

การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลัง ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน

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

สุรรัตน์ แสงนิล¹ ชัยสิทธิ์ ทองजू¹ และศุภชัย อัมคา¹

Surirut Saengnin,¹ Chaisit Thongjoo¹ and Suphachai Amkha¹

บทคัดย่อ

ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มระดับผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design จำนวน 3 ซ้ำ (replication) แต่ละซ้ำมี 7 ตำรับทดลอง (treatment) ได้แก่ ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0^*$) ตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินทางเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ($T_2 = 16-8-4^*$) ตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามลักษณะเนื้อดินตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ($T_3 = 16-8-16^*$) ตำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมีตามผลงานวิจัยของจิรววัฒน์ และคณะ (2550) ($T_4 = 15-10-10^*$) และตำรับทดลองที่คำนวณปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ใส่ลงในดินและคาดการณ์ว่าพืชสามารถใช้ได้ 100, 50 และ 25% ($T_5 = 8-0-61^*$, $T_6 = 16-0-61^*$ และ $T_7 = 32-0-61^*$) ตามลำดับ [* กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ]

ผลการทดลอง พบว่า ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 16-0-61$) และ 5 ($T_5 = 8-0-61$) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ในด้านผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน พบว่า ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (14.85 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 16-0-61$) และ 5 ($T_5 = 8-0-61$) ตามลำดับ นอกจากนี้ ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวมากที่สุด (0.96 กก./หัว) ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 8-0-61$), 6 ($T_6 = 16-0-61$) และ 4 ($T_4 = 15-10-10$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมมีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวน้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม ตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเนื้อดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 15-10-10$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักได้ดินต่อน้ำหนักเนื้อดินต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-4$) และ 5 ($T_5 = 8-0-61$) ตามลำดับ

สำหรับความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิตหัวสดสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 16-0-61$) และ 5 ($T_5 = 8-0-61$) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุมมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

คำสำคัญ : การจัดการปุ๋ยเคมี ชูดินกำแพงแสน มันสำปะหลัง

Abstract

This study aimed at researching on chemical fertilizer management following soil analysis to improve cassava (*Manihot esculenta* Crantz) production planted in Kamphaeng Sean soil series on early rainy season. Randomized Complete Block Design was used as an experimental design consisted of 7 treatments, i.e., a) control/unfertilized treatment ($T_1 = 0-0-0^*$); b) chemical fertilizers application based on soil chemical analysis as recommended by Department of Agriculture ($T_2 = 16-8-4^*$); c) chemical fertilizer application based on soil texture as recommended by Department of Agriculture ($T_3 = 16-8-16^*$); d) chemical fertilizer rates from research ($T_4 = 15-10-10^*$); e-g) chemical fertilizers based on quantities of applied nitrogen and estimated that plants can taken up for 100, 50 and 25% ($T_5 = 8-0-61^*$, $T_6 = 16-0-61^*$ and $T_7 = 32-0-61^*$) respectively. [* kgN, P_2O_5 and K_2O per rai, respectively].

The study revealed that T_7 (32-0-61) effected on the highest of plant height, branch per plant and leaf greenness of cassava nearly the same as T_6 (16-0-61) and T_5 (8-0-61), respectively. While the control treatment effected on the lowest of plant height, branch per plant and leaf greenness at all growth stages. Regarding yield of cassava at 12 months, it was found that T_7 (32-0-61) gave the highest fresh roots yield (14.85 ton/rai) but not markedly different from T_6 (16-0-61) and T_5 (8-0-61), respectively. Further, T_7 (32-0-61) gave the highest average weight per root (0.96 kg/root) nearly the same as T_5 (8-0-61), T_6 (16-0-61) and T_4 (15-10-10), respectively. While the control treatment produced the lowest fresh roots yield and average weight per root. However, T_3 (16-8-16) gave the highest root to shoot ratio nearly the same as T_7 (32-0-61). While T_4 (15-10-10) gave the lowest root to shoot ratio nearly the same as the control treatment, T_2 (16-8-4) and T_5 (8-0-61), respectively.

Regarding the concentration of plant nutrient in fresh root of cassava, it was found that T_7 (32-0-61) effected on the highest concentration of total N, P and K in fresh root yield which was similar to T_6 (16-0-61) and T_5 (8-0-61), respectively. While the control treatment ($T_1 =$ control) effected on the lowest concentration of total N, P and K in fresh root yield.

Keywords : chemical fertilizer management, Kamphaeng Saen soil series, cassava (*Manihot esculenta* Crantz)

E-mail : thongjuu@yahoo.com, surirut_ku@hotmail.com

คำนำ

ปุ๋ยเคมีเป็นวัสดุที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการยกระดับผลผลิต และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) โดยในปี พ.ศ. 2552 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 3,867,187 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 42,413 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) ด้วยมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้น การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพโดยพิจารณาจากปริมาณธาตุ

อาหารในปุ๋ยที่สอดคล้องกับราคาปุ๋ย รวมถึงการใช้ให้เหมาะสมกับค่าการวิเคราะห์ดิน จึงเป็นหัวใจสำคัญที่สร้างความเข้มแข็งในระบบการผลิตของประเทศไทยให้สามารถแข่งขันในระบบการค้าเสรีได้ การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ได้ขึ้นอยู่กับการประเมินปริมาณธาตุอาหารพืชในดินจากค่าวิเคราะห์ดินเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีกมากมาย เช่น ลักษณะของดินที่แตกต่างกันในแต่ละชุดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันตามการจัดการดินหรือการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร ภูมิอากาศ หรือปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี เป็นต้น (ระวีวรรณ, 2552; ศิริสุดา, 2553) อาจกล่าวโดยรวมได้ว่าการแนะนำการจัดการด้านดินหรือการใช้ปุ๋ยของประเทศไทยมักเป็นไปอย่างกว้าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับการจัดการดินเพื่อให้เกิดความยั่งยืนด้านธาตุอาหารพืชในสภาพไร่ได้จริงในไร่นา และในแต่ละชนิดพืชที่มีความสำคัญทางด้านเศรษฐกิจ อีกทั้งยังมีการติดตามและตรวจสอบอยู่อย่างจำกัด การศึกษาและพัฒนาคำแนะนำเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยเคมีกับพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศในแต่ละชุดดิน ยังไม่มีการจัดทำเป็นฐานข้อมูลที่น่าเชื่อถือในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทรัพยากรเกษตร การทดลองครั้งนี้ ต้องการศึกษาดูผลตอบสนองของพืชต่อการจัดการดินและปุ๋ยเคมีโดยอาศัยข้อมูลจากค่าวิเคราะห์ดินและลักษณะเนื้อดินของชุดดินกำแพงแสน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในด้านการเพิ่มผลผลิตของพืชสูงสุด และเกิดความยั่งยืนด้านธาตุอาหารพืช โดยใช้มันสำปะหลังเป็นพืชทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยเคมี เพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน ซึ่งปัจจุบันถือว่ามันสำปะหลังเป็นพืชพลังงานทดแทนที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาประเทศเป็นอย่างมาก อีกทั้งเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงที่จะเพิ่มผลผลิตได้อย่างชัดเจน หากมีการจัดการดินและปุ๋ยอย่างเหมาะสม (ปิยะ, 2536)

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองดำเนินการที่แปลงทดลองและวิจัยของภาควิชาปฐพีวิทยา และห้องปฏิบัติการเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม

1. อุปกรณ์

1.1 ชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Sean soil series, Ks) จัดอยู่ในดินอันดับ Alfisols กลุ่มดิน Haplustalfs และกลุ่มดินย่อย Typic Haplustalfs (Soil Survey Staff, 1975) ลักษณะดินโดยทั่วไปเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง จัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ซึ่งสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของชุดดินกำแพงแสนได้แสดงไว้ใน Table 1

1.2 พันธุ์มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) ใช้พันธุ์ห้วยบง 60

1.3 ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ปุ๋ยยูเรีย (46%N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O)

1.4 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี 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 220 FS), เครื่องชั่งภาคสนาม, เครื่องชั่ง 3 ตำแหน่ง และตุ้มน้ำหนัก (Mettler)

1.5 เครื่องวัดปริมาณแ่งของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่อง Remain Scale

2. วิธีการ

2.1 ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2553) โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ 7 ตำรับทดลอง (Table 2) ซึ่งใช้พื้นที่ปลูกทั้งหมด 40 x 40 ตารางเมตร แบ่งเป็น 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 5 เมตร และยาว 8 เมตร ปลูกด้วยท่อนพันธุ์ขนาดประมาณ 30 ซม. จำนวน 5 แถวต่อแปลงย่อย ระยะปลูก 1 x 1 เมตร และระยะห่างระหว่างแปลงย่อย 2 เมตร

2.2 ในตำรับทดลองที่ใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง เมื่อมันสำปะหลังอายุ 2 และ 4 เดือน ตามลำดับ

2.3 เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ส่วนสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ ความหนาแน่นรวมของดิน และเนื้อดิน

2.4 เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ ความสูงของต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด ทำการวัด 15 ใบต่อต้น) ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model)

2.5 เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน โดยข้อมูลที่เก็บ ได้แก่ น้ำหนักสดของต้นส่วนเหนือดิน น้ำหนักสดของหัว สัดส่วนของน้ำหนักหัวสดต่อดินต่อน้ำหนักส่วนต้นเหนือดินรวมเหง้า (root to shoot ratio) และปริมาณแป้งของหัวสด ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง Remain Scale

2.6 ค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) โดยคำนวณได้จากสูตร

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

Table 1 Chemical and physical properties of soil before the experiment

Soil properties	Results
pH (soil : water = 1:1)	8.03
EC_e (dS/m)	0.34
Organic matter (%) ¹	0.70
Available P (mg/kg) ²	12.01
Exchangeable K (mg/kg) ³	58.62
Exchangeable Ca (mg/kg) ³	2768.94
Exchangeable Mg (mg/kg) ³	129.51
Bulk density (D_b , g/cm ³) ⁴	1.59
Texture ⁴	Sandy loam

Note : ¹ = Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934) ² = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

³ = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

⁴ = คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

Table 2 Details of experimental treatments

Treatments	Fertilizer rates (kg/rai)			Notes
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
T ₁	0	0	0	Control treatment
T ₂	16	8	4	^{1/}
T ₃	16	8	16	^{2/}
T ₄	15	10	10	^{3/}
T ₅	8	0	61	^{4/}
T ₆	16	0	61	^{5/}
T ₇	32	0	61	^{6/}

Notes

^{1/} Chemical fertilizer rates as suggested by soil chemical analysis (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

^{2/} Chemical fertilizer rates as suggested by soil texture analysis (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

^{3/} Chemical fertilizer rates from research (จิรวัดน์ และคณะ, 2550)

^{4/} Quantity of N fertilizer applying into soil and plants can taken up for 100% (Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

^{5/} Quantity of N fertilizer applying into soil and plants can taken up for 50% (Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

^{6/} Quantity of N fertilizer applying into soil and plants can taken up for 25% (Nijholt, 1936; van Dijk, 1951; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษากาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน ปรากฏผลดังนี้

1. ความสูงต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 (T₆ = 16-0-61) และ 5 (T₅ = 8-0-61) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (T₁ = 0-0-0) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต โดยสอดคล้องกับรายงานวิจัยของระวีวรรณ และคณะ (2552) และศิริสุดา และคณะ (2552)

2. จำนวนกิ่งต่อต้น

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 (T₆ = 16-0-61), 5 (T₅ = 8-0-61) และ 3 (T₃ = 16-8-16) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (T₁ = 0-0-0) มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นน้อยที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 4 (T₄ = 15-10-10) และ 2 (T₂ = 16-8-4) ตามลำดับ

3. ค่าความเขียวของใบ

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 16-0-61$), 5 ($T_5 = 8-0-61$) และ 3 ($T_3 = 16-8-16$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังน้อยที่สุด นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าทุกตำรับทดลองมีแนวโน้มให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังลดลงในช่วง 6-12 เดือนหลังปลูก ทั้งนี้เป็นเพราะการใส่ปุ๋ยในช่วงแรก (ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก) อาจให้ปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังในระยะยาวได้ (จามีกร, 2537)

4. น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยตำรับทดลองที่ 5 ($T_5 = 8-0-61$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินมากที่สุด (8.04 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 15-10-10$) และ 2 ($T_2 = 16-8-4$) ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินน้อยที่สุด (4.53 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$)

Table 3 Growth of cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series at different growth stages

Treatments	Height (cm)				Branch/plant			
	3 MAP ^{1/}	6 MAP	9 MAP	12 MAP	3 MAP	6 MAP	9 MAP	12 MAP
$T_1 = 0-0-0$	128.53 ^b	235.03 ^c	277.96 ^c	314.23 ^c	2.63 ^c	2.69 ^c	6.40 ^b	12.70 ^b
$T_2 = 16-8-4$	138.30 ^a	242.13 ^c	306.74 ^b	344.83 ^b	3.13 ^{abc}	3.77 ^{ab}	6.77 ^b	14.10 ^b
$T_3 = 16-8-16$	141.47 ^a	264.13 ^b	307.63 ^b	347.10 ^b	3.18 ^{abc}	3.89 ^{ab}	7.19 ^{ab}	19.81 ^a
$T_4 = 15-10-10$	137.43 ^{ab}	241.68 ^c	304.20 ^b	342.40 ^b	2.90 ^{bc}	3.52 ^b	6.51 ^b	13.73 ^b
$T_5 = 8-0-61$	142.80 ^a	267.61 ^b	312.96 ^{ab}	357.31 ^{ab}	3.20 ^{abc}	4.22 ^a	7.75 ^a	20.61 ^a
$T_6 = 16-0-61$	145.85 ^a	272.00 ^b	318.63 ^{ab}	361.37 ^{ab}	3.40 ^{ab}	4.32 ^a	7.87 ^a	22.54 ^a
$T_7 = 32-0-61$	147.13 ^a	293.20 ^a	336.66 ^a	374.97 ^a	3.60 ^a	4.34 ^a	7.92 ^a	23.03 ^a
F-test	*	**	**	**	*	**	*	**
CV (%)	3.68	3.09	4.77	2.95	10.18	9.41	7.25	12.10

^{1/} Months after planting. Numbers followed by a common letter are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

Table 4 Leaf greenness (SPAD reading) and fresh shoot yield of cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series at different growth stages

Treatments	Leaf greenness (SPAD reading)				Fresh shoot yield
	3 MAP ¹⁾	6 MAP	9 MAP	12 MAP	(ton/rai)
T ₁ = 0-0-0	45.20	52.56	45.91 ^c	44.55	4.56 ^c
T ₂ = 16-8-4	46.66	54.15	46.74 ^{bc}	47.79	7.24 ^a
T ₃ = 16-8-16	46.81	54.53	48.60 ^{abc}	47.90	4.53 ^c
T ₄ = 15-10-10	45.55	54.02	46.74 ^{bc}	47.24	7.67 ^a
T ₅ = 8-0-61	46.96	54.56	49.09 ^{abc}	48.25	8.04 ^a
T ₆ = 16-0-61	47.42	54.94	49.40 ^{ab}	48.57	6.27 ^b
T ₇ = 32-0-61	47.64	55.31	50.90 ^a	48.79	6.08 ^b
F-test	ns	ns	*	ns	**
CV (%)	3.80	4.70	3.63	5.32	8.33

¹⁾ Months after planting. ns = not significantly different at 0.05 probability.

Numbers followed by a common letter are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

5. ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวของหัว และเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสด

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของ มันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) โดยตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) มีผลให้ผลผลิตหัวสด และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (14.85 ตัน/ไร่ และ 0.96 กก./หัว) ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 (T₆ = 16-0-61) และ 5 (T₅ = 8-0-61) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (T₁ = 0-0-0) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวน้อยที่สุด (7.23 ตัน/ไร่ และ 0.67 กก./หัว) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของปิยะ (2536) ที่รายงานว่าน้ำหนักผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวจะเพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยที่สูงขึ้น สำหรับเหตุผลที่ตำรับควบคุม (T₁ = 0-0-0) สามารถให้ผลผลิตหัวสดสูงกว่าผลผลิตหัวสดเฉลี่ยของมันสำปะหลังทั้งประเทศ (3.40 ตัน/ไร่; สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2552) อาจเนื่องมาจากปริมาณฝนที่ตกสม่ำเสมอตลอดการทดลอง อีกทั้งพื้นที่แปลงก่อนการทดลองมีสภาพเป็นทุ่งหญ้า และมีการไถกลบในขั้นตอนการเตรียมแปลง ทำให้เกิดการย่อยสลายของเศษซากพืชและมีการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชในภายหลัง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Howeler (1981) เกี่ยวกับการหมุนเวียนของสารประกอบอินทรีย์จากเศษพืชที่เหลือตกค้างในดิน นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลให้จำนวนหัวต่อต้นใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (T₁ = 0-0-0)

อย่างไรก็ตาม ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้ความกว้างของหัว ความยาวของหัว และเปอร์เซ็นต์แบ่งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังโดยภาพรวมใกล้เคียงกัน (Table 5) และไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (T₁ = 0-0-0)

6. สัดส่วนของน้ำหนักรากใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรากใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) โดยตำรับทดลองที่ 3 ($T_3 = 16-8-16$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรากใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) ขณะที่ตำรับทดลองที่ 4 ($T_4 = 15-10-10$) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรากใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังน้อยที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) ตำรับทดลองที่ 2 ($T_2 = 16-8-4$) และ 5 ($T_5 = 8-0-61$) ตามลำดับ ซึ่งการมีแนวโน้มให้สัดส่วนของน้ำหนักรากใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดินเข้าใกล้ 1 แสดงถึงความสมดุลระหว่างการสร้าง source (น้ำหนักรากเหนือดิน) และ sink (น้ำหนักรากใต้ดิน) (โอภาษ, 2546) สอดคล้องกับงานวิจัยของ กอบเกียรติและคณะ (2552) ที่รายงานว่าการปลูกมันสำปะหลังที่มุ่งเน้นเพื่อเพิ่มผลผลิตหัวสด (sink) โดยไม่บำรุงต้นและใบ (source) ให้มีทรงพุ่มที่สมดุล อาจเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ดินที่ปลูกมันสำปะหลังเสื่อมโทรมมากยิ่งขึ้น

Table 5 Yields and yield components of early rainy season cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series

Treatments	Fresh root yields (ton/rai)	Average Root/plant	Average weight/root (kg)	Root width (cm)	Root length (cm)	Starch contents (%)	Root to Shoot ratio	Harvest index
$T_1 = 0-0-0$	7.23 ^d	9.53 ^b	0.67 ^c	6.30	30.28	24.13	1.59 ^c	0.61
$T_2 = 16-8-4$	11.89 ^c	11.17 ^a	0.79 ^{bc}	6.14	28.29	21.63	1.64 ^c	0.62
$T_3 = 16-8-16$	12.23 ^{bc}	11.87 ^a	0.77 ^{bc}	6.30	28.88	22.83	2.70 ^a	0.73
$T_4 = 15-10-10$	11.87 ^c	11.57 ^a	0.81 ^{abc}	6.22	27.97	21.47	1.55 ^c	0.61
$T_5 = 8-0-61$	13.52 ^{ab}	10.97 ^a	0.87 ^{ab}	6.97	28.72	23.77	1.68 ^c	0.63
$T_6 = 16-0-61$	13.61 ^{ab}	11.77 ^a	0.81 ^{abc}	6.74	29.73	24.87	2.17 ^b	0.68
$T_7 = 32-0-61$	14.85 ^a	11.20 ^a	0.96 ^a	6.91	30.70	23.00	2.44 ^{ab}	0.71
F-test	**	*	*	ns	ns	ns	**	ns
CV (%)	6.79	7.17	10.95	11.49	6.81	11.19	8.25	14.40

ns = not significantly different at 0.05 probability.

Numbers followed by a common letter are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

7. ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การจัดการปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ มีผลทำให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) โดยตำรับทดลองที่ 7 ($T_7 = 32-0-61$) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 ($T_6 = 16-0-61$) และ 5 ($T_5 = 8-0-61$) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม ($T_1 = 0-0-0$) มีผลทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

Table 6 Concentrations of plant nutrients in fresh root yields of early rainy season cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T ₁ = 0-0-0	0.118 ^c	0.096 ^c	1.113 ^c
T ₂ = 16-8-4	0.200 ^{ab}	0.107 ^{bc}	1.197 ^{bc}
T ₃ = 16-8-16	0.208 ^{ab}	0.113 ^{bc}	1.218 ^{bc}
T ₄ = 15-10-10	0.185 ^b	0.105 ^{bc}	1.169 ^c
T ₅ = 8-0-61	0.222 ^{ab}	0.121 ^b	1.285 ^{ab}
T ₆ = 16-0-61	0.242 ^a	0.141 ^a	1.293 ^{ab}
T ₇ = 32-0-61	0.245 ^a	0.144 ^a	1.393 ^a
F-test	**	**	**
CV (%)	7.57	8.51	4.87

Numbers followed by a common letter are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อเพิ่มระดับผลผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต้นฤดูฝน สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. ตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 (T₆ = 16-0-61) และ 5 (T₅ = 8-0-61) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุมมีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

2. ตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 (T₆ = 16-0-61) และ 5 (T₅ = 8-0-61) ตามลำดับ อีกทั้งตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 5 (T₅ = 8-0-61), 6 (T₆ = 16-0-61) และ 4 (T₄ = 15-10-10) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุมมีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวน้อยที่สุด

3. ตำรับทดลองที่ 7 (T₇ = 32-0-61) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับตำรับทดลองที่ 6 (T₆ = 16-0-61) และ 5 (T₅ = 8-0-61) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุมมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในผลผลิตหัวสดต่ำที่สุด

เอกสารอ้างอิง

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

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

- กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ไพโรจน์ พันธุ์พุกฤษ, สุรัตนา เสนาะ, นารุโธ มัสชูโมโต. 2552. การจัดการสมมูลธาตุอาหาร N P และ K เพื่อการผลิตมันสำปะหลังอย่างยั่งยืน, น 47-59 . ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทยร่วมกับสมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทยและมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วันที่ 23 - 24 เมษายน 2552.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 น.
- จามีกร ศรีสุมล. 2537. การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จิรวุฒน์ พุ่มเพชร, ขวลิต ฮงประยูร และชัยสิทธิ์ ทองจุ. 2550. ผลของปุ๋ยพืชสดและปุ๋ยไนโตรเจนต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง พันธุ์ห้วยบง 60 ในชุดดินกำแพงแสน. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปิยะ ดวงพัตรา. 2536. ผลตอบสนองต่ออัตราปุ๋ย อัตราส่วนธาตุปุ๋ยและระยะเวลาการใส่ปุ๋ยเคมีของมันสำปะหลังที่ปลูกปลายฤดูฝน. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์. 27 (2). 153-161.
- ยงยุทธ ไสยสถา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ขวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ระวีวรรณ โชติพันธ์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ระวีวรรณ โชติพันธ์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน, น. 60-71. ใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- ศิริสุดา บุตรเพชร. 2553. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ศิริสุดา บุตรเพชร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62 ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2552. วารสารเศรษฐกิจการเกษตร. 53 (608). น 4-5.
- โอภาษ บุญเส็ง. 2546. เอกสารวิชาการเรื่องสรีรวิทยาและการผลิตมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 60 น.
- Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.
- Howeler, R.H. 1981. Mineral nutrition and fertilization of cassava. Series 09EC-4. CIAT, Cali, Colombia.

- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis. Part II.* Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.
- Soil Survey Staff. 1975. *Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil survey.* U.S. Dept. Agr., Washington, D.C. 407 p.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtijeff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-35.