การเพิ่มธาตุอาหารจากแหล่งต่าง ๆ ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ไมตรี แก้วทับทิม และ สมหมาย ไชยประสิทธิ์

สถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี 94000

drpummelo@gmail.com, maitree.k@psu.ac.th

บทคัดย่อ

การเพิ่มธาตุอาหารจากแหล่งต่างๆ ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ดำเนินการระหว่างเดือนมีนาคม 2554 ถึง กุมภาพันธุ์ 2555 ณ สถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มธาตุอาหารจากแหล่งต่างๆ ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ 6 สิ่งทดลอง คือ T1) การใช้จุลินทรีย์หลายชนิด T2) การใช้กรดฟอร์มิก T3) การใช้ปุ๋ยเคมี T4) การใช้ยูเรีย T5) การใช้โดโลไมท์ และ T6) การไม่เพิ่มวัสดุใดๆ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan’s Multiple Range Test จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารโดยใช้ปุ๋ยเคมี ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงที่สุด 12.99 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นจากการใช้ปุ๋ยเคมียังมีผลทำให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงสุด 0.38 และ 10.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้โดโลไมท์ให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงสุด 1.17 และ 0.21 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การใช้กรดฟอร์มิกทำให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีกำมะถันสูงสุด 2.80 เปอร์เซ็นต์ และการไม่เติมสารใดๆ ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีไนโตรเจนสูงสุด 3.60 เปอร์เซ็นต์

คำสำคัญ: การเพิ่มธาตุอาหาร ปริมาณธาตุอาหาร ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

บทนำ

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำเป็นสารละลายที่ได้จากการย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์หรือวัสดุอินทรีย์ต่างๆ โดยผ่านกระบวนการหมัก เพื่อให้จุลินทรีย์ย่อยสลายเศษซากให้อยู่ในรูปสารละลาย ก่อนนำมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพืช เพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดิน และเพิ่มปริมาณจุลินทรีดิน [1-6] เป็นการนำเศษของเหลือใช้ หรือทรัพยากรที่มีมากในท้องถิ่นและไม่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการผลิตพืชเศรษฐกิจต่างๆ เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมี [1,7-9] ปุ๋ยอินทรีย์ที่เกษตรกรผลิต หรือจำหน่ายในท้องตลาดไม่ค่อยเป็นที่นิยม เนื่องจากมีธาตุอาหารน้อย [3,4,9-11] ทำให้ต้องใช้ในปริมาณมาก ซึ่งในบางครั้งจะส่งผลเสียแก่พืชเนื่องจากมีความเค็ม และปริมาณอินทรียวัตถุสูง [1,9,11,12] ทำให้ไม่สามารถใช้แทนปุ๋ยเคมี ไมตรีและสมหมาย [13] สรุปว่าสาเหตุที่ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์มีปริมาณธาตุอาหารต่ำเกิดจากวัสดุที่ใช้มีธาตุอาหารต่ำ สลายตัวยาก การย่อยวัสดุอินทรีย์น้อยเกินไป การใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักสูง และการใช้จุลินทรีย์ที่ไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำซึ่งสามารถทำได้หลายวิธีเช่น ใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีธาตุอาหารสูง สลายตัวง่าย ย่อยวัตถุดิบให้มีขนาดเล็ก ลดการใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีน้ำองค์ประกอบสูง [3,11,14] และใช้จุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพ [1,15] กรมวิชาการเกษตร [2] ได้เสนอแนะวิธีการเพิ่มธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ 2 วิธีการ คือ การใช้กรดฟอร์มิกเป็นตัวย่อยสลายวัสดุ และการใส่ปุ๋ยเคมี จากสาเหตุดังกล่าวจึงจำเป็นต้องศึกษาหาแหล่งธาตุอาหารที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี

วิธีการ

การเพิ่มธาตุอาหารวิธีการต่างๆ ที่มีต่อปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ดำเนินการระหว่าง เดือนมีนาคม 2554 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ 2555 ณ สถานีบริการวิชาการชุมชนปัตตานี สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ 6 สิ่งทดลอง รวม 18 หน่วยทดลอง โดยการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการหมักเลือดแห้ง กระดูกป่น เปลือกกาแฟ กากน้ำตาล และ น้ำ จำนวน 5 ลิตร มาทำการเพิ่มธาตุอาหารจากแหล่งต่างๆ คือ T1) การใส่จุลินทรีย์หลายชนิด จำนวน 0.5 ลิตร T2) การเติมกรดฟอร์มิก 0.5 % จำนวน 0.5 ลิตร T3) การใช้ปุ๋ยเคมี 30-20-10 จำนวน 0.5 กิโลกรัม T4) การใช้ปุ๋ยยูเรีย จำนวน 0.5 กิโลกรัม T5) การใช้โดโลไมท์ จำนวน 0.5 กิโลกรัม T6) ควบคุม (การไม่เพิ่มวัสดุใดๆ ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำ) ทำการหมักในถังพลาสติกปิดฝาเป็นเวลา 40 วัน กรองเอาน้ำออกเพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช โดยที่ไนโตรเจนใช้วิธี Kjeldahl method [16] ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ใช้วิธีการ spectrophotometric method [17] โพแทสเซียมใช้วิธีการ flame photometer [18] แคลเซียม และแมกนีเซียม ใช้วิธี atomic absorption spectrophotometer [19] และทำการวัดความเป็นกรดด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรียวัตถุ วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ส่วนกากของเหลือนำไปทำให้แห้งเป็นปุ๋ยอินทรีย์แห้ง แล้วนำไปวิเคราะห์เช่นเดียวกับปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

ผลและอภิปรายผล

การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากการใช้ปุ๋ยเคมีให้ธาตุอาหารหลักสูงที่สุด 12.99 เปอร์เซ็นต์แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนั้นยังให้ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมสูงสุดด้วยเท่ากับ 0.38 และ 10.81 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวทำให้คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ เปลี่ยนเป็นปุ๋ยอินทรีย์เคมี เนื่องจากมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กำหนดว่าปุ๋ยอินทรีย์ต้องไม่มีส่วนผสมของปุ๋ยเคมี [1,4,20,21] การใช้โดโลไมท์ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีแคลเซียม และแมกนีเซียมสูงสุด 1.17 และ 0.21 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากโดโลไมท์มีแคลเซียม และแมกนีเซียมในตัววัตถุดิบสูง 23.86 และ 14.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ [13,22] ดังนั้นเมื่อนำมาใช้เพิ่มปริมาณธาตุอาหารจึงทำให้มีสองธาตุดังกล่าวสูงตามไปด้วย การไม่เติมสารใดๆ ให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีไนโตรเจนสูงสุด 3.60 เปอร์เซ็นต์ (**Table 1**) น่าจะมีสาเหตุมาจากไนโตรเจนเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ดีและสูญเสียได้ง่าย [8,23-26] และไนโตรเจนบางส่วนถูกใช้ในกิจกรรมของจุลินทรีย์ ดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหารจากแหล่งต่าง ๆ จึงไม่มีผลต่อการเพิ่มของไนโตรเจน คุณสมบัติอื่นๆ พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีพีเอชเหมาะสมที่สุด 4.70 ดีกว่าการใช้วัสดุจากแหล่งอื่นๆ ความเค็มที่วัดจากการค่าการนำไฟฟ้าพบว่า การเพิ่มธาตุอาหารจากทุกแหล่งให้ค่า ระหว่าง 19.36-44.40 เดลิซีเมนต่อเมตร (**Table 2**) สูงกว่ามาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3.5 เดลิซีเมนต่อเมตร มีสาเหตุมาจากปุ๋ยอินทรีย์มีความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงจึงให้ค่าดังกล่าวสูงตามไปด้วย [2,10,12] ผลการศึกษาดังกล่าวสรุปได้ว่าการผลิตปุ๋ยอินทรีย์น้ำโดยใช้วัตถุดิบ เลือดแห้ง กระดูกป่น และเปลือกกาแฟ แล้วเพิ่มธาตุอาหารโดยการนำไปผสมกับวัสดุต่างๆ สามารถใช้เป็นอีกวิธีหนึ่ง ในการผลิตเพื่อให้มีธาตุอาหารบางตัวสูง เพื่อใช้ให้ตรงกับความต้องการของพืช และความต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่

กากของเหลือจากปุ๋ยอินทรีย์น้ำหลังจากทำให้แห้งแล้ววิเคราะห์ธาตุอาหารและคุณสมบัติอื่นๆ พบว่าการใช้กรดฟอร์มิกให้แคลเซียม และ แมกนีเซียมสูง มีสาเหตุมาจากกรดฟอร์มิกทำให้กระดูกป่นปลดปล่อยแคลเซียม และ แมกนีเซียมออกมามากขึ้น ทำให้การเพิ่มธาตุอาหารโดยใช้วัสดุดังกล่าวให้แคลเซียม และ แมกนีเซียมสูง ในขณะที่วัสดุอื่นๆ ไม่สามารถทำให้ธาตุอาหารทั้งสองถูกปลดปล่อยออกมา การใช้ปุ๋ยเคมีให้ไนโตรเจน และโพแทสเซียมสูงสุดน่าจะมีสาเหตุมาจากปุ๋ยเคมีที่มีไนโตรเจน และโพแทสเซียมอยู่ในตัววัตถุดิบ 30 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อนำมาใช้จึงทำให้สองธาตุอาหารดังกล่าวละลายอยู่ในปุ๋ยอินทรีย์น้ำเพียงส่วนหนึ่ง ในขณะที่ธาตุอาหารส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในกากของเหลือ จึงมีผลทำให้ปุ๋ยอินทรีย์แห้ง มีธาตุอาหารสูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์น้ำ [2,12,13] เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารหลักที่ให้สูงสามลำดับแรก พบว่าปุ๋ยอินทรีย์จากการใช้ยูเรีย ปุ๋ยเคมี และโดโลไมท์ ให้ธาตุอาหารหลักสูงสุด 10.26, 9.58 และ 9.05 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (**Table 3**) คุณสมบัติอื่นๆ พบว่าการเพิ่มธาตุอาหารจากทุกแหล่งให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสม (**Table 4**) สอดคล้องตามมาตรฐานคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดมาตรฐานคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ว่าต้องมีพีเอช (7-8)

ความชื้น (0-35 %) อัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (0-20:1) และปริมาณอินทรียวัตถุ (35-40 %) [2,20,27] แต่อย่างไรก็ตามปุ๋ยอินทรีย์จากทุกสิ่งทดลองไม่สามารถผ่านมาตรฐานคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ได้ เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์มีธาตุอาหารสูง ทำให้ความเค็ม ซึ่งวัดจากการนำไฟฟ้าสูงตามไปด้วย คือมีค่าการนำฟ้าอยู่ระหว่าง 5.27-9.61 เดลิซิเมนต่อเมตร หรือมีปริมาณเกลือ ระหว่าง 0.26-0.48 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่าค่าการนำไฟฟ้าตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3.5 เดลิซิเมนต่อเมตร หรือมีปริมาณเกลือไม่เกิน 0.17 เปอร์เซ็นต์

Table 1 Quantity of macro-nutrients in liquid organic fertilizer from different nutrient adding.

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Microbe	1.90^{cd}	0.01^{d}	1.75^{b}	0.08^{d}	0.20^{b}	1.20^{c}
Formic acid	2.00^{bc}	0.05^{c}	1.28^{b}	0.72^{b}	0.15^{c}	2.80^{a}
Chemical fertilizer	1.80^{d}	0.38^{a}	10.81^{a}	0.55^{c}	0.10^{d}	1.40^{c}
Urea	2.10^{b}	0.07^{b}	1.82^{b}	0.02^{e}	0.01^{e}	2.50^{b}
Dolomite	1.00^{e}	0.01^{d}	1.36^{b}	1.17^{a}	0.21^{a}	1.40^{c}
Control	3.60^{a}	0.01^{d}	1.51^{b}	0.01^{f}	0.00^{f}	1.20^{c}
CV (%)	4.0	11.1	13.4	0.13	0.16	6.19

[1]Mean within column with different alphabets differ significantly at P < 0.05, NS = Non significant

Table 2 pH and EC of liquid organic fertilizer from different nutrient adding.

Treatment	pH	EC (dS/m)
Microbe	7.01^{c}	35.80^{b}
Formic acid	6.50^{e}	28.60^{c}
Chemical fertilizer	4.70^{f}	19.36^{b}
Urea	7.70^{b}	25.60^{d}
Dolomite	6.90^{d}	28.00^{cd}
Control	9.10^{a}	44.40^{a}
CV (%)	1.28	4.24

[1]Mean within column with different alphabets differ significantly at P < 0.05, NS = Non significant

Table 3 Quantity of macro-nutrients in liquid organic fertilizer residual from different nutrient adding.

Treatment	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	S (%)
Microbe	4.71^{c}	1.71^{d}	1.43^{b}	8.34^{e}	0.23^{d}	0.50^{b}
Formic acid	4.79^{c}	1.70^{d}	1.31^{b}	11.49^{a}	1.99^{a}	0.40^{c}
Chemical fertilizer	5.80^{a}	2.10^{b}	1.68^{a}	8.20^{f}	0.24^{c}	0.50^{b}
Urea	4.78^{c}	3.74^{a}	1.74^{a}	9.46^{b}	0.27^{b}	0.50^{b}
Dolomite	5.52^{b}	1.85^{c}	1.68^{a}	9.43^{c}	0.22^{e}	0.50^{b}
Control	5.58^{b}	1.88^{c}	1.43^{b}	8.78^{d}	0.21^{f}	0.60^{a}
CV (%)	1.61	2.07	4.56	0.24	0.31	2.00

[1]Mean within column with different alphabets differ significantly at P < 0.05, NS = Non significant

Table 4 pH, EC, humidity, OM and C/N ratio of liquid organic fertilizer residual different nutrient adding.

Treatment	pH	EC (dS/m)	Humidity (%)	OM (%)	C/N ratio
Microbe	5.40^{d}	10.95^{a}	24.61^{ab}	62.74^{d}	7.72^{a}
Formic acid	5.60^{c}	9.21^{d}	25.42^{a}	47.82^{a}	5.79^{e}
Chemical fertilizer	6.10^{b}	10.00^{b}	24.75^{ab}	56.94^{b}	5.69^{f}
Urea	6.50^{a}	7.63^{e}	17.31^{c}	59.75^{c}	7.25^{b}
Dolomite	5.50^{cd}	8.12^{c}	23.73^{b}	58.10^{bc}	6.41^{c}
Control	5.50^{cd}	7.92^{d}	24.14^{ab}	58.48^{bc}	6.07^{d}
CV	1.45	0.51	3.05	2.02	0.69

[1]Mean within column with different alphabets differ significantly at P < 0.05, NS = Non significant

สรุปผล

1. การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารโดยใช้ปุ๋ยเคมีให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีธาตุอาหารหลักสูงที่สุด
2. การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารโดยใช้โดโลไมท์ให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีแคลเซียม และแมกนีเซียมสูงสุด
3. การไม่เติมสารใดๆ ให้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่มีปริมาณไนโตรเจนสูงสุด
4. การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารโดยใช้กรดฟอร์มิกให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมสูงสุด
5. การเพิ่มปริมาณธาตุอาหารโดยใช้ปุ๋ยเคมีให้ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีไนโตรเจน และโพแทสเซียมสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี และสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาที่สนับสนุนงานวิจัย

บรรณานุกรม

[1] ธงชัย มาลา. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2550, หน้า 1-245.

[2] กรมวิชาการเกษตร. คู่มือปุ๋ยอินทรีย์. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ, 2548, หน้า 2-17.

[3] กรมวิชาการเกษตร. ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์น้ำหมักชีวภาพ. กองทุนสนับสนุนงานวิจัยด้านการเกษตร.กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ, 2547, หน้า 1-17.

[4] ฝ่ายถ่ายทอดเทคโนโลยี. ปุ๋ยเคมี อินทรีย์ และชีวภาพ. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ, 2544, หน้า 2-16.

[5] SL Tisdale, WL Nelson and JD Beaton. Soil Fertility and Fertilizer. 4th ed. Macmillan Publishing, New York, 1985, p. 260-291.

[6] RD Gupta, KK Jha and SP Dev. Effect of fertilizers and organic manures on the microflora and microbiological process in soil. *Indian J. Agr*. Sci. 1983; **53**, 266-70.

[7] ไมตรี แก้วทับทิม. ปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์จากการหมักวัสดุอินทรีย์ต่างๆ . *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร* 2554; ปีที่ 42 (พิเศษ), หน้า 479-482.

[8] ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2554, หน้า 1-51.

[9] มุกดา สุขสวัสดิ์. คู่มือการเกษตรปุ๋ยอินทรีย์. อมรินทร์พริ้นติ้ง, กรุงเทพฯ, 2545, หน้า 1-65.

[10] ไมตรี แก้วทับทิม. ปริมาณธาตุอาหารพืชในสารละลายที่ได้จากการหมักวัสดุอินทรีย์ชนิดต่างๆ. *วารสารเกษตร*. 2551; ปีที่ 24, หน้า 233-241.

[11] กรมวิชาการเกษตร. ฮอร์โมนพืชและธาตุอาหารพืชในน้ำหมักชีวภาพ. กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ, 2546, หน้า 7-129.

[12] M Kaewtubtim. A study on amounts plant nutrients in soluble organic fertilizer from fermentation of fish heads, fruits, food leftovers, weeds and marine animals. *In*: Proceedings of the 46th Kasetsart University Annual Conference, Bangkok, Thailand, 2008, p. 390-95.

[13] ไมตรี แก้วทับทิม และสมหมาย ไชยประสิทธิ์. ผลของวัสดุอินทรีย์ที่มีต่อคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์: การใช้ประโยชน์สำหรับสวนยางพาราและปาล์มน้ำมัน. รายงานวิจัยฝ่ายบริการวิชาการชุมชน สำนักส่งเสริมและการศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี, 2555.

[14] ทิพวรรณ สิทธิรังสรรค์. ปุ๋ยหมัก ดินหมัก และปุ๋ยน้ำชีวภาพ: เพื่อการปรับปรุงดินโดยวิธีเกษตรธรรมชาติ. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ, 2547, หน้า 5-30.

[15] ไมตรี แก้วทับทิม. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ได้จากการหมักโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 2549; ปีที่ 37, หน้า 913-916.

[16] RJ Buresh, ER Austin and ET Craswell. Analytical methods in 15 N research. *Fertilizer Res.* 1982; **3**, 37-62.

[17] HD Chapman and PF Pratt. *Methods of Analysis for Soils, Plants and Waters*. Division of Agricultural Sciences, University of California, Riverside, 1961.

[18] สมศักดิ์ มณีพงศ์. การสำรวจธาตุอาหารเพื่อจัดทำค่าแนะนำมาตรฐานสำหรับการวิเคราะห์ดินและพืชสำหรับส้มโอ. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*. 2551; ปีที่ 40, หน้า 198-201.

[19] AOAC. *Official Methods of Analysis*. 17th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA, 1990, p. 30-3.

[20] กรมพัฒนาที่ดิน. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงของกรมพัฒนาที่ดิน. สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2559 จาก www.ldd.go.th/ldd/Fertilizer/Organic_Fertilizer.pdf.

[21] เมธี มณีวรรณ. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์. *วารสารพัฒนาที่ดิน*. 2541; ปีที่ 36, หน้า 12-22.

[22] ปิยะ ดวงพัตรา. สารปรับปรุงดิน. ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2553, หน้า 75-85.

[23] M Zekri and TA Obreza. Plant nutrients for citrus tree, Available at: http://edisifas.ufl.edu/ss419.

[24] E Epstein and AJ Bloom. *Mineral Nutrient of Plants: Principles and Perspectives*. Sinauer Associate, California, 2005, p. 163-8.

[25] BR Bondada, JP Syvertsen and LG Albrigo. Urea nitrogen uptake by citrus leaves. *HortScience* 2001; 36, 1061-5.

[26] NK Fageria, VC Baligar and CA Jones. Growth and mineral nutrient of field crops. Marcel Dekker, New York, 1991, p. 77-124.

[27] กรมวิชาการเกษตร. ประกาศกรมวิชาการเกษตรเรื่องกำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. สืบค้นเมื่อ 23 มีนาคม 2559 จาก http://www.doa.go.th/ard/index.php?option=com_content&view=article&id=45:rule&catid=36:rule.