

**ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต
และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง**

**Effects of by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Mixing with Fly Ash on
Growth and Yield Components of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz)**

ธีรยุทธ คลุ่มชัน¹, ชัยสิทธิ์ ทองजू¹, ศุภชัย อัมคา¹, ชาลีนี คงสุต¹ และ วิชญ์ ชินธรรมมิตร¹

**Teerayut Klumchaun¹, Chaisit Thongjoo¹, Suphachai Amkha¹, Chalinee Khongsud¹ and
Wit Chinthammit¹**

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของ
มันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design
(RCBD) ผลการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./
ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา
1,000 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น และจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่
ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่
นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี
เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ยังมีผล
ให้ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมี
เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการ
ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม พบว่าทุกตำรับ
ทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมี
อย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม
(control) ซึ่งมีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว
และเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of by-product of monosodium glutamate
(ami-ami) mixing with fly ash on growth and yield components of cassava (*Manihot esculenta* Crantz)
var. Huay Bong 60. Experimental design was randomized complete block (RCBD). The study revealed

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus,
Nakorn Pathom 73140

that the application of ami-ami and fly ash mixture of 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 1,000 kg/rai of the mixture effected on the highest of plant height and branch/plant nearly the same as the applications of chemical fertilizers equivalent to 2,000 kg/rai of the mixture. Further, it was also found that the application of ami-ami and fly ash mixture of 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 1,000 kg/rai of the mixture effected on the highest of fresh root yields, root/plant and weight/root nearly the same as the applications of chemical fertilizers equivalent to 2,000 kg/rai of the mixture and of the mixture of 2,000 kg/rai. However, It was found that all treatments that applied chemical fertilizers or ami-ami and fly ash mixture both single use or combination with chemical fertilizers effected on starch contents nearly the same, and significantly different when comparing with the control treatment.

Key Words: by-product of monosodium glutamate (ami-ami), fly ash, cassava, waste materials

e-mail address: thongjuu@yahoo.com, kongmafia@gmail.com

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากในประเทศไทย โดยมีความสำคัญรองจากข้าว ยางพารา และอ้อย สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) ประมาณการว่าในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังประมาณ 7.10 ล้านไร่ ผลผลิตหัวสด 21.91 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 3.09 ตันต่อไร่ ปัจจุบันมันสำปะหลังได้ขยายพื้นที่ปลูกเกือบทุกภาคของประเทศไทย เนื่องจากการขยายตัวของกาส่งออกเพื่อเป็นอาหารสัตว์ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และการเปิดตลาดกับประเทศจีนซึ่งเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก ทำให้มีโอกาสขยายการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังจีนได้มากขึ้น นอกจากนี้รัฐบาลไทยได้อนุมัติและสนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง ส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2551) โรงงานอุตสาหกรรมโดยมากมักมีวัสดุเหลือใช้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย เปลือกไม้ และขี้เถ้าลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) จากโรงงานผลิตผงชูรส โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ (recycle) ก่อนข้างน้อย จึงมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) จากโรงงานผลิตผงชูรส และขี้เถ้าลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ มาศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ย หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดิน ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

แล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลัง ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของวัสดุเหลือใช้ อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอ กำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2554-เดือนเมษายน พ.ศ. 2555

1. อุปกรณ์

1.1 พันธุ์มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* Crantz) ใช้พันธุ์ห้วยบง 60

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

1.3 วัสดุเหลือใช้ในการทดลอง ได้แก่ กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) และซีเถ้าลอย

1.4 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ pH meter (Orion: 420A model), Electrical conductivity meter (Jenway: 4010 model), Micro-Kjeldahl distillation apparatus (Gerhard: VAP 20 model), Digestion apparatus (Gerhard: Ger 704000 model), Atomic absorption spectrophotometer (SpectrAA 220 FS) เครื่องชั่งภาคสนาม เครื่องชั่งไฟฟ้าความละเอียด ± 0.001 กรัม และตู้อบไฟฟ้า

1.5 เครื่องวัดปริมาณแป้งของหัวมันสำปะหลัง โดยใช้เครื่อง Remain Scale

2. วิธีการ

เตรียมวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอย (อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตรต่อน้ำหนัก) โดยตวงกากน้ำตาลผงชูรส 2,000 ลิตร และซีเถ้าลอย 2,000 กก. ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และหมักทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน จากนั้น ฝึ่งให้แห้ง (air dry) บด และร่อนโดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 5 มม. (ธณสมณท์ และคณะ, 2555)

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ส่วนการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน คือ เนื้อดิน

ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 โดยมีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 18 x 71 ตารางเมตร แบ่งเป็นแปลงย่อยจำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6 เมตร และยาว 9 เมตร จำนวน 5 แถว ใช้ท่อนพันธุ์มันสำปะหลัง ซึ่งมีความยาวของท่อนพันธุ์ประมาณ 20 ซม. ปักลงไปนดินให้มีระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร และระยะระหว่างต้น 1 เมตร ทำการเก็บเกี่ยวเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถว

ประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4 x 8 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ 7 ดำรับทดลอง ดังนี้

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอย (control)
- 2) ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₀₀₀]
- 3) ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)1000}]
- 4) ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 500 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₅₀₀ + IF_{(ami-ami + fry ash)500}]
- 5) ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₂₀₀₀]
- 6) ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)2000}]
- 7) ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ [(ami-ami+fly ash)₁₀₀₀ + IF_{(ami-ami + fry ash)1000}]

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%P₂O₅) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครั้งอัตราในแต่ละดำรับทดลอง ที่อายุ 2 และ 4 เดือน หลังปลูก โดยดำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่อัตรา 9.60 10.30 และ 10.10 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ ดำรับทดลองที่ 4 ใส่อัตรา 4.80 5.15 และ 5.05 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ และดำรับทดลองที่ 6 ใส่อัตรา 19.20 20.60 และ 20.20 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ

การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอย แบ่งใส่เพียงครั้งเดียว ที่อายุ 2 เดือน หลังปลูก จากนั้น ใช้จอบสับและคลุกเคล้าวัสดุผสมดังกล่าวให้เข้ากับดิน โดยดำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยในอัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยในอัตรา 500 และ 1,000 กก./ไร่ ตามลำดับ

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงของต้น และจำนวนกิ่งต่อต้น เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัว เปอร์เซ็นต์แป้งของ

หัวสด น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน สัดส่วนของน้ำหนักใต้ดินต่อน้ำหนักเหนือดิน (root to shoot ratio) และค่าดัชนีเก็บเกี่ยว (harvest index) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

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

วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในหัวมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์หาความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจรงค์ (2542)

สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดิน และวัสดุเหลือใช้ก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ใน

Table 1

Table 1 Chemical and physical properties of initial soil and waste materials

Properties	Soil	Properties	Ami-ami	Fly ash	ami-ami mixing with fly ash (1:1 by volume/weight)
pH (1:1)	7.70	pH (3:50)	4.03	10.59	7.93
EC _e (dS/m)	0.56	EC 1:10 (dS/m)	32.93	4.35	10.84
Organic Matter (%) ^{1/}	0.82	Organic matter (%)	17.56	4.11	6.49
Available P (mg/kg) ^{2/}	47.00	Total N (%)	4.63	0.07	0.96
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	60.18	Total P ₂ O ₅ (%)	0.74	0.66	1.03
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	2197.04	Total K ₂ O (%)	4.27	0.85	1.01
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	128.32	Total Ca (%)	0.02	5.52	1.46
Exchangeable Na (mg/kg)	51.63	Total Mg (%)	0.13	0.85	0.77
Sand (%) ^{4/}	65.36	Total Na (%)	2.297	0.555	1.915
Silt (%) ^{4/}	19.53	Note ^{1/} = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)			
Clay (%) ^{4/}	15.11	^{2/} = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)		^{3/} = Extracted with NH ₄ OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)	
Texture ^{4/}	sandy loam	^{4/} = Hydrometer method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2554)			

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2554-เดือนเมษายน พ.ศ. 2555 ปรากฏผลดังนี้

1. ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้น

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่าง

กากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)2000}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $(ami-ami+fly\ ash)_{2000}$ ขณะที่ตัวควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้นและจำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

2. น้ำหนักสดส่วนเหนือดิน

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีไธลอลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (6.74 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)2000}]$ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $(ami-ami+fly\ ash)_{2000}$ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักสดส่วนเหนือดินของมันสำปะหลังน้อยที่สุด คือ 3.78 ตัน/ไร่

3. ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้าง และความยาวหัว

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีไธลอลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้าง และความยาวหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (11.23 ตัน/ไร่ และ 0.63 กก./หัว) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)2000}]$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $(ami-ami+fly\ ash)_{2000}$ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (4.36 ตัน/ไร่ และ 0.30 กก./หัว) สำหรับจำนวนหัวต่อต้น พบว่า การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ มีผลให้จำนวนหัวต่อต้นมากที่สุด (11.21 หัว) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)2000}]$ ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้จำนวนหัวต่อ

ต้นน้อยที่สุด (8.03 หัว) นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ ยังมีผลให้ความกว้างและความยาวหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความกว้างและความยาวหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด

4. เปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดิน และค่าดัชนีการเก็บเกี่ยว

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสด และสัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสดใกล้เคียงกันในช่วง 28.77-29.70 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งของหัวสดน้อยที่สุดเพียง 23.70 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังมากที่สุด (1.67) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $[IF_{(ami-ami + fly\ ash)2000}]$ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ $(ami-ami+fly\ ash)_{2000}$ และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 500 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{500} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)500}]$ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้สัดส่วนของน้ำหนักรีดดินต่อน้ำหนักเหนือดินของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (1.15) อย่างไรก็ตาม ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่าดัชนีการเก็บเกี่ยวของมันสำปะหลังไม่แตกต่างกันทางสถิติ

5. ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลัง

การใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเถ้าลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเถ้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ $[(ami-ami+fly\ ash)_{1000} + IF_{(ami-ami + fry\ ash)1000}]$ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและ

ซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)2000}] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ (ami-ami+fly ash)₂₀₀₀ ขณะที่ตัวรับควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมสะสมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังดีกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการใส่วัสดุผสมแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Ripusudan *et al.* (2000) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่วัสดุผสมจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลาผ่านไป ในทางตรงกันข้ามพบว่ากรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุผสม (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (ชัยสิทธิ์และปาจารย์, 2552; จุฑามาศ และคณะ, 2553; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตัวรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่สูงขึ้น (ตัวรับทดลองที่ 5-7) จะมีผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังโดยภาพรวมสูงกว่าตัวรับทดลองที่มีการใส่วัสดุผสมอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวในอัตราที่ต่ำกว่า (ตัวรับทดลองที่ 2-4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชัยสิทธิ์และปาจารย์ (2552) จุฑามาศ และคณะ (2553) และเยาวลักษณ์ และคณะ (2554)

สรุป

จากการศึกษาผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีไธลอลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีไธลอลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ ขณะที่ทุกตัวรับทดลองที่มีการใส่กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีไธลอลอยอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตัวรับควบคุม (control) ซึ่งมีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และเปอร์เซ็นต์แป้งน้อยที่สุด

2. การใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเ็ก้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเ็ก้าลอยอัตรา 1,000 กก./ไร่ [(ami+fly ash)₁₀₀₀ + IF_{(ami-ami + fry ash)1000}] มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเ็ก้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ [IF_{(ami-ami + fly ash)2000}] และการใส่วัสดุผสมระหว่างกากน้ำตาลผงชูรสและซีเ็ก้าลอยอัตรา 2,000 กก./ไร่ (ami-ami+fly ash)₂₀₀₀ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในผลผลิตหัวสดน้อยที่สุด

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเ็ก้าลอยมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง อย่างไรก็ตามระยะเวลาในการวิจัยเพียง 1 ปี อาจไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนนัก ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาต่ออีกในปีที่ 2-3 ในสภาพพื้นที่เดิม ทั้งนี้เพื่อยืนยันผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรสผสมซีเ็ก้าลอยในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโต และองค์ประกอบของมันสำปะหลัง รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาวต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนางานวิจัย ระหว่างสถาบันคั้นคว่ำและพัฒนา ระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ร่วมกับ บริษัท เพชรสยาม พี อี โพน จำกัด

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2554. **คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบไฮโดรทศนุปรกรณ์.** คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- จุฑามาศ กล่อมจิตร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และ จุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยต่อปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 148-159. ใน **การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ.** ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ และ ปาจารย์ นันทนา. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปีที่ 1). **วารสารดินและปุ๋ย** 31 (1) : 6-26.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงวัชร์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธนศมณท์ กุลการัตน์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และ ศุภชัย อ่ำคา. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมซีเฝ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 1 (1) : 29-41.

เยาวลักษณ์ เนตรสิงห์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และ รัฐชา ชัยชนะ. 2554. การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. **วิทยาสารกำแพงแสน** 9 (3): 1-13.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2551. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2549-2551**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2552-2554**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. P. 1022-1030. In: C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis*. Part II. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.

Ripusudan, L.P., G. Gonzalo, R.L. Honor and D.V. Alejandro. 2000. **Tropical maize improvement and production**. FAO plant production and protection series No. 28.

Thongjoo, C., S. Miyagawa and N. Kawakubo. 2005. Effect of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. **Plant Prod. Sci.** 8(4): 475-481.

Walkley, A and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-38.

Table 2 Growth of cassava (*var.* Huay Bong 60) at different growth stages

Treatments	Heights (cm)				Branch/plant				Fresh shoot yield
	3 MAP ^{1L, 2L}	6 MAP ^{1L, 2L}	9 MAP ^{1L, 2L}	12 MAP ^{1L, 2L}	3 MAP ^{1L, 2L}	6 MAP ^{1L, 2L}	9 MAP ^{1L, 2L}	12 MAP ^{1L, 2L}	(ton/rai)
T ₁ = Control	77.53 ^c	121.17 ^d	148.50 ^e	168.33 ^d	1.97 ^c	2.03 ^e	2.22 ^d	2.30 ^e	3.78 ^e
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₁₀₀₀	96.10 ^b	143.57 ^c	162.17 ^{de}	202.50 ^c	2.73 ^b	2.85 ^d	3.41 ^c	3.46 ^d	5.66 ^d
T ₃ = IF _{(ami-ami+fly ash)1000}	100.17 ^{ab}	146.50 ^c	181.50 ^{cd}	202.83 ^c	2.90 ^b	3.11 ^{cd}	3.50 ^c	3.62 ^d	5.76 ^{cd}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₅₀₀ + IF _{(ami-ami+fly ash)500}	103.80 ^{ab}	152.50 ^c	188.67 ^c	208.33 ^{bc}	3.00 ^{ab}	3.24 ^{bc}	3.75 ^{bc}	3.83 ^{cd}	6.00 ^c
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₂₀₀₀	105.30 ^{ab}	163.17 ^{bc}	203.33 ^{bc}	227.17 ^{bc}	3.20 ^{ab}	3.42 ^{bc}	4.10 ^{ab}	4.16 ^{bc}	6.32 ^b
T ₆ = IF _{(ami-ami+fly ash)2000}	107.10 ^{ab}	176.67 ^{ab}	214.83 ^{ab}	232.33 ^b	3.30 ^{ab}	3.51 ^b	4.23 ^{ab}	4.32 ^{ab}	6.41 ^b
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₁₀₀₀ + IF _{(ami-ami+fly ash)1000}	112.43 ^a	187.00 ^a	229.00 ^a	262.17 ^a	3.73 ^a	3.85 ^a	4.52 ^a	4.62 ^a	6.74 ^a
F-test	*	**	**	**	*	**	**	**	**
C.V. (%)	9.43	13.47	14.28	12.52	13.74	11.72	14.76	11.34	12.44

^{1L} Months after planting

^{2L} Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT.

* indicated significant difference at P<0.05

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 3 Yields and yield components of cassava (*var.* Huay Bong 60) at 12 months

Treatments	Fresh root yields		Average weight/root(kg) ^{1/}	Root width (cm) ^{1/}	Root length (cm) ^{1/}	Starch contents (%) ^{1/}	Root to shoot ratio ^{1/}	Harvest index
	(ton/rai) ^{1/}	Root/plant ^{1/}						
T ₁ = Control	4.36 ^e	8.03 ^e	0.30 ^c	3.90 ^c	19.01 ^c	23.70 ^b	1.15 ^d	0.54
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₁₀₀₀	8.12 ^d	8.65 ^{de}	0.45 ^b	4.34 ^b	23.51 ^b	28.77 ^a	1.43 ^c	0.59
T ₃ = IF _{(ami-ami+fly ash)1000}	8.56 ^{cd}	9.12 ^d	0.51 ^b	4.40 ^b	25.57 ^{ab}	29.33 ^a	1.49 ^{bc}	0.60
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₅₀₀ + IF _{(ami-ami+fly ash)500}	9.14 ^{bcd}	9.47 ^{cd}	0.52 ^{ab}	4.55 ^b	25.60 ^{ab}	29.53 ^a	1.52 ^{abc}	0.60
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₂₀₀₀	10.12 ^{abc}	10.22 ^{bc}	0.53 ^{ab}	4.58 ^b	26.44 ^a	29.63 ^a	1.60 ^{ab}	0.62
T ₆ = IF _{(ami-ami+fly ash)2000}	10.65 ^{ab}	10.56 ^{ab}	0.55 ^{ab}	4.70 ^b	26.89 ^a	29.70 ^a	1.66 ^a	0.62
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₁₀₀₀ + IF _{(ami-ami+fly ash)1000}	11.23 ^a	11.21 ^a	0.63 ^a	5.08 ^a	27.08 ^a	29.70 ^a	1.67 ^a	0.62
F-test	**	**	**	**	**	*	**	ns
C.V. (%)	15.18	12.88	12.29	14.04	11.82	13.24	11.90	7.05

^{1/} Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT.

ns = not significantly different at 0.05 probability

* indicated significant difference at P<0.05

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 4 Concentrations of plant nutrients in fresh root yields of cassava (*var.* Huay Bong 60) at 12 months

Treatments	Total N (%) ^{1/}	Total P (%) ^{1/}	Total K (%) ^{1/}
T ₁ = Control	0.136 ^c	0.091 ^d	0.810 ^d
T ₂ = (ami-ami+fly ash) ₁₀₀₀	0.234 ^b	0.122 ^c	1.321 ^c
T ₃ = IF _{(ami-ami+fly ash)1000}	0.253 ^{ab}	0.136 ^{bc}	1.365 ^{bc}
T ₄ = (ami-ami+fly ash) ₅₀₀ + IF _{(ami-ami+fly ash)500}	0.254 ^{ab}	0.142 ^{bc}	1.426 ^{abc}
T ₅ = (ami-ami+fly ash) ₂₀₀₀	0.254 ^{ab}	0.146 ^{ab}	1.456 ^{abc}
T ₆ = IF _{(ami-ami+fly ash)2000}	0.266 ^{ab}	0.153 ^{ab}	1.523 ^{ab}
T ₇ = (ami-ami+fly ash) ₁₀₀₀ + IF _{(ami-ami+fly ash)1000}	0.276 ^a	0.165 ^a	1.563 ^a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	13.87	13.57	14.32

^{1/} Mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT.

** indicated significant difference at P < 0.01