



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินฝางแดง

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

นามผู้วิจัย นางสาวระวีวรรณ โชติพันธ์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์กฤษณ์ ตั้งขศิลา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จุฑามาศ ร่มแก้ว, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฟังแดง

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

โดย

นางสาวระวีวรรณ โชติพันธ์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2552

ระวีวรรณ โชติพันธ์ 2552: การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยสิทธิ์ ทองจู, Ph.D. 97 หน้า

ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 7 ดำรับการทดลอง ได้แก่ ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0^*$) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินของกรมวิชาการเกษตร ($T_2 = 16-8-16^*$) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมีของกรมวิชาการเกษตร ($T_3 = 16-8-16^*$) ดำรับที่คำนวณปริมาณปุ๋ยในโตรเจนที่ใส่ลงในดินและพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% ($T_4 = 12-18-86^*$, $T_5 = 24-18-86^*$ และ $T_6 = 48-18-86^*$; ปลายฤดูฝน) หรือ ($T_4 = 9-18-85^*$, $T_5 = 18-18-85^*$ และ $T_6 = 36-18-85^*$; ต้นฤดูฝน) และดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งได้จากการใช้แบบจำลองสำหรับการจัดทำคำแนะนำการให้ธาตุอาหารหลักแก่พืช โดยใช้ข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ดิน ($T_7 = 72-9-85^*$) [* กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ]

ผลการทดลอง พบว่า ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อความสูงและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก และมีค่าใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$ หรือ $T_6 = 36-18-85$) ในขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อการเพิ่มความสูงและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก นอกจากนี้ ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$) มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดสูงสุดในปลายฤดูฝน รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$) ซึ่งใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 5 ($T_5 = 24-18-86$) ตามลำดับ ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดสูงสุด รองลงมา คือดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) ซึ่งใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 9-18-85$) ตามลำดับ

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในใบของมันสำปะหลังทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$ หรือ $T_4 = 9-18-85$), 5 ($T_5 = 24-18-86$ หรือ $T_5 = 18-18-85$), 6 ($T_6 = 48-18-86$ หรือ $T_6 = 36-18-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง พบว่า ดำรับทดลองที่ 4, 5, 6 และ 7 มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ในขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสะสมในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$ หรือ $T_4 = 9-18-85$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด ส่วนดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากที่สุด ขณะที่ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และ 3 ($T_3 = 16-8-16$) มีการตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมากที่สุด ทั้งปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน

Rawiwan Chotiphan 2009: Chemical Fertilizer Management Following Soil Analysis for Augmenting the Production of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) Planted in Fang Daeng Soil Series. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Chaisit Thongjoo, Ph.D. 97 pages.

This study aimed at chemical fertilizer management base on soil analysis to improve cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production planted in Fang Daeng 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 ($T_3 = 16-8-16^*$); d-f) chemical fertilizers based on estimated uptake of 100, 50, 25% of applied nitrogen ($T_4 = 12-18-86^*$, $T_5 = 24-18-86^*$ and $T_6 = 48-18-86^*$, respectively) on late rainy season or ($T_4 = 9-18-85^*$, $T_5 = 18-18-85^*$ and $T_6 = 36-18-85^*$, respectively) on early rainy season and g) chemical fertilizers derived from mathematical model based on soil chemical analysis ($T_7 = 72-9-85^*$) [* kg N, P_2O_5 and K_2O per rai, respectively].

Results revealed that T_7 ($T_7 = 72-9-85$) had the largest effect on plant height and weight of fresh shoot of cassava at 12 months for both planting seasons, and its height and weight was nearly the same as T_6 ($T_6 = 48-18-86$ or $T_6 = 36-18-85$). In contrast, the control treatment ($T_1 = 0-0-0$) had the smallest effect on height and weight of cassava for both planting season. Regarding the yield of cassava, T_4 ($T_4 = 12-18-86$) had the largest effect on fresh shoot yield on late rainy season, followed by T_6 ($T_6 = 48-18-86$) whose yield was similar to T_7 ($T_7 = 72-9-85$) and T_5 ($T_5 = 24-18-86$) respectively. Planting cassava in early rainy season we found that T_6 ($T_6 = 36-18-85$) had the largest effect on fresh shoot yield, followed by the yield of T_5 ($T_5 = 18-18-85$) and T_7 ($T_7 = 72-9-85$) that were similar to T_4 ($T_4 = 9-18-85$).

Regarding concentration of plant nutrients in cassava leaves on both planting season, it was found that T_4 , T_5 , T_6 and T_7 contained the high amount of N, P and K. Considering the concentration of plant nutrient in fresh shoot of cassava, it was found that T_4 , T_5 , T_6 and T_7 had almost the same N contents, while the control treatment ($T_1 = 0-0-0$) had the smallest concentration of N, P and K in cassava leaves and fresh shoot yield. However, T_4 ($T_4 = 12-18-86$ or $T_4 = 9-18-85$) showed the largest response on N fertilizer, on the other hand, T_7 ($T_7 = 72-9-85$) had the largest response on P fertilizer, and T_2 ($T_2 = 16-8-16$) and T_3 ($T_3 = 16-8-16$) had the largest response on K fertilizer on late and early rainy season.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี โดยได้รับความกรุณาในความเป็นครูและผู้ให้ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยสิทธิ์ ทองจู อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์ ดร. กุมุท สังขศิลา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จุฑามาศ ร่มแก้ว อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ แนะนำแนวทางการศึกษา ความรู้ทางวิชาการ การปฏิบัติงาน ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ รวมทั้ง อาจารย์ ดร. ศุภชัย อ่ำคา ประธานการสอบ และอาจารย์ ดร. วิสุทธิ วีรสาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความ สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ สุรเดช จินตกานนท์ คณาจารย์และบุคลากรของ ภาควิชาปรัชญาที่วิทยาทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม และ วิเคราะห์ตัวอย่างดินและพืชในห้องปฏิบัติการ

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์สุดประสงค์ สุวรรณเลิศ หัวหน้าสถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้โอกาสในการศึกษาใน ระดับปริญญาโท และแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และบุคลากรของสถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากรที่อำนวยความสะดวกใน การเดินทาง การดูแลและจัดการแปลงทดลอง รวมทั้งการเก็บข้อมูลตลอดการวิจัยประกอบ วิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และคุณป้าทัศนีย์ สีเขียว ที่ให้การสนับสนุนเป็น กำลังใจในการเรียน และการทำงานตลอดมา ขอขอบคุณครอบครัว สำหรับความเข้าใจและอดทน

คุณค่าและสิ่งอันเป็นประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ตลอดทั้งครูอาจารย์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันที่ได้เมตตา อบรมสั่ง สอนให้มีความรู้จนถึงทุกวันนี้ โดยขอขอบคุณและจดจำไว้ตลอดไป

ระวีวรรณ โชติพันธ์

กันยายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	14
อุปกรณ์	14
วิธีการ	15
ผลและวิจารณ์	22
สรุปผลการทดลอง	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	75
ภาคผนวก	84
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินฝั่งแดง (การทดลองที่ 1)	18
2	รายละเอียดต่างๆ ของการทดลองที่ 1	19
3	สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินฝั่งแดง (การทดลองที่ 2)	20
4	รายละเอียดต่างๆ ของการทดลองที่ 2	20
5	สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินฝั่งแดงภายหลังการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 (ปลายฤดูฝน)	44
6	สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินฝั่งแดงภายหลังการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 (ต้นฤดูฝน)	65
ตารางผนวกที่		
1	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝน)	85
2	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝน)	86
3	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝน)	87
4	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน)	88
5	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน)	89
6	ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน)	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
7	ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	91
8	ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	92
9	เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	93
10	เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	94

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	23
2	จำนวนกิ่งแขนงของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	23
3	น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	24
4	ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	26
5	จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	26
6	น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	27
7	ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	28
8	ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	29
9	เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	29
10	สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	30
11	ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	31
12	ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	33
13	ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	34
14	เปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	34
15	ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	36

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	37
17	เปรียบเทียบปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	37
18	ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	39
19	ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	40
20	เปรียบเทียบปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	41
21	ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)	43
22	ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	46
23	จำนวนกิ่งแขนงของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	46
24	น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	48
25	ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	49
26	จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	50
27	น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	50
28	ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	51
29	ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	52
30	เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	52

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
31	สัดส่วนของน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของม้นสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	53
32	ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของม้นสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	54
33	ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบม้นสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	55
34	ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของม้นสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	56
35	เปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของม้นสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	57
36	ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบม้นสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	58
37	ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของม้นสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	59
38	เปรียบเทียบปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของม้นสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	59
39	ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบม้นสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	60
40	ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของม้นสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	62
41	ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของม้นสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	62
42	ผลการตอบสนองการให้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของม้นสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
43	เปรียบเทียบความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	66
44	เปรียบเทียบจำนวนกิ่งแขนงของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	67
45	เปรียบเทียบน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	67
46	เปรียบเทียบน้ำหนักสดส่วนหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	69
47	เปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	69
48	เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	70
49	เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	70
50	เปรียบเทียบจำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	71
51	เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)	71
52	เปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฝน)	72
53	เปรียบเทียบดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฝน)	72

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่	หน้า
1 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2549-ตุลาคม 2550 (ปลายฤดูฝน)	95
2 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 (ต้นฤดูฝน)	96

การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลัง
ที่ปลูกในชุดดินฝางแดง

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

คำนำ

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

ปัจจุบันคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีของหน่วยงานราชการ มักใช้ข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ดินและลักษณะเนื้อดิน เพื่อจัดทำเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับพืช แต่การทดสอบและติดตามผลจากคำแนะนำมีอยู่อย่างจำกัด ทั้งด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการจัดการดินให้เกิดความยั่งยืนด้านธาตุอาหารพืช ในสภาพใช้ได้จริงในไร่นา และในแต่ละชนิดพืชที่มีความสำคัญ

ทางด้านเศรษฐกิจ จึงอาจกล่าวได้ว่าการแนะนำการจัดการด้านดินหรือการใช้ปุ๋ยของประเทศไทย เป็นไปอย่างกว้างๆ โดยรวมเสียส่วนใหญ่ อีกทั้งการศึกษาและพัฒนาคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ ปุ๋ยเคมีกับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศในแต่ละชุดดินยังไม่มีการจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่แม่นยำ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรเกษตร

การทดลองครั้งนี้ ต้องการพัฒนาคำแนะนำการใช้ปุ๋ยเคมีโดยอาศัยข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ ดินและลักษณะเนื้อดินเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการเพิ่มผลผลิตของพืชสูงสุด โดยใช้มัน สำปะหลังเป็นพืชทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังในชุดดิน ฟังแดง เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชพลังงานทดแทนทางเลือกที่อาจมีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนา ประเทศเป็นอย่างมาก และเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงที่จะเพิ่มผลผลิตได้อย่างชัดเจน หากมีการจัดการ ดินและปุ๋ยอย่างเหมาะสม (ปิยะ, 2536)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตอบสนองของมันสำปะหลังต่อการจัดการปุ๋ยเคมีในชุดดินฝั่งแดง ซึ่งเป็นตัวแทนของชุดดินในการผลิตมันสำปะหลังบริเวณพื้นที่ภาคใต้ตอนบน
2. เพื่อประมวลข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังต่อการจัดการดินด้านการใช้ปุ๋ยเคมี

การตรวจเอกสาร

1. ลักษณะและสมบัติทั่วไปของชุดดินฝั่งแดง

ชุดดินฝั่งแดงจัดอยู่ในดินอันดับ Ultisols กลุ่มดิน Paleudults และกลุ่มดินย่อย Rhodic ซึ่งเป็นกลุ่มดินที่พบมากในเขตภาคใต้ในสภาพที่ดอนและพื้นที่ชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชัน 2-12 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะดินโดยทั่วไปเป็นดินสีเทา มีการระบายน้ำดี เป็นดินร่วนละเอียด ลักษณะเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย สีดินเป็นสีแดง ส่วนดินชั้นล่างตอนบนเป็นดินร่วนปนทรายและเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ในชั้นล่างลึก สีดินเป็นสีแดง ดินชั้นบนมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) และดินชั้นล่างมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5) ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ กล่าวคือ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลางถึงต่ำ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

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) เรียกว่า monoecious plant อยู่กันคนละดอก แต่อยู่ในช่อดอกเดียวกัน ช่อดอกเป็นแบบ panicle ช่อดอกเกิดที่จุดที่แตกกิ่งที่ยอดของต้น (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 แต่บริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังมักอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15 องศาเหนือ ถึง 15 องศาใต้ (Cock and Rosas, 1975) มันสำปะหลังสามารถขึ้นได้ดีในดินทั่วไป แม้อินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่ไม่สามารถปลูกพืชอื่นได้ 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 ตั้งแต่ดินเนื้อหยาบจนถึงเนื้อดินเหนียว ปฏิกิริยาของดินตั้งแต่กรดจัดถึงด่างปานกลาง (pH 4.5-8.0) สามารถปลูกได้ทั้งในดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำจนถึงระดับสูง แต่ดินที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลัง คือ ดินที่มีเนื้อหยาบ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายจนถึงดินเหนียวร่วนปนทราย เพราะสามารถระบายน้ำได้ดี มีปฏิกิริยาของดินเป็นกรดถึงเป็นกลาง (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 Paleustals ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนทราย และมีการสะสมดินเหนียวชั้นล่าง (Kaolinite) เช่น ชุดดินโคราช (Kt) วาริน (Wn) ยโสธร (Yt) ห้วยโป่ง (Hp) และมาบบอน (Mp) ส่วนกลุ่มดินที่สำคัญอีก

กลุ่มคือ Quartsipsammit เช่น ชุคตินสต์หีบ (Sh) พัทธา (Pu) และน้ำพอง (Ng) เป็นต้น (Duangpatra, 1988)

3. ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับมันสำปะหลัง

จากการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลัง เช่น ต้น ใบ และหัว พบว่า มันสำปะหลังดูดใช้ธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากกว่าฟอสฟอรัส ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังดูดใช้ในโตรเจนเพื่อการเจริญเติบโตในส่วนเหนือดิน และดูดใช้โพแทสเซียมเพื่อการสะสมแป้งในหัวใต้ผิวดิน (Hagens and Sittibusaya, 1990) นอกจากนี้ ปริมาณธาตุอาหารในส่วนต่างๆ ของมันสำปะหลังขณะเก็บเกี่ยวที่ระยะ 12 เดือน พบว่า มันสำปะหลังใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน และโพแทสเซียม สูงถึง 15.2 และ 12.4 กิโลกรัมไนโตรเจนและโพแทสเซียมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ใช้ธาตุฟอสฟอรัสเพียง 3.6 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ (โชติ และคณะ, 2529) กอบเกียรติและคณะ (2549) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนของต้น ใบ และหัวสูงสุดรวมเฉลี่ย 11.7 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ มีการดูดใช้ในโตรเจนและฟอสฟอรัส รองลงมาเฉลี่ยเท่ากับ 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; ชาญและโชติ, 2537) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจะให้ผลตอบแทนอย่างเด่นชัด ทั้งในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของหัวสด โดยจะเพิ่มขึ้นในดินแทบทุกชนิด โชติและคณะ (2519) ได้สรุปอัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 8 ถึง 16 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ แต่ผลผลิตตอบสนองที่ได้รับจะมากน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน และการกระจายตัวของฝนอย่างสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในดินชุคตินสต์หีบในอัตราสูงเกินไป (32 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่) จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันลดลงจาก 26.4 เป็น 20.9 เปอร์เซ็นต์ (โชติ, 2522)

ฟอสฟอรัส แม้ว่ามันสำปะหลังจะมีการดูดใช้ธาตุฟอสฟอรัสในปริมาณที่น้อยกว่าธาตุไนโตรเจนและโพแทสเซียม แต่ธาตุฟอสฟอรัสก็มีบทบาทเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและผลผลิตที่สำคัญอย่างยิ่ง 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 (ชาญและโชติ, 2537; Howeler, 2002) นอกจากนี้ โชติและคณะ (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 เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ส่วนการปลูกในช่วงฤดูฝน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50, 100 และ 150 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพิ่มผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังให้สูงขึ้นเป็น 10, 35 และ 42 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาค่าวิเคราะห์ทางสถิติ

พบว่า ปุ๋ยเคมีทุกอัตราที่ใช้และพันธุ์มันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ มีผลต่อน้ำหนักผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกัน โดยเป็นที่สังเกตว่ามันสำปะหลังทั้ง 3 พันธุ์ ตอบสนองต่อปุ๋ยเคมีในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่สูงที่สุด

ปิยะ (2534) ศึกษาผลตอบสนองต่อปุ๋ยผสมสูตร 15-15-15 และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 เปรียบเทียบกับมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 และระยอง 60 ในหุดคินฝั่งแดง (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 โดยเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะ 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 พบว่าการใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้มันสำปะหลังทุกพันธุ์มีผลผลิตเพิ่มขึ้นเฉลี่ย 18.7 ถึง 42.0 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ปุ๋ย โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ผลผลิตหัวสดและปริมาณแป้งเฉลี่ยสูงสุดในพื้นที่แปลงทดลองอำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา และอำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ส่วนพันธุ์ระยอง 5 และพันธุ์ระยอง 90 เป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับปลูกในอำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ขณะที่พันธุ์ศรีราชา 1 และพันธุ์ระยอง 60 ให้ผลผลิตและปริมาณแป้งปานกลางเมื่อเทียบกับพันธุ์อื่นๆ

วุฒิศักดิ์ 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 มีให้ผลผลิตหัวสดสูงถึง 4.6 ตันต่อไร่

อรพินท์ และสำเนา (2537) ศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหารของมันสำปะหลัง 5 พันธุ์ คือ OMR 23-29-15, CMR 24-43-12, ระยอง 1 ระยอง 3 และ (CMC76XV43) 21-1 ในสภาพที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เปรียบเทียบกับตำรับทดลองที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยใดๆ พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์มีผลให้การดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยทุกพันธุ์ในด้านปริมาณธาตุอาหารที่มันสำปะหลังดูดขึ้นไป พบว่า ในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจะแตกต่างกันตามพันธุ์ที่ปลูก โดยพันธุ์ CMR 24-43-12 มีการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไว้ในส่วนต้นและใบสูงกว่าพันธุ์อื่นๆ ส่วนพันธุ์ OMR 23-29-15 ดูดธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไว้ในส่วนหัวสูงกว่าพันธุ์อื่น นอกจากนี้ การปลูกมันสำปะหลังในสภาพที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจะมีการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโตคิดเป็น 29.62, 5.71 และ 24.29 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนในสภาพที่มีการใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังจะดูดใช้ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโตมากกว่าคิดเป็น 50.46, 8.63 และ 36.59 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับน้ำหนักแห้งของต้น 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 กิโลกรัมต่อไร่ 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 เมื่อเปรียบเทียบกับค่ารับการทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย

ประกาศ (2544) ศึกษาผลของปุ๋ยเคมีที่มีต่อผลผลิตและปริมาณแป้งของมันสำปะหลัง 7 พันธุ์ที่ปลูกในชุดดินมาบอบน ซึ่งใช้พันธุ์ระยอง 1 ระยอง 60 ระยอง 90 ระยอง 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 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยใกล้เคียงกับพันธุ์ระยอง 60 ระยอง 90 เกษตรศาสตร์ 50 และระยอง 5 ขณะที่พันธุ์ระยอง 1 ให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยต่ำสุด ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 20-37 เมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ยกเว้นพันธุ์ระยอง 60 นอกจากนี้ การใส่หรือไม่ใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยไม่แตกต่างกัน โดยพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ให้ปริมาณแป้งเฉลี่ยสูงสุด คือ 24.4 เปอร์เซ็นต์ พันธุ์ MKUC 34-114-206 (พันธุ์ห้วยบง 60) ให้ปริมาณแป้งเฉลี่ย 22.34 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่พันธุ์ระยอง 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

5. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินกับมันสำปะหลัง

การให้ธาตุอาหารที่เพียงพอและสมดุลถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการเพิ่มผลผลิตของพืช (Fageria, 2005) โดยการใช้ปุ๋ยเคมีนับเป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ธาตุอาหารแก่พืชโดยตรงอย่างรวดเร็ว (Brady and Weil, 2008) ซึ่งหากมีการใช้ไม่ถูกต้องกับความต้องการของพืชอาจก่อให้เกิดการสูญเสียสมดุลของธาตุอาหารในดินกระทั่งส่งผลให้ทรัพยากรดินเสื่อมโทรมได้ (สุทิน, 2542) นอกจากนี้ การปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่ซ้ำเดิมโดยการใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยคอกในปริมาณที่ไม่เพียงพอกับความต้องการของพืชจะส่งผลให้ดินมีผลผลิตต่ำ ปริมาณธาตุอาหารในดินลดลง และเกิดการกร่อนของดินในที่สุด (Howeler, 2002) การผลิตมันสำปะหลังในประเทศไทยมี

ความจำเป็นอย่างยิ่งในการยกระดับและควบคุมความอุดมสมบูรณ์ของดินให้ยั่งยืน โดยการเพิ่มธาตุอาหารแก่พืชควบคู่ไปกับการป้องกันการสูญเสียธาตุอาหารพืชจากดิน (ชุมพล, 2542) สุนทร (2545) กล่าวว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยลงในดิน ส่วนหนึ่งพืชจะใช้เพื่อการเจริญเติบโต และอีกส่วนหนึ่งเพื่อสร้างผลผลิต ดังนั้น การใส่ปุ๋ยจึงต้องทราบหรือประมาณการได้ว่าผลผลิตของพืชจะเป็นเท่าใด การใส่ปุ๋ยในแนวอนุรักษ์ธาตุอาหารให้มีการทดแทนคืนสู่ดินและสัมพันธ์กับส่วนที่นำออกไปในรูปของผลผลิต จะต้องคำนึงถึงปริมาณธาตุอาหารขั้นต่ำที่พืชต้องใช้เพื่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตด้วย ส่วนอัตราปุ๋ยจะต้องปรับให้สัมพันธ์กับดินที่สามารถปลดปล่อยธาตุอาหารได้ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพการใส่ปุ๋ย และความสามารถในการดูดใช้ธาตุอาหารของรากพืช ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของสุรเดช (2550) ที่ว่าแนวทางการใช้ผลการวิเคราะห์ดินเพื่อประกอบคำแนะนำการใส่ปุ๋ย จะต้องพิจารณาจากผลต่างระหว่างปริมาณที่คาดว่าพืชสามารถใช้ประโยชน์ได้จากดินกับปริมาณที่พืชใช้จริงทั้งหมดตลอดฤดูกาลของการปลูกพืชในแต่ละครั้ง

ชุมพล (2542) รายงานว่าการวิเคราะห์ดินเพื่อทราบค่าความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดินเป็นขั้นตอนแรกของการวินิจฉัยปัญหาที่ช่วยบ่งชี้สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินว่ามีข้อจำกัดประสิทธิภาพในการผลิตของพืชมากหรือน้อยเพียงใด ความแปรปรวนของผลผลิตพืชมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัยที่ควบคุมได้และควบคุมไม่ได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นตัวแปรที่ต้องทำความเข้าใจและนำมาใช้ในการวางแผนเทคนิคต่างๆ ในการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างผลวิเคราะห์ดินกับผลผลิตตอบสนองของพืชอันเป็นพื้นฐานในการกำหนดคำแนะนำการใส่ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพเฉพาะแหล่ง 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 c ในสมการเป็นค่าคงที่ ซึ่งค่าคงที่ของธาตุอาหาร P และ K จะแตกต่างกันตามชนิดของพืช ส่วนแนวคิดแบบ BCRS เชื่อว่าผลผลิตของพืชขึ้นอยู่กับสัดส่วนที่เหมาะสมของปริมาณธาตุอาหารประจวบกับค่าต่างๆ ในดินและสัดส่วนที่เหมาะสมของความอิ่มตัวด้วยค่า (base saturation) ที่มีต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจวบกับ (cation exchange capacity) ของดินแต่ละท้องถิ่น แนวคิดนี้หมายถึงการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารชั้นรอง (secondary elements) เพื่อกำหนดคำแนะนำ รวมถึงการใช้ปุ๋ยเพื่อปรับสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ซึ่ง Lean (1977) กล่าวว่า แนวคิดแบบ BCRS ใช้ได้ดีในดินร่วนทรายที่มีค่า CEC ต่ำ

สุทิน (2542) ศึกษาและพัฒนาการวิเคราะห์ดินเพื่อแนะนำการใช้ปุ๋ยรวมทั้งการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช โดยนำผลการทดสอบปุ๋ยพืชไร่เศรษฐกิจจากแปลงทดสอบปุ๋ยในไร่เกษตรกรมาวิเคราะห์ร่วมกับผลการวิเคราะห์ดินเพื่อแปลความหมายเป็นคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้โปรแกรมฐานข้อมูล dBase ทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ตามระบบ SLAN (sufficiency level of available nutrients) ซึ่งเป็นแนวคิดที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตพืชกับระดับความพอเพียงของปริมาณธาตุอาหารในดิน โดยผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ในดินจะมีสัดส่วนผกผันกับผลผลิตพืชที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับการใส่ปุ๋ย ซึ่งเป็นแนวคิดที่สอดคล้องกับสมมติฐานของ Mitscherlich-Bray ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้ คือ

$$\log (A-y) = \log A - c_1 * b - c * x$$

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)

ยงยุทธ และคณะ (2551) อธิบายหลักการว่าการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ เป็นการให้ธาตุอาหารแก่พืชในพื้นที่หนึ่งอย่างเพียงพอตามที่พืชชนิดนั้นๆ ต้องการ รวมทั้งสามารถแก้ไขการขาดแคลนธาตุอาหาร และยกระดับความอุดมสมบูรณ์ของธาตุนั้นในดินให้เหมาะสมด้วย ซึ่งต้องตระหนักว่าพืชที่ปลูกมีความต้องการธาตุอาหารต่างๆ ในระดับหนึ่งจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตสูง แต่ดินซึ่งมีธาตุอาหารดั้งเดิมที่อาจมาจากอินทรีย์สาร อินทรีย์วัตถุ เศษซากพืช ปุ๋ยอินทรีย์ และธาตุอาหารที่ติดมากับชลประทาน โดยปริมาณธาตุอาหารในส่วนดังกล่าวอาจน้อยเกินไป ไม่เพียงพอที่จะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตสูงได้ จึงจำเป็นต้องปรับการใช้ปุ๋ยในเชิงพลวัต (dynamically adjust fertilizer use) เพื่อเพิ่มเติมส่วนที่ขาดจนพืชได้รับเพียงพอและให้ผลผลิตตามเป้าหมาย โดยการจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่ ต้องกำหนดเป้าหมายว่าจะให้ธาตุอาหารแก่พืชในอัตราและช่วงเวลาใดที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูง ประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารของพืชสูง (High efficiency of nutrient use) และได้รับผลตอบแทนสูงจากการลงทุนการใช้ปุ๋ยนั้นด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ดินชุดฝั่งแดง (Fang Daeng soil series, Fd) เป็นการทดลองในภาคสนามบริเวณสถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร สถาบันค้นคว้าและพัฒนาาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
2. ท่อนพินธุ์มันสำปะหลัง ใช้พินธุ์หัวยวง 60
3. ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ปุ๋ยยูเรีย (46%N) ปุ๋ยทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O)
4. สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดวัชพืช ได้แก่alachlor
5. อุปกรณ์ในการเตรียมแปลง ได้แก่ รถแทรกเตอร์ เทปวัดระยะ คราด และจอบ
6. อุปกรณ์สำหรับเก็บเกี่ยวผลผลิต ได้แก่ เหล็กง่ามสำหรับจับหัวมันสำปะหลัง มีด เครื่องชั่งน้ำหนักพืชในสนาม ถุงพลาสติก และถุงกระดาษสำหรับเก็บตัวอย่าง
7. เครื่องวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง (Remain Scale)
8. อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ พลั่วตักดิน-ชุดดิน (spades) ท่อเก็บตัวอย่างดิน (core) ถุงเก็บตัวอย่างดิน (sample bags) และพลั่วตักดินขนาดเล็ก (mini spades)
9. เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ pH meter (420A model), Electrical conductivity meter (4010 model), Microkjeldahl distillation apparatus (Gerhard:VAP 20 model), Digestion apparatus (Gerhard:Ger 704000 model), Atomic absorption spectrophotometer (SpectrAA 229 FS) เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง และตู้อบ (WTB Binder:EED 240 model)

10. อุปกรณ์และสารเคมีที่จำเป็นในการวิเคราะห์ดินทางเคมีและกายภาพ และการวิเคราะห์พืชในห้องปฏิบัติการ

วิธีการ

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

1. แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ จำนวน 7 ดำรับการทดลอง รายละเอียดของดำรับการทดลองได้แสดงไว้ในตารางที่ 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

ในตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับการทดลองที่ 2-7) มีการแบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 เดือน และครั้งที่ 2 จะใส่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 4 เดือน

5. การเก็บข้อมูล

5.1 ข้อมูลเกี่ยวกับสภาพอากาศ

เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิอากาศ ซึ่งทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่เริ่มต้นทำการทดลองจนถึงวันสุดท้ายของการทดลอง โดยอาศัยข้อมูลจากสถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร และสถานีวิจัยวนวัฒนทรายทอง (ภาพผนวกที่ 1 และ 2)

5.2 ข้อมูลดิน

5.2.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

- ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) วัดโดย pH meter ซึ่งใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำเป็น 1:1 (ทัศนีย์และจรงค์, 2542)

- ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) วัดโดย Electrical conductivity meter โดยใช้สารละลายดินที่สกัดจากดินอิมตัวด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส (ทัศนีย์และจรงค์, 2542)

- ปริมาณอินทรีย์วัตถุ หาโดยวิธี Walkley - Black method (Walkley and Black, 1934)

- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หาโดยวิธี Bray II แล้ววัดความเข้มสีด้วย Spectrophotometer (Jackson, 1958)

- โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยการสกัดดินด้วย 1 N NH_4OAc (pH 7) แล้วนำไปวัดโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

5.2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลุกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density, Db) โดยวิธี Core method (Blake, 1965) และลักษณะเนื้อดิน (% sand, % silt, % clay) ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี Hydrometer

5.3 ข้อมูลพืช

5.3.1 ข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ ความสูงต้น และจำนวนกิ่งแขนงของต้น

5.3.2 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน โดยทำการเก็บใบมันสำปะหลังในตำแหน่งที่ 3, 4 หรือ 5 นับจากยอด วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดที่ระยะ 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียม

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธีของ Micro Kjeldahl ตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์และจรงค์ (2544)

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส ใช้เครื่อง Spectrophotometer

การวิเคราะห์ปริมาณโปแทสเซียม ใช้เครื่อง Atomic Absorption /Flame Emission Spectrophotometer

5.3.3 ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ น้ำหนักสดของต้นส่วนเหนือดิน น้ำหนักสดของหัว จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวของหัว และเปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด โดยใช้เครื่อง Remain Scale

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

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

5.3.5 และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ที่ระยะ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร

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

5.3.6 การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยที่ระยะ 12 เดือน โดยคำนวณได้จากสูตร

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

หมายเหตุ การเก็บข้อมูลมันสำปะหลังในแต่ละแปลงย่อย กระทำโดยการสุ่มต้นมันสำปะหลังจำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินฝั่งแดง (การทดลองที่ 1)

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH (1:1)	6.03
EC _c (dS/m)	0.12
Organic matter (%)	0.45
Available P (mg/kg)	1.73
Exchangeable K (mg/kg)	8.06
Exchangeable Ca (mg/kg)	115.17
Exchangeable Mg (mg/kg)	88.81
Bulk density (ρ_b , g/cm ³)	1.54
Texture	loamy sand

ตารางที่ 2 รายละเอียดต่างๆ ของการทดลองที่ 1

ตำรับการทดลอง	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	8	16	^{2/}
T ₄	12	18	86	^{3/}
T ₅	24	18	86	^{4/}
T ₆	48	18	86	^{5/}
T ₇	72	9	85	^{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 (กุ่มุท, 2549)

ตารางที่ 3 สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินฝั่งแดง (การทดลองที่ 2)

รายการที่วิเคราะห์	ค่าที่วิเคราะห์ได้
pH (1:1)	5.23
EC _c (dS/m)	0.19
Organic matter (%)	0.79
Available P (mg/kg)	2.51
Exchangeable K (mg/kg)	13.11
Exchangeable Ca (mg/kg)	129.12
Exchangeable Mg (mg/kg)	34.70
Bulk density (ρ_b , g/cm ³)	1.54
Texture	loamy sand

ตารางที่ 4 รายละเอียดต่างๆ ของการทดลองที่ 2

ดำรับการทดลอง	อัตราปุ๋ยเคมี (กก./ไร่)			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	หมายเหตุ
T ₁	0	0	0	ดำรับควบคุม
T ₂	16	8	16	^{1/}
T ₃	16	8	16	^{2/}
T ₄	9	18	85	^{3/}
T ₅	18	18	85	^{4/}
T ₆	36	18	85	^{5/}
T ₇	72	9	85	^{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/} ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงไปดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้เพียง 25%

(Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

^{6/} อัตราปุ๋ยเคมีที่ได้จากการใช้แบบจำลองโดยใช้ข้อมูลค่าวิเคราะห์ดิน (กุ่มท, 2549)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งค่าสถิติสำหรับเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี DMRT (Duncan multiple range test)

7. สถานที่ทำการวิจัย

1. แปลงทดลองของสถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร บ้านบางเบ็ด ตำบลทรายทอง อำเภอบางสะพานน้อย จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

2. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

8. ระยะเวลาในการวิจัย

2 ปี ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2549 ถึงเดือนเมษายน 2551

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน

การศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน (พฤศจิกายน 2549-ตุลาคม 2550) ปรากฏผลดังนี้

1. องค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต

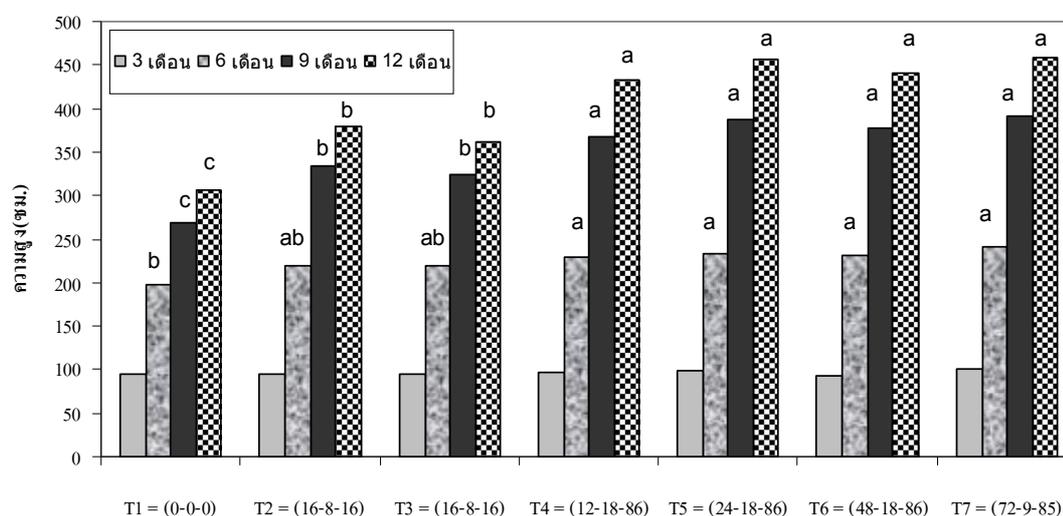
1.1 ความสูงต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังที่ระยะ 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 1 และตารางผนวกที่ 1) โดยได้รับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 24-18-86$), 6 ($T_6 = 48-18-86$) และ 4 ($T_4 = 12-18-86$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังที่ระยะ 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกต่ำที่สุด โดยมีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่ 7, 5, 6 และ 4 มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังมากกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) และตามค่าวิเคราะห์ดิน ($T_3 = 16-8-16$) ซึ่ง Alves (2002) กล่าวว่า ที่ระยะ 3-6 เดือนหลังปลูกเป็นระยะที่มันสำปะหลังมีการพัฒนาด้านลำต้นและใบมาก ทำให้การใส่ปุ๋ยมีผลต่อการสร้างลำต้นและใบสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะวุฒิและคณะ (2536) ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น จำนวนและพื้นที่ใบ ซึ่งส่งผลให้ทรงพุ่มขยายเพิ่มขึ้น และเป็นข้อดีในการลดการแข่งขันจากวัชพืชในแปลง

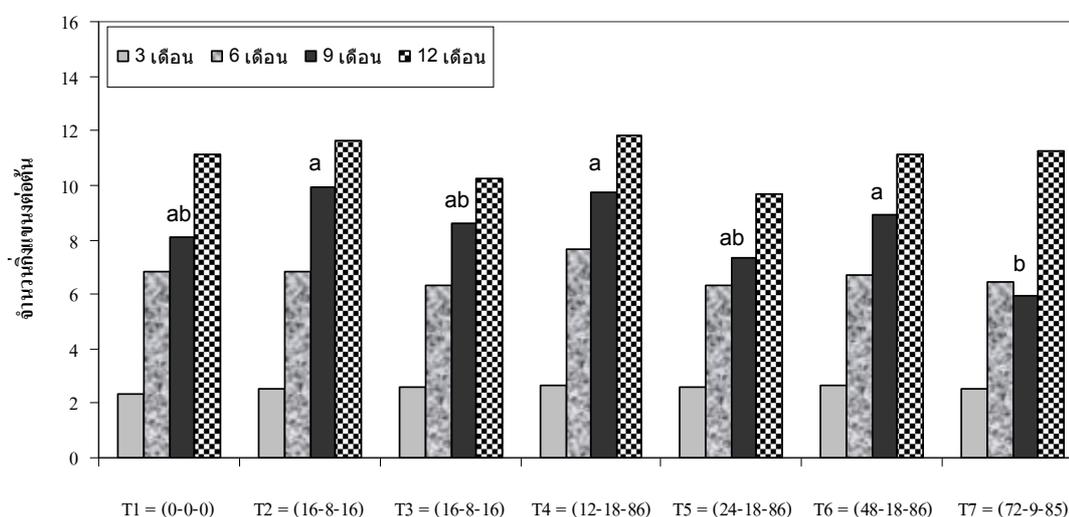
1.2 จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงของต้นมันสำปะหลังที่ระยะ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 2 และตารางผนวกที่ 1) โดยดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) มีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากที่สุด รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-$

86) และ 6 ($T_6 = 48-18-86$) ในขณะที่ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นน้อยที่สุด



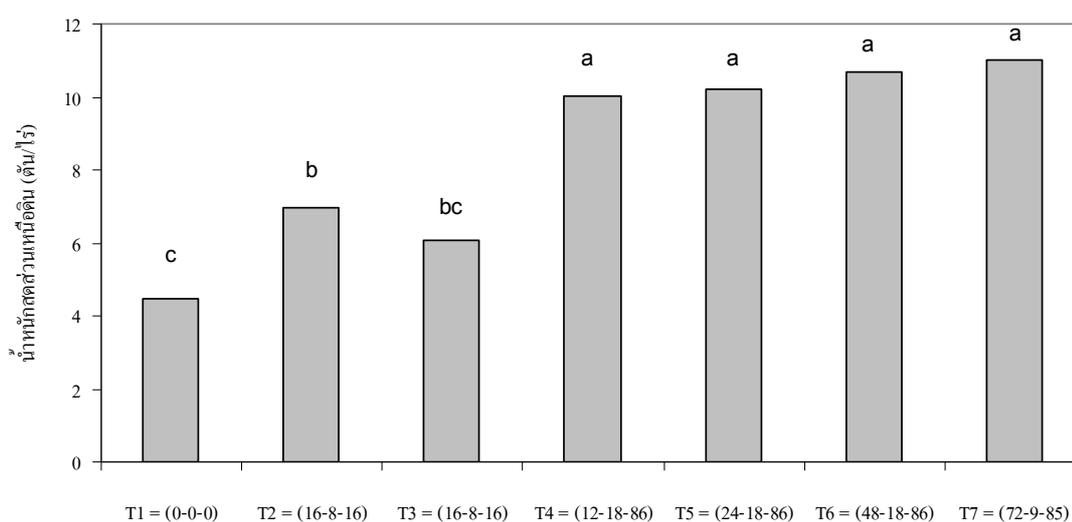
ภาพที่ 1 ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



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

1.3 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดิน

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 3 และตารางผนวกที่ 1) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (11.01 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$), 5 ($T_5 = 24-18-86$) และ 4 ($T_4 = 12-18-86$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกต่ำที่สุด (4.48 ตัน/ไร่) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่ 7, 6, 5 และ 4 มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังมากกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) และตามค่าวิเคราะห์ดิน ($T_3 = 16-8-16$) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการใส่ปุ๋ยในอัตราสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้นและจำนวนใบมากขึ้น (Brady and Weil, 2008) ส่วนการใส่ปุ๋ยในอัตราร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสหรือปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูงจะมีส่วนให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินสูงกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่ำ หรือการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของปิยะ (2536) และ Sangkhasila *et al.* (2009) ที่พบว่าการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินจะสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่



ภาพที่ 3 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

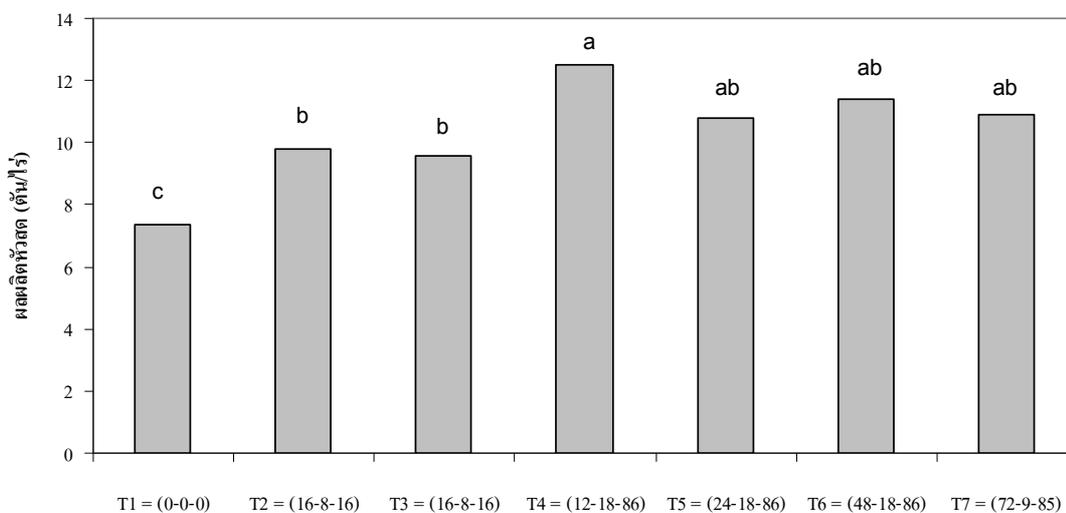
2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

2.1 ผลผลิตหัวสด

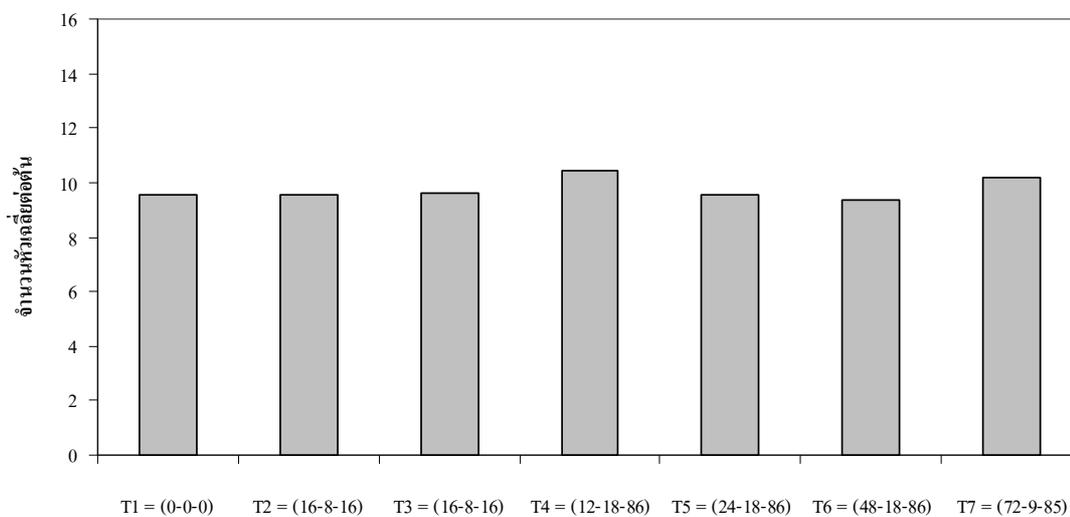
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 4 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$) มีผลต่อผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (12.52 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$), 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 5 ($T_5 = 24-18-86$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังต่ำที่สุด (7.36 ตัน/ไร่) ซึ่งผลผลิตหัวสดดังกล่าวสูงกว่าค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศ (3.78 ตัน/ไร่) เหตุผลที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่แปลงก่อนการทดลองมีสภาพเป็นทุ่งหญ้า และมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชและมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างในดิน อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยในอัตราสูงไม่ได้มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังสูงเสมอไป ซึ่งสอดคล้องกับ Sangkhasila *et al.* (2009) ที่รายงานว่าผลผลิตหัวสดจะลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยในอัตราที่มากกว่า 250 กิโลกรัม/เฮกตาร์ (40 กิโลกรัม/ไร่) ทั้งนี้ขึ้นกับปริมาณของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมว่ามีเพียงพอกับความต้องการของพืชสำหรับการยกระดับผลผลิตให้สูงขึ้นหรือไม่ ซึ่งในการทดลองนี้คาดว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตรา 18 และ 86 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ น่าจะเพียงพอสำหรับการเพิ่มผลผลิตหัวสดให้มากกว่า 10 ตัน/ไร่

2.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ไม่มีผลทำให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 5 และตารางผนวกที่ 2) โดยมีจำนวนหัวเฉลี่ยระหว่าง 9.35 - 10.44 หัวต่อต้น



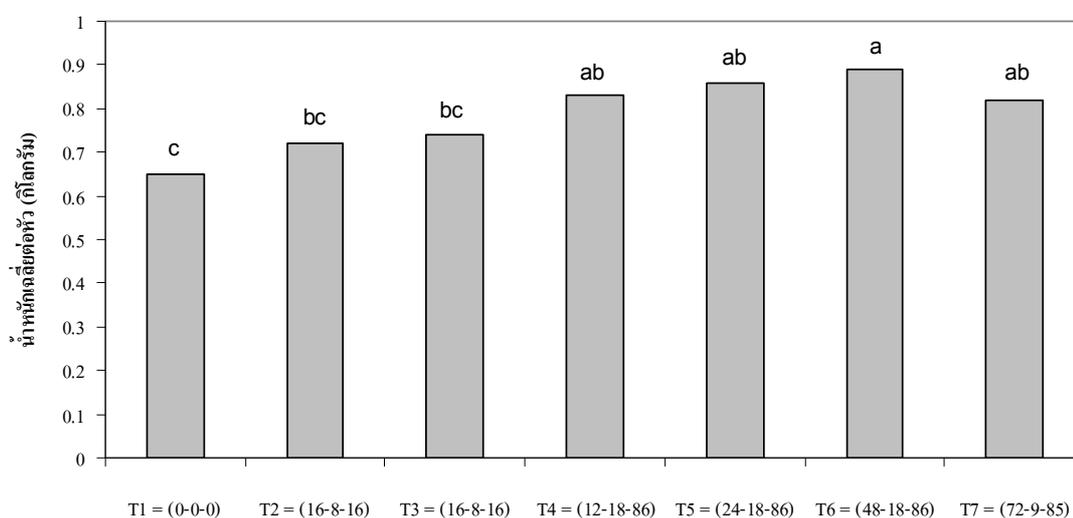
ภาพที่ 4 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 5 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

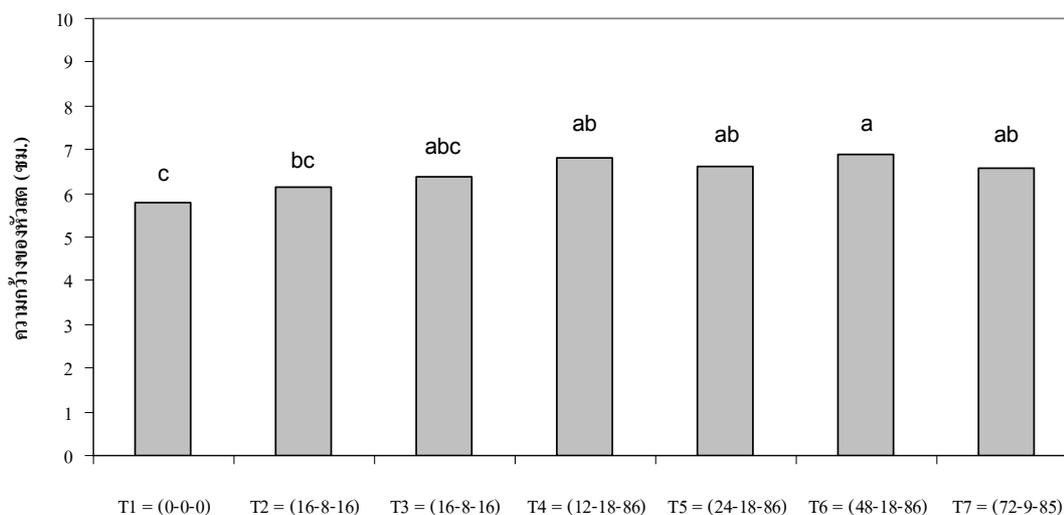
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 6 และตารางผนวกที่ 2) โดยตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.89 กก./หัว) รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 24-18-86$), 4 ($T_4 = 12-9-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) ซึ่งให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเท่ากับ 0.86, 0.83, และ 0.82 กก./หัว ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังต่ำที่สุด (0.65 กก./หัว)



ภาพที่ 6 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.4 ความกว้างของหัว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 7 และตารางผนวกที่ 2) โดยตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (6.89 เซนติเมตร) รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$), 5 ($T_5 = 24-9-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังต่ำที่สุด (5.79 ซม.)



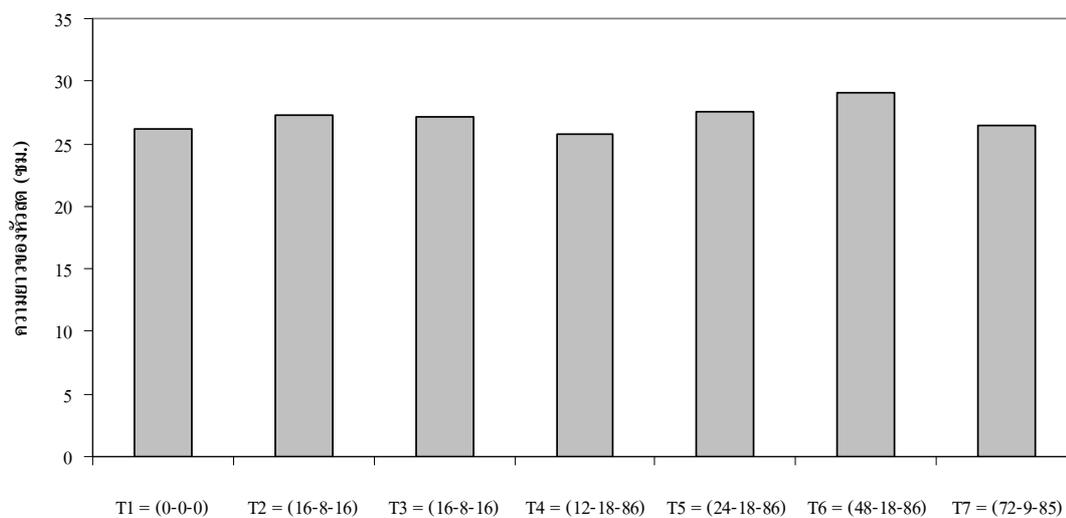
ภาพที่ 7 ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.5 ความยาวของหัว

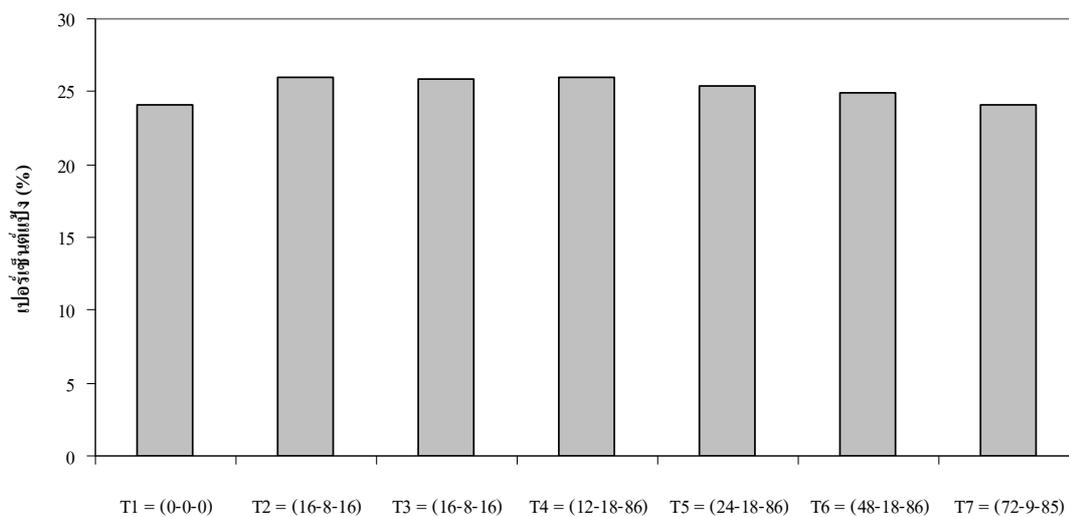
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ และดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวของหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยในช่วง 25.81 - 29.02 เซนติเมตร (ภาพที่ 8 และตารางผนวกที่ 2)

2.6 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ และดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งของผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 9 และตารางผนวกที่ 2) โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งในช่วง 24.10-26.00 เปอร์เซ็นต์



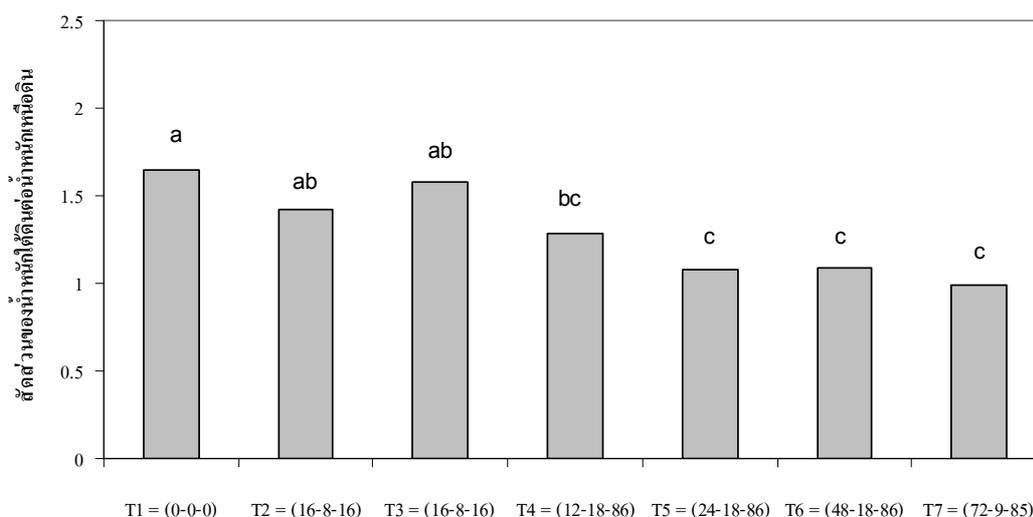
ภาพที่ 8 ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์แห้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.7 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหน็ดดิน

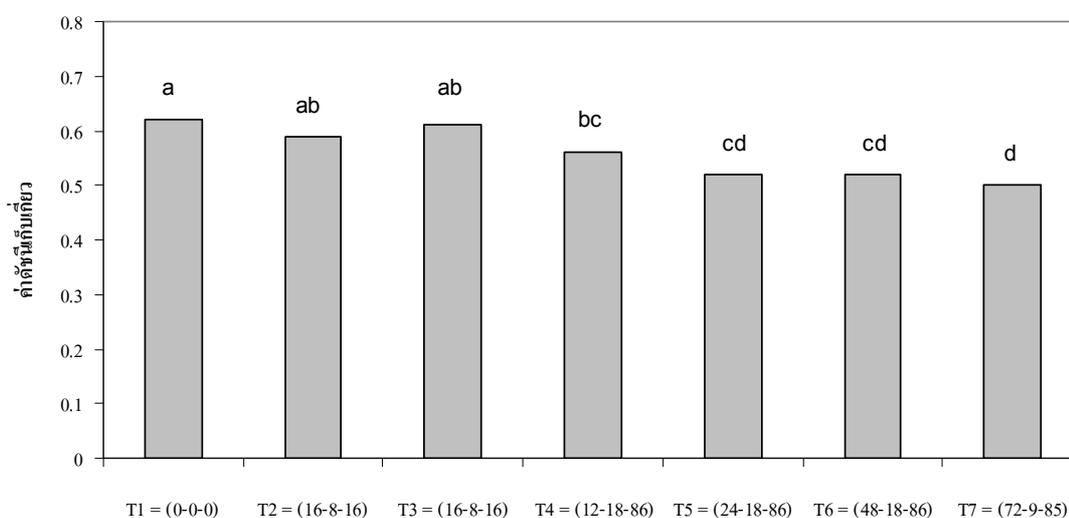
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหน็ดดินของมันสำปะหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 10 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหน็ดดินมากที่สุด (1.65) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) และ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$), 5 ($T_5 = 24-18-86$) และ 6 ($T_6 = 48-18-86$) มีแนวโน้มให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหน็ดดินเข้าใกล้ 1 ซึ่งแสดงถึงความสมดุลระหว่างการสร้าง source (น้ำหนักเหน็ดดิน) และ sink (น้ำหนักรีดดิน) (โอภาส, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของกอบเกียรติและคณะ (2552) ที่รายงานว่า การปลูกมันสำปะหลังที่มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มผลผลิตหัวสด (sink) โดยไม่บำรุงต้นและใบ (source) ให้มีทรงพุ่มที่สมดุล อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินที่ปลูกมันสำปะหลังเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 10 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหน็ดดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

2.8 ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว

ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มให้ผลในทิศทางเดียวกับค่าสัดส่วนของน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน โดยการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 11 และตารางผนวกที่ 2) กล่าวคือ ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด (0.62) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) และ 2 ($T_2 = 16-8-16$) ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้อาจเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของชุดดินฝั่งแดงที่ต่ำ (ตารางที่ 1) จึงมีผลให้มีการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังส่วนเหนือดินน้อย แต่การเคลื่อนย้ายแป้งไปสะสมที่หัวสดมีมากขึ้น ส่วนตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตราสูง มีผลทำให้มีการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินมาก แต่การเคลื่อนย้ายแป้งไปสะสมที่หัวสดมีน้อยลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานวิจัยของปิยะ (2536) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยในโตรเจนฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมในอัตราสูง มีส่วนช่วยเพิ่มน้ำหนักต้นสดจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวในสัดส่วนที่สูงกว่าการเพิ่มน้ำหนักผลผลิตหัวสด



ภาพที่ 11 ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

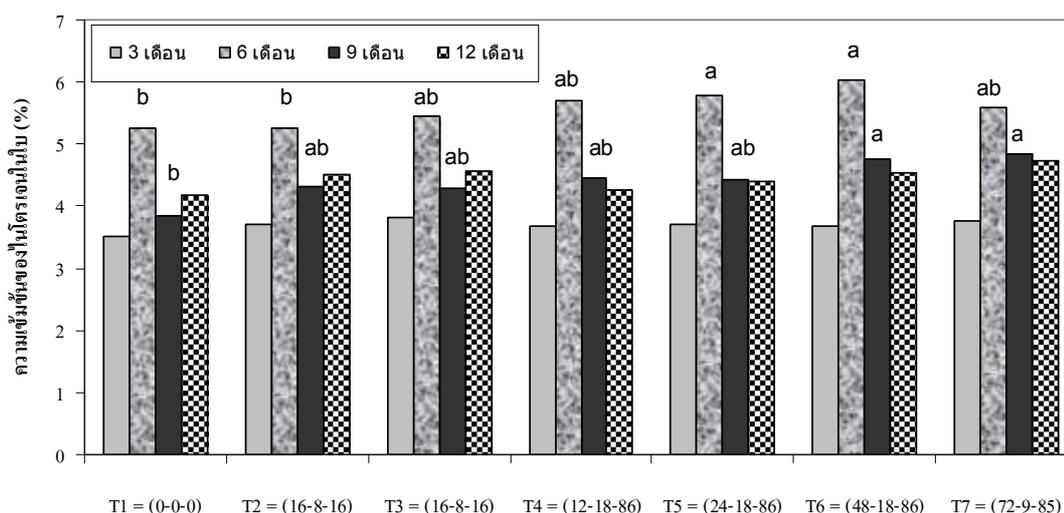
3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจนในใบ และผลผลิตหัวสด

3.1 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 3 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 12 และตารางผนวกที่ 3) โดยแต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบระหว่าง 3.51 – 3.81 และ 4.18-4.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 4 เปอร์เซ็นต์) และระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (Howeler, 1996; Reuter, 1997) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยทุกตำรับทดลองให้ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบสูงขึ้นซึ่งอยู่ระหว่าง 5.25 - 6.02 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับเพียงพอ (5.1-5.8 เปอร์เซ็นต์) ถึงสูง (> 5.8 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) สำหรับการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 9 เดือนหลังปลูก มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 4.32-4.84 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับขาดแคลน (Howeler, 1996) ส่วนตำรับควบคุมมีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบเพียง 3.85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (Howeler, 1996; Reuter, 1997)

อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3 เดือน (3.51 – 3.81 เปอร์เซ็นต์) มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของประวัตติ (2526) กล่าวคือ ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3 เดือนอยู่ในระดับขาดแคลนมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินที่ทำการทดลองมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในระดับต่ำมาก (ตารางที่ 1) ประกอบกับมันสำปะหลังในช่วงอายุ 15-90 วัน เป็นช่วงที่มีการพัฒนาใบและรากสะสมอาหาร จึงมีผลให้มันสำปะหลังต้องการใช้ในโตรเจนปริมาณมากเพื่อพัฒนาทั้งใบและรากสะสมอาหาร (Alves, 2002) ส่วนปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 6 เดือน มีค่าในระดับเพียงพอ นั้น อาจเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 (ระยะ 4 เดือน) มีส่วนเพิ่มปริมาณธาตุอาหารประกอบกับมันสำปะหลังในช่วงอายุ 90-180 วัน เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสูงสุด ส่วนที่ระยะ 9 และ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังมีแนวโน้มลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Barker and Pilbeam (2007) ที่อธิบายว่าในระยะ 3-6

เดือน ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบจะสูงกว่าในระยะอื่นๆ หลังจากนั้นจะเข้าสู่ระยะที่มีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตลงหัว และน้ำหนักแห้งที่ใช้สร้างโบจะมาสะสมที่ส่วนหัวสดมากที่สุด (Alves, 2002)



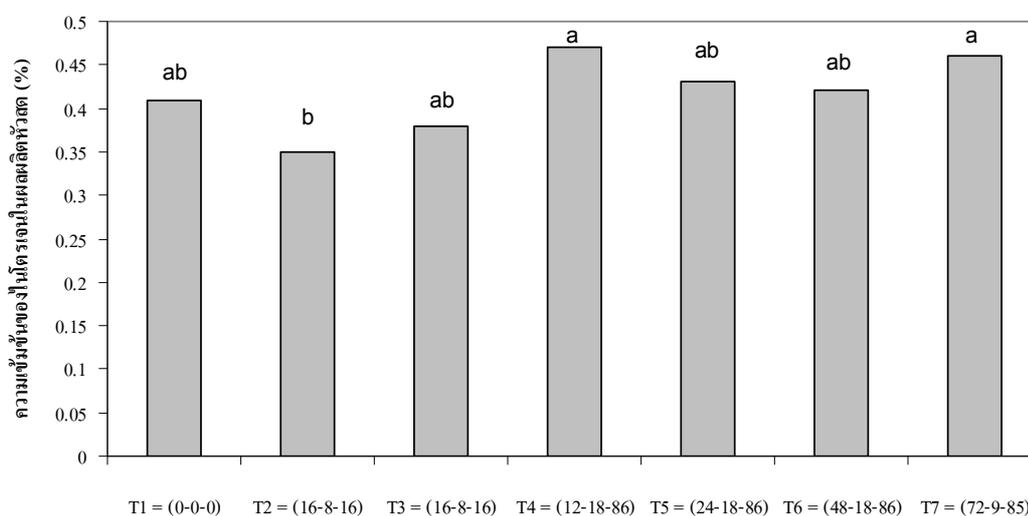
ภาพที่ 12 ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

3.2 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

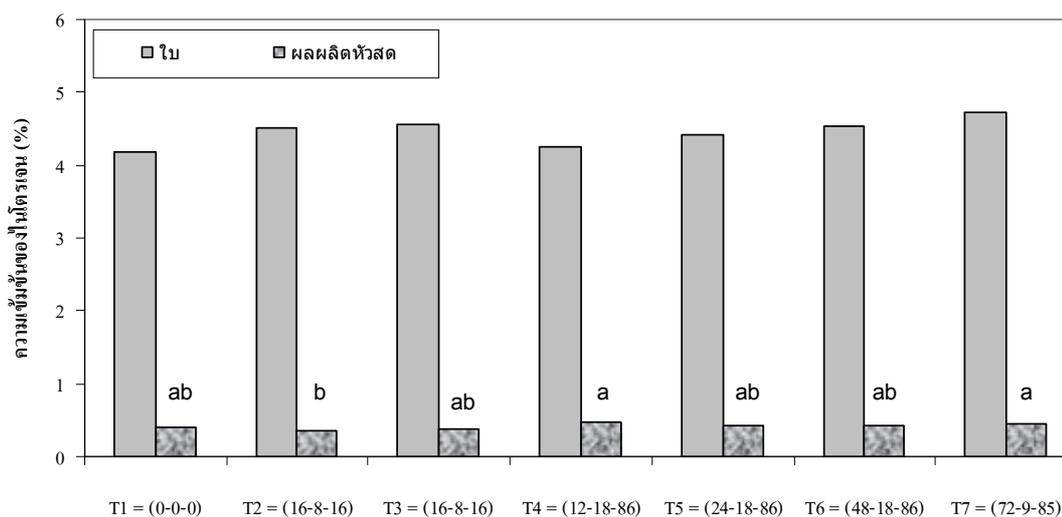
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 13 และตารางผนวกที่ 3) โดยได้รับการทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$) มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุดใกล้เคียงกับการทดลองที่ 5 (24-18-86) ขณะที่ได้รับการทดลองที่ 2 (16-8-16) มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด ใกล้เคียงกับการทดลองที่ 3 (16-8-16)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (4.18-4.56 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.35-0.47 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 14 และตารางผนวกที่ 3 ซึ่งผลการทดลองนี้

สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพและคณะ (2545) Barker and Pilbeam (2007) และอุทัยวรรณ (2552) ตามลำดับ



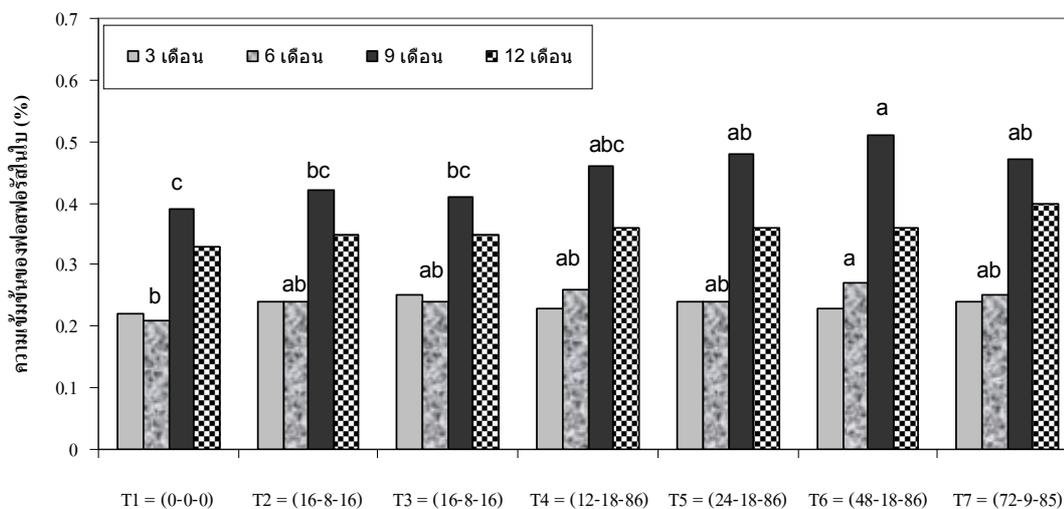
ภาพที่ 13 ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

3.3 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 15 และตารางผนวกที่ 3) โดยแต่ละตำรับการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.22-0.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 0.25 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังช่วงอายุ 3 – 4 เดือนที่จัดว่าเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก มีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยตำรับการทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$) และตำรับการทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับขาดแคลน (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับการทดลองอื่นๆ มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 0.25 เปอร์เซ็นต์) สำหรับที่ระยะ 9 เดือนหลังปลูกพบว่า การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังสูงที่สุดและมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยแต่ละตำรับการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.39-0.51 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) โดยความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระดับนี้ จะส่งเสริมการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตมาสะสมที่หัวสด อีกทั้งน้ำหนักแห้งที่ใช้สร้างใบจะมาสะสมที่ส่วนของหัวสดมากที่สุดด้วย (Alves, 2002) ขณะที่ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกตำรับการทดลอง โดยมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระหว่าง 0.33-0.40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับต่ำ (0.36-0.38 เปอร์เซ็นต์) ตามเกณฑ์กำหนดของ Howeler (1996)

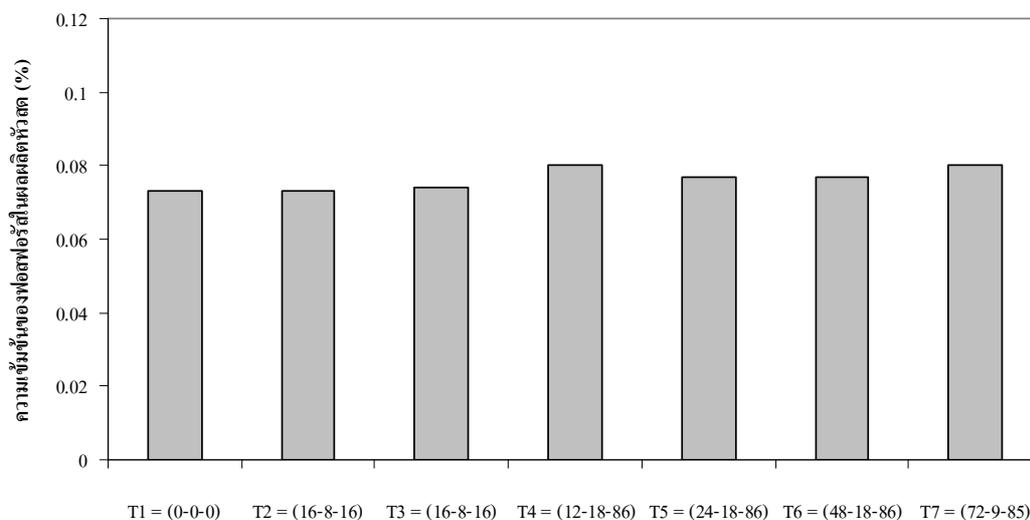


ภาพที่ 15 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

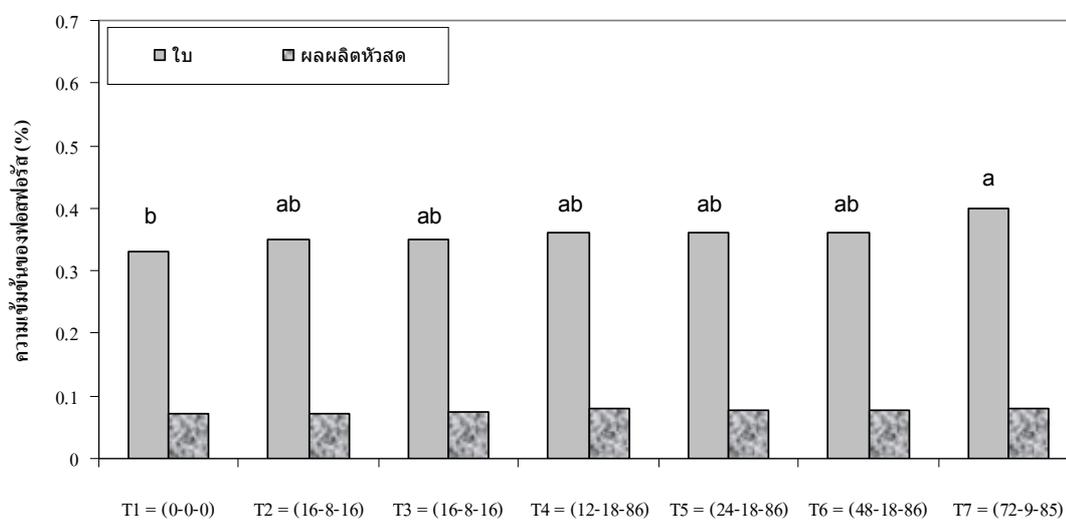
3.4 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 16 และตารางผนวกที่ 3) โดยทุกการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังระหว่าง 0.073-0.080 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบและส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.33-0.40 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.07- 0.80 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 17 และตารางผนวกที่ 3 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพและคณะ (2545) Barker and Pilbeam (2007) และ อุทัยวรรณ (2552) ตามลำดับ



ภาพที่ 16 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



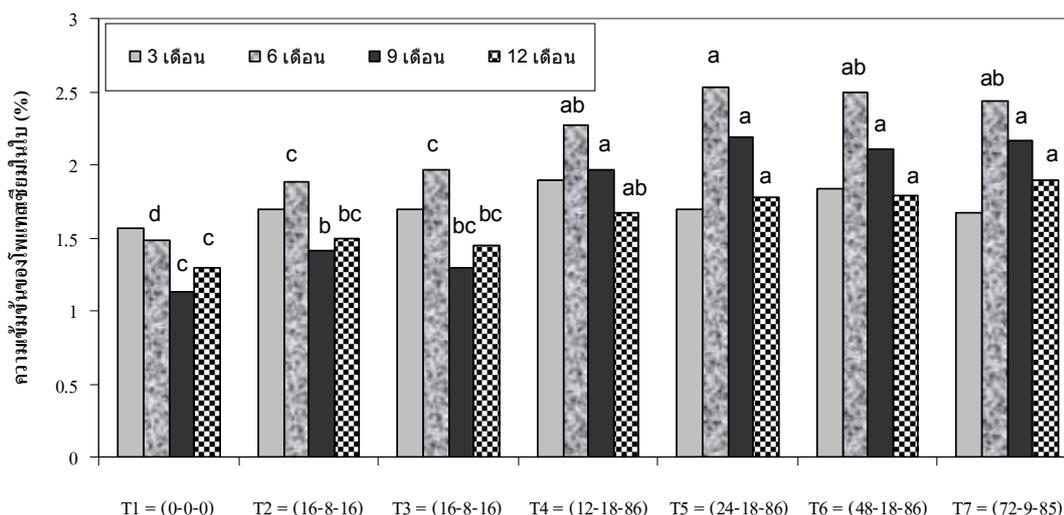
ภาพที่ 17 เปรียบเทียบปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

3.5 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 18 และตารางผนวกที่ 3) โดยแต่ละตำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังระหว่าง 1.57-1.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3-4 เดือน (Howeler, 1996) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยทุกตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบเพิ่มขึ้นระหว่าง 1.88 - 2.53 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) ส่วนตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบลดลง แต่ถือว่าอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) สำหรับที่ระยะ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยทุกตำรับทดลองมีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบลดลงระหว่าง 1.13-2.19 เปอร์เซ็นต์ โดยถือว่าอยู่ในระดับสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) สำหรับตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$), 6 ($T_6 = 48-18-86$), 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 5 ($T_5 = 24-18-86$) ถือว่าอยู่ในระดับต่ำ (1.26-1.42 เปอร์เซ็นต์) สำหรับตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) และ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (0.85-1.26 เปอร์เซ็นต์) สำหรับตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) ส่วนที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบอยู่ในระดับต่ำ (1.26-1.42 เปอร์เซ็นต์)

จากผลการทดลอง พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3 เดือน มีค่าระหว่าง 1.57- 1.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอ ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังในช่วงอายุ 15-90 วัน เป็นช่วงที่มีการเริ่มพัฒนาใบและรากสะสมอาหาร (Alves, 2002) พืชจึงมีการใช้ธาตุไนโตรเจนสูงกว่าธาตุโพแทสเซียมเพื่อพัฒนาใบ จึงเป็นผลให้มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบค่อนข้างสูง นอกจากนี้ ทิศทางการใช้ธาตุโพแทสเซียมที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก ยังคงน้อยกว่าการใช้ธาตุไนโตรเจน เพราะมันสำปะหลังในช่วงอายุ 90-180 วันเป็น

ช่วงที่มีการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบสูงสุด จึงส่งผลให้ค่ารับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีการสะสมของธาตุโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูง สอดคล้องรายงานวิจัยของ Fageria (1997)



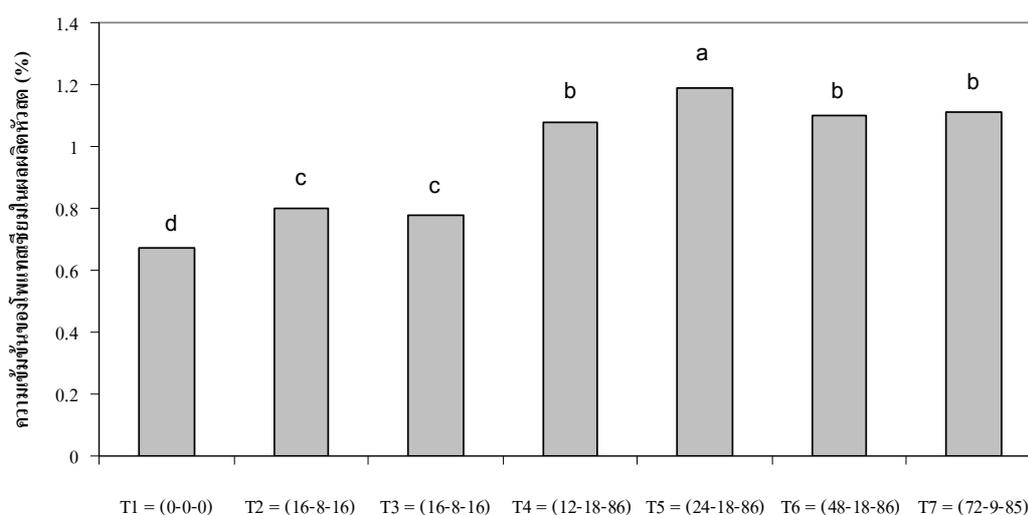
ภาพที่ 18 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

3.6 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

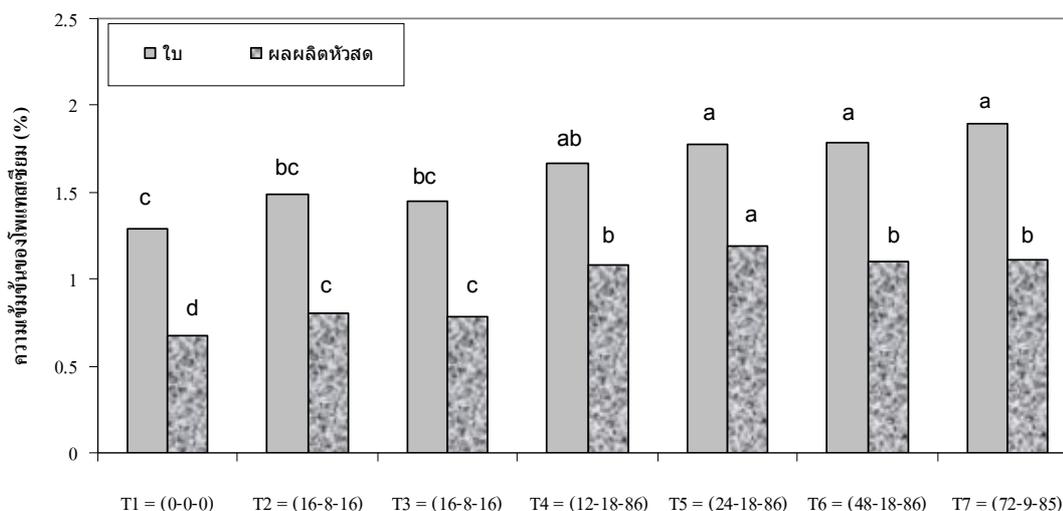
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 19 และ ตารางผนวกที่ 3) กล่าวคือ ค่ารับทดลองที่ 5 ($T_5 = 24-18-86$) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (1.19 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ ค่ารับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$), 6 ($T_6 = 48-18-86$) และ 4 ($T_4 = 12-18-86$) ตามลำดับ โดยทั้ง 4 ค่ารับทดลองที่กล่าวมาข้างต้น มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงกว่าค่ารับทดลองที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) และตามค่าวิเคราะห์ดิน ($T_3 = 16-8-16$) ขณะที่ค่ารับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังต่ำที่สุด (0.67 เปอร์เซ็นต์)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ภาพที่ 20 และตารางผนวกที่ 3) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุ โพแทสเซียมมีการสะสมที่ใบมันสำปะหลังมากที่สุด (1.29-1.89 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมใน ส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.67-1.19 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545) Barker and Pilbeam (2007) และอุทัยวรรณ (2552) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดของมัน สำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ใบมันสำปะหลังมีการสะสมของธาตุไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุโพแทสเซียมและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ส่วนผลผลิตหัวสดมีการสะสมธาตุ โพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ซึ่งผลการ ทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Howeler and Cadavid (1983)



ภาพที่ 19 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)



ภาพที่ 20 เปรียบเทียบปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง ที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

4. ผลการตอบสนองการใช้น้ำปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

4.1 ปุ๋ยไนโตรเจน

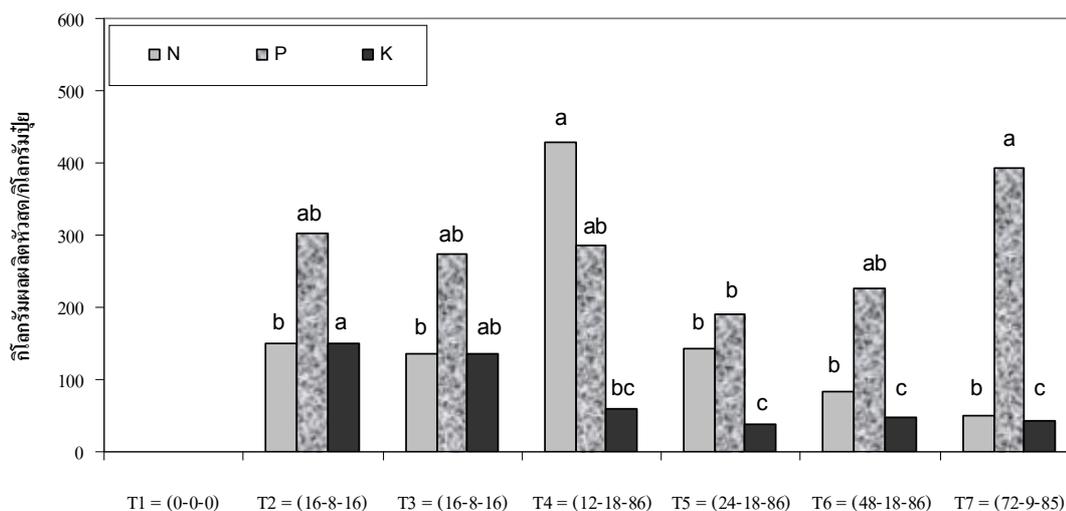
จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใช้น้ำปุ๋ยไนโตรเจนตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 7) โดยตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$) มีการตอบสนองต่อการใช้น้ำปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด (429.56 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้) โดยให้ผลผลิตหัวสด 12.52 ตัน/ไร่ ขณะที่ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$), 5 ($T_5 = 24-18-86$), 3 ($T_3 = 16-8-16$), 6 ($T_6 = 48-18-86$) และ 7 ($T_7 = 72-9-86$) มีการตอบสนองต่อการใช้น้ำปุ๋ยไนโตรเจนใกล้เคียงกัน คือ 150.78, 142.75, 136.72, 84.42 และ 49.20 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 9.77, 10.81, 9.55, 11.41, และ 10.90 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 2)

4.2 ปุ๋ยฟอสฟอรัส

จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 7) โดยตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากที่สุด (393.60 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้) โดยให้ผลผลิตหัวสด 10.90 ตัน/ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$), 4 ($T_4 = 12-18-86$), 3 ($T_3 = 16-8-16$) และ 6 ($T_6 = 48-18-86$) โดยมีค่าการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเท่ากับ 301.56, 286.34, 273.44 และ 225.12 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 9.77, 12.52, 9.55, และ 11.41 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 2) โดย Howeler and Cadavid (1990) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ดี ในสภาพดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำ

4.3 ปุ๋ยโพแทสเซียม

จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 21 และตารางผนวกที่ 7) โดยตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากที่สุด (150.78 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้) ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 9.77 ตัน/ไร่ ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี ($T_3 = 16-8-16$) ที่มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม 136.72 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ โดยให้ผลผลิตหัวสด 9.55 ตัน/ไร่ (ตารางผนวกที่ 2) อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่าทั้ง 2 ตำรับทดลองมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากกว่าตำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 85-86 กิโลกรัม K_2O /ไร่



ภาพที่ 21 ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

5. สมบัติทางเคมีของชุดดินฝั่งแดงหลังการทดลอง(ปลายฤดูฝน)

เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาสมบัติทางเคมีของชุดดินฝั่งแดงภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง (ปลายฤดูฝน) พบว่า ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในระดับกรดจัด (pH 5.11-5.32) แต่ช่วง pH ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (ชาญและ โชติ, 2537) ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มอยู่ในระดับไม่เค็ม (0.19-0.40 dS/m) นั่นคือไม่มีผลกระทบหรือเป็นพิษต่อพืช (พิชิต, 2549) ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก (0.28-0.36 เปอร์เซ็นต์) จึงควรให้ความสำคัญกับการเติมสารอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ หรือเศษซากพืชเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินในระยะยาว (คณาจารย์ ภาควิชาพืชวิทยา, 2548) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก (1.23-2.18 mg/kg) และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมาก (19.34-28.36 mg/kg) ถึงต่ำ (33.52-34.77 mg/kg)

ตารางที่ 5 สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินฝั่งแดงภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง
พันธุ์ห้วยบง 60 (ปลายฤดูฝน)

คำรับการ ทดลอง	pH (1:1)	EC _e (dS/m)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
T ₁ = (0-0-0)	5.32	0.19	0.30	1.23	19.34
T ₂ = (16-8-16)	5.22	0.25	0.28	1.48	23.19
T ₃ = (16-8-16)	5.21	0.26	0.28	1.31	19.95
T ₄ = (12-18-86)	5.22	0.31	0.36	2.18	28.36
T ₅ = (24-18-86)	5.20	0.27	0.31	1.62	34.77
T ₆ = (48-18-86)	5.25	0.29	0.25	1.37	33.52
T ₇ = (72-9-85)	5.11	0.40	0.35	1.63	27.07

การทดลองที่ 2 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม 2550-เมษายน 2551)

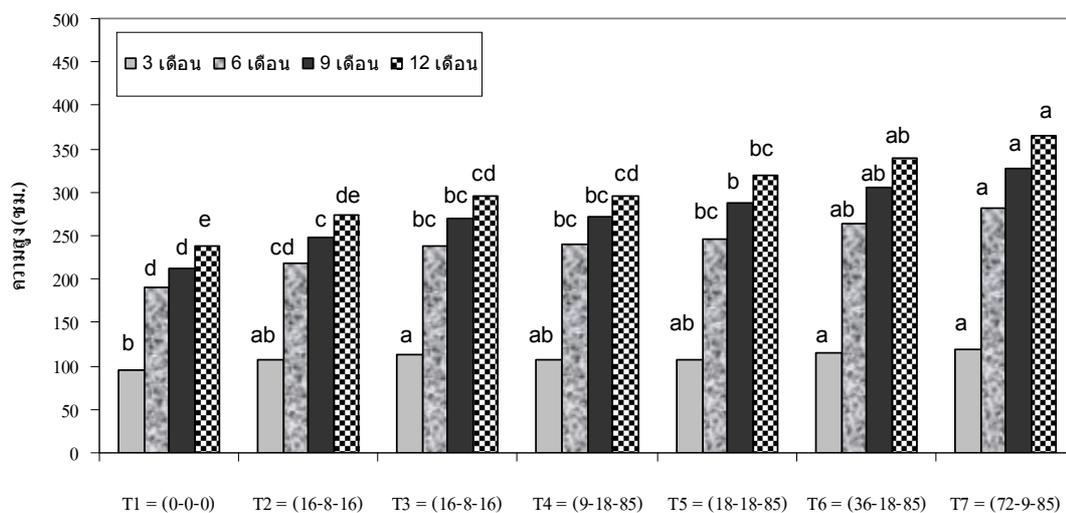
1. องค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต

1.1 ความสูงต้น

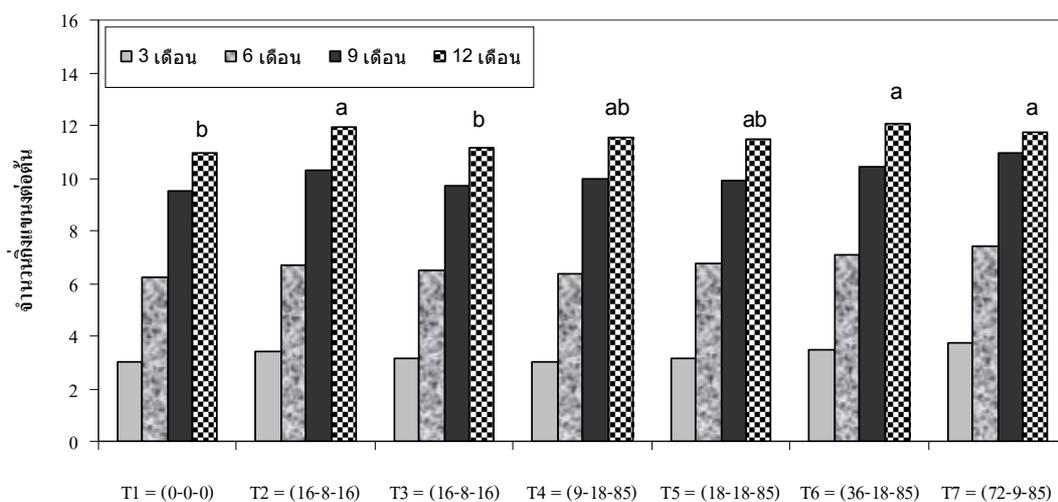
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 22 และตารางผนวกที่ 4) โดยได้รับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$), 5 ($T_5 = 18-18-85$), 4 ($T_4 = 9-18-85$) และ 3 ($T_3 = 16-8-16$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อความสูงของต้นมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกต่ำที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 6 ($T_6 = 36-18-85$) มีผลความสูงของต้นมันสำปะหลังมากกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่ำ ซึ่ง Alves (2002) กล่าวว่า ที่ระยะ 3-6 เดือนหลังปลูกเป็นระยะที่มันสำปะหลังมีการพัฒนาด้านลำต้นและใบมาก ดังนั้น การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงมีผลต่อการสร้างลำต้นและใบสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Cock (1975) และ Howeler (2002)

1.2 จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงของต้นมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 23 และตารางผนวกที่ 4) โดยได้รับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) มีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากที่สุด ใกล้เคียงกับ ดำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) ตามลำดับ ในขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นน้อยที่สุด



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



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

1.3 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดิน

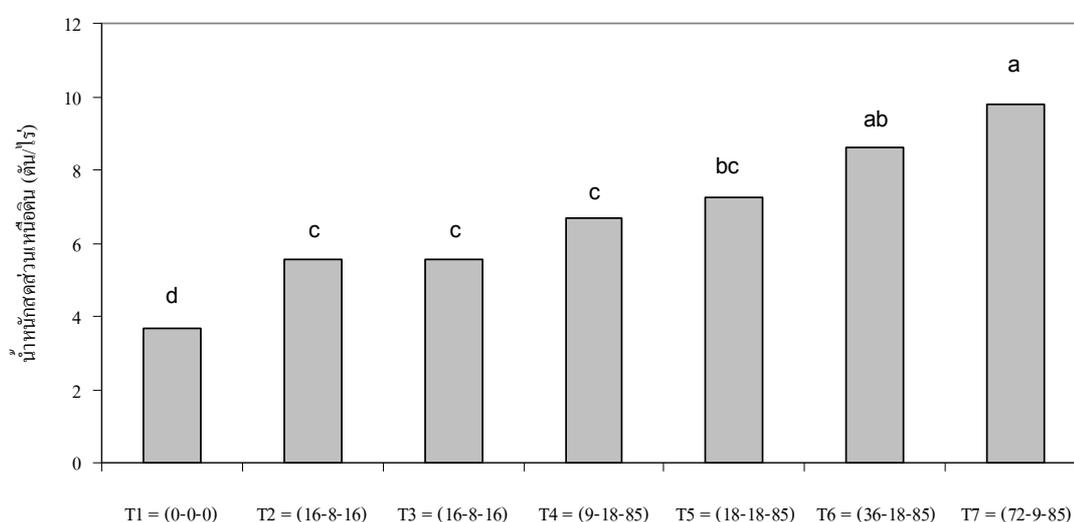
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 24 และตารางผนวกที่ 4) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (9.80 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) และ 5 ($T_5 = 18-18-85$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกต่ำที่สุด (3.68 ตัน/ไร่) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าดำรับทดลองที่ 7, 6 และ 5 มีผลต่อน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังมากกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) และตามค่าวิเคราะห์ดิน ($T_3 = 16-8-16$) ซึ่งให้ผลการทดลองในแนวเดียวกับการทดลองที่ 1 (ปลายฤดูฝน) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราสูงมีผลต่อการเจริญเติบโตของลำต้น และจำนวนใบมากขึ้น (Brady and Weil, 2008) ส่วนการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราสูง จะมีส่วนให้น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินสูงกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่ำ หรือการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีเลย ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของปิยะ (2536) และ Sangkhasila *et al.* (2009) ที่พบว่า การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักสดส่วนเนื้อดินจะสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่ใส่

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

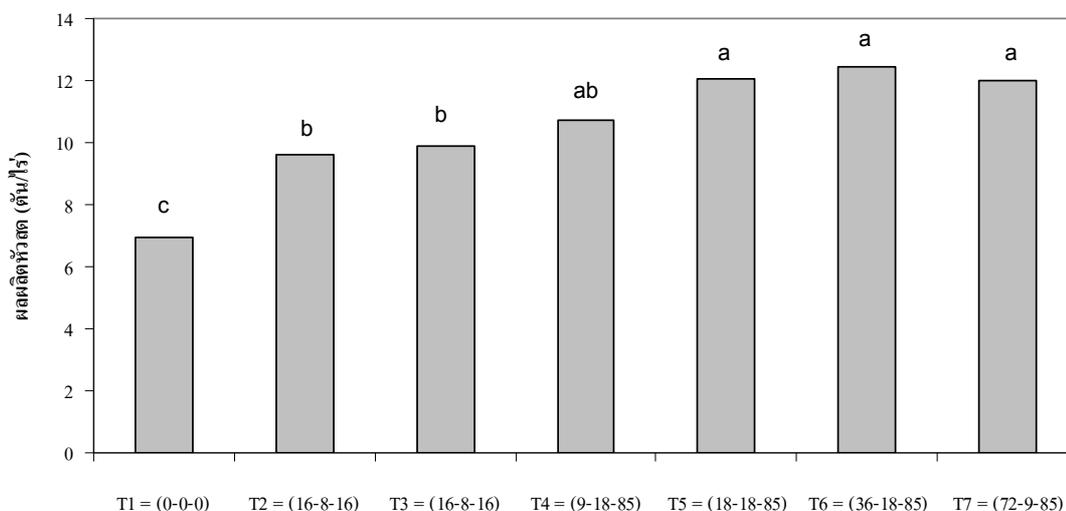
2.1 ผลผลิตหัวสด

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูก มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 25 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) มีผลต่อผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (12.42 ตัน/ไร่) ใกล้เคียงกับ ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$), 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 4 ($T_4 = 9-18-85$) ตามลำดับ ส่วนดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังต่ำที่สุด (6.97 ตัน/ไร่) ซึ่งผลผลิตหัวสดดังกล่าวสูงกว่าค่าเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศ (3.78 ตัน/ไร่) เหตุผลที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่แปลงก่อนการทดลองมีสภาพเป็นทุ่งหญ้า และมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชและมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง ซึ่ง

สอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างในดิน อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าคาร์บอนที่ลดลงที่มีการใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราสูงไม่ได้มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังสูงเสมอไป ซึ่งสอดคล้องกับ Sangkhasila *et al.* (2009) ที่รายงานว่าผลผลิตหัวสดจะลดลงเมื่อใส่ปุ๋ยในโตรเจนในอัตราที่มากกว่า 250 กิโลกรัม/เฮกตาร์ (40 กิโลกรัม/ไร่) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมว่ามีเพียงพอต่อความต้องการของพืชสำหรับการยกระดับผลผลิตให้สูงขึ้นหรือไม่ ซึ่งในการทดลองนี้คาดว่า การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในอัตรา 18 และ 86 กิโลกรัม P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ น่าจะเพียงพอสำหรับการเพิ่มผลผลิตหัวสดให้มากกว่า 10 ตัน/ไร่



ภาพที่ 24 น้ำหนักสดส่วนเนื้อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



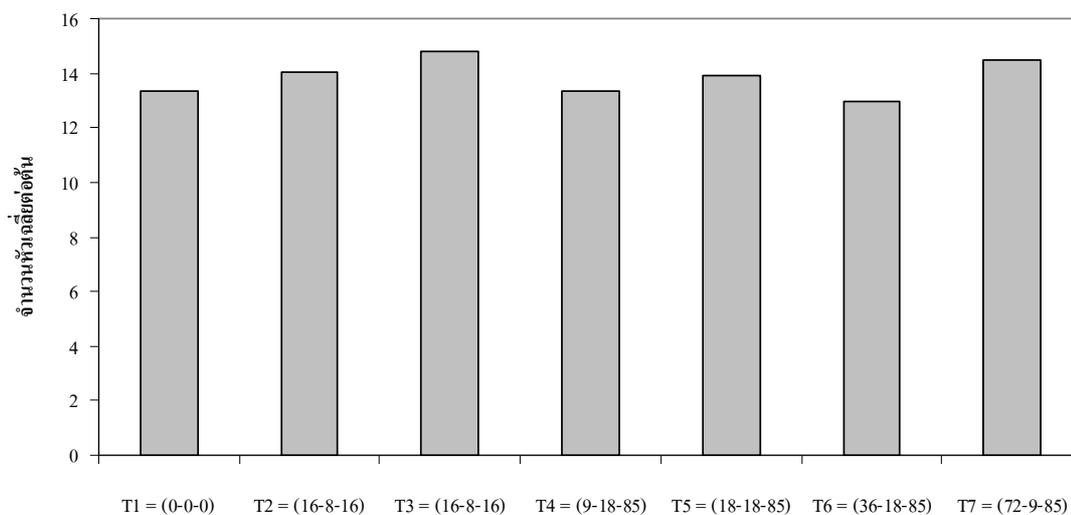
ภาพที่ 25 ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.2 จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น

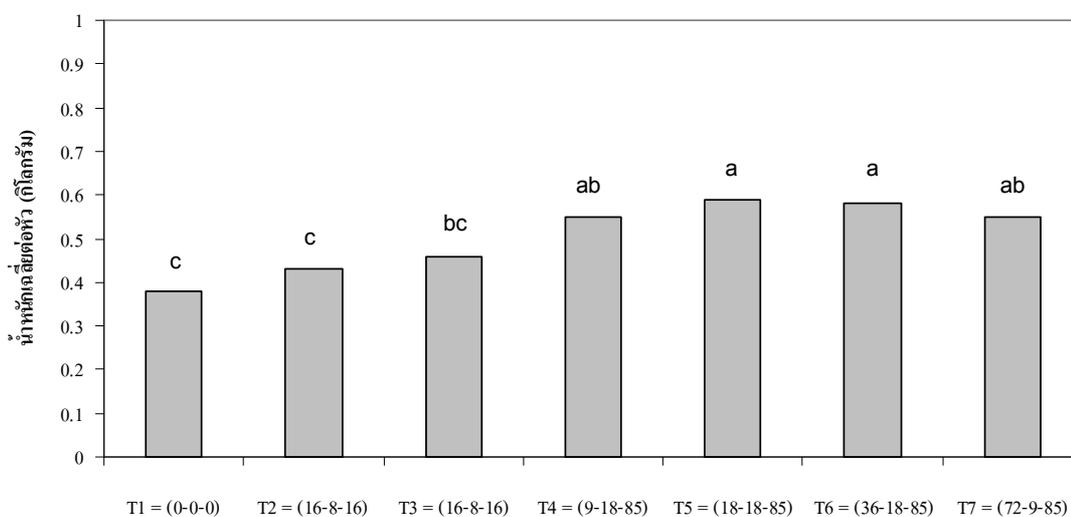
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ไม่มีผลทำให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 26 และตารางผนวกที่ 5) โดยมีจำนวนหัวเฉลี่ยระหว่าง 12.94 – 14.78 หัวต่อต้น

2.3 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือนหลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 27 และตารางผนวกที่ 5) โดยตำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.59 กก./หัว) รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$), 4 ($T_4 = 9-18-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) ซึ่งให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวเท่ากับ 0.58, 0.55, และ 0.55 กก./หัว ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังต่ำที่สุด (0.38 กก./หัว) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และ 3 ($T_3 = 16-8-16$) ตามลำดับ



ภาพที่ 26 จำนวนหัวเหี้ยต่อต๋นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



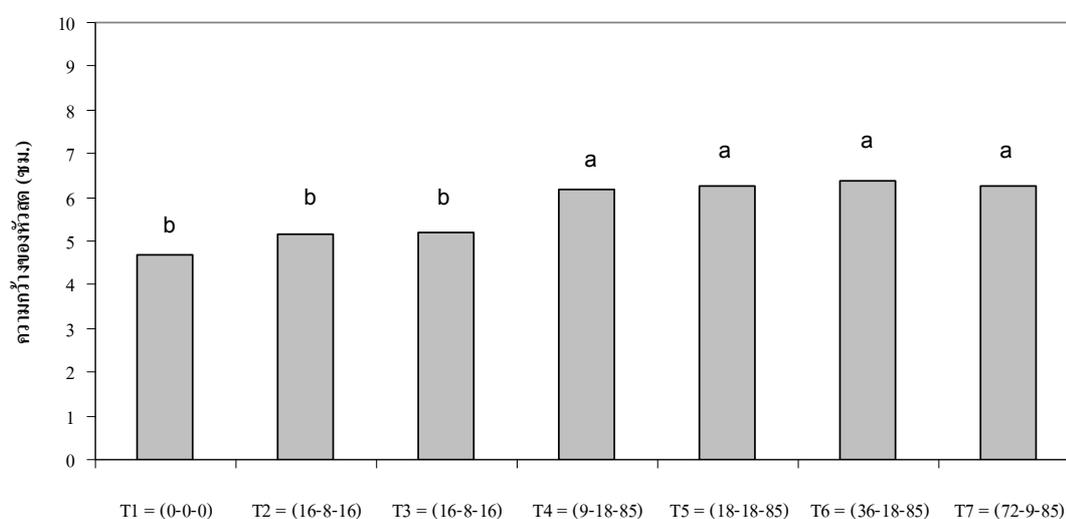
ภาพที่ 27 น้ำหนักเหี้ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.4 ความกว้างของหัว

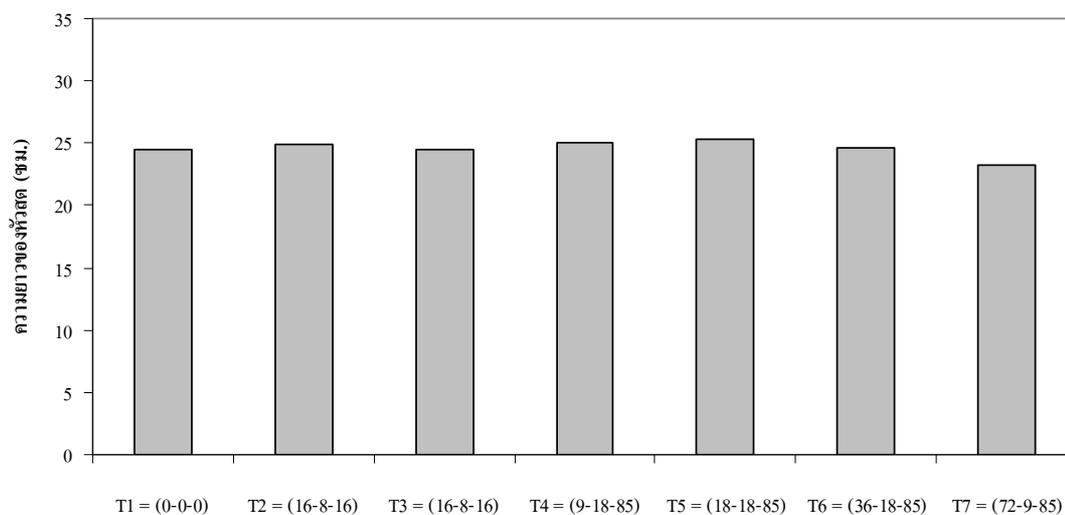
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน หลังปลูกมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 28 และตารางผนวกที่ 5) โดยตำรับ ทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังมากที่สุด (6.36 เซนติเมตร) ใกล้เคียงกับ ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$), 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 4 ($T_4 = 9-18-85$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความกว้างของหัวมันสำปะหลังต่ำที่สุด (4.70 ซม.)

2.5 ความยาวของหัว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ และตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ความยาวของ หัวมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีความยาวของหัวมันสำปะหลังเฉลี่ยในช่วง 23.27-25.30 เซนติเมตร (ภาพที่ 29 และตารางผนวกที่ 5)



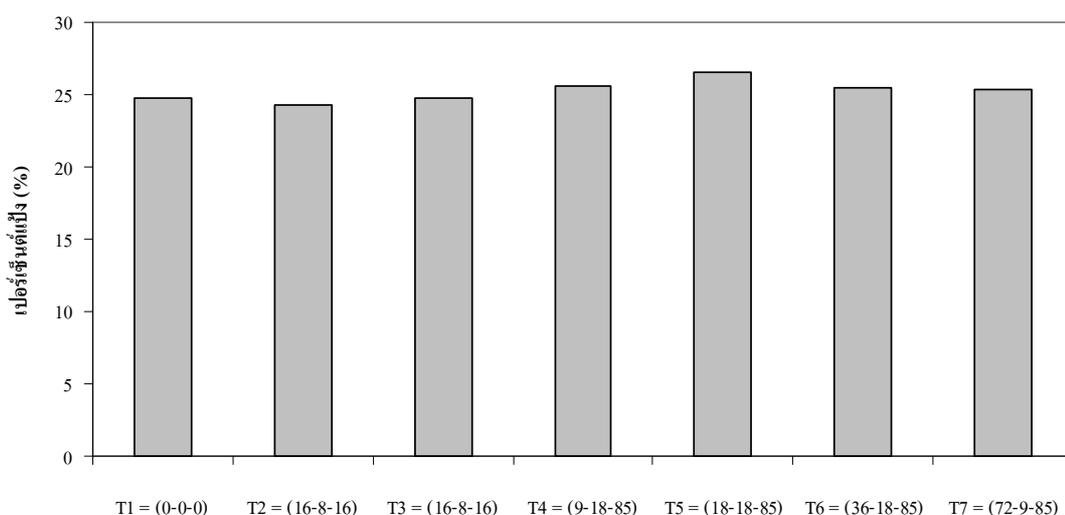
ภาพที่ 28 ความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 29 ความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.6 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด

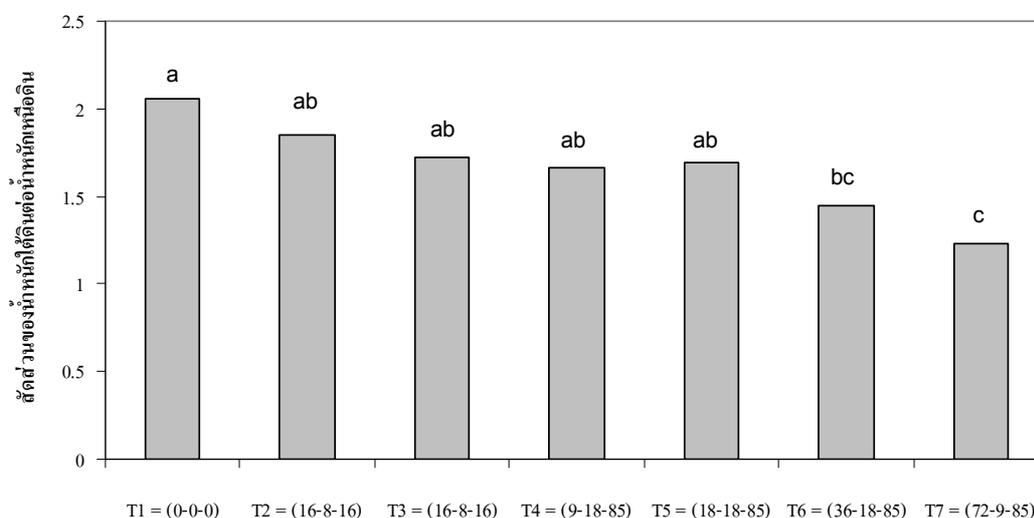
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ และดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อเปอร์เซ็นต์แป้งของผลผลิตหัวสดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 30 และตารางผนวกที่ 5) โดยมีเปอร์เซ็นต์แป้งในช่วง 24.32-26.57 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 30 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.7 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนื่อดิน

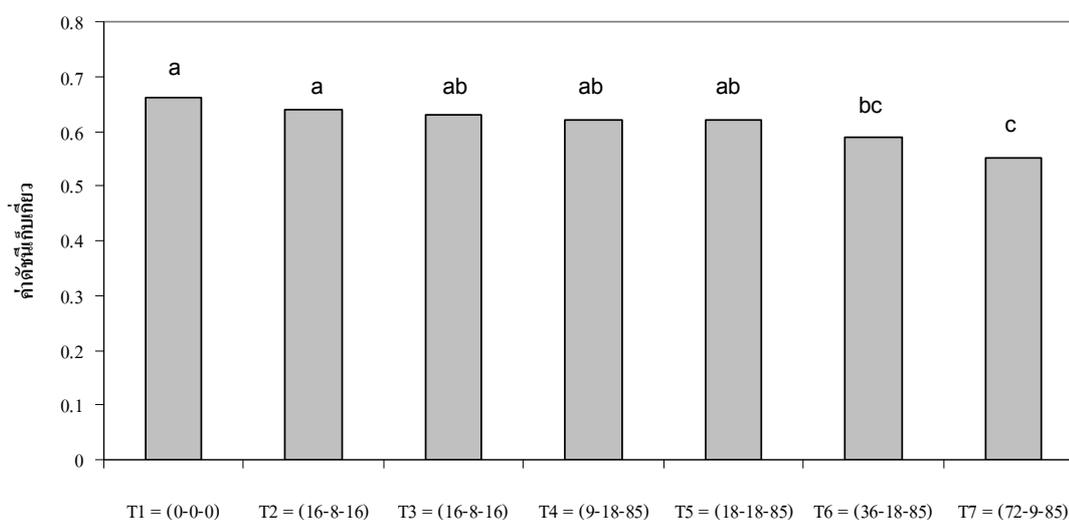
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนื่อดินของมันสำปะหลัง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 31 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนื่อดินมากที่สุด (2.06) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$), 3 ($T_3 = 16-8-16$), 5 ($T_5 = 18-18-85$) และ 4 ($T_4 = 9-18-85$) ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนื่อดินต่ำที่สุด (1.23) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) ส่วนเหตุผลที่ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนื่อดินมากที่สุด อธิบายได้ว่าการที่มันสำปะหลังได้รับปริมาณธาตุอาหารที่ต่ำหรือไม่ได้รับธาตุอาหารเลย จะมีผลให้การสร้างส่วนเหนื่อดินน้อย ขณะเดียวกันจะมีการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตไปสะสมที่หัวสดมากกว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของกอบเกียรติและคณะ (2552) ที่รายงานว่า การปลูกมันสำปะหลังที่มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มผลผลิตหัวสด (sink) โดยไม่ใส่ปุ๋ยเพื่อบำรุงต้นและใบ (source) ให้มีทรงพุ่มที่สมดุล อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินที่ปลูกมันสำปะหลังเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 31 สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนื่อดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

2.8 ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว

ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวมีแนวโน้มให้ผลในทิศทางเดียวกับค่าสัดส่วนของน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน โดยการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะเวลา 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 32 และตารางผนวกที่ 5) กล่าวคือ ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงที่สุด (0.66) ใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$), 3 ($T_3 = 16-8-16$), 4 ($T_4 = 9-18-85$) และ 5 ($T_5 = 18-18-85$) ตามลำดับ ที่เป็นเช่นนี้อาจเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของชุดดินฝั่งแดงที่ต่ำ (ตารางที่ 1) จึงมีผลให้มีการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังส่วนเหนือดินน้อย แต่การเคลื่อนย้ายแป้งไปสะสมที่หัวสดมีมากขึ้น ส่วนตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตราสูง มีผลทำให้มีการเจริญเติบโตส่วนเหนือดินมาก แต่การเคลื่อนย้ายแป้งไปสะสมที่หัวสดมีน้อยลง ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานวิจัยของปียะ (2536) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ในอัตราสูง มีส่วนช่วยเพิ่มน้ำหนักต้นสดจนถึงวันที่เก็บเกี่ยวในสัดส่วนที่สูงกว่าการเพิ่มน้ำหนักผลผลิตหัวสด

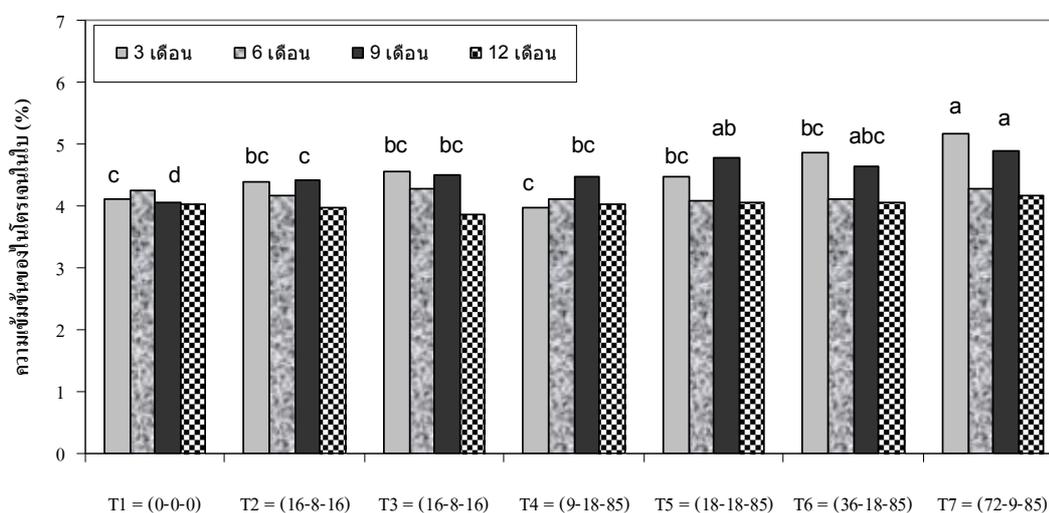


ภาพที่ 32 ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3. ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโบ และผลผลิตหัวสด

3.1 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนไนโบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 6 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 33 และตารางผนวกที่ 6) โดยแต่ละคำรับทดลองมีค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบระหว่าง 4.09 – 4.29 และ 3.87-4.18 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) และระดับขาดแคลนมาก (< 4.0 เปอร์เซ็นต์) ถึงระดับขาดแคลน (4.1-4.8 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ (Howeler, 1996; Reuter, 1997) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 3 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ โดยคำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 9-18-85$) ให้ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบ 3.97 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลนมาก (< 4.0 เปอร์เซ็นต์) คำรับทดลองที่ 1 ($T_1 = 0-0-0$), 2 ($T_2 = 16-8-16$), 3 ($T_3 = 16-8-16$), 5 ($T_5 = 18-18-85$) และ 6 ($T_6 = 36-18-85$) ให้ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบในช่วง 4.10-4.86 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับขาดแคลน (4.10-4.80 เปอร์เซ็นต์) ถึงต่ำ (4.80-5.1 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996; Reuter, 1997) สำหรับการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 9 เดือนหลังปลูก มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยทุกคำรับทดลองมีผลให้ค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในใบระหว่าง 4.05-4.89 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับขาดแคลน (Howeler, 1996)

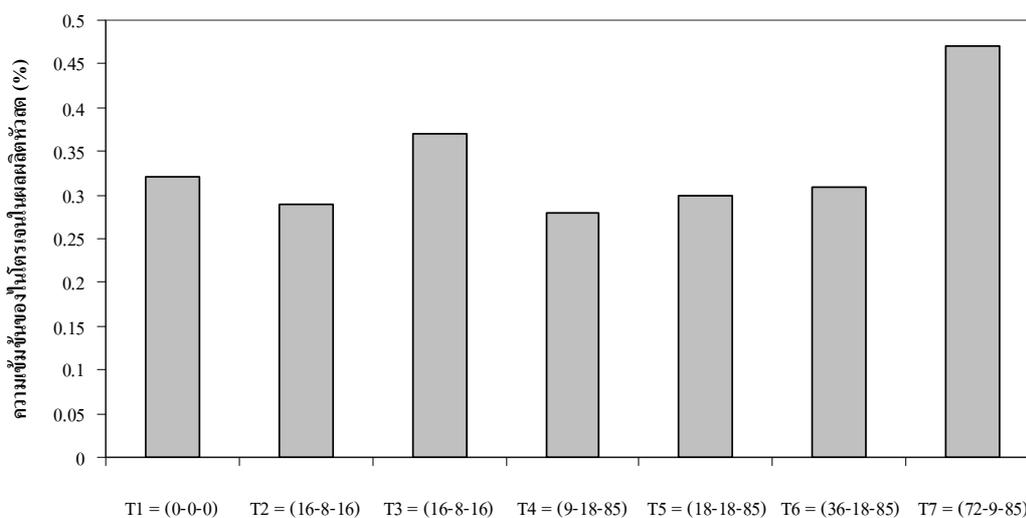


ภาพที่ 33 ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

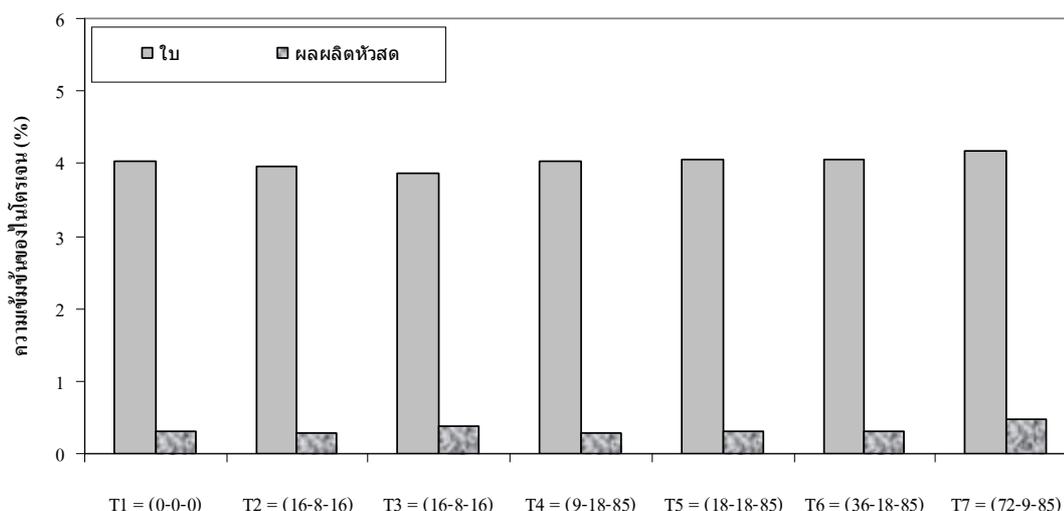
3.2 ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 34 และตารางผนวกที่ 6) โดยมีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนสะสมในผลผลิตหัวสดในช่วง 0.28-0.47 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของ มันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมีการสะสมที่ใบของ มันสำปะหลังมากที่สุด (3.87-4.18 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.28-0.47 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 35 และตารางผนวกที่ 6 ซึ่งผลการทดลองนี้ สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพและคณะ (2545) Barker and Pilbeam (2007) และอุทัยวรรณ (2552) ตามลำดับ



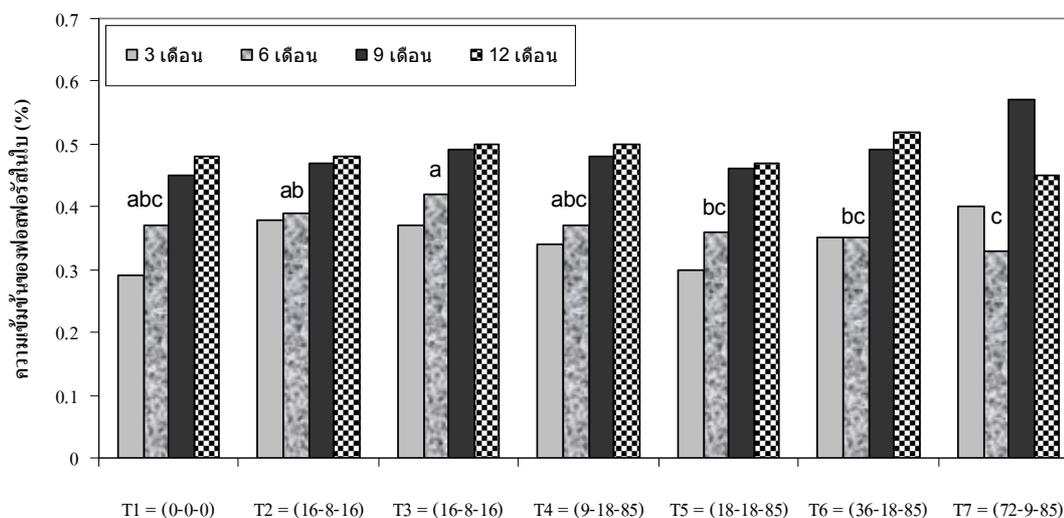
ภาพที่ 34 ปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 35 เปรียบเทียบปริมาณธาตุไนโตรเจนที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลัง ที่อายุ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3.3 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 3, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม่มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 36 และตารางผนวกที่ 6) โดยแต่ละตำรับการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับขาดแคลน (< 0.25 เปอร์เซ็นต์) ถึงต่ำ (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังช่วงอายุ 3 – 4 เดือนที่จัดว่าเพียงพอ (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 6 เดือนหลังปลูก มีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) และตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับขาดแคลน (0.25-0.36 เปอร์เซ็นต์) ส่วนตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 9-18-85$), 5 ($T_5 = 18-18-85$) และตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับต่ำ (0.36-0.38 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และ 3 ($T_3 = 16-8-16$) มีความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบอยู่ในระดับพอเพียง (0.38-0.50 เปอร์เซ็นต์) (Howeler, 1996) โดยความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบระดับนี้ จะส่งเสริมการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตมาสะสมที่หัวสด อีกทั้งน้ำหนักรากที่ใช้สร้างใบจะเหมาะสมที่ส่วนของหัวสดมากที่สุดด้วย (Alves, 2002)

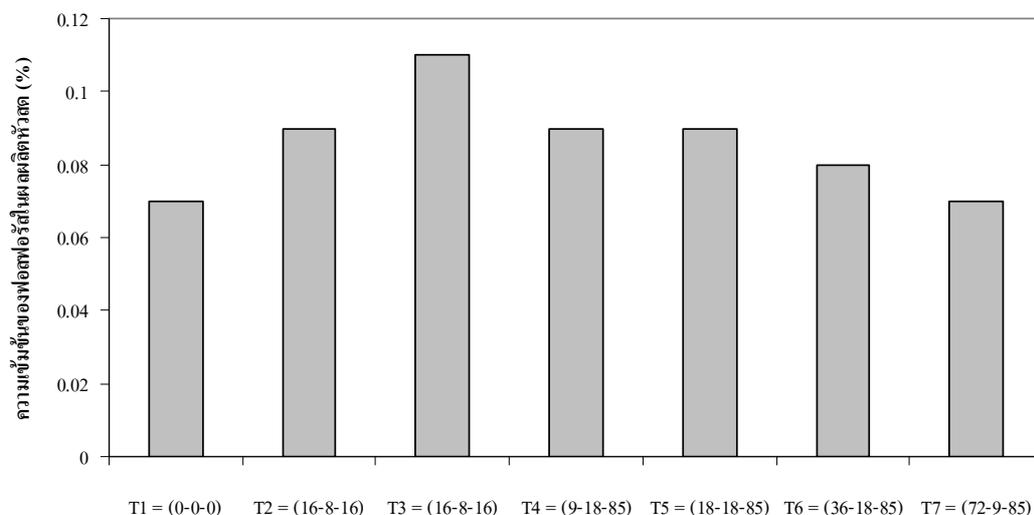


ภาพที่ 36 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

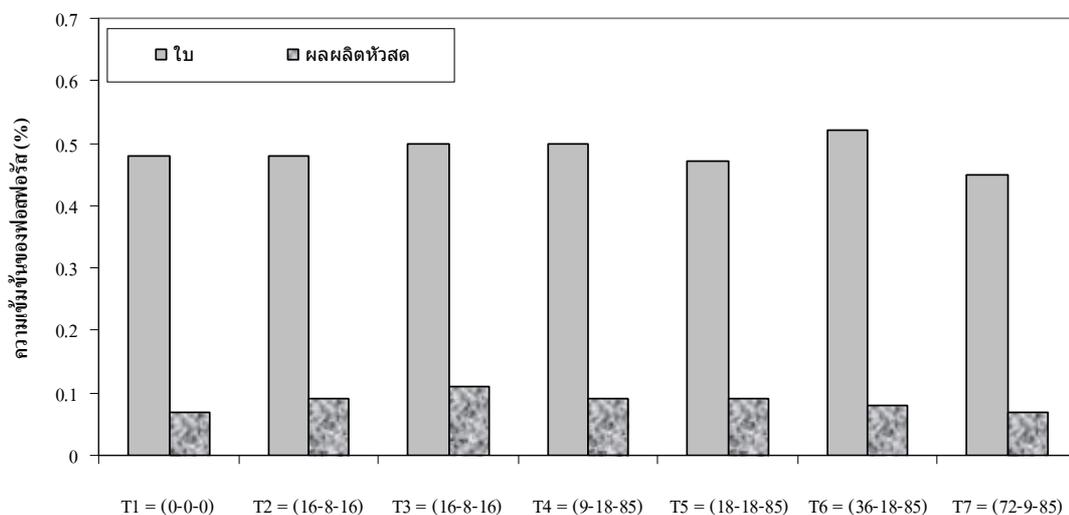
3.4 ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 37 และตารางผนวกที่ 6) โดยทุกการทดลองมีค่าความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังระหว่าง 0.07-0.11 เปอร์เซ็นต์

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบและส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมีการสะสมที่ใบของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.45-0.52 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.07- 0.11 เปอร์เซ็นต์) ดังแสดงไว้ในภาพที่ 38 และตารางผนวกที่ 6 ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพและคณะ (2545) Barker and Pilbeam (2007) และ อุทัยวรรณ (2552) ตามลำดับ



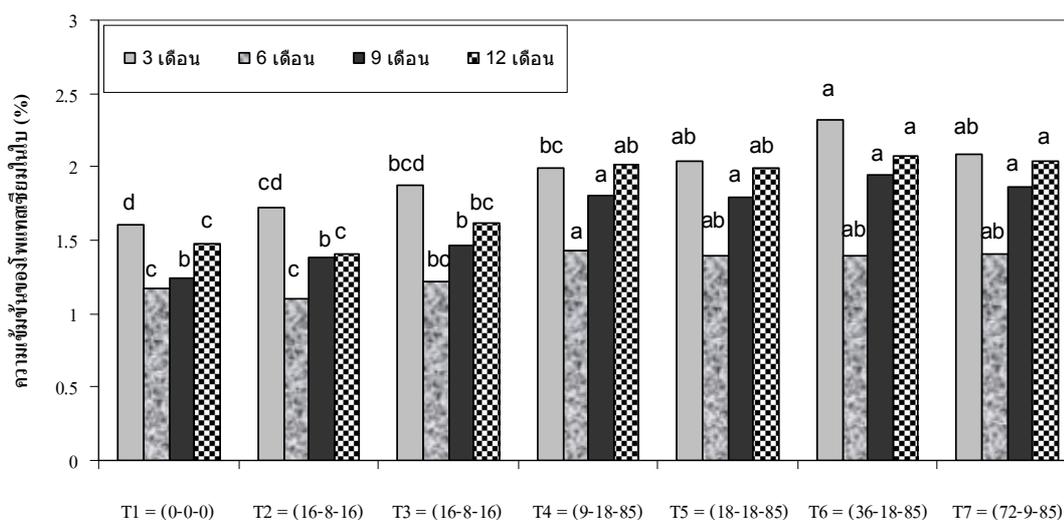
ภาพที่ 37 ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 38 เปรียบเทียบปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3.5 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลัง

ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังแตกต่างกันทางสถิติ (ภาพที่ 39 และตารางผนวกที่ 6) โดยปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3 เดือน มีค่าระหว่าง 1.61-2.32 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับเพียงพอ (1.42-1.88 เปอร์เซ็นต์) ถึงสูง (1.88-2.40 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เนื่องจากมันสำปะหลังในช่วงอายุ 15-90 วัน เป็นช่วงที่มีการเริ่มพัฒนาใบและรากสะสมอาหาร (Alves, 2002) พืชจึงมีการใช้ธาตุไนโตรเจนสูงกว่าธาตุโพแทสเซียมเพื่อพัฒนาใบ จึงเป็นผลให้มีความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบค่อนข้างสูง Fageria (1997) ส่วนการจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ที่ระยะ 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3 เดือน



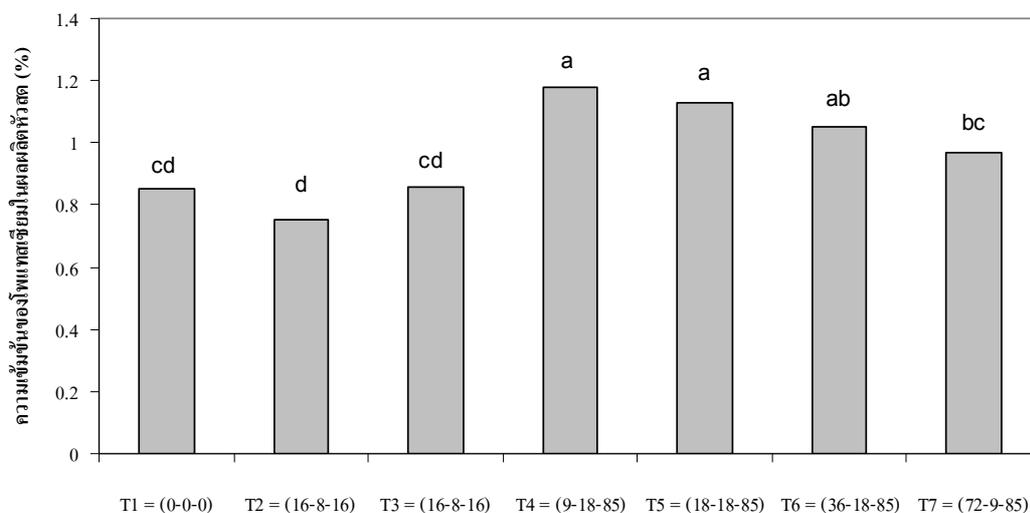
ภาพที่ 39 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบมันสำปะหลังที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

3.6 ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

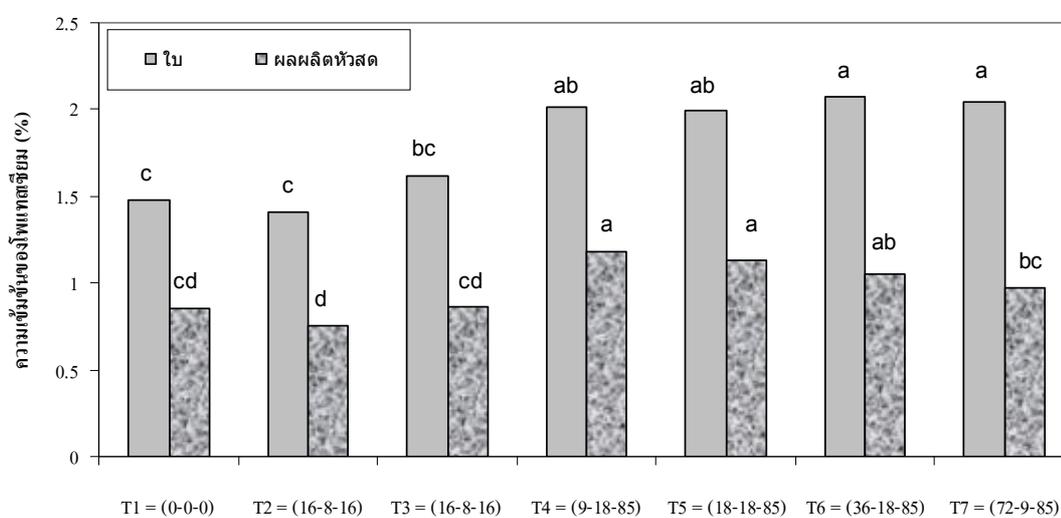
การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (ภาพที่ 40 และตารางผนวกที่ 6) กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 9-18-85$) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด (1.18 เปอร์เซ็นต์) รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$) และ 6 ($T_6 = 36-18-85$) ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ดำรับทดลองดังกล่าว มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงกว่าดำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) และตามค่าวิเคราะห์ดิน ($T_3 = 16-8-16$)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ภาพที่ 41 และตารางผนวกที่ 6) พบว่า ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมมีการสะสมที่ใบมันสำปะหลังมากที่สุด (1.41-2.07 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่มีการสะสมในส่วนของผลผลิตหัวสดน้อยกว่า (0.75-1.18 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของสมภพ และคณะ (2545) Barker and Pilbeam (2007) และอุทัยวรรณ (2552) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ใบมันสำปะหลังมีการสะสมของธาตุไนโตรเจนมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุโพแทสเซียมและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ส่วนผลผลิตหัวสดมีการสะสมธาตุโพแทสเซียมมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ Howeler and Cadavid (1983)



ภาพที่ 40 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 41 ปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในใบ และส่วนหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

4. ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

4.1 ปุ๋ยไนโตรเจน

จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงต้นฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนตามตำรับทดลอง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 42 และตารางผนวกที่ 8) โดยตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 9-18-85$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด (420.27 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้) โดยให้ผลผลิตหัวสด 10.75 ตัน/ไร่ รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$) และตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) ซึ่งใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และ 6 ($T_6 = 36-18-85$) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนต่ำที่สุด (69.25 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้) ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 11.98 ตัน/ไร่

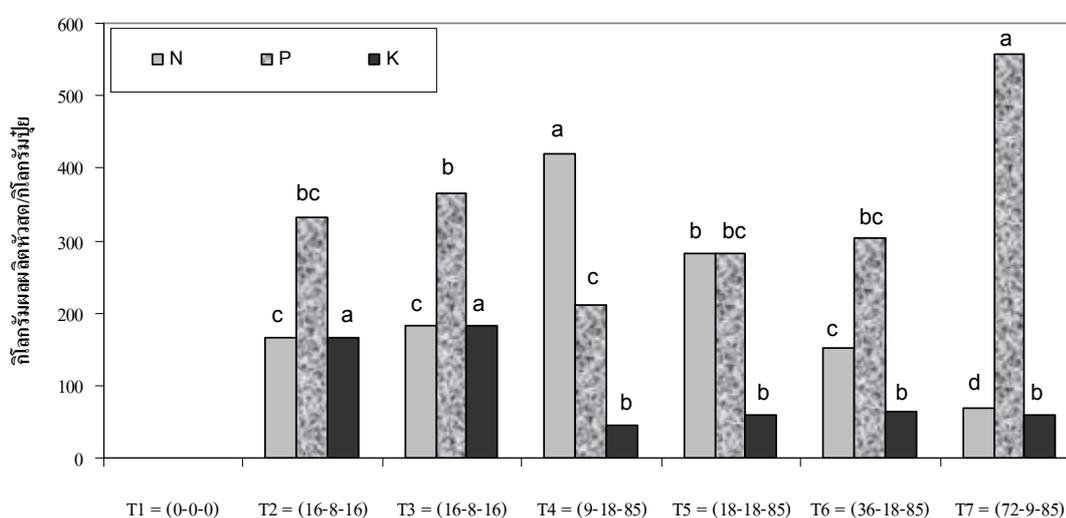
4.2 ปุ๋ยฟอสฟอรัส

จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงต้นฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 42 และตารางผนวกที่ 8) โดยตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากที่สุด (556.33 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้) โดยให้ผลผลิตหัวสด 11.98 ตัน/ไร่ รองลงมา คือ ตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) ซึ่งใกล้เคียงกับตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$), 6 ($T_6 = 36-18-85$), 5 ($T_5 = 18-18-85$) และ 4 ($T_4 = 9-18-85$) โดยมีค่าการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสเท่ากับ 366.25, 332.50, 302.73, 283.17 และ 210.14 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใช้ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 9.90, 9.63, 12.42, 12.07 และ 10.75 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 5) โดย Howeler and Cadavid (1990) รายงานว่า มันสำปะหลังมีการตอบสนองต่อปุ๋ยฟอสฟอรัสได้ดี ในสภาพดินที่มีปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำ

4.3 ปุ๋ยโพแทสเซียม

จากการทดลอง พบว่า มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงต้นฤดูฝน มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมตามตำรับทดลองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(ภาพที่ 42 และตารางผนวกที่ 8) โดยดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมี ($T_3 = 16-8-16$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากที่สุด (183.12 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้) ซึ่งให้ผลผลิตหัวสด 9.90 ตัน/ไร่ ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรตามลักษณะเนื้อดิน ($T_2 = 16-8-16$) ที่มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม 166.25 กิโลกรัมผลผลิตหัวสด/กิโลกรัมปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ โดยให้ผลผลิตหัวสด 9.63 ตัน/ไร่ (ตารางผนวกที่ 5) อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่าทั้ง 2 ดำรับทดลองมีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากกว่าดำรับทดลองที่ใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 85-86 กิโลกรัม K_2O /ไร่



ภาพที่ 42 ผลการตอบสนองการใส่ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

5. สมบัติทางเคมีของชุดดินฝั่งแดงหลังการทดลอง (ต้นฤดูฝน)

เมื่อใช้เกณฑ์การประเมินจาก FAO Project Staff and Land Classification Division (1973) มาพิจารณาสมบัติทางเคมีของชุดดินฝั่งแดงภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง (ต้นฤดูฝน) พบว่า ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินอยู่ในระดับกรดจัดมาก (pH 4.69-5.03) แต่ช่วง pH ดังกล่าวเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง (ชาญและโชติ, 2537) ค่าการนำไฟฟ้าหรือค่าความเค็มอยู่ในระดับไม่เค็ม (0.52-0.62 dS/m) นั่นคือไม่มีผลกระทบหรือเป็นพิษต่อพืช (พิจิต, 2549) ปริมาณ

อินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ (0.51-0.62 เปอร์เซ็นต์) จึงควรให้ความสำคัญกับการเติมสารอินทรีย์ เช่น มูลสัตว์ หรือเศษซากพืชเพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินในระยะยาว (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ (2.03-6.79 mg/kg) และ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับต่ำมาก (13.11-24.26 mg/kg)

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินฝั่งแดงภายหลังการปลูกมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 60 (ต้นฤดูฝน)

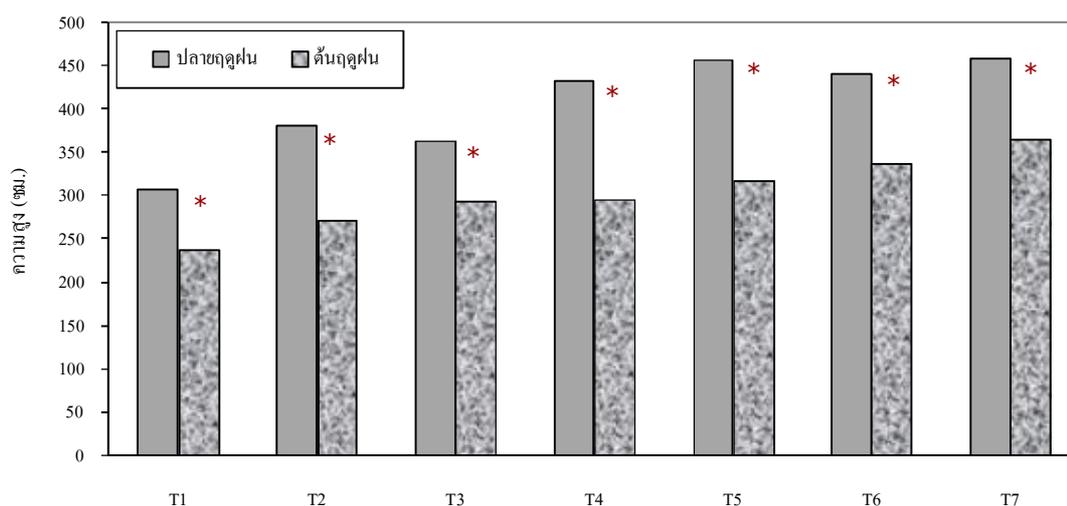
ตำรับการ ทดลอง	pH (1:1)	EC _e (dS/m)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
T ₁ = (0-0-0)	5.03	0.52	0.51	4.06	13.11
T ₂ = (16-8-16)	4.69	0.53	0.56	4.90	13.69
T ₃ = (16-8-16)	4.88	0.52	0.59	6.79	14.50
T ₄ = (9-18-85)	4.92	0.62	0.61	4.18	24.21
T ₅ = (18-18-85)	4.93	0.52	0.62	2.90	16.92
T ₆ = (36-18-85)	4.82	0.53	0.56	2.03	24.26
T ₇ = (72-9-85)	4.76	0.59	0.59	2.72	19.02

เปรียบเทียบการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน และต้นฤดูฝน

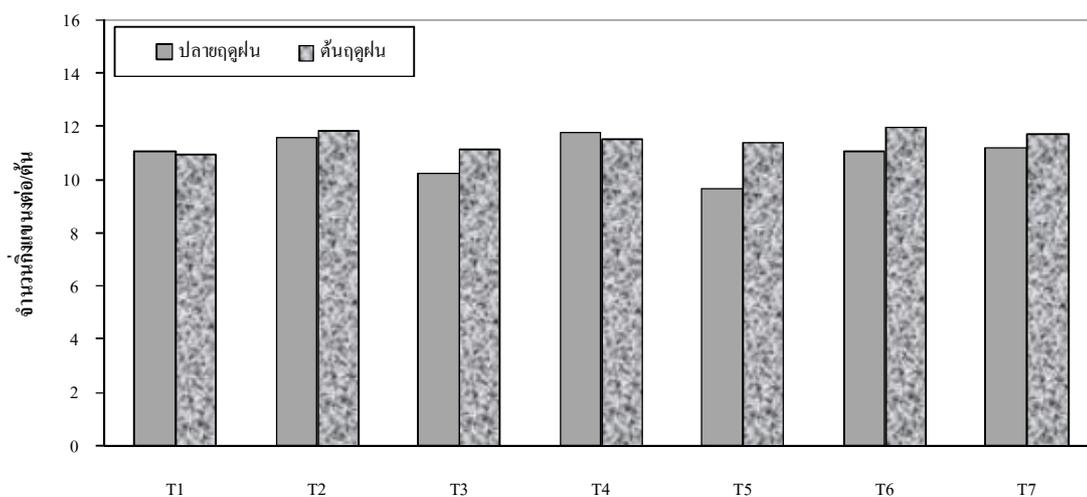
1. องค์ประกอบด้านการเจริญเติบโต

เมื่อเปรียบเทียบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝนที่ระยะ 12 เดือน พบว่า ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่าความสูงต้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน มีผลให้ค่าความสูงต้นมากกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (ภาพที่ 43 และตารางผนวกที่ 9) ขณะที่มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนมีผลให้จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยให้จำนวนกิ่งแขนงที่มากกว่าเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุขุมาลัย

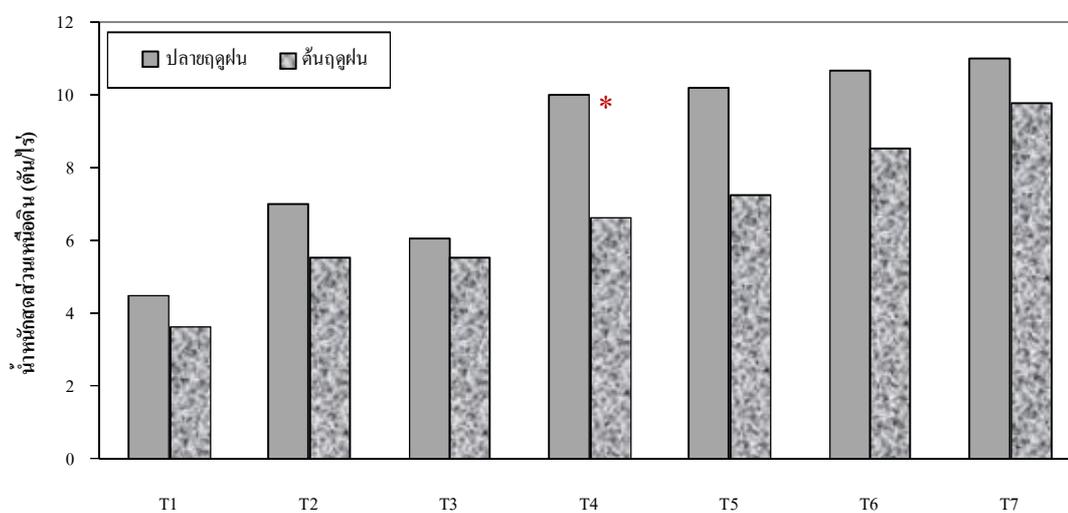
(2546) ที่รายงานว่าจำนวนกิ่งแขนงต่อต้นของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 และพันธุ์ระยอง 5 ที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนมีผลให้จำนวนกิ่งแขนงต่อต้นมากกว่าการปลูกในช่วงปลายฤดูฝน (ภาพที่ 44 และตารางผนวกที่ 9) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังในทุกตำรับทดลอง พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะตำรับทดลองที่ 4 (ภาพที่ 45 และตารางผนวกที่ 9) โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของสุขุมาลัย (2546) และเจริญศักดิ์ และคณะ (2530) ที่รายงานว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน (เดือนพฤศจิกายน) มีผลให้จำนวนใบต่อต้นสูงสุด และมีค่า leaf area duration (LAD) สูง ซึ่งส่งเสริมให้มันสำปะหลังมีการสังเคราะห์แสงมากขึ้น จึงมีผลให้ความสูงและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากกว่ามันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม)



ภาพที่ 43 เปรียบเทียบความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)



ภาพที่ 44 เปรียบเทียบจำนวนกิ่งแขนงของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

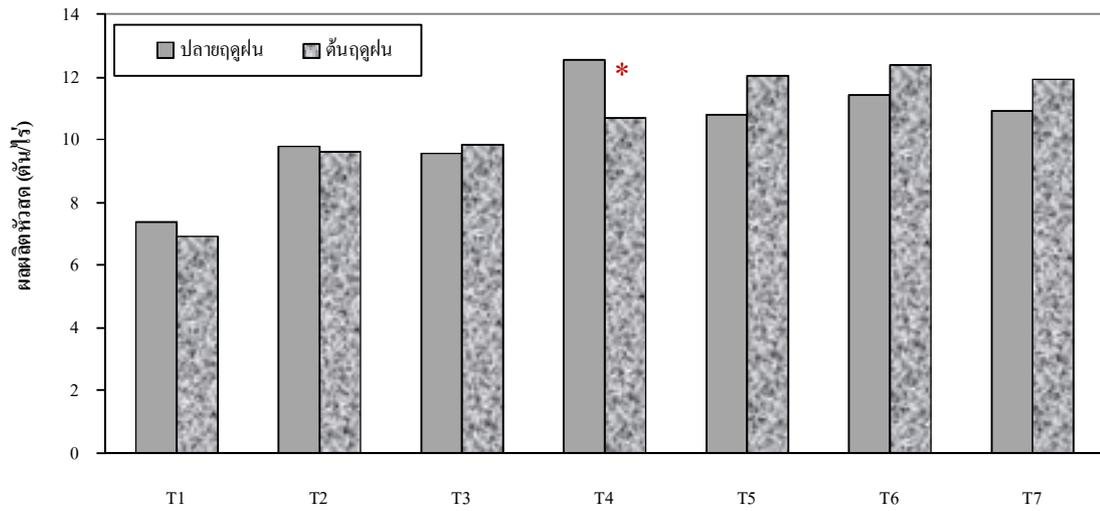


ภาพที่ 45 เปรียบเทียบน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

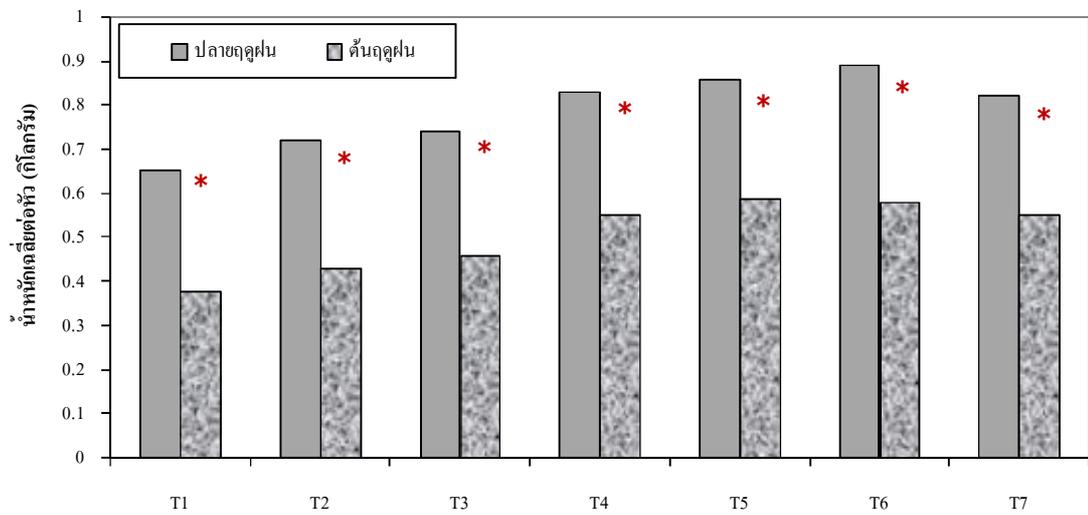
2. ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

เมื่อเปรียบเทียบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝนที่ระยะ 12 เดือน พบว่า น้ำหนักผลผลิตหัวสดของหัวมันสำปะหลังมีความแตกต่างกันทางสถิติ เฉพาะตำรับทดลองที่ 4 ซึ่ง โดยมากให้ผลผลิตหัวสดใกล้เคียงกันทั้ง 2 ฤดูปลูก (ภาพที่ 46 และ ตารางผนวกที่ 10) หากพิจารณาน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว พบว่า ทุกตำรับทดลองมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวแตกต่างกันทางสถิติ โดยมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝน มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (ภาพที่ 47 และ ตารางผนวกที่ 10) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของโอภาส (2539) ที่รายงานว่า การปลูกมันสำปะหลังในดินเบา (light soil) ช่วงปลายฤดูฝนมีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน ในทางตรงกันข้าม พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน มีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นน้อยกว่าการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติทุกตำรับทดลอง (ภาพที่ 50 และ ตารางผนวกที่ 10) นอกจากนี้ มันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนมีแนวโน้มให้ความกว้าง (แตกต่างกันทางสถิติเฉพาะตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ 2 และ 3) และความยาว (แตกต่างกันทางสถิติเฉพาะตำรับทดลองที่ 3 และ 6) เฉลี่ยของหัวสดค่อนข้างมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน (ภาพที่ 48 และ 49 กับ ตารางผนวกที่ 10)

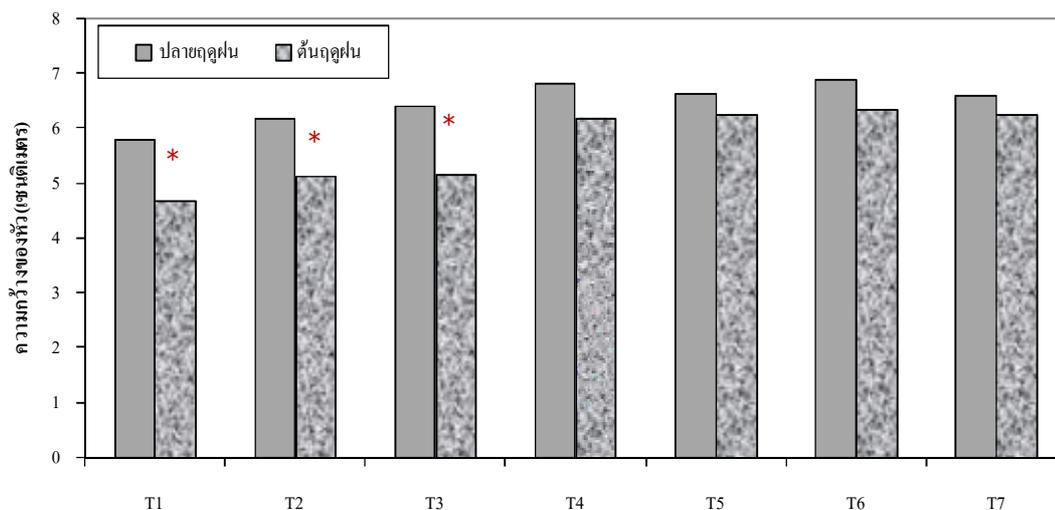
เมื่อเปรียบเทียบมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในช่วงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝนที่ระยะ 12 เดือน พบว่า มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งในทุกตำรับทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าใกล้เคียงกันทั้ง 2 ฤดูปลูก (ภาพที่ 51 และ ตารางผนวกที่ 10) สำหรับสัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อ น้ำหนักเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนมีแนวโน้มมากกว่า การปลูกในช่วงปลายฤดูฝน โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติเฉพาะตำรับทดลองที่ 5, 6 และ 7 (ภาพที่ 52 และ 53 กับ ตารางผนวกที่ 10) เมื่อพิจารณาถึงความสมดุลในการสร้าง source (น้ำหนักส่วนเหนือดิน) และ sink (น้ำหนักส่วนใต้ดินหรือผลผลิตหัวสด) พบว่า การปลูกมันสำปะหลังในช่วง ปลายฤดูฝนมีความสมดุลมากกว่าการปลูกในช่วงต้นฤดูฝน เนื่องจากสัดส่วนดังกล่าวมีค่าเข้าใกล้ 1 นั่นเอง



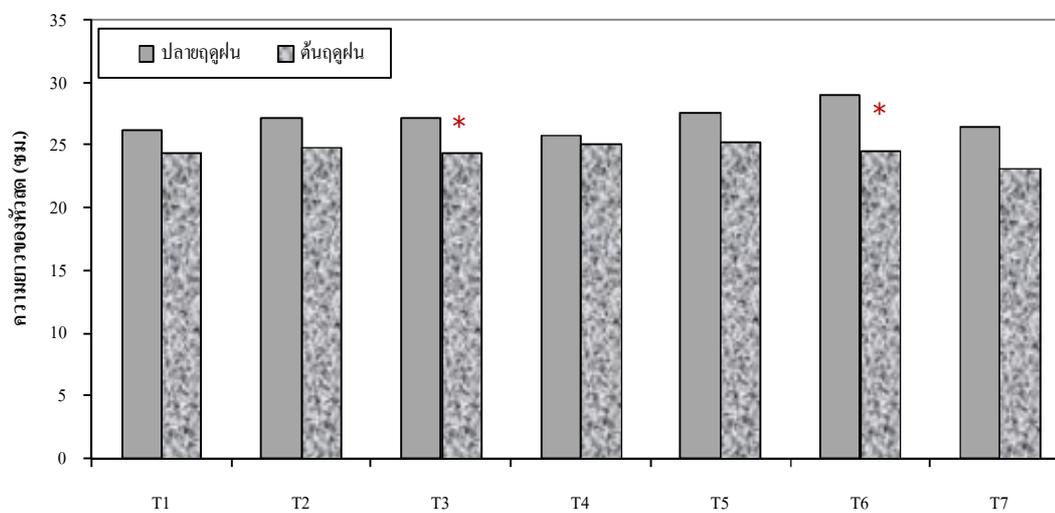
ภาพที่ 46 เปรียบเทียบน้ำหนักกระดูกส่วนหัวของม้าน้ำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลาชุกชุมและต้นชุกชุม)



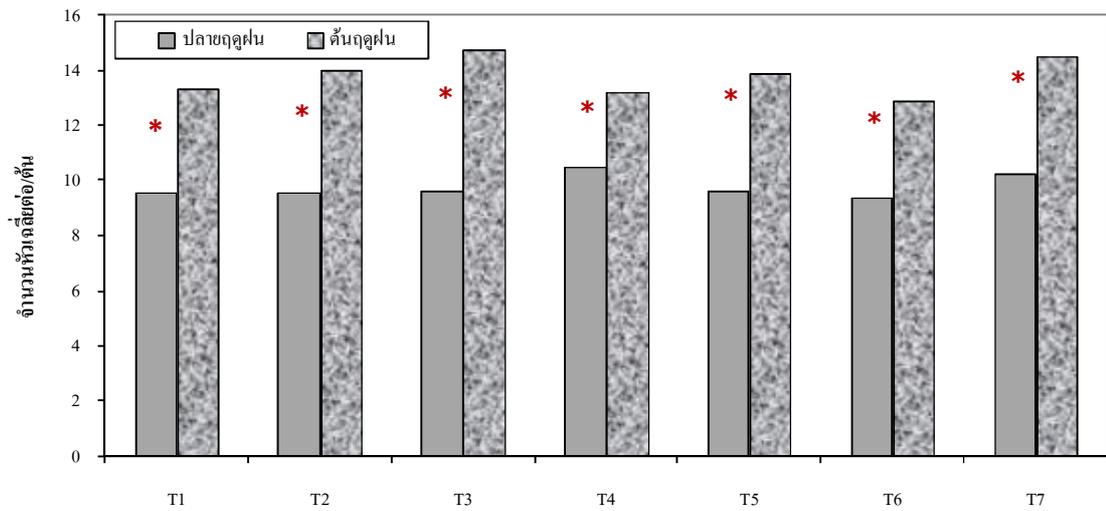
ภาพที่ 47 เปรียบเทียบน้ำหนักกระดูกต่อหัวของม้าน้ำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลาชุกชุมและต้นชุกชุม)



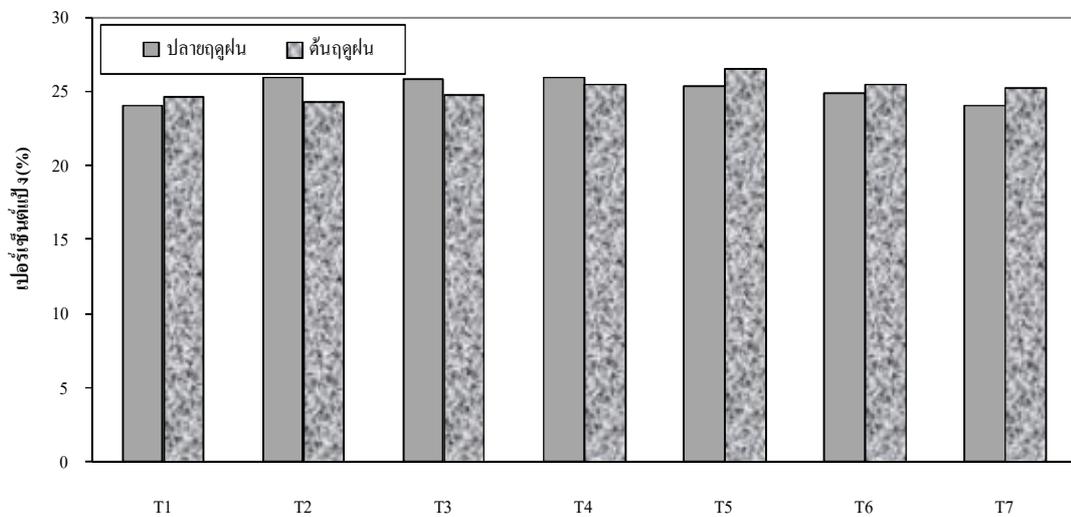
ภาพที่ 48 เปรียบเทียบความกว้างเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลาขูดูฝนและต้นขูดูฝน)



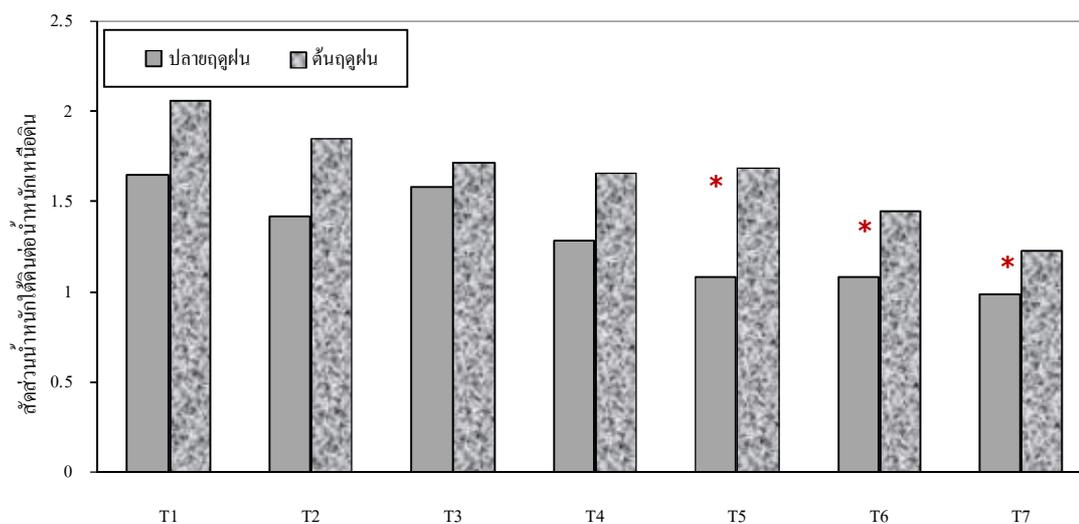
ภาพที่ 49 เปรียบเทียบความยาวเฉลี่ยของหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปลาขูดูฝนและต้นขูดูฝน)



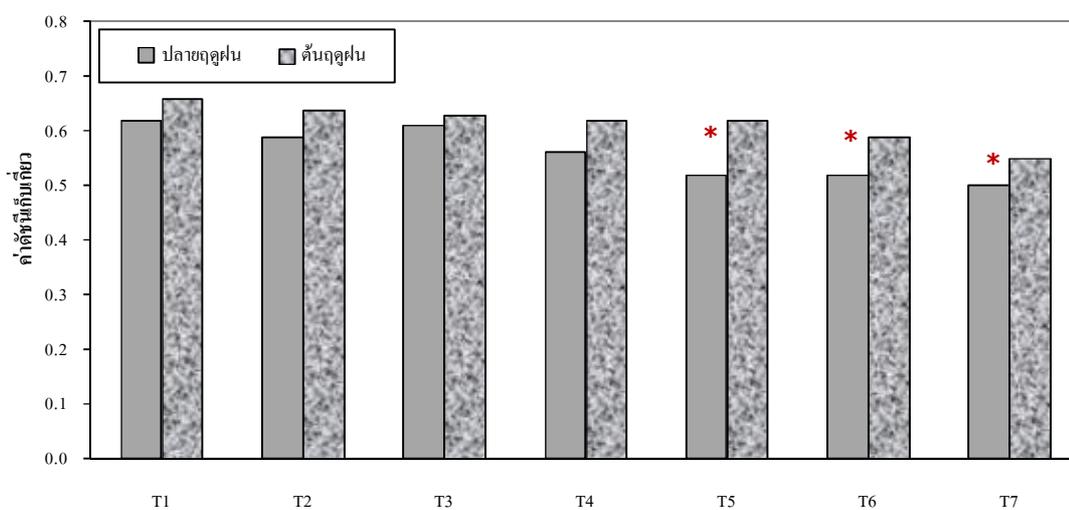
ภาพที่ 50 เปรียบเทียบจำนวนหัวเห็บต่อคั่นของม้าน้ำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปล่อยตุลาสนและคั่นตุลาสน)



ภาพที่ 51 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์เห็บส่วนหัวของม้าน้ำปะหลังที่อายุ 12 เดือน
(ปล่อยตุลาสนและคั่นตุลาสน)



ภาพที่ 52 เปรียบเทียบสัดส่วนน้ำหนักได้กินต่อน้ำหนักเนื้อดินของม้าน้ำสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลาขลุ่ยและตันขลุ่ย)



ภาพที่ 53 เปรียบเทียบดัชนีการเก็บเกี่ยวของม้าน้ำสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (ปลาขลุ่ยและตันขลุ่ย)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อยกระดับผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อความสูงและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนมากที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก และมีค่าใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$ หรือ $T_6 = 36-18-85$) ในขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อการเพิ่มความสูงและน้ำหนักสดส่วนเหนือดินต่ำที่สุดทั้ง 2 ฤดูปลูก

2. ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$) มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดสูงสุดในปลายฤดูฝน รองลงมา คือ ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$) ซึ่งใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) และ 5 ($T_5 = 24-18-86$) ตามลำดับ ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน พบว่า ดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 36-18-85$) มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตหัวสดสูงสุด รองลงมา คือดำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 18-18-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) ซึ่งใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 9-18-85$) ตามลำดับ

3. ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลต่อสัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินและค่าดัชนีเก็บเกี่ยวสูงสุดทั้ง 2 ฤดูปลูก ขณะที่ดำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีผลต่อสัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยวต่ำสุด ใกล้เคียงกับดำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 48-18-86$ หรือ $T_6 = 36-18-85$)

4. ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในใบของมันสำปะหลังทั้ง 2 ฤดูปลูก พบว่า ดำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$ หรือ $T_4 = 9-18-85$), 5 ($T_5 = 24-18-86$ หรือ $T_5 = 18-18-85$), 6 ($T_6 = 48-18-86$ หรือ $T_6 = 36-18-85$) และ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง พบว่า ดำรับทดลองที่ 4, 5, 6 และ 7 มีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างสูงใกล้เคียงกัน ในขณะที่ดำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสะสมในส่วนของใบและผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

5. ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนจะสะสมในใบมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุโพแทสเซียม และธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ ส่วนความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมจะสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด รองลงมา คือ ธาตุไนโตรเจนและธาตุฟอสฟอรัส ตามลำดับ (ทั้งปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

6. คำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 12-18-86$ หรือ $T_4 = 9-18-85$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากที่สุด ส่วนคำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 72-9-85$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยฟอสฟอรัสมากที่สุด ขณะที่คำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-16$) และ 3 ($T_3 = 16-8-16$) มีการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากที่สุด ทั้งปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

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

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

กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ไพโรจน์ พันธุ์พุกภัย, สุรัตนา เสนาะ และ นารูโอ มัสซูโมโต. 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. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

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

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

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิพิเชษฐ์, ปิยวุฒิ พูลสงวน, สมยศ พุทธเจริญ, จำลอง เจียมจ้านรรจา และ วิทยา แสงแก้วสุข. 2530. การศึกษาการปลุกมันสำปะหลัง. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขา วิทยาศาสตร์. 21 (2). 110 – 125.

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

ชุมพล นาควิโรจน์. 2542. การวิจัยด้านการจัดการดินและการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินกับมัน สำปะหลัง, น. 1-28. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชไร่. กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

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

โชติ สิทธิบุศย์. 2539. แนวทางพัฒนาระบบการให้คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่. กรมวิชาการ เกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 119 น.

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์ และ กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ. 2519. อิทธิพลของปุ๋ยในโตรเจน ที่มีต่อผลผลิตและการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง, น. 404-416. ใน รายงานผลการ ทดลองและวิจัยประจำปี 2519. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

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

โชติ สิทธิบุศย์, 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.

ประวีติ 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. การศึกษาลักษณะการแสดงออกบางประการของพันธุ์มันสำปะหลังพันธุ์แนะนำภายใต้สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับต่ำและสูง. 17 น. ใน โครงการปรับปรุงวิธีการ

ปลุกมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ปิยะวุฒิ พูลสงวน, เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์ และ จำลอง เจียมจันรรจา. 2533. การศึกษาผลตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังพันธุ์ใหม่ในสภาพแปลงเกษตรกร. 38 น. ใน รายงานผลงานวิจัยประจำปี โครงการปรับปรุงวิธีการปลุกมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พิชิต พงษ์สกุล และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. 2549. การวิเคราะห์ปัญหาการขาดธาตุรองและธาตุอาหารเสริมในดินปลูกพืชไร่ – นาและแนวทางแก้ไข. วารสารดินและปุ๋ย 28 (3): 142 – 165.
- ขงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ชงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วารสารดินและปุ๋ย. 2551. สถิติปริมาณปุ๋ยเคมีนำเข้า. วารสารดินและปุ๋ย 30 (1): 66.
- วุฒิสักดิ์ พรพรหมประทาน, ประวัติ อุทโยภาส และ อนุชิต ทองกล้า. 2537. ศึกษาระยะปลูกและอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมกับมันสำปะหลัง พันธุ์ ระยะของ 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. ปริมาณธาตุอาหารพืชในมันสำปะหลังพันธุ์ระยะของ 72 ที่ปลูกภายใต้ระบบการไถและไม่ไถพรวนดิน. วารสารดินและปุ๋ย 22 (3): 108-120.
- สุขุมาลัย เลิศมงคล. 2546. อิทธิพลของความยาวท่อนพันธุ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง 3 พันธุ์ ที่ปลูกในช่วงต้นฤดูฝนและปลายฤดูฝน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- สุทิน คล้ายมนต์. 2542. การวิเคราะห์และแปลความหมายผลการทดสอบพีซีไร้เพื่อให้คำแนะนำ
 ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน: การพัฒนาและทดสอบโปรแกรม dbSoilTest for DOS, น. 157-178.
 ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง การจัดการดินไร่และการใช้ปุ๋ยตามค่า
 วิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตพีซีไร้. กองปฐพีวิทยา, กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- สุนทรีย ชิงษ์ชวัล และ จินตนา บางจัน. 2545. มวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารของต้นยางพารา
 พันธุ์ RRIM 600 ในภาคใต้ตอนล่าง. รายงานเสนอสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์และศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร. ธันวาคม 2545. 106 น.
- สุรเดช จินตกานนท์. 2550. การใช้ผลการวิเคราะห์ดินเพื่อให้คำแนะนำปุ๋ยอ้อย ใน เอกสาร
 ประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการจัดการดินและปุ๋ยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อย.
 12-14 กันยายน 2550. น 84-92.
- โสภณ สันธิประมา. 2526. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์, น 9-15. ใน เอกสารวิชาการ เล่ม 7 มั่น
 สำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. วารสารเศรษฐกิจการเกษตร.
 53 (608). น 4-5.
- อรพินท์ สุริยพันธุ์ และ สำเนา เพชรฉวี. 2537. อิทธิพลของปุ๋ยต่อการดูดใช้ธาตุอาหารและผลิต
 ของมันสำปะหลัง. วารสารดินและปุ๋ย. 16(4):241-249.
- อุทัยวรรณ คัน โธ. 2552. ผลของการใช้น้ำสกัดมูลสุกรเป็นแหล่งธาตุอาหารทางใบและทางดินแก่
 มันสำปะหลังต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และผลผลิตมันสำปะหลัง
 พันธุ์ห้วยบง 60. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โอภาส บุญเส็ง. 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 Mineralogical 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.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝน)

ตำรับการ ทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)				จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น				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)	95.14	196.83 ^b	269.38 ^c	305.97 ^c	2.37	6.80	8.10 ^{ab}	11.12	4.48 ^c
T ₂ = (16-8-16)	93.99	219.57 ^{ab}	333.81 ^b	380.20 ^b	2.55	6.82	9.90 ^a	11.62	6.98 ^b
T ₃ = (16-8-16)	94.02	220.24 ^{ab}	323.49 ^b	362.43 ^b	2.62	6.30	8.60 ^{ab}	10.25	6.06 ^{bc}
T ₄ = (12-18-86)	97.57	229.67 ^a	367.69 ^a	432.41 ^a	2.65	7.65	9.72 ^a	11.82	10.02 ^a
T ₅ = (24-18-86)	98.80	233.06 ^a	388.31 ^a	456.50 ^a	2.62	6.32	7.35 ^{ab}	9.67	10.21 ^a
T ₆ = (48-18-86)	93.45	230.65 ^a	376.89 ^a	441.07 ^a	2.67	6.72	8.90 ^a	11.10	10.66 ^a
T ₇ = (72-9-85)	101.30	240.88 ^a	390.46 ^a	458.30 ^a	2.52	6.45	5.97 ^b	11.25	11.01 ^a
F-test	ns	*	**	**	ns	ns	*	ns	**
CV (%)	8.30	7.03	6.26	7.80	9.63	20.77	20.27	19.87	16.19

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 2 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝน)

คำรับการ ทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัว เฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ย ต่อหัว (กก.)	ความกว้าง ของหัว (ซม.)	ความยาว ของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	สัดส่วนของน้ำหนัก ใต้ดินต่อน้ำหนัก เหนือดิน (root to shoot ratio)	ค่าดัชนีการ เก็บเกี่ยว (Harvest index)
T ₁ = (0-0-0)	7.36 ^c	9.52	0.65 ^c	5.79 ^c	26.18	24.13	1.65 ^a	0.62 ^a
T ₂ = (16-8-16)	9.77 ^b	9.55	0.72 ^{bc}	6.16 ^{bc}	27.22	25.95	1.42 ^{ab}	0.59 ^{ab}
T ₃ = (16-8-16)	9.55 ^b	9.63	0.74 ^{bc}	6.39 ^{abc}	27.15	25.90	1.58 ^{ab}	0.61 ^{ab}
T ₄ = (12-18-86)	12.52 ^a	10.44	0.83 ^{ab}	6.81 ^{ab}	25.81	26.00	1.28 ^{bc}	0.56 ^{bc}
T ₅ = (24-18-86)	10.81 ^{ab}	9.57	0.86 ^{ab}	6.61 ^{ab}	27.57	25.41	1.08 ^c	0.52 ^{cd}
T ₆ = (48-18-86)	11.41 ^{ab}	9.35	0.89 ^a	6.89 ^a	29.02	24.89	1.09 ^c	0.52 ^{cd}
T ₇ = (72-9-85)	10.90 ^{ab}	10.21	0.82 ^{ab}	6.59 ^{ab}	26.47	24.10	0.99 ^c	0.50 ^d
F-test	**	ns	*	*	ns	ns	**	**
CV (%)	11.43	8.95	10.88	6.68	7.89	4.63	15.62	6.52

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 3 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝน)

ตำรับการ ทดลอง	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)	3.51	0.22	1.57	5.26 ^b	0.21 ^b	1.48 ^d	3.85 ^b	0.39 ^c	1.13 ^c	4.18	0.33	1.29 ^c	0.41 ^{ab}	0.073	0.67 ^d
T ₂ = (16-8-16)	3.72	0.24	1.70	5.25 ^b	0.24 ^{ab}	1.88 ^c	4.32 ^{ab}	0.42 ^{bc}	1.41 ^b	4.51	0.35	1.49 ^{bc}	0.35 ^b	0.073	0.80 ^c
T ₃ = (16-8-16)	3.81	0.25	1.69	5.44 ^{ab}	0.24 ^{ab}	1.97 ^c	4.30 ^{ab}	0.41 ^{bc}	1.29 ^{bc}	4.56	0.35	1.45 ^{bc}	0.38 ^{ab}	0.074	0.78 ^c
T ₄ = (12-18-86)	3.68	0.23	1.89	5.69 ^{ab}	0.26 ^{ab}	2.27 ^{ab}	4.46 ^{ab}	0.46 ^{abc}	1.97 ^a	4.25	0.36	1.67 ^{ab}	0.47 ^a	0.080	1.08 ^b
T ₅ = (24-18-86)	3.71	0.24	1.69	5.79 ^a	0.24 ^{ab}	2.53 ^a	4.44 ^{ab}	0.48 ^{ab}	2.19 ^a	4.41	0.36	1.78 ^a	0.43 ^{ab}	0.077	1.19 ^a
T ₆ = (48-18-86)	3.67	0.23	1.84	6.02 ^a	0.27 ^a	2.49 ^{ab}	4.75 ^a	0.51 ^a	2.11 ^a	4.53	0.36	1.79 ^a	0.42 ^{ab}	0.077	1.10 ^b
T ₇ = (72-9-85)	3.77	0.24	1.67	5.60 ^{ab}	0.25 ^{ab}	2.43 ^{ab}	4.84 ^a	0.47 ^{ab}	2.17 ^a	4.73	0.40	1.89 ^a	0.46 ^a	0.080	1.11 ^b
F-test	ns	ns	ns	*	**	**	*	*	**	ns	ns	*	*	ns	**
CV (%)	5.38	8.34	13.23	9.80	14.78	6.44	10.48	11.29	10.25	9.09	6.85	11.01	16.35	15.76	5.15

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 4 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน)

คำรับการทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)				จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น				น้ำหนักสดส่วนเหนือ
	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	3 เดือน	6 เดือน	9 เดือน	12 เดือน	ดิน (ตัน/ไร่)
T ₁ = (0-0-0)	94.27 ^b	190.95 ^d	212.32 ^d	238.26 ^c	3.00	6.22	9.52	10.98 ^b	3.68 ^d
T ₂ = (16-8-16)	106.87 ^{ab}	217.28 ^{cd}	247.23 ^c	273.07 ^{de}	3.40	6.71	10.27	11.91 ^a	5.57 ^c
T ₃ = (16-8-16)	113.47 ^a	237.85 ^{bc}	270.38 ^{bc}	295.28 ^{cd}	3.15	6.46	9.68	11.18 ^b	5.57 ^c
T ₄ = (9-18-85)	106.77 ^{ab}	239.18 ^{bc}	271.49 ^{bc}	295.70 ^{cd}	3.00	6.38	9.98	11.57 ^{ab}	6.68 ^c
T ₅ = (18-18-85)	107.93 ^{ab}	246.30 ^{bc}	288.09 ^b	318.87 ^{bc}	3.12	6.73	9.89	11.46 ^{ab}	7.27 ^{bc}
T ₆ = (36-18-85)	115.25 ^a	264.23 ^{ab}	306.21 ^{ab}	339.12 ^{ab}	3.45	7.09	10.41	12.04 ^a	8.59 ^{ab}
T ₇ = (72-9-85)	120.00 ^a	280.88 ^a	328.36 ^a	365.46 ^a	3.75	7.42	10.92	11.74 ^a	9.80 ^a
F-test	*	*	**	**	ns	ns	ns	*	**
CV (%)	10.15	8.52	8.17	8.51	17.63	7.95	6.39	12.14	16.09

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 5 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน)

ดำรับการ ทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัว เฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ย ต่อหัว (กก.)	ความกว้าง ของหัว (ซม.)	ความยาว ของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์ แป้ง(%)	สัดส่วนของน้ำหนัก ใต้ดินต่อน้ำหนัก เหนือดิน (root to shoot ratio)	ค่าดัชนีการ เก็บเกี่ยว (Harvest index)
T ₁ = (0-0-0)	6.97 ^c	13.32	0.38 ^c	4.70 ^b	24.53	24.77	2.06 ^a	0.66 ^a
T ₂ = (16-8-16)	9.63 ^b	14.03	0.43 ^c	5.14 ^b	24.92	24.32	1.85 ^{ab}	0.64 ^a
T ₃ = (16-8-16)	9.90 ^b	14.78	0.46 ^{bc}	5.18 ^b	24.44	24.82	1.72 ^{ab}	0.63 ^{ab}
T ₄ = (9-18-85)	10.75 ^{ab}	13.32	0.55 ^{ab}	6.19 ^a	25.10	25.54	1.66 ^{ab}	0.62 ^{ab}
T ₅ = (18-18-85)	12.07 ^a	13.91	0.59 ^a	6.27 ^a	25.30	26.57	1.69 ^{ab}	0.62 ^{ab}
T ₆ = (36-18-85)	12.42 ^a	12.94	0.58 ^a	6.36 ^a	24.60	25.50	1.45 ^{bc}	0.59 ^{bc}
T ₇ = (72-9-85)	11.98 ^a	14.49	0.55 ^{ab}	6.25 ^a	23.27	25.34	1.23 ^c	0.55 ^c
F-test	**	ns	*	**	ns	ns	*	*
CV (%)	10.93	10.42	13.61	5.68	9.03	9.85	15.35	4.71

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 6 ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในใบ และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ต้นฤดูฝน)

ตำรับการ ทดลอง	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)	4.10 ^c	0.29	1.61 ^d	4.26	0.37 ^{abc}	1.17 ^c	4.05 ^d	0.45	1.24 ^b	4.02	0.48	1.48 ^c	0.32	0.07	0.85 ^{cd}
T ₂ = (16-8-16)	4.40 ^{bc}	0.38	1.72 ^{cd}	4.18	0.39 ^{ab}	1.10 ^c	4.42 ^c	0.47	1.38 ^b	3.96	0.48	1.41 ^c	0.29	0.09	0.75 ^d
T ₃ = (16-8-16)	4.55 ^{bc}	0.37	1.88 ^{bcd}	4.29	0.42 ^a	1.22 ^{bc}	4.51 ^{bc}	0.49	1.46 ^b	3.87	0.50	1.62 ^{bc}	0.37	0.11	0.86 ^{cd}
T ₄ = (9-18-85)	3.97 ^c	0.34	1.99 ^{bc}	4.11	0.37 ^{abc}	1.43 ^a	4.46 ^{bc}	0.48	1.81 ^a	4.04	0.50	2.01 ^{ab}	0.28	0.09	1.18 ^a
T ₅ = (18-18-85)	4.47 ^{bc}	0.30	2.04 ^{ab}	4.09	0.36 ^{bc}	1.40 ^{ab}	4.78 ^{ab}	0.46	1.79 ^a	4.05	0.47	1.99 ^{ab}	0.30	0.09	1.13 ^a
T ₆ = (36-18-85)	4.86 ^{bc}	0.35	2.32 ^a	4.11	0.35 ^{bc}	1.40 ^{ab}	4.64 ^{abc}	0.49	1.95 ^a	4.06	0.52	2.07 ^a	0.31	0.08	1.05 ^{ab}
T ₇ = (72-9-85)	5.17 ^a	0.40	2.09 ^{ab}	4.28	0.33 ^c	1.41 ^{ab}	4.89 ^a	0.57	1.86 ^a	4.18	0.45	2.04 ^a	0.47	0.07	0.97 ^{bc}
F-test	*	ns	*	ns	*	*	*	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	**
CV (%)	8.72	14.95	9.67	4.90	8.23	9.14	4.78	13.53	9.64	6.52	12.00	14.10	27.32	22.57	8.92

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยใช้ DMRT

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ; * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ; ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 7 ผลการตอบสนองการใช้น้ำปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง
ที่ระยะ 12 เดือน (ปลายฤดูฝน)

ตำรับการทดลอง	ผลการตอบสนองการใช้น้ำปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสด (กก.ผลผลิต/กก.ปุ๋ยที่ใช้)		
	N	P	K
T ₁ = (0-0-0)	0	0	0
T ₂ = (16-8-16)	150.78 ^b	301.56 ^{ab}	150.78 ^a
T ₃ = (16-8-16)	136.72 ^b	273.44 ^{ab}	136.72 ^{ab}
T ₄ = (12-18-86)	429.56 ^a	286.34 ^{ab}	59.94 ^{bc}
T ₅ = (24-18-86)	142.75 ^b	190.41 ^b	38.85 ^c
T ₆ = (48-18-86)	84.42 ^b	225.12 ^{ab}	47.19 ^c
T ₇ = (72-9-85)	49.20 ^b	393.60 ^a	41.67 ^c
F-test	**	*	*
CV (%)	42.90	38.24	64.25

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยการใช้ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 8 ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง
ที่ระยะ 12 เดือน (ต้นฤดูฝน)

ตำรับการทดลอง	ผลการตอบสนองการใช้ปุ๋ยต่อการให้ผลผลิตหัวสด (กก.ผลผลิต/กก.ปุ๋ยที่ใช้)		
	N	P	K
T ₁ = (0-0-0)	0	0	0
T ₂ = (16-8-16)	166.25 ^c	332.50 ^{bc}	166.25 ^a
T ₃ = (16-8-16)	183.12 ^c	366.25 ^b	183.12 ^a
T ₄ = (9-18-85)	420.27 ^a	210.14 ^c	44.50 ^b
T ₅ = (18-18-85)	283.16 ^b	283.17 ^{bc}	59.97 ^b
T ₆ = (36-18-85)	151.38 ^c	302.73 ^{bc}	64.12 ^b
T ₇ = (72-9-85)	69.25 ^d	556.33 ^a	58.91 ^b
F-test	**	*	**
CV (%)	25.48	23.14	33.11

หมายเหตุ ตัวอักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
โดยการใช้ DMRT

* แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

** แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 9 เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

ตำรับการทดลอง	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนกิ่งแขนงต่อต้น	น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน (ตัน/ไร่)
	12 เดือน	12 เดือน	12 เดือน
T ₁ = (0-0-0)	*	ns	ns
T ₂ = (16-8-16)	*	ns	ns
T ₃ = (16-8-16)	*	ns	ns
T ₄ = (12-18-86) , (9-18-85)	*	ns	*
T ₅ = (24-18-86) , (18-18-85)	*	ns	ns
T ₆ = (48-18-86) , (36-18-85)	*	ns	ns
T ₇ = (72-9-85)	*	ns	ns

หมายเหตุ เปรียบเทียบโดยใช้ T - Test

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 10 เปรียบเทียบผลของการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์หัวยวง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง (ปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน)

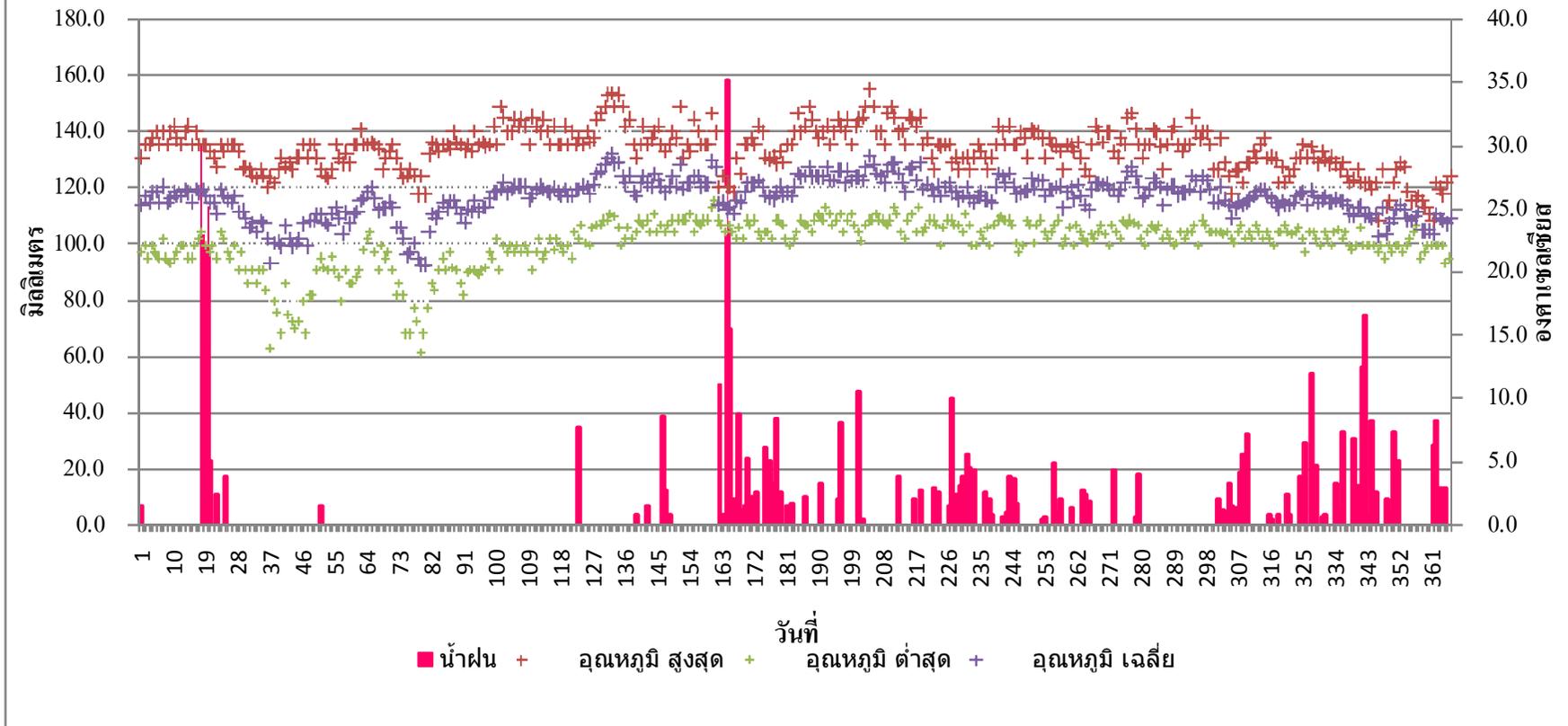
ตำรับการทดลอง	ผลผลิตหัวสด (ตัน/ไร่)	จำนวนหัว เฉลี่ยต่อต้น	น้ำหนักเฉลี่ย ต่อหัว (กก.)	ความกว้าง ของหัว (ซม.)	ความยาว ของหัว (ซม.)	เปอร์เซ็นต์แป้ง (%)	สัดส่วนของน้ำหนักได้ ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน (root to shoot ratio)	ค่าดัชนีการเก็บ เกี่ยว (Harvest index)
T ₁ = (0-0-0)	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
T ₂ = (16-8-16)	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns
T ₃ = (16-8-16)	ns	*	*	*	*	ns	ns	ns
T ₄ = (12-18-86), (9-18-85)	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns
T ₅ = (24-18-86), (9-18-85)	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*
T ₆ = (48-18-86), (9-18-85)	ns	*	*	ns	*	ns	*	*
T ₇ = (72-9-85)	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*

หมายเหตุ เปรียบเทียบโดยใช้ T - Test

ns ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

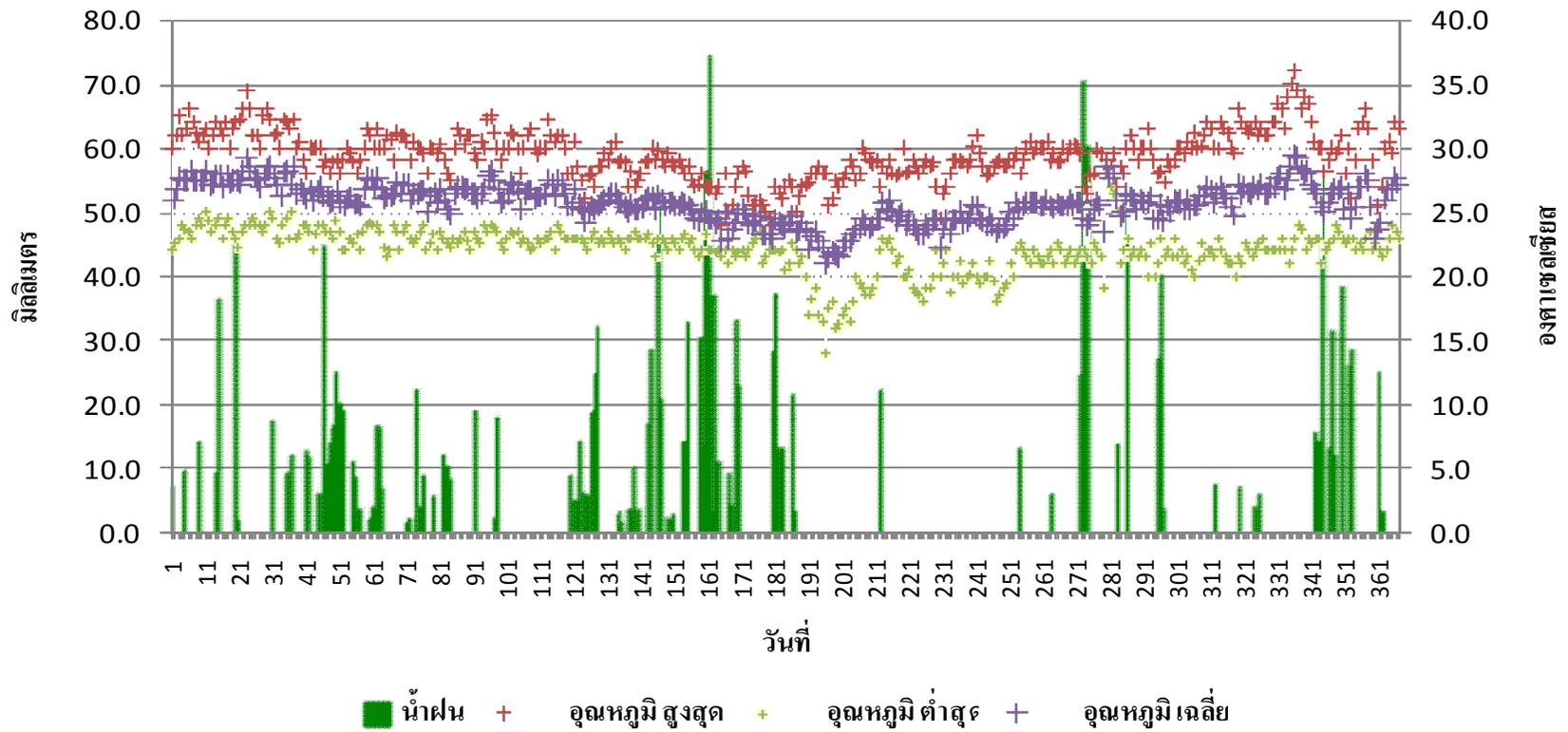
* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศ ระหว่าง 18 พ.ย. 49-18 พ.ย. 50



ภาพผนวกที่ 1 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2549 - ตุลาคม 2550 (ปลายฤดูฝน)

ปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศ ระหว่าง 18 พ.ค. 50 - 18 พ.ค. 51



ภาพผนวกที่ 2 การกระจายตัวของปริมาณน้ำฝน และอุณหภูมิอากาศระหว่างการทดลองในช่วงเดือนพฤษภาคม 2550-เมษายน 2551 (ต้นฤดูฝน)

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวระวีวรรณ โชติพันธ์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	9 ธันวาคม 2518
สถานที่เกิด	จังหวัดอุบลราชธานี
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วท. บ. (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่วิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถานีวิจัยสิทธิพรกฤดากร สถาบันค้นคว้าและพัฒนา ระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-