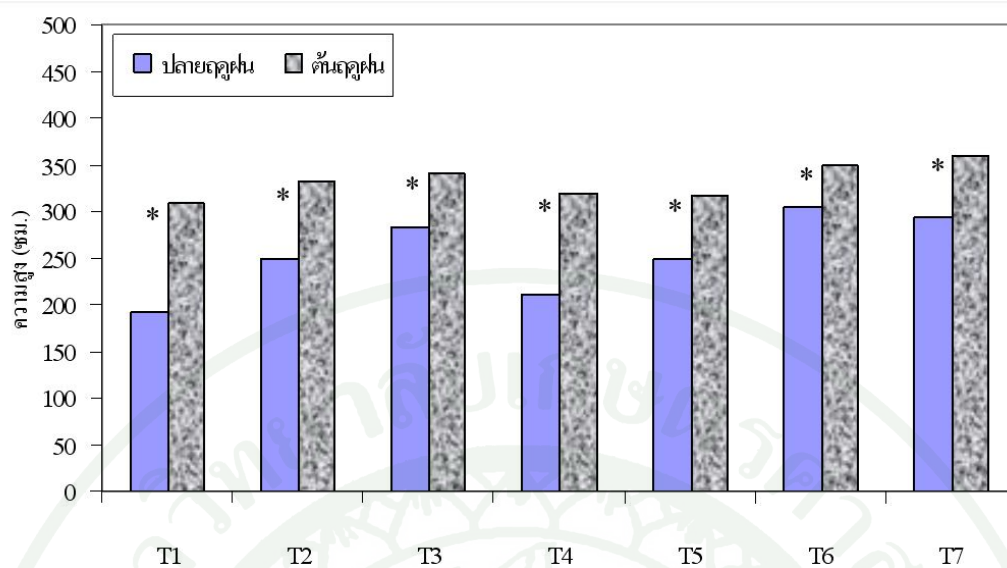
ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินกำแพงแสนภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง
พันธุ์ห้วยบง 60 (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	pH (1:1)	EC _e (dS/m)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
T ₁ = (0-0-0)	7.09	0.60	0.95	83.02	78.15
T ₂ = (16-8-16)	7.32	0.81	1.03	118.95	90.35
T ₃ = (16-0-4)	6.62	0.67	0.92	87.93	74.87
T ₄ = (6-0-54)	7.30	0.87	0.94	100.45	119.59
T ₅ = (12-0-54)	6.82	1.44	0.90	72.06	138.66
T ₆ = (24-0-54)	7.39	1.13	0.98	86.12	158.75
T ₇ = (60-17.5-70)	6.55	2.84	0.90	87.43	156.19

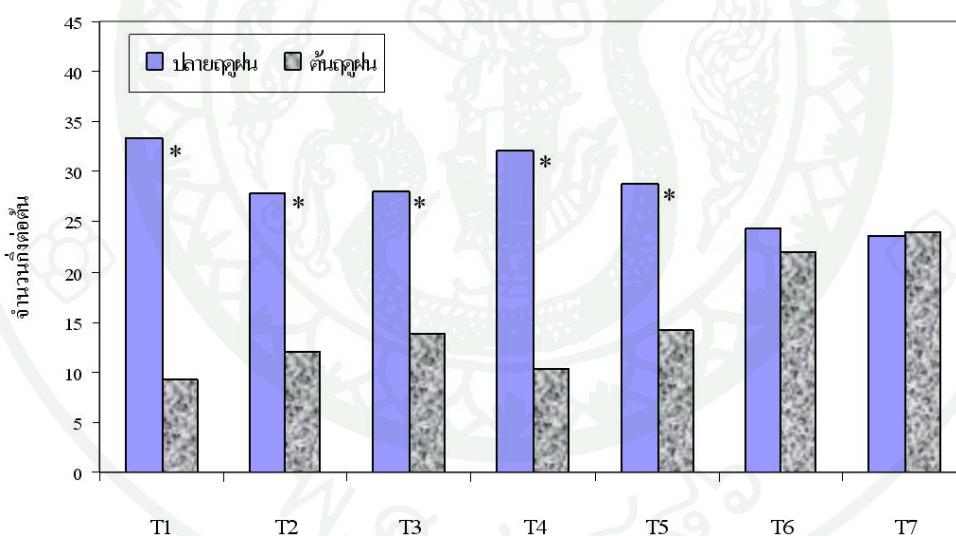
**เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน
และต้นฤดูฝน**

1. องค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต

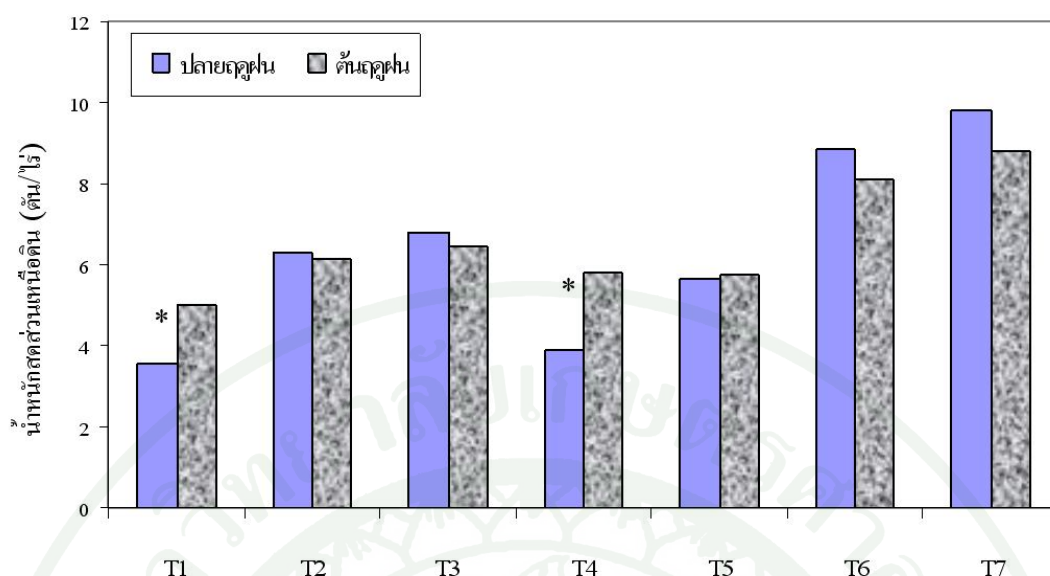
เมื่อเปรียบเทียบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่าความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน มีผลให้ค่าความสูงต้นมากกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน (ภาพที่ 43 และตารางผนวกที่ 9) ขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติในตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ 2 ตำรับทดลองที่ 3 ตำรับทดลองที่ 4 และตำรับทดลองที่ 5 โดยมีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (ภาพที่ 44 และตารางผนวกที่ 9) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะตำรับควบคุมและตำรับทดลองที่ 4 (ภาพที่ 45 และตารางผนวกที่ 9) โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากกว่าการปลูกในช่วงปลายฤดูฝน



ภาพที่ 43 เปรียบเทียบความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 44 เปรียบเทียบจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

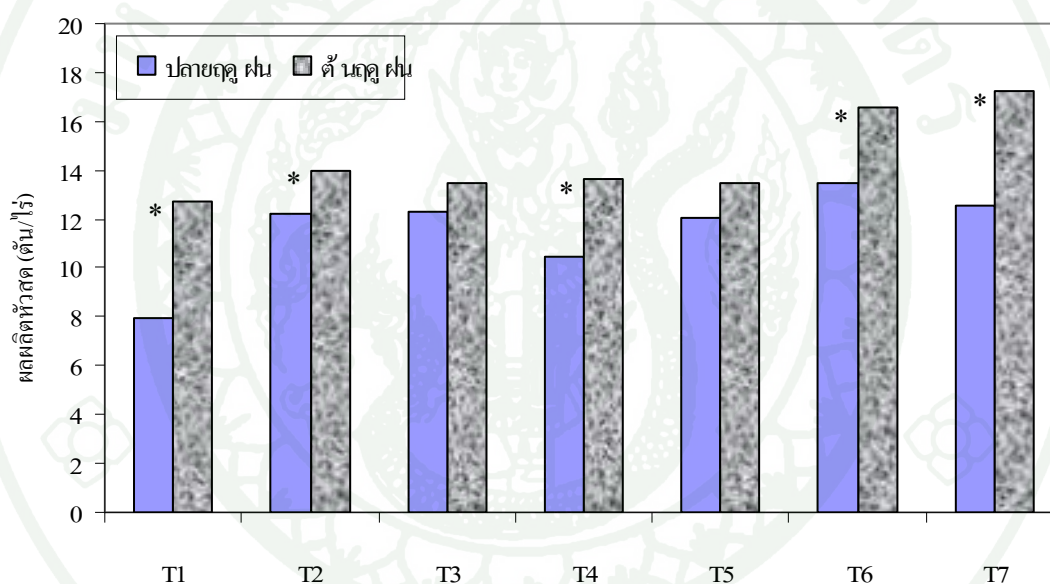


ภาพที่ 45 เปรียบเทียบน้ำหนักส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

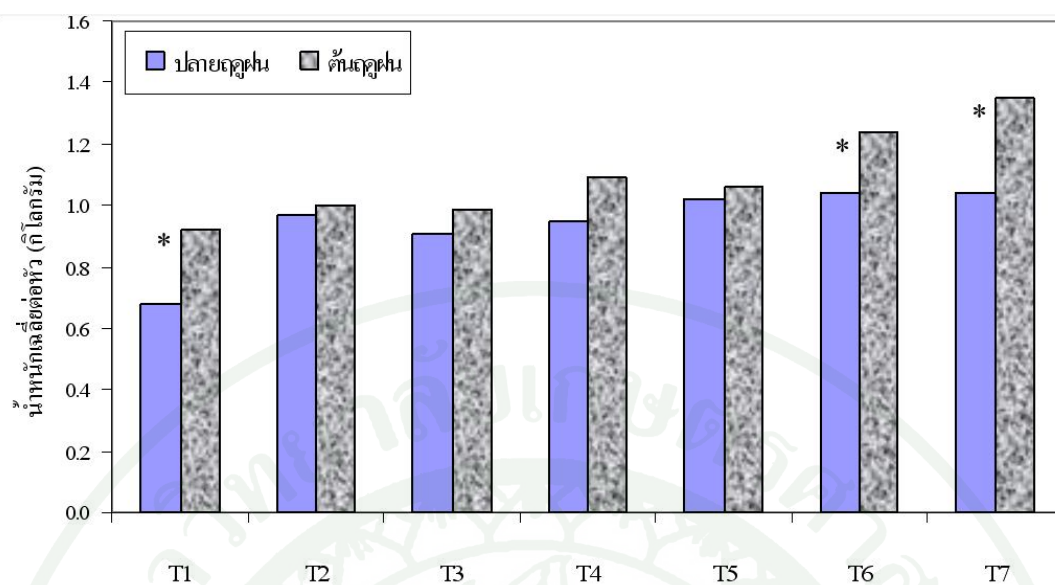
2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

เมื่อเปรียบเทียบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝนมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักผลผลิตหัวสดของหัวมันสำปะหลังมากกว่าปลายฤดูฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับควบคุม ค่ารับทดลองที่ 2 ค่ารับทดลองที่ 4 ค่ารับทดลองที่ 6 และค่ารับทดลองที่ 7 (ภาพที่ 46 และตารางผนวกที่ 10) หากพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝนมีผลต่อการเพิ่มน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากกว่าปลายฤดูฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับควบคุม ค่ารับทดลองที่ 6 และค่ารับทดลองที่ 7 (ภาพที่ 47 และตารางผนวกที่ 10) ในทำนองเดียวกัน พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝนมีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังมากกว่าปลายฤดูฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในค่ารับควบคุม และค่ารับทดลองที่ 4 (ภาพที่ 50 และตารางผนวกที่ 10) นอกจากนี้ มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีแนวโน้มให้ความกว้าง (แตกต่างกันทางสถิติเฉพาะค่ารับควบคุม ค่ารับทดลองที่ 2 ค่ารับทดลองที่ 4 และค่ารับทดลองที่ 5) และความยาว (แตกต่างกันทางสถิติทุกค่ารับทดลองที่ทำการใส่ปุ๋ย) เฉลี่ยของหัวสดมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (ภาพที่ 48 และ 49 กับตารางผนวกที่ 10)

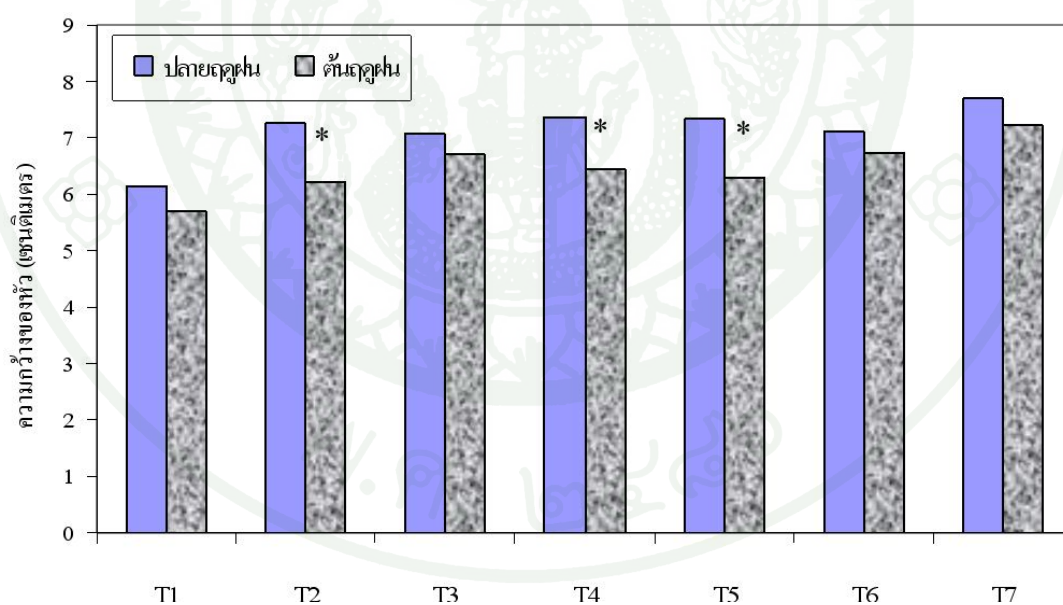
เมื่อเปรียบเทียบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีแนวโน้มให้เปอร์เซ็นต์แป้งในทุกตำรับทดลองแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีค่าเปอร์เซ็นต์แป้งมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (ภาพที่ 51 และตารางผนวกที่ 10) สำหรับสัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดิน และดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะตำรับทดลองที่ 7 (ภาพที่ 52 และ 53 กับตารางผนวกที่ 10) เมื่อพิจารณาถึงความสมดุลในการสร้าง source (น้ำหนักรีดส่วนเหนือดิน) และ sink (น้ำหนักรีดส่วนใต้ดินหรือผลผลิตหัวสด) พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝนมีความสมดุลมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวมีค่าเข้าใกล้ 1 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของระวีวรรณ (2552)



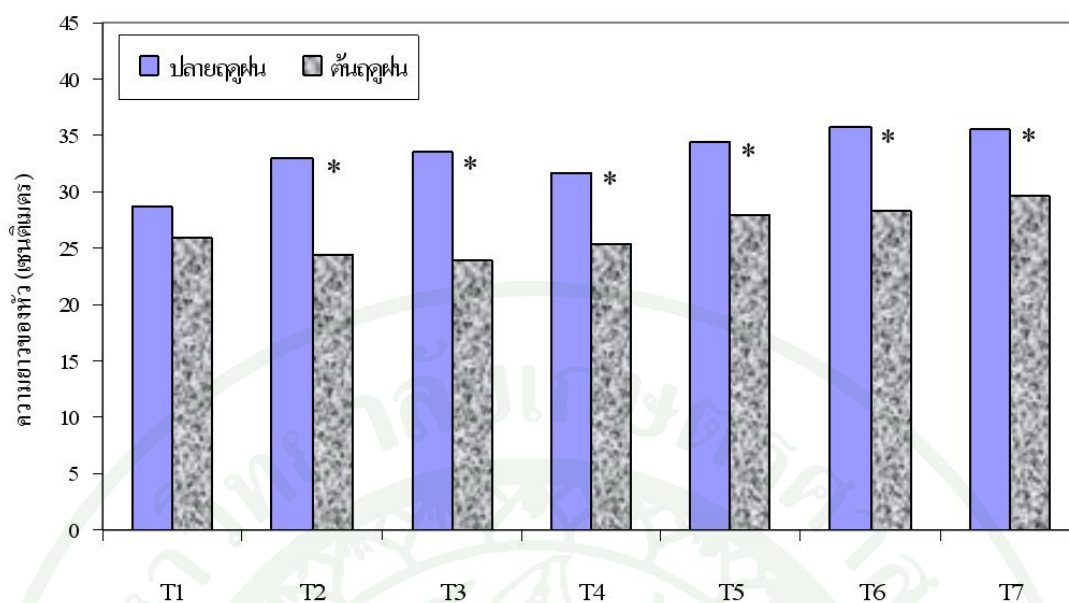
ภาพที่ 46 เปรียบเทียบผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



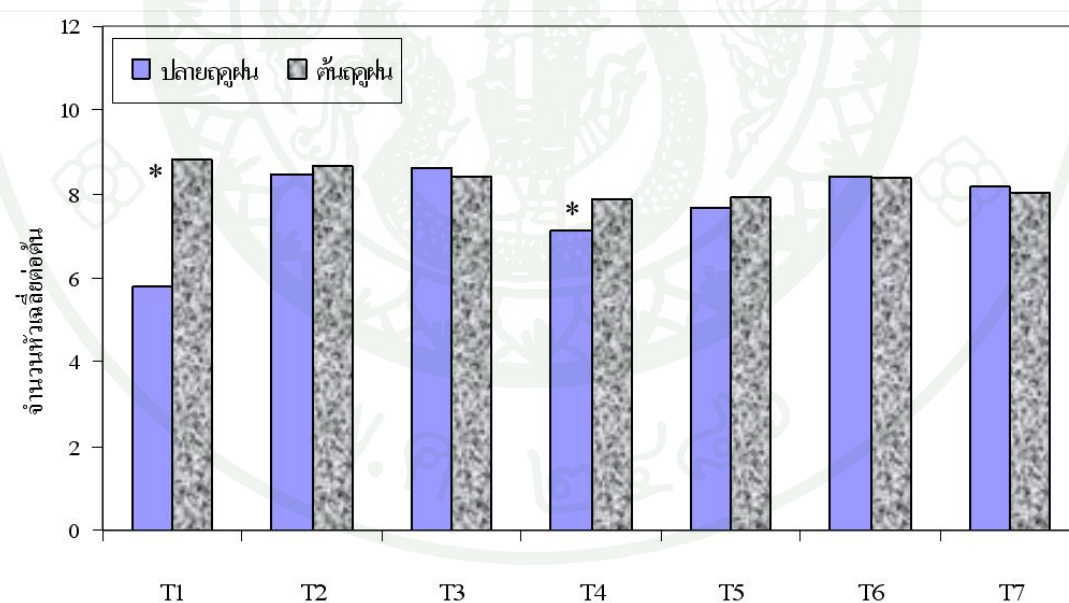
ภาพที่ 47 เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของม่นลำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



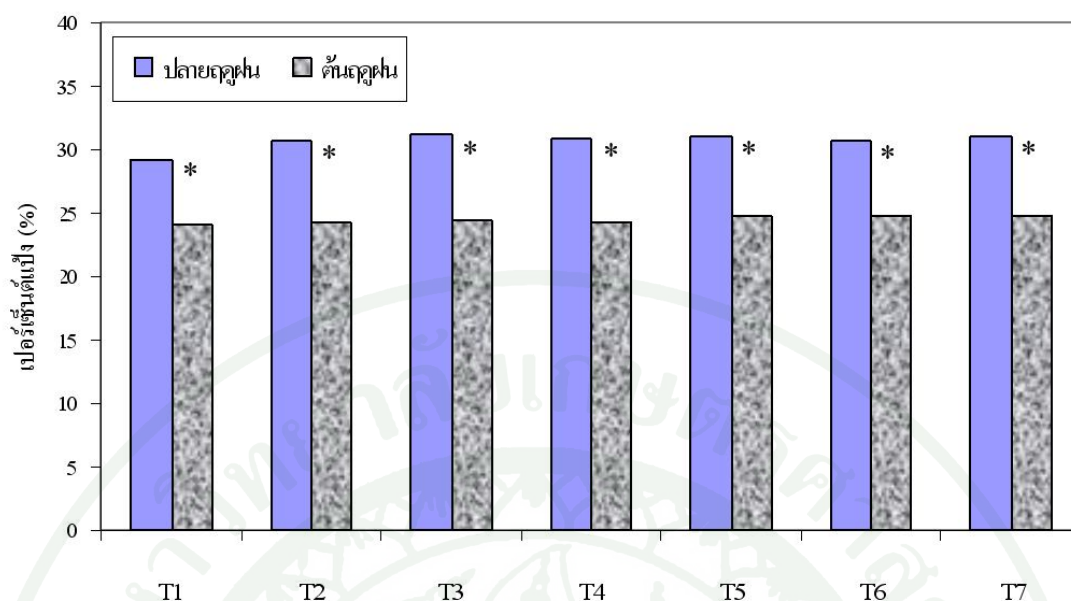
ภาพที่ 48 เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของหัวม่นลำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



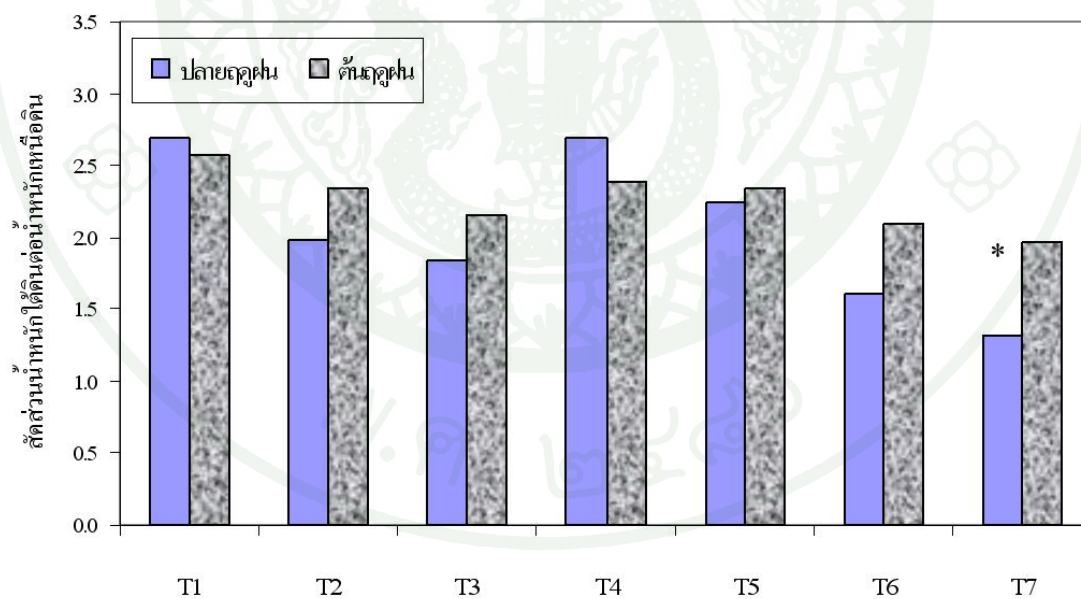
ภาพที่ 49 เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



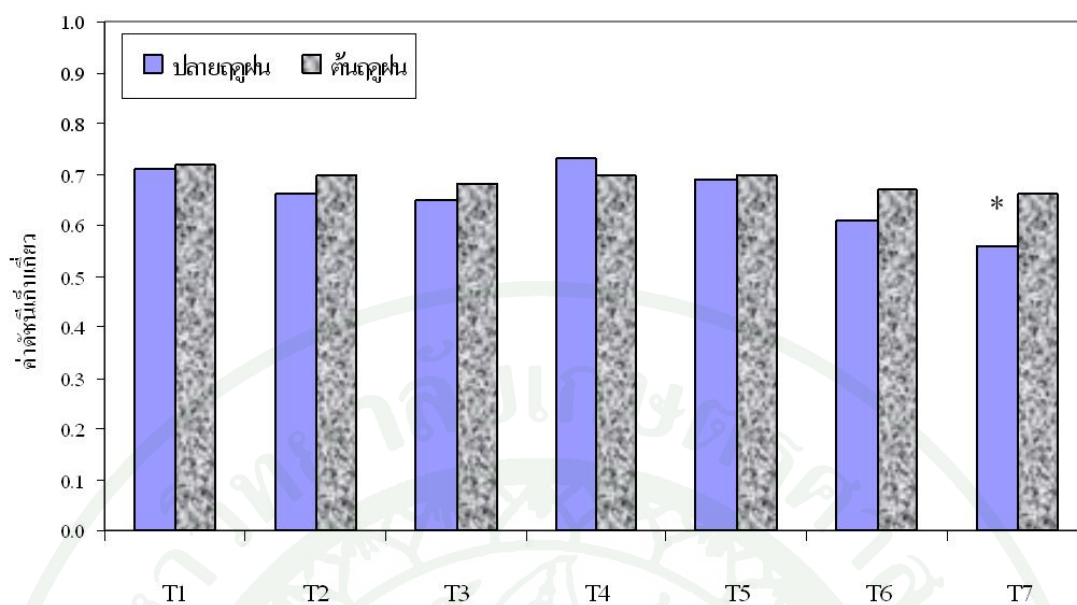
ภาพที่ 50 เปรียบเทียบจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 51 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายอดและคันทอด)



ภาพที่ 52 เปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักรับได้น้ำหนักเนื้อของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลายอดและคันทอด)



ภาพที่ 53 เปรียบเทียบดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฝน)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) มีผลให้ความสูงของต้นมันสำปะหลังมากที่สุด ส่วนดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุด ขณะที่การปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุด ส่วนดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และน้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก

2. การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) ขณะที่ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดสูงสุด ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) ส่วนดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและเปอร์เซ็นต์แป้งต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก

3. การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-8$) มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ขณะที่ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และความยาวของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้าง และความยาวของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$)

4. การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน พบว่า ดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) และดำรับทดลองที่ 4 ($T_4=10-0-68$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินสูงที่สุด ในขณะที่ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4=10-0-68$) ยังมีผลให้ดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุดด้วยเช่นกัน ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินและดัชนีเก็บเกี่ยวสูงที่สุด ขณะที่ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีผลให้

สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเนื้อดิน และดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำที่สุด ใกล้เคียงกับค่ารับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$ หรือ $T_6=24-0-54$) ทั้ง 2 ฤดูปลูก

5. ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในใบของมันสำปะหลังทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า ค่ารับทดลองที่ 6 ($T_6=40-0-68$ หรือ $T_6=24-0-54$) และ 7 ($T_7=60-17.5-70$) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง พบว่า ค่ารับทดลองที่ 6 และ 7 มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ในขณะที่ค่ารับควบคุม ($T_1=0-0-0$) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสะสมในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

6. การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน พบว่า ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนจะสะสมในใบมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุโพแทสเซียม และธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมจะสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ

7. การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน พบว่า ค่ารับทดลองที่ 3 ($T_3=16-0-8$) มีการตอบสนองต่อการใช้น้ำมากที่สุด ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ค่ารับทดลองที่ 6 ($T_6=24-0-54$) มีการตอบสนองต่อการใช้น้ำมากที่สุด

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลัก ตามกลุ่มชุดดิน เล่ม 2 ดินบนพื้นที่ดอน. 645 น.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. 21-24 น. ใน เอกสารวิชาการ ลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ชุมพล นาวิโรจน์ และ ไพโรจน์ พันธุ์พุกภัย. 2549. การจัดการดินและปุ๋ยในระบบปลูกพืชมันสำปะหลังในดินชุดแม่ริมในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารดินและปุ๋ย 28 (1): 30-41.

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ไพโรจน์ พันธุ์พุกภัย, สุรัตนา เสนาะ และ นารูโอ มัสซุโมโตะ. 2552. การจัดการสมดุลธาตุอาหาร N P และ K เพื่อการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน, น 47-59 . ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทยร่วมกับสมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 23 -24 เมษายน 2552.

กุ่มท สังขศิลา. 2549. แบบจำลองสำหรับการจัดทำคำแนะนำให้ธาตุอาหารหลักแก่พืชโดยใช้ข้อมูลค่าวิเคราะห์ดิน. น. 226-243. ใน เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรระบบข้อมูลดินและธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ย. คณะจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.

_____. 2544. คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้นและวิทยาศาสตร์ทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 126 น.

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์, ปิยวุฒิ พูลสงวน, สมยศ พุทธเจริญ, จำลอง เจริญจรรย์ และ วิทยา แสงแก้วสุข. 2530. การศึกษาการปลูกมันสำปะหลัง. วิทยาการเกษตรศาสตร์ สาขา วิทยาศาสตร์. 21 (2). 110 – 125.

ชาญ ธีรพร และ โชติ สัทธินุศย์. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง, น. 128-141. ใน เอกสารวิชาการ มันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ระยอง.

ชุมพล นาควโรจน์. 2542. การวิจัยด้านการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกับมันสำปะหลัง, น. 1-28. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่. กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ชุมพล นาควโรจน์, หรั่ง มีสวัสดิ์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ มาโนช ดอนเส. 2540. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมี 16-8-16 และ 16-16-16 กับมันสำปะหลัง. ใน เอกสารประกอบการจัดนิทรรศการมันสำปะหลังและการแปรรูปผลิตภัณฑ์ โครงการเผยแพร่และขยายผลงานวิจัยเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ครั้งที่ 1, 26-28 มิถุนายน 2540. 12 น.

โชติ สัทธินุศย์. 2539. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 119 น.

โชติ สัทธินุศย์, ชุมพล นาควโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2519. อิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง, น. 404-416. ใน รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2519. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชติ สัทธินุศย์, ชุมพล นาควโรจน์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย. 2529. การปลูกพืชหมุนเวียนและการใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว, น. 63-74. ใน เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง “เราจะพัฒนาดินอีสานกันอย่างไร” จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

โชติ สิริบุญชัย, วิชัย นพอมรบดี, สนั่น รัตนานุกูล, และ ชุมพล นาควิโรจน์. 2522. อิทธิพลของการใส่ไนโตรเจนและโพแทสเซียมที่มีต่อปริมาณแป้งและผลผลิตมันสำปะหลัง. รายงานผลการทดลองและวิจัยประจำปี 2522 กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. 57-60 น.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

ประภาส ช่างเหล็ก. 2544. ผลของปุ๋ยที่มีต่อผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ ที่ปลูกในดินชุดมาบบอนและโคราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประวดี อุทโยภาส. 2526. อิทธิพลของอัตราส่วนของธาตุปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียม สัดส่วนและระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะ ดวงพัตรา. 2534. ผลตอบสนองต่อปุ๋ยเคมี และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50. 13 น. ใน รายงานผลการวิจัยประจำปี 2534. โครงการวิจัยที่ พ.ห. 4. 20.

_____. 2536. ผลตอบสนองต่ออัตราปุ๋ย อัตราส่วนธาตุปุ๋ยและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์. 27 (2).153-161.

ปิยะวุฒิ พูลสงวน. 2535. อิทธิพลของปุ๋ยและอายุการเก็บเกี่ยวต่อผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ต่างๆ. น. 17-23. ใน รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 30 สาขาพืช, 29 มกราคม – 1 กุมภาพันธ์ 2535. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2537. การศึกษาลักษณะการแสดงออกบางประการของพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์แนะนำ ภายใต้สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำและสูง. 17 น. ใน **โครงการปรับปรุงวิธีการปลูกมันสำปะหลัง**. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ปิยะวุฒิ พูลสงวน, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และ จำลอง เจียมจันรรจา. 2533. การศึกษา ผลตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ในสภาพแปลงเกษตรกร. 38 น. ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี โครงการปรับปรุงวิธีการปลูกมันสำปะหลัง**. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พิชิต พงษ์สกุล และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2549. การวิเคราะห์ปัญหาการขาดธาตุรองและธาตุอาหารเสริมในดินปลูกพืชไร่ – นาและแนวทางแก้ไข. **วารสารดินและปุ๋ย** 28 (3): 142 – 165.

ขงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์ณิโรจน์ และ ชวลิต สงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วารสารดินและปุ๋ย. 2551. สถิติปริมาณปุ๋ยเคมีนำเข้า. **วารสารดินและปุ๋ย** 30 (1): 66.

ระวีวรรณ โชติพันธ์. 2552. **การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิสักดิ์ พรพรหมประทาน, ประวัติ อุทโยภาส และ อนุชิต ทองกล้า. 2537. ศึกษาระยะปลูกและ อัตราปุ๋ยที่เหมาะสมกับมันสำปะหลัง พันธุ์ ระยอง 5 ในชุดดินสัดหีบ, น. 446-455. ใน **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2537 มันสำปะหลัง (เล่ม 2)**. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สมภพ จงรวยทรัพย์, พัชรินทร์ นามวงษ์, อาริยา จูดคง, จินดารัตน์ ชื่นรุ่ง, อนุสรณ์ เทียนศิริฤกษ์ และ เฉลิมชาติ ฤาไชยคาม. 2545. ปริมาณธาตุอาหารพืชในมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 72 ที่ปลูกภายใต้ระบบการไถและไม่ไถพรวนดิน. **วารสารดินและปุ๋ย** 22 (3): 108-120.

สุกมัลย์ เลิศมงคล. 2546. อิทธิพลของความยาวท่อนพันธุ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของ
มันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทิน คล้ายมนต์. 2542. การวิเคราะห์และแปลความหมายผลการทดสอบพืชไร่เพื่อให้คำแนะนำ
ปฎิบัติตามค่าวิเคราะห์ดิน: การพัฒนาและทดสอบโปรแกรม dbSoilTest for DOS, น. 157-
178. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใช้ปฎิบัติตาม
ค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่. กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุนทรียังษ์ชวัล และ จินตนา บางจัน. 2545. มวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารของต้นยางพารา
พันธุ์ RRIM 600 ในภาคใต้ตอนล่าง. รายงานเสนอสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร. ธันวาคม 2545. 106 น.

สุรเดช จินตกานนท์. 2550. การใช้ผลการวิเคราะห์ดินเพื่อให้คำแนะนำปฎิบัติใน เอกสาร
ประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการจัดการดินและปฎิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย.
12-14 กันยายน 2550. น 84-92.

โสภณ สีนรุประมา. 2526. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์, น 9-15. ใน เอกสารวิชาการ เล่ม 7 มัน
สำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. วารสารเศรษฐกิจการเกษตร.
53 (608). น 4-5.

อรพินท์ สุริยพันธุ์ และ ลำเนา เพชรฉวี. 2537. อิทธิพลของปฎิบัติการดูแลใช้ธาตุอาหารและผลิต
ของมันสำปะหลัง. วารสารดินและปฎิบัติ. 16(4):241-249.

อุทัยวรรณ กันโซ. 2552. ผลของการใช้น้ำสกัดมูลสุกรเป็นแหล่งธาตุอาหารทางใบและทางดินแก่
มันสำปะหลังต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และผลผลิตมันสำปะหลัง
พันธุ์ห้วยบง 60. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โอภาส บุญเลี้ยง. 2539. พันธุกรรมและปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพมันสำปะหลัง
วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2546. เอกสารวิชาการเรื่องสรีรวิทยาและการผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง.
สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 60 น.

Alves, A.A.C. 2002. Cassava botany and physiology. pp. 67-85. In Hillocks, R.J., Thresh J.M.
and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International.

Blake, G.R. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil, pp. 210-
221. In Black, C.A. Evans, D.D., White, J.L., Ensminger, L.E., Clark, F.E. and
Dinauer, R.C. (eds). **Methods of Soil Analysis Part I : Physical and Minerological
Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling**. American Society of
Agronomy, Inc., Ublisher Madison, Wisconsin, USA.

Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. **Handbook of Plant Nutrition**. Taylor & Francis Group,
CRC Press, USA. 613 p.

Brady, N.C. and Weil, R.R. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14th ed., Pearson
Education, Inc., New Jersey. USA. 965 p.

Bray, R.H. 1944. Soil-plant relationships: I. The quantitative relation of exchangeable K to crop
yield and to crop response to potash additions. **Soil Sci.** 58 : 305-324.

_____. 1945. Soil-plant relationships: II. Balance fertilizer use through soil tests for K and P.
Soil Sci. 60 : 463-473.

Cadavid, L.F., El-Sharkawy, M.A., Costa A.A. and Sánchez T. 1998. Long-term effects of
mulch, fertilization and tillage on cassava grown in sandy soils in northern Colombia.
Field Crops Research. 57 (1). 45-56.

- Cock, J.H. 1984. Cassava, pp. 529-549. *In* Goldsworthy, P.R. and Fisher, N.M. (eds) **The physiology of Tropical Field Crops**. John Wiley & Sons, Chichester.
- Cock, J.H. and Rosas, S. 1975. Ecophysiology of cassava. *In* **Symposium on Ecophysiology of tropical Crops**. Communications Division of CEPLAC, Ilheus, Bahia Brazil. pp. 1-14.
- Duangpatra, P. 1988. Soil and Climatic Characterization of Major cassava Growing Areas in Thailand, pp. 157-184. *In* **CIAT cassava breeding and agronomy research in Asia**. Proceeding of a workshop held in Thailand, Oct. 26-28, 1987. Bangkok.
- Fageria, N.K. 2005. Soil Fertility and Plant Nutrition Research under Controlled Condition: Basic Principles and Methodology. **Journal of Plant Nutrition**, 28: 1975-1999.
- Fageria, N.K., V. C. Barlicar and C.L. Jones. 1997. **Growth and Mineral Nutrition of Field Crops**. Marcel Dekker, Inc. New York. 631 p.
- FAO Project Staff and Land Classification Division. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand**. Land Classification Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Hagens, P. and Sittibusaya, C. 1990. Short and long term aspect of fertilizer applications on cassava in Thailand. pp. 244-259. *In* **Howeler, R.H. (ed) Proceedings 8th Symposium International Society of Tropical Root Crops**, Bangkok, Thailand, 30 October-5 November, 1988.
- Howeler, R.H. 1981. **Mineral nutrition and fertilization of cassava. Series 09EC-4**. CIAT, Cali, Colombia.

- _____. 1996. Diagnosis of nutritional disorder and soil fertility maintenance of cassava. *In* Kulup, G.T., Polaniswami, M.S. and Potty, V.P., eds. **Tropical Tuber Crops: Problem, Prospects and Future Strategies**. Oxford and IBH Publishing Co., New Delli, India, pp. 181-193.
- _____. 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization, pp. 115-141. *In* Hillocks, R.J., Thresh J.M., and Bellotii, A.C. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International.
- Howeler, R.H. and Cadavid, L.P. 1983. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12 month growth cycle of cassava. **Field Crops Research** 7. 123-139.
- _____. 1990. Short-and long-term fertility trials in Columbia to determine the nutrient requirements of cassava. **Fertilizer Research**. 26(1-3): 61-80.
- Jackson, M.L. 1958. **Soil Chemical Analysis**. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. USA. 498 p.
- Kawano, K. 1980. Cassava in Hybridization of crop plants. **American Society of Agronomy-Crop Science Society of America**. pp. 225-233.
- Mc Lean, E.O. 1977. **Contrasting concepts in soil test interpretation sufficiency level of available nutrients versus basis cation saturation ratios**. ASA Special Publication. 29 p.
- Onwueme, I.C. 1978. Botany of Cassava, pp. 109-117. *In* **The Tropical Tuber Crops** Yams, Cassava Sweet Potato, and Cocoyams. John Wiley and Sons Chichester. New York. Brisbane. Toronto.

- Putthachareon, S., R.H. Howeler, S. Jantawat, and V. Vichukit. 1998. Nutrient uptake and soil erosion losses in cassava and six other Crops in a Psamment in eastern Thailand. **Field Crops Research**. 57(1): 113-126.
- Rogers, D.J. and S.G. Appan. 1971. What's so great about cassava? **World Farming** 3(6) : 13-32.
- Reuter, D.J., J.B. Robinson and C. Dutkiewicz. 1997. **Plant Analysis an Interpretation Manual**. CSIRO Publishing, Australia. 572 p.
- Sangkhasila, K., S. Butpetch, and R. Chotiphan. 2009. Dynamic Mathematical Model for Site Specific N fertilizer Recommendation, pp. 302-306. *In* **ASIMMOD 2009**. Proceedings "Simulation for Unsolved Problem" 3rd International Conference on Asian Simulation and Modeling 2009 in Bangkok, Thailand. January 22-23, 2009.
- Walkley, A. and Black, C.A. 1934. An examination of Degtijreff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.



ตารางผนวกที่ 1 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝน)

ค่ารับทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)				จำนวนกิ่งต่อต้น				น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ตัน/ไร่)
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	12 เดือน
T ₁ = (0-0-0)	53.53	134.55 ^c	144.80 ^c	190.45 ^b	2.40	9.00	29.13	33.30	3.57 ^d
T ₂ = (16-8-16)	57.03	162.95 ^{abc}	245.40 ^{ab}	248.48 ^{ab}	2.18	7.45	22.85	27.93	6.30 ^{bcd}
T ₃ = (16-0-8)	57.70	162.43 ^{abc}	261.29 ^{ab}	282.28 ^a	1.98	7.90	18.33	27.98	6.82 ^{bc}
T ₄ = (10-0-68)	50.73	147.18 ^{bc}	209.58 ^b	205.95 ^b	2.30	9.50	21.20	32.08	3.90 ^d
T ₅ = (20-0-68)	54.78	160.80 ^{abc}	242.45 ^{ab}	249.68 ^{ab}	2.25	9.30	20.60	28.68	5.63 ^{cd}
T ₆ = (40-0-68)	55.33	184.13 ^a	289.38 ^a	305.23 ^a	2.18	9.10	18.23	24.40	8.85 ^{ab}
T ₇ = (60-17.5-70)	51.18	175.63 ^{ab}	288.38 ^a	293.40 ^a	2.30	12.28	17.20	23.53	9.81 ^a
F-test	ns	*	**	**	ns	ns	ns	ns	**
CV (%)	13.26	15.19	24.57	21.64	11.64	63.80	47.63	42.41	41.72

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดิน
กำแพงแสน (ปลายฤดูฝน)

ค่ารับทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัว เฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ย ต่อหัว (กก.)	ความกว้าง ของหัว (ซม.)	ความยาว ของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	สัดส่วนของน้ำหนัก ใต้ดินต่อน้ำหนัก เหนือดิน (root to shoot ratio)	ค่าดัชนี เก็บเกี่ยว (Harvest index)
T ₁ = (0-0-0)	7.98 ^b	5.78 ^b	0.68 ^b	6.14 ^b	28.66 ^b	29.13 ^b	2.69 ^a	0.71 ^{ab}
T ₂ = (16-8-16)	12.23 ^a	8.47 ^a	0.97 ^a	7.25 ^a	32.94 ^a	30.65 ^a	1.98 ^{bc}	0.66 ^{abc}
T ₃ = (16-0-8)	12.28 ^a	8.63 ^a	0.91 ^a	7.06 ^a	33.46 ^a	31.10 ^a	1.84 ^{bcd}	0.65 ^{bc}
T ₄ = (10-0-68)	10.46 ^{ab}	7.16 ^{ab}	0.95 ^a	7.38 ^a	31.73 ^{ab}	30.76 ^a	2.69 ^a	0.73 ^a
T ₅ = (20-0-68)	12.05 ^a	7.71 ^a	1.02 ^a	7.33 ^a	34.53 ^a	30.94 ^a	2.24 ^{ab}	0.69 ^{ab}
T ₆ = (40-0-68)	13.45 ^a	8.44 ^a	1.04 ^a	7.12 ^a	35.77 ^a	30.70 ^a	1.60 ^{cd}	0.61 ^{cd}
T ₇ = (60-17.5-70)	12.59 ^a	8.19 ^a	1.04 ^a	7.72 ^a	35.62 ^a	31.00 ^a	1.31 ^d	0.56 ^d
F-test	**	**	**	*	*	*	**	**
CV (%)	20.13	17.09	16.74	10.99	9.40	2.95	28.59	10.21

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารไนโบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ธาตุอาหารที่สะสมในใบ (%)												ธาตุอาหารที่สะสมใน ผลผลิตหัวสด (%)		
	3 เดือน			6 เดือน			9 เดือน			12 เดือน			12 เดือน		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
T ₁ = (0-0-0)	3.94 ^c	0.31	1.63	5.04 ^d	0.29 ^d	1.76 ^b	3.80	0.28	1.46	3.63	0.36	1.52 ^c	0.14 ^c	0.06 ^b	1.10
T ₂ = (16-8-16)	3.94 ^c	0.32	1.76	5.56 ^{bc}	0.33 ^{bc}	2.18 ^a	3.85	0.27	1.63	3.65	0.35	1.65 ^b	0.17 ^{bc}	0.06 ^b	1.11
T ₃ = (16-0-8)	3.85 ^c	0.31	1.68	5.36 ^{cd}	0.35 ^{ab}	2.15 ^a	3.82	0.28	1.64	3.49	0.35	1.69 ^b	0.17 ^{bc}	0.07 ^b	1.14
T ₄ = (10-0-68)	3.82 ^c	0.32	1.69	5.30 ^{cd}	0.31 ^{cd}	2.25 ^a	3.69	0.26	1.57	3.60	0.34	1.73 ^b	0.15 ^{bc}	0.06 ^b	1.09
T ₅ = (20-0-68)	4.01 ^{bc}	0.31	1.73	5.75 ^b	0.32 ^{bc}	2.33 ^a	3.85	0.26	1.51	3.74	0.34	1.66 ^b	0.16 ^{bc}	0.07 ^b	1.10
T ₆ = (40-0-68)	4.24 ^a	0.32	1.88	6.19 ^a	0.37 ^a	2.42 ^a	3.91	0.28	1.70	3.83	0.36	1.83 ^a	0.19 ^{ab}	0.11 ^a	1.14
T ₇ = (60-17.5-70)	4.16 ^{ab}	0.32	1.65	6.39 ^a	0.37 ^a	2.37 ^a	4.14	0.29	1.66	3.70	0.34	1.63 ^b	0.22 ^a	0.13 ^a	1.19
F-test	**	ns	ns	**	**	**	ns	ns	ns	ns	ns	**	**	**	ns
CV (%)	4.92	5.57	10.98	9.28	9.88	12.19	7.57	6.54	9.14	4.67	7.73	6.28	19.75	40.56	8.02

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ต้นฤดูฝน)

ค่ารับทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)				จำนวนกิ่งต่อต้น				น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ตัน/ไร่)
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	12 เดือน
T ₁ = (0-0-0)	103.18	208.65	262.53	308.13	3.43	3.75	8.10 ^c	9.18 ^c	4.98 ^b
T ₂ = (16-8-16)	104.45	229.98	288.63	332.88	3.35	3.68	10.08 ^{abc}	11.90 ^c	6.14 ^b
T ₃ = (16-0-4)	110.60	243.35	296.75	339.43	3.18	4.10	11.15 ^{abc}	13.78 ^{bc}	6.47 ^b
T ₄ = (6-0-54)	100.35	214.83	267.25	318.38	3.23	3.53	9.48 ^{bc}	10.33 ^c	5.79 ^b
T ₅ = (12-0-54)	101.05	218.45	270.38	317.75	2.78	3.53	10.50 ^{abc}	14.23 ^{bc}	5.74 ^b
T ₆ = (24-0-54)	110.83	255.13	317.13	348.38	3.45	3.33	17.45 ^a	21.91 ^{ab}	8.10 ^a
T ₇ = (60-17.5-70)	110.78	268.43	323.63	359.38	3.45	3.53	16.25 ^{ab}	24.00 ^a	8.81 ^a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**	**
CV (%)	13.10	15.37	14.04	11.68	13.06	21.04	47.35	51.68	24.78

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดิน
กำแพงแสน (ต้นฤดูฝน)

ค่ารับทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัว เฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ย ต่อหัว (กก.)	ความกว้าง ของหัว (ซม.)	ความยาว ของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	สัดส่วนของน้ำหนัก ใต้ดินต่อน้ำหนัก เหนือดิน (root to shoot ratio)	ค่าดัชนี เก็บเกี่ยว (Harvest index)
T ₁ = (0-0-0)	12.72 ^b	8.81 ^a	0.92 ^c	5.71 ^c	26.01 ^{bcd}	24.10	2.58 ^a	0.72 ^a
T ₂ = (16-8-16)	13.97 ^b	8.70 ^a	1.00 ^{bc}	6.25 ^{bc}	24.36 ^d	24.26	2.34 ^{a^b}	0.70 ^{ab}
T ₃ = (16-0-4)	13.45 ^b	8.45 ^{ab}	0.99 ^{bc}	6.72 ^{ab}	23.89 ^d	24.35	2.15 ^{ab}	0.68 ^{ab}
T ₄ = (6-0-54)	13.68 ^b	7.88 ^b	1.09 ^b	6.45 ^{bc}	25.43 ^{cd}	24.34	2.39 ^{ab}	0.70 ^{ab}
T ₅ = (12-0-54)	13.44 ^b	7.92 ^b	1.06 ^{bc}	6.31 ^{bc}	27.96 ^{abc}	24.74	2.35 ^{ab}	0.70 ^{ab}
T ₆ = (24-0-54)	16.59 ^a	8.40 ^{ab}	1.24 ^a	6.75 ^{ab}	28.41 ^{ab}	24.68	2.10 ^b	0.67 ^{ab}
T ₇ = (60-17.5-70)	17.20 ^a	8.04 ^b	1.35 ^a	7.23 ^a	29.63 ^a	24.73	1.96 ^b	0.66 ^b
F-test	**	*	**	*	**	ns	*	*
CV (%)	13.33	6.04	14.82	9.46	9.61	4.49	15.17	4.82

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณความเข้มข้นธาตุอาหารไนโบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ธาตุอาหารที่สะสมในใบ (%)												ธาตุอาหารที่สะสมใน ผลผลิตหัวสด (%)		
	3 เดือน			6 เดือน			9 เดือน			12 เดือน			12 เดือน		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
T ₁ = (0-0-0)	3.82 ^c	0.33 ^c	1.87	4.47 ^c	0.43 ^c	2.32 ^b	4.86	0.41 ^{ab}	2.40	4.47	0.47	1.86 ^c	0.20 ^b	0.15	1.30
T ₂ = (16-8-16)	4.14 ^{bc}	0.38 ^{ab}	1.93	4.63 ^{dc}	0.46 ^{cd}	2.30 ^b	4.76	0.40 ^{abc}	2.24	4.34	0.44	1.89 ^{abc}	0.20 ^b	0.12	1.22
T ₃ = (16-0-4)	4.26 ^{abc}	0.38 ^{ab}	2.06	4.76 ^{cd}	0.45 ^{dc}	2.25 ^b	4.74	0.39 ^{abc}	2.10	4.40	0.45	1.87 ^{ab}	0.22 ^b	0.14	1.20
T ₄ = (6-0-54)	3.99 ^{bc}	0.33 ^c	2.11	4.84 ^{bcd}	0.48 ^c	2.31 ^b	4.82	0.43 ^a	2.32	4.47	0.48	1.92 ^{abc}	0.20 ^b	0.14	1.31
T ₅ = (12-0-54)	4.00 ^{bc}	0.36 ^{bc}	2.02	4.87 ^{bc}	0.47 ^c	2.61 ^a	4.84	0.38 ^{abc}	2.24	4.51	0.48	1.94 ^{ab}	0.22 ^b	0.14	1.26
T ₆ = (24-0-54)	4.40 ^{ab}	0.42 ^a	2.11	5.02 ^b	0.50 ^b	2.74 ^a	4.67	0.36 ^{bc}	2.36	4.33	0.45	1.95 ^a	0.21 ^b	0.13	1.26
T ₇ = (60-17.5-70)	4.65 ^a	0.39 ^{ab}	2.12	5.35 ^a	0.54 ^a	2.68 ^a	5.01	0.36 ^{bc}	2.12	4.48	0.44	1.95 ^a	0.34 ^a	0.14	1.21
F-test	*	*	ns	**	**	**	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
CV (%)	9.60	12.94	7.11	6.17	7.43	9.09	4.45	8.94	9.99	4.23	5.43	2.59	27.90	11.51	9.57

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง
ที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสด
	(กก.ผลผลิต/กก.ปุ๋ยที่ใช้)
$T_1 = (0-0-0)$	0
$T_2 = (16-8-16)$	77.39 ^a
$T_3 = (16-0-8)$	100.39 ^a
$T_4 = (10-0-68)$	22.68 ^c
$T_5 = (20-0-68)$	33.09 ^{bc}
$T_6 = (40-0-68)$	39.90 ^b
$T_7 = (60-17.5-70)$	23.37 ^c
F-test	**
CV (%)	16.99

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยใช้ DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง
ที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสด (กก.ผลผลิต/กก.ปุ๋ยที่ใช้)
$T_1 = (0-0-0)$	0
$T_2 = (16-8-16)$	28.99 ^b
$T_3 = (16-0-4)$	38.83 ^{ab}
$T_4 = (6-0-54)$	30.11 ^b
$T_5 = (12-0-54)$	18.72 ^c
$T_6 = (24-0-54)$	52.94 ^a
$T_7 = (60-17.5-70)$	28.95 ^b
F-test	*
CV (%)	19.64

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยใช้ DMRT

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งต่อต้น	น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ต้น/ไร่)
	12 เดือน	12 เดือน	12 เดือน
T ₁ = (0-0-0)	*	*	*
T ₂ = (16-8-16)	*	*	ns
T ₃ = (16-0-8) , (16-0-4)	*	*	ns
T ₄ = (10-0-68) , (6-0-54)	*	*	*
T ₅ = (20-0-68) , (12-0-54)	*	*	ns
T ₆ = (40-0-68) , (24-0-54)	*	ns	ns
T ₇ = (60-17.5-70)	*	ns	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบโดยใช้ T - Test

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

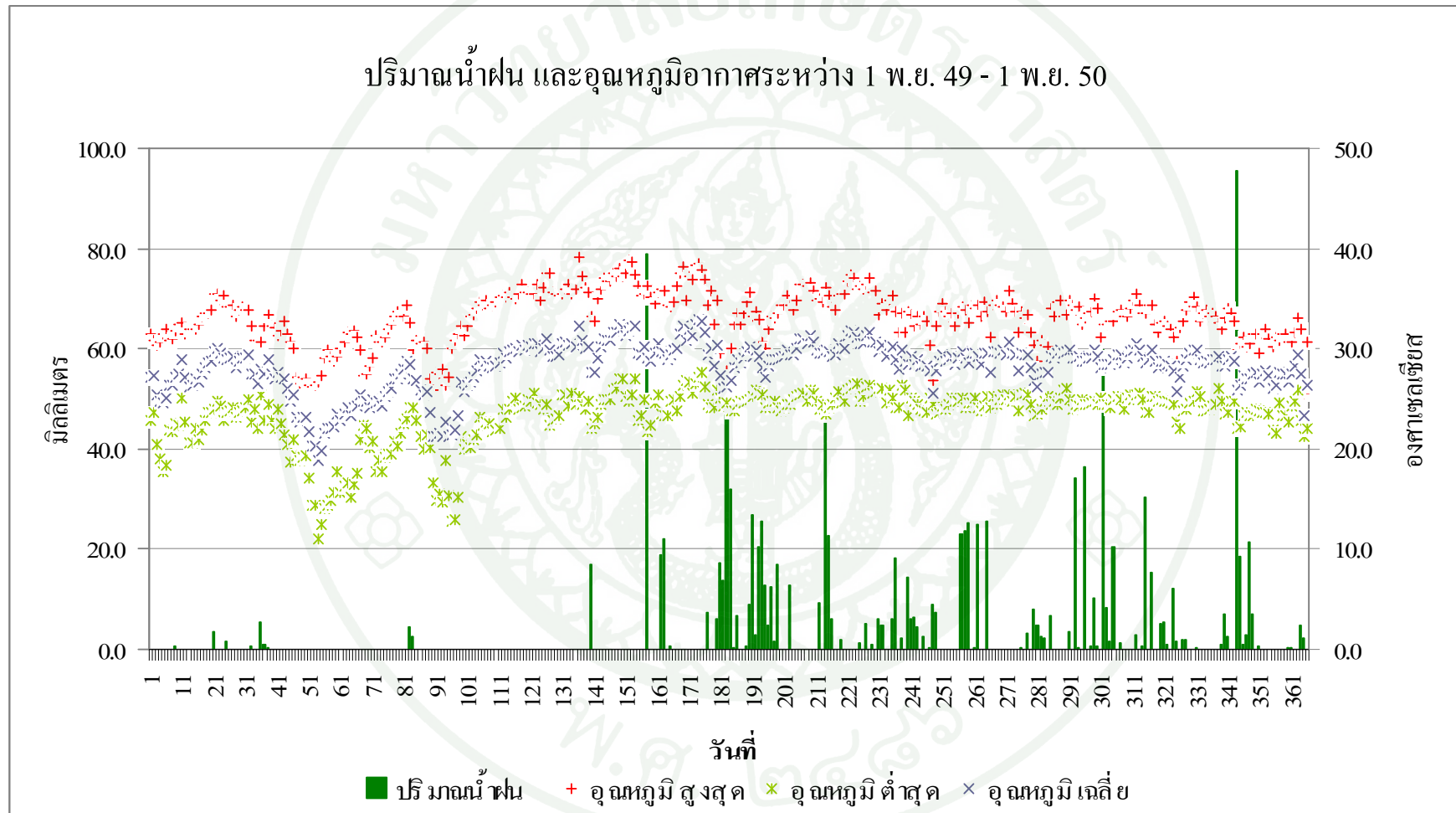
ตารางผนวกที่ 10 เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

ตำรับทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัว เฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ย ต่อหัว (กก.)	ความกว้าง ของหัว (ซม.)	ความยาว ของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	สัดส่วนของน้ำหนักได้ ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน (root to shoot ratio)	ดัชนีเก็บเกี่ยว (Harvest index)
T ₁ = (0-0-0)	*	*	*	ns	ns	*	ns	ns
T ₂ = (16-8-16)	*	ns	ns	*	*	*	ns	ns
T ₃ = (16-0-8) , (16-0-4)	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns
T ₄ = (10-0-68) , (6-0-54)	*	*	ns	*	*	*	ns	ns
T ₅ = (20-0-68) , (12-0-54)	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns
T ₆ = (40-0-68) , (24-0-54)	*	ns	*	ns	*	*	ns	ns
T ₇ = (60-17.5-70)	*	ns	*	ns	*	*	*	*

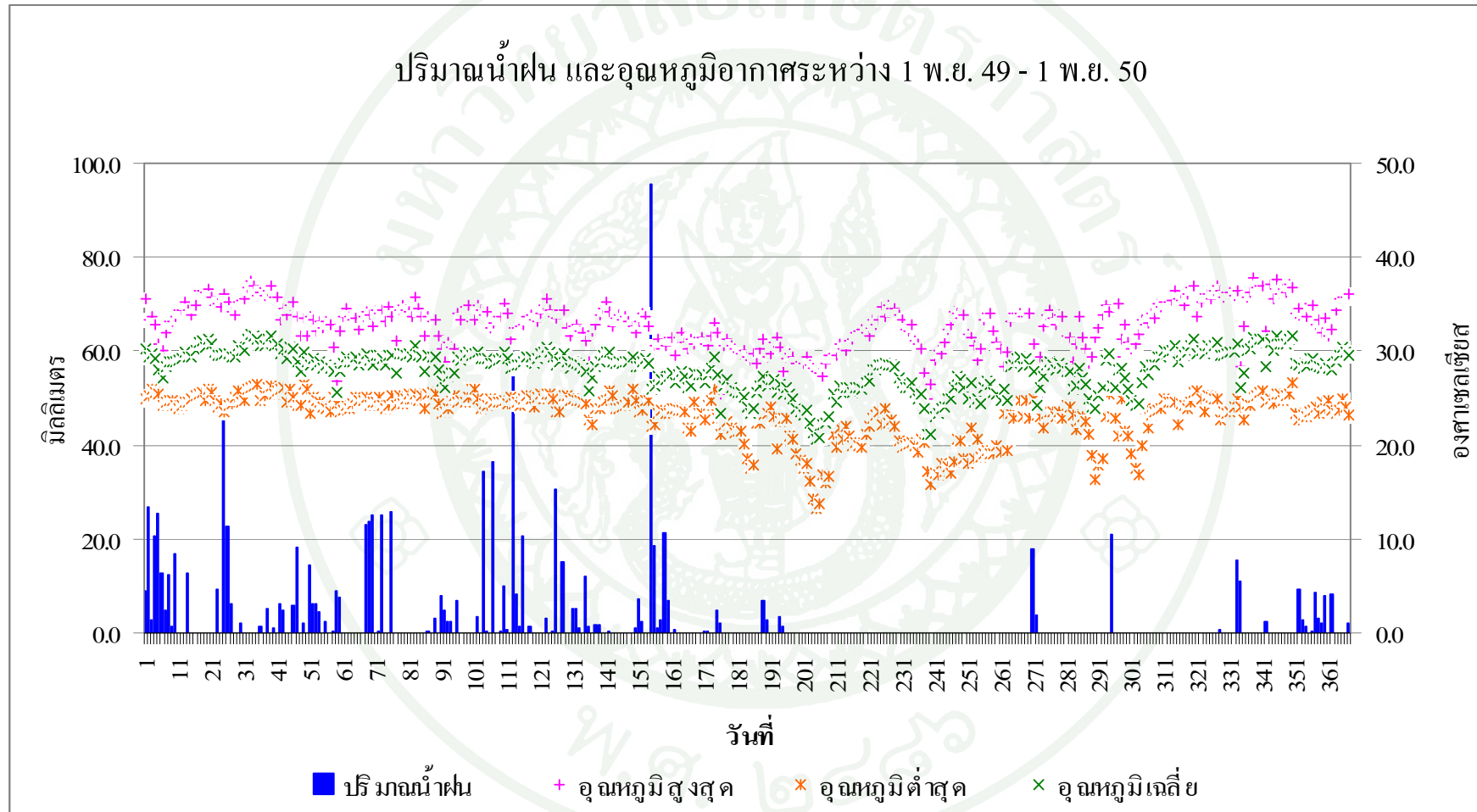
หมายเหตุ เปรียบเทียบโดยใช้ T - Test

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพผนวกที่ 1 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2549 - ตุลาคม 2550 (ปลายฤดูฝน)



ภาพผนวกที่ 2 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 (ต้นฤดูฝน)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวศิริสุดา บุตรเพชร
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 3 มกราคม 2520
สถานที่เกิด	อ. เมือง จ. สุรินทร์
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (เคมีการเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่วิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสนับสนุนคุณภาพงานวิจัยบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2551