



องค์ประกอบและการปลดปล่อยธาตุอาหารของเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน

ทัศนีย์ แก้วมรกต* จำเป็น อ่อนทอง* และ อัจฉรา เพ็งหนู*

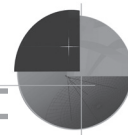
บทคัดย่อ

ประเทศไทยมีเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก จึงศึกษาเพื่อนำวัสดุเหล่านี้มาใช้เพิ่มอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารให้แก่พืช โดยแบ่งเป็น 2 การทดลอง คือ 1) ศึกษาองค์ประกอบของเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน โดยนำวัสดุไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร และ 2) ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหาร โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 ทรีตเมนต์ คือ บ่มดินอย่างเดียว บ่มดินร่วมกับเศษหอมแดง บ่มดินร่วมกับมูลแพะ บ่มดินร่วมกับกระดูกโคเผาปน และบ่มดินร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด โดยใช้ดิน 10 กรัม วัสดุอย่างละ 0.5 กรัม ทำซ้ำ 3 ครั้ง พบว่า เศษหอมแดงมีไนโตรเจนและโพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) เท่ากับ ร้อยละ 1.28 และ 4.70 ตามลำดับ และสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้อย่างช้าๆ หลังการบ่ม 15 วัน แต่สามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ทันที มูลแพะมีไนโตรเจนโพแทสเซียม (K_2O) และแมกนีเซียมทั้งหมด เท่ากับ ร้อยละ 1.94 2.58 และ 0.64 ตามลำดับ โดยสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนได้สูงที่สุด และสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียมและแมกนีเซียมได้ทันที ส่วนกระดูกโคเผาปนมีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) เท่ากับร้อยละ 1.29 และ 34.51 ตามลำดับ โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) คิดเป็นร้อยละ 50 ของฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยจะปลดปล่อยออกมาตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น และมีแคลเซียมทั้งหมดร้อยละ 33.69 นอกจากนี้ วัสดุทุกชนิดมีเหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีสเป็นองค์ประกอบ หากนำเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปนมาทำปุ๋ยหมัก จะสามารถเป็นแหล่งของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ รวมทั้งอินทรีย์วัตถุได้

คำสำคัญ : เศษหอมแดง มูลแพะ กระดูกโคเผาปน ธาตุอาหาร

* ภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ 90112

อีเมล : kung_soil29@hotmail.com



Nutrient Compositions and Release of Shallot Waste, Goat Dung and Bone Meal.

Tussanee Kaewmorakot* Jumpen Onthong* and Ashara Pengnoot*

Abstract

In Thailand, there a big waste of shallot, goat dung and bone meal in each year. This study was conducted to use these materials to increase of organic matter and plant nutrients. Two experiments were carried out. The first experiment was designed to study the nutrient compositions from shallot waste, goat dung and bone meal by analyzing plant nutrients. The second experiment was designed to study nutrients release of shallot waste, goat dung and bone meal incubated with soil. This experiment was arranged in a completely randomized design with 5 treatments: incubated soil, incubated soil with shallot waste, incubated soil with goat dung, incubated soil with bone meal and incubated soil with all materials. Ten grams of soil and 0.5 g of each material were mixed and incubated. The experiment was replicated 3 times. The results showed that shallot waste contained 1.28 and 4.70% of total nitrogen and potassium, respectively, and nitrogen was released slowly after 15 days of incubation, while potassium was released immediately. Goat dung contained 1.94% of total nitrogen and gave highest release. Furthermore, there were 2.58 and 0.64% of total potassium (K_2O) and magnesium, respectively, which were released immediately. Bone meal contained 1.29, 34.51 and 33.69% of total nitrogen, phosphorus (P_2O_5) and calcium, respectively. Available phosphorus (P_2O_5) in bone meal was approximately 50% of total P_2O_5 and released slowly. In addition, all materials, contained iron, copper, zinc, and manganese. Therefore, shallot waste, goat dung and bone meal may prove to be a good sources of macronutrients, micronutrients and organic matter. As such, their use may be recommended in the making of compost.

Keywords : Shallot waste Goat dung Bone meal Nutrient

* Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkla 90112 E-mail : kung_soil29@hotmail.com



บทนำ

ดินส่วนใหญ่ในประเทศไทยอยู่ในอันดับ อัลทิสอลส์ ซึ่งเป็นดินมีการพัฒนามานาน ทำให้มีปัญหาดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรจึงต้องใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหาร แต่หากเกษตรกรสามารถนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรมาใช้เป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารให้กับพืช ก็จะสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมี รวมทั้งลดปัญหาการเพิ่มขึ้นของขยะได้ จากรายงานการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารพบว่า เมื่อบ่มดินกับปุ๋ยหมักฟางข้าว ตะกอนของเสีย (activated sludge) จากโรงงานเบียร์ กากตะกอนจากโรงเหล้า ซีพื่อกรอง (filter cake) จากโรงงานน้ำตาล และกากละหุ่งจากโรงงานน้ำมันละหุ่ง ทำให้ปริมาณของแอมโมเนียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในช่วงแรกของการบ่ม ปริมาณของแอมโมเนียมจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (1) นอกจากนี้ ยังมีรายงานว่า กากตะกอนน้ำเสียทำให้ปริมาณของฟอสฟอรัสที่สกัดได้เพิ่มสูงกว่าไม่ใส่ตะกอน 3-9 เท่า และจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการบ่ม (2) เช่นเดียวกับการใช้วัสดุจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นหลังจากการบ่มดินในสัปดาห์ที่ 3 (3) รวมทั้งวัสดุอื่นๆ เช่น น้ำกากส่า (distillery slop liquor) และ เถ้ากากส่า (distillery slop ash) ทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สำหรับข้าวโพดและข้าวใกล้เคียงกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (4-5) เช่นเดียวกับการบ่มเถ้าไม้ยางพารากับดินก็ทำให้ปริมาณของโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ (6) จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าวัสดุเหลือทิ้งชนิดต่างๆ สามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารให้กับพืชได้ นอกจากนี้ ยังมีวัสดุเหลือทิ้งจากการทำการเกษตรอีกมาก เช่น ฟางข้าว ทะลายเป่าปาล์มน้ำมัน ชังข้าวโพด ชานอ้อย เปลือกถั่วลิสง รวมทั้งเศษ

หอมแดงซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่อาจจะใช้เป็นแหล่งอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชได้

ในปี พ.ศ. 2554 ประเทศไทยมีผลผลิตหอมแดง 180,696 ตัน โดยมีพื้นที่เพาะปลูกส่วนใหญ่อยู่ทางภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (7) ในขั้นตอนการตัดแต่งหอมแดงนั้นจะมีส่วนที่เป็นวัสดุเหลือทิ้ง เช่น ส่วนของใบ ลำต้น ประมาณร้อยละ 8-10 ของผลผลิต นอกจากนี้ ยังมีวัสดุเหลือทิ้งอื่นๆ อีก เช่น กระดุกโค ซึ่งมีรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2554 มีโค 7,143,765 ตัว (8) โดยกระดุกที่ได้หลังจากการฆ่าชำแหละคิดเป็นร้อยละ 10 ของน้ำหนักตัว และเมื่อนำกระดุกเหล่านั้นมาเผาเป็นเถ้าถ่านก็สามารถเป็นแหล่งฟอสฟอรัสให้กับพืชได้ (9) โดยมีฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) ร้อยละ 15-23 นอกจากนี้ ยังมีไนโตรเจนทั้งหมดร้อยละ 3-4 โพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) ร้อยละ 0.68 (10) มูลสัตว์ก็เป็นแหล่งธาตุอาหารที่สำคัญโดยเฉพาะมูลแพะ ซึ่งมีการเลี้ยงกันอย่างแพร่หลายในภาคใต้ ซึ่งมีจำนวนแพะสูงถึง 239,436 ตัว จากปริมาณการเลี้ยงทั่วประเทศ 427,567 ตัวในปี พ.ศ. 2554 (11) โดยแพะให้มูล 520 กรัม/ตัว/วัน (12) ดังนั้น ในภาคใต้จะมีมูลแพะสูงถึง 124.51 ตัน/วัน โดยในมูลแพะจะมีไนโตรเจนทั้งหมดประมาณร้อยละ 3.74 ฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) ร้อยละ 1.56 และโพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) ร้อยละ 5.29 (10) ซึ่งเมื่อเทียบกับมูลสัตว์ชนิดอื่นพบว่า มีปริมาณธาตุอาหารหลักสูงกว่ามูลสัตว์หลายชนิด ดังนั้น หากทำการศึกษาปริมาณธาตุอาหารในเศษหอมแดง มูลแพะ กระดุกโคเฝ้าป่น และการปลดปล่อยธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ก็จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการนำเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดุกโคเฝ้าป่นไปใช้ประโยชน์ เช่น การทำปุ๋ยหมัก และลดปัญหาการเพิ่มขึ้นของขยะจากเศษหอมแดงและกระดุกโค



วิธีการ

ศึกษาองค์ประกอบของเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน

เก็บตัวอย่างเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน 10 ครั้ง ครั้งละประมาณ 100 กรัม นำเศษหอมแดงมาอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส บดผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช (mesh) มูลแพะนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม ส่วนกระดูกโคเผาปนได้จากการเก็บกระดูกโคสดไปเผา บด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แล้วนำวัสดุทั้ง 3 ชนิดไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมี คือ ไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) โพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) แคลเซียมทั้งหมด (total Ca) แมกนีเซียมทั้งหมด (total Mg) และจุลธาตุทั้งหมด (total Fe, Mn, Zn, Cu) ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (13) นอกจากนี้ ทำการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P_2O_5) จากกระดูกโคเผาปน (14)

ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารของเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน

นำเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปนที่บดแล้วมาบ่มกับดินชุดคอหงส์ ซึ่งเป็นชุดดินที่ใช้ในการทำการเกษตรทั่วไปและพบมากในภาคใต้ ลักษณะดินเป็นดินร่วนหยาบ ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินเป็นดินกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) โดยใช้ดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตรหนัก 10 กรัม ผสมคลุกเคล้ากับวัสดุชนิดละ 0.5 กรัม มี 5 ทริตเมนต์ คือ 1) บ่มดินอย่างเดียว 2) บ่มดินร่วมกับเศษหอมแดง 3) บ่มดินร่วมกับมูลแพะ 4) บ่มดินร่วมกับกระดูกโคเผาปน และ 5) บ่มดินร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด ทำซ้ำ 3 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) โดยควบคุมความชื้นที่ระดับร้อยละ 70 ของ

ความชื้นสนาม หลังจากบ่ม 0, 15, 30 และ 45 วัน นำดินในแต่ละทริตเมนต์ไปวิเคราะห์สมบัติของดิน คือ พีเอชและค่าการนำไฟฟ้า (ดินต่อน้ำ = 1:5) ไนโตรเจนที่สกัดได้ (2 M KCl Extraction) โดยนำไปกลั่นหาแอมโมเนียมและไนเตรต ส่วนการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ ทำการสกัดตัวอย่างดินโดยวิธี Mehlich No.3 และนำไปหาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธีโมลิบดีนัมบลู โพแทสเซียมที่สกัดได้วิเคราะห์ด้วยวิธี Flame emission spectrophotometry ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้วิเคราะห์ด้วยวิธี Atomic adsorption spectrophotometry นำข้อมูลผลการวิเคราะห์แต่ละทริตเมนต์ไปวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ค่าความแปรปรวนของข้อมูล และนำค่าเฉลี่ยมาหาความแตกต่างทางสถิติโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เปรียบเทียบการใส่วัสดุกับการบ่มดินเพียงอย่างเดียว

ผล

องค์ประกอบของธาตุอาหารในเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน

จากการวิเคราะห์เศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน พบว่า เศษหอมแดงมีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (K_2O) เป็นองค์ประกอบสูงสุด คือ ร้อยละ 4.70 รองลงมา คือ มูลแพะ (ร้อยละ 2.58) และกระดูกโคเผาปน (ร้อยละ 0.39) สำหรับมูลแพะมีปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุด คือ ร้อยละ 1.94 ส่วนเศษหอมแดงและกระดูกโคเผาปนมีร้อยละ 1.28 และ 1.29 ตามลำดับ นอกจากนี้ในมูลแพะยังมีแมกนีเซียมทั้งหมดสูงที่สุดอีกด้วย คือ ร้อยละ 0.64 รองลงมา คือ กระดูกโคเผาปน (ร้อยละ 0.55) และเศษหอมแดง (ร้อยละ 0.49) กระดูกโค



เผาปนมีฟอสฟอรัสทั้งหมด (P_2O_5) สูงมาก คือ ร้อยละ 34.51 และในกระดุกโคเผาปนมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P_2O_5) สูงถึงร้อยละ 17.53 และยังมีแคลเซียมทั้งหมดมากที่สุด คือ ร้อยละ 33.69 ซึ่งมากกว่าเศษหอมแดง (ร้อยละ 3.28) และมูลแพะ (ร้อยละ 1.77) ส่วนปริมาณจุลธาตุพบว่า เศษ

หอมแดงมีปริมาณของเหล็กและแมงกานีสทั้งหมด 951 และ 76.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ มูลแพะมีเหล็ก สังกะสี และแมงกานีสทั้งหมด 506 92 และ 105.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ และกระดุกโคเผาปนมีสังกะสีทั้งหมด 124 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดุกโคเผาปน (n = 10)

Nutrient		วัสดุ		
		เศษหอมแดง	มูลแพะ	กระดุกโคเผาปน
Total N (%)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.86-1.95	1.58-2.37	0.84-1.70
	เฉลี่ย(S.E.)	1.28 (0.99)	1.94 (0.78)	1.29 (0.84)
Total P (% P_2O_5)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.15-0.46	0.74-1.32	32.57-38.25
	เฉลี่ย (S.E.)	0.26 (0.03)	1.00 (0.06)	34.51 (0.59)
Avail. P (% P_2O_5)	ต่ำสุด-สูงสุด	-	-	15.09-18.98
	เฉลี่ย(S.E.)	-	-	17.53 (0.59)
Total K (% K_2O)	ต่ำสุด-สูงสุด	3.66-6.33	1.32-3.41	0.18-0.57
	เฉลี่ย (S.E.)	4.70 (0.28)	2.58 (0.22)	0.39 (0.04)
Total Ca (%)	ต่ำสุด-สูงสุด	2.91-3.78	1.41-2.21	27.71-39.88
	เฉลี่ย (S.E.)	3.28 (0.14)	1.76 (0.09)	33.69 (1.25)
Total Mg (%)	ต่ำสุด-สูงสุด	0.19-0.75	0.26-0.78	0.51-0.60
	เฉลี่ย (S.E.)	0.49 (0.06)	0.64 (0.06)	0.55 (0.01)
Total Fe (mg/kg)	ต่ำสุด-สูงสุด	732-1,269	408-631	119-194
	เฉลี่ย (S.E.)	951 (72.70)	506 (28.14)	149 (8.54)
Total Cu (mg/kg)	ต่ำสุด-สูงสุด	3-12	12-82	3-5
	เฉลี่ย (S.E.)	7 (0.95)	28 (6.32)	4 (0.32)
Total Zn (mg/kg)	ต่ำสุด-สูงสุด	14-96	81-111	106-139
	เฉลี่ย (S.E.)	35 (8.85)	92 (2.53)	124 (3.79)
Total Mn (mg/kg)	ต่ำสุด-สูงสุด	36.6-111.3	89.2-142.3	0.5-1.0
	เฉลี่ย (S.E.)	76.1 (8.38)	105.2 (4.74)	0.6 (0.13)

หมายเหตุ : S.E. = standard error



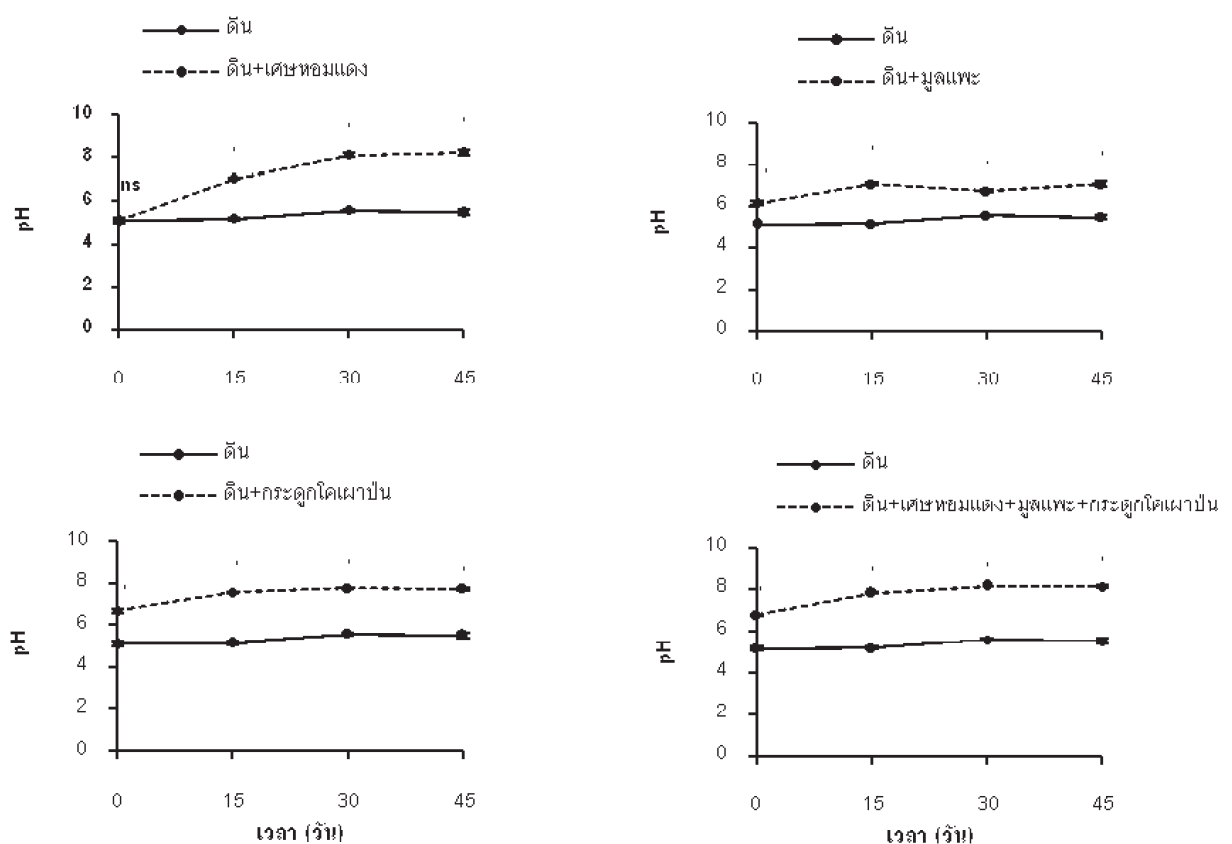
การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและการปลดปล่อยธาตุอาหารของเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน

ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นการบ่มดินร่วมกับวัสดุทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เมื่อสิ้นสุดการบ่มพบว่า ทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับเศษหอมแดงมีค่าพีเอชสูงสุด (pH 8.24) รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับวัสดุ 3 ชนิด (pH 8.10) บ่มร่วมกับกระดูกโคเผาปน (pH 7.72) และบ่มร่วมกับมูลแพะ (pH 7.05) ในขณะที่บ่มดินเพียงอย่างเดียว เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มมีพีเอช 5.48 (ภาพที่ 1)

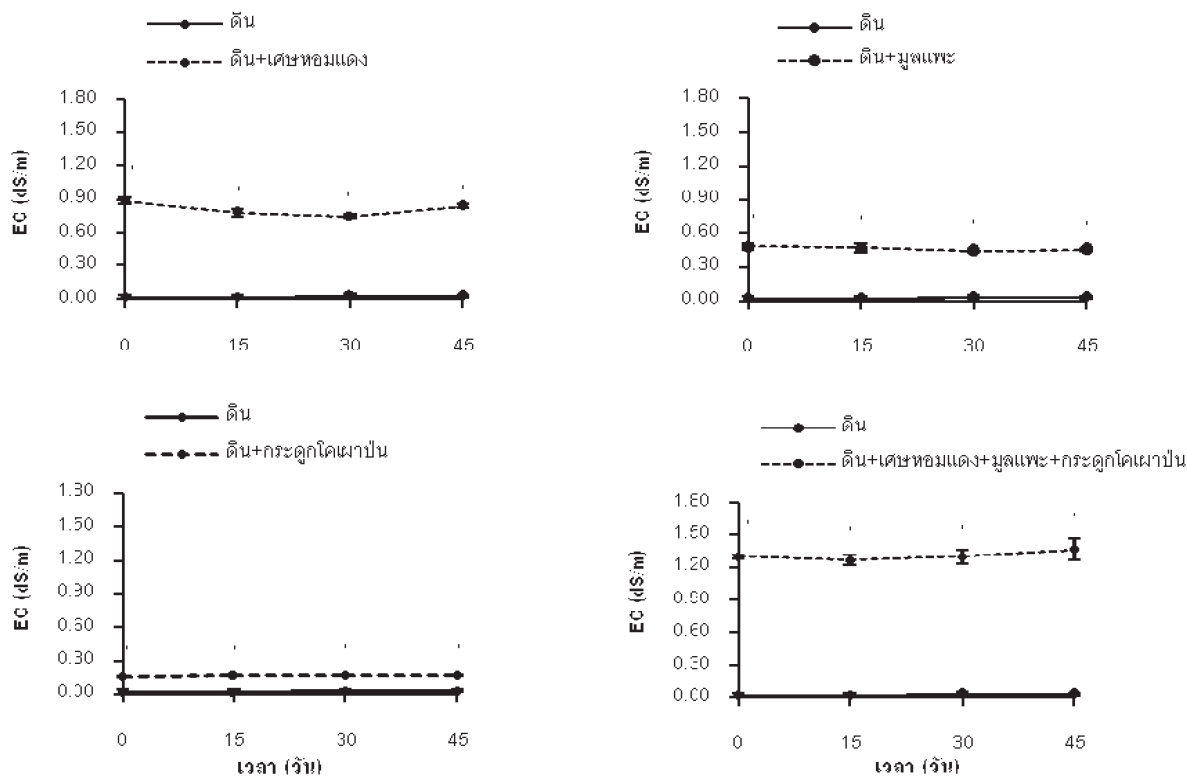
ค่าการนำไฟฟ้า เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น การบ่มดินกับวัสดุทำให้ค่าการนำไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการ

บ่มพบว่า ดินที่บ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุด คือ 1.37 เดซิซีเมนต์/เมตร รองลงมา คือ บ่มร่วมกับเศษหอมแดง (0.84 เดซิซีเมนต์/เมตร) บ่มร่วมกับมูลแพะ (0.45 เดซิซีเมนต์/เมตร) บ่มร่วมกับกระดูกโคเผาปน (0.19 เดซิซีเมนต์/เมตร) และการบ่มดินเพียงอย่างเดียว มีค่าการนำไฟฟ้าคงที่ตลอดระยะเวลาการบ่มคือ 0.03 เดซิซีเมนต์/เมตร (ภาพที่ 2)

ไนโตรเจน ในช่วงแรกทุกทรีตเมนต์ยกเว้นทรีตเมนต์ที่บ่มดินเพียงอย่างเดียว และทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับกระดูกโคเผาปน มีไนโตรเจนที่สกัดได้ทั้งในรูปของแอมโมเนียมและไนเตรต (ไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์) ลดลงใน 15 วัน และจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการบ่มดินนานขึ้น เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มพบว่า ทรีตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับมูลแพะ



ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของพีเอชหลังการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาปน นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของค่าการนำไฟฟ้าหลังการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

มีปริมาณของไนโตรเจนที่สกัดได้สูงสุด คือ 207 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยอยู่ในรูปแอมโมเนียม 48 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และในรูปไนเตรต 159 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไกล่เคียงกับทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด คือ 188 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยอยู่ในรูปแอมโมเนียม 33 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไนเตรต 155 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มากกว่าการบ่มดินร่วมกับกระดูกโคเผาป่น (148 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ซึ่งอยู่ในรูปแอมโมเนียม 69 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และไนเตรต 79 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และมากกว่าบ่มร่วมกับเศษหอมแดง (79 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ที่อยู่ในรูปแอมโมเนียมและไนเตรต เท่ากับ 18 และ 61 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่าง

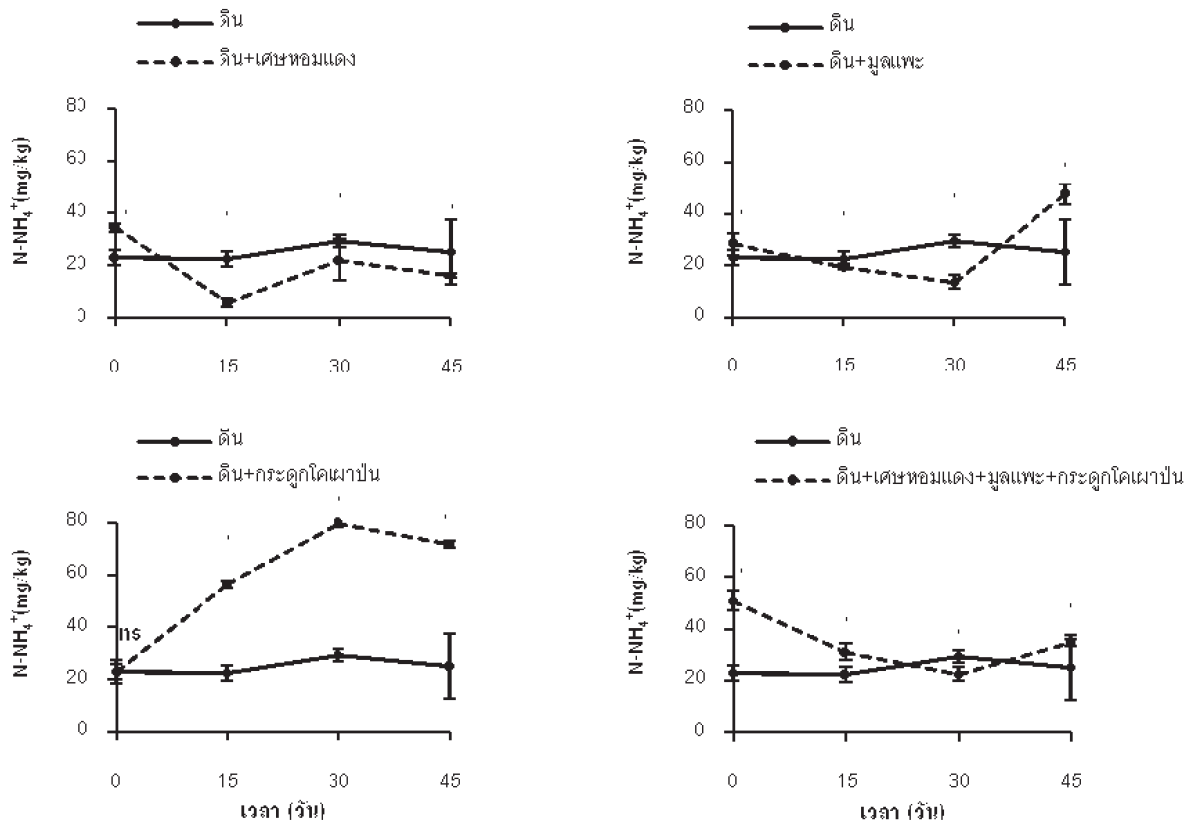
มีนัยสำคัญทางสถิติกับการบ่มดินเพียงอย่างเดียวที่มีไนโตรเจนทั้งหมด 61 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ซึ่งอยู่ในรูปแอมโมเนียมและไนเตรต เท่ากับ 25 และ 36 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ โดยทุกทรีตเมนต์เมื่อสิ้นสุดจะอยู่ในรูปของไนเตรตมากกว่าแอมโมเนียม (ภาพที่ 3-4)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หลังจากบ่มดินร่วมกับเศษหอมแดง 15 วัน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง แต่จะค่อยๆ เพิ่มขึ้นในช่วง 30 วันขึ้นไป เช่นเดียวกับทรีตเมนต์ที่มีการบ่มดินร่วมกับมูลแพะ บ่มดินเพียงอย่างเดียว แต่ทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับกระดูกโคเผาป่นและทรีตเมนต์ที่มีการบ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด เพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการบ่ม เมื่อ

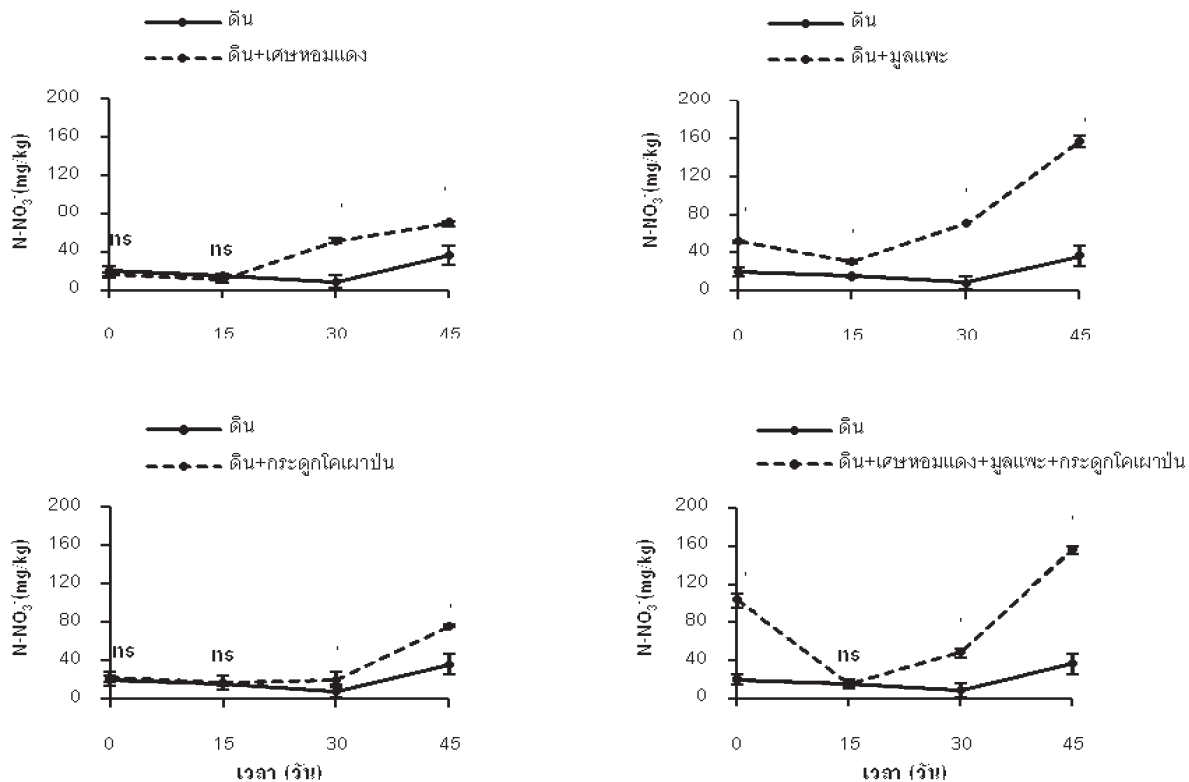


สิ้นสุดระยะเวลาการบ่ม ดินที่มีการบ่มร่วมกับกระดูก
โคเผาป่นมีปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
มากที่สุด คือ 2,390 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มากกว่าการ
บ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด (1,520 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

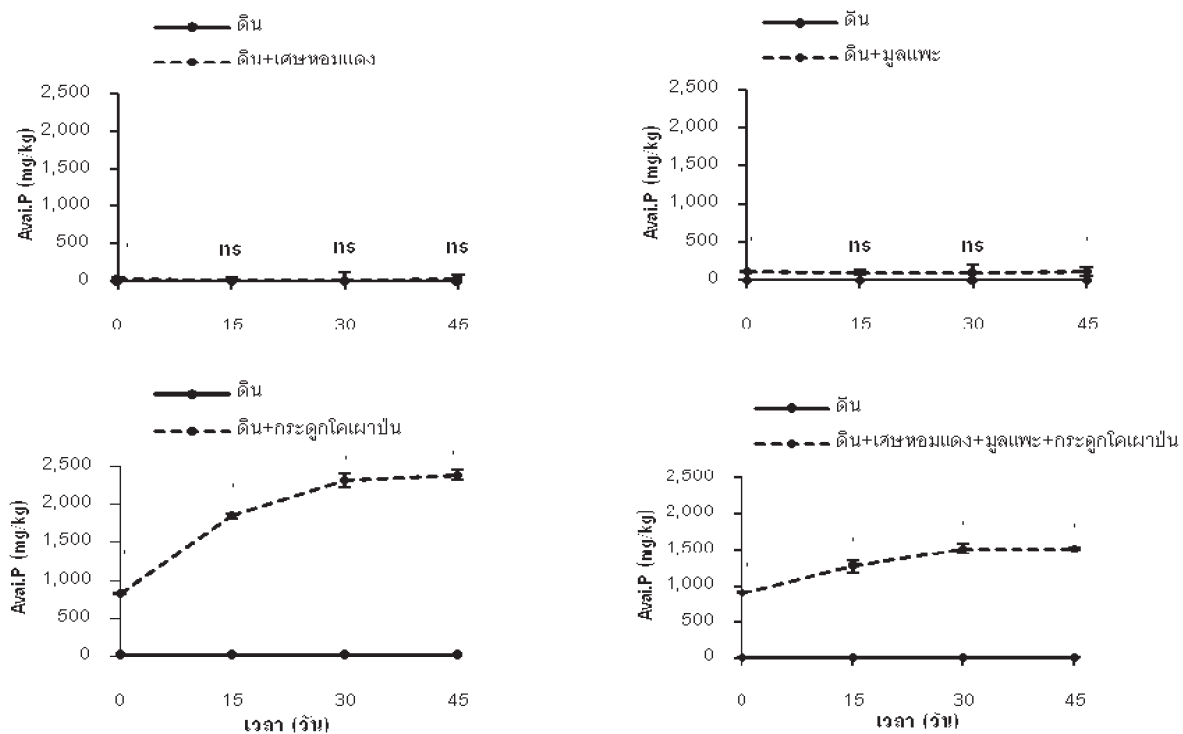
บ่มร่วมกับมูลแพะ (25 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และบ่ม
ร่วมกับเศษหอมแดง (12 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ส่วน
บ่มดินเพียงอย่างเดียวมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียมหลังการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผา
ป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น
95%)



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแปลงของไนเตรดหลังการบ่มร่วมกับเศษหมอด่าง มูลแพะ และกระดูกโคเผาป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %)

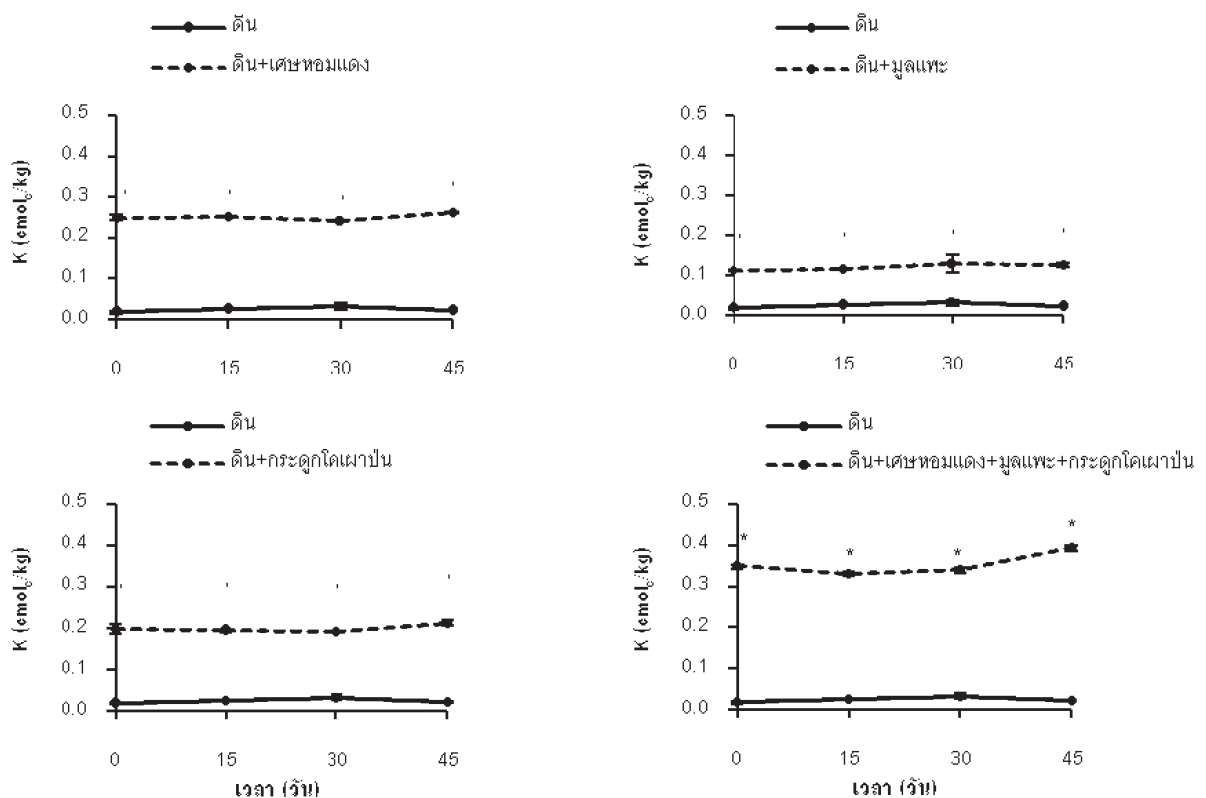


ภาพที่ 5 การเปลี่ยนแปลงของฟอสฟอรัสหลังการบ่มร่วมกับเศษหมอด่าง มูลแพะ และกระดูกโคเผาป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

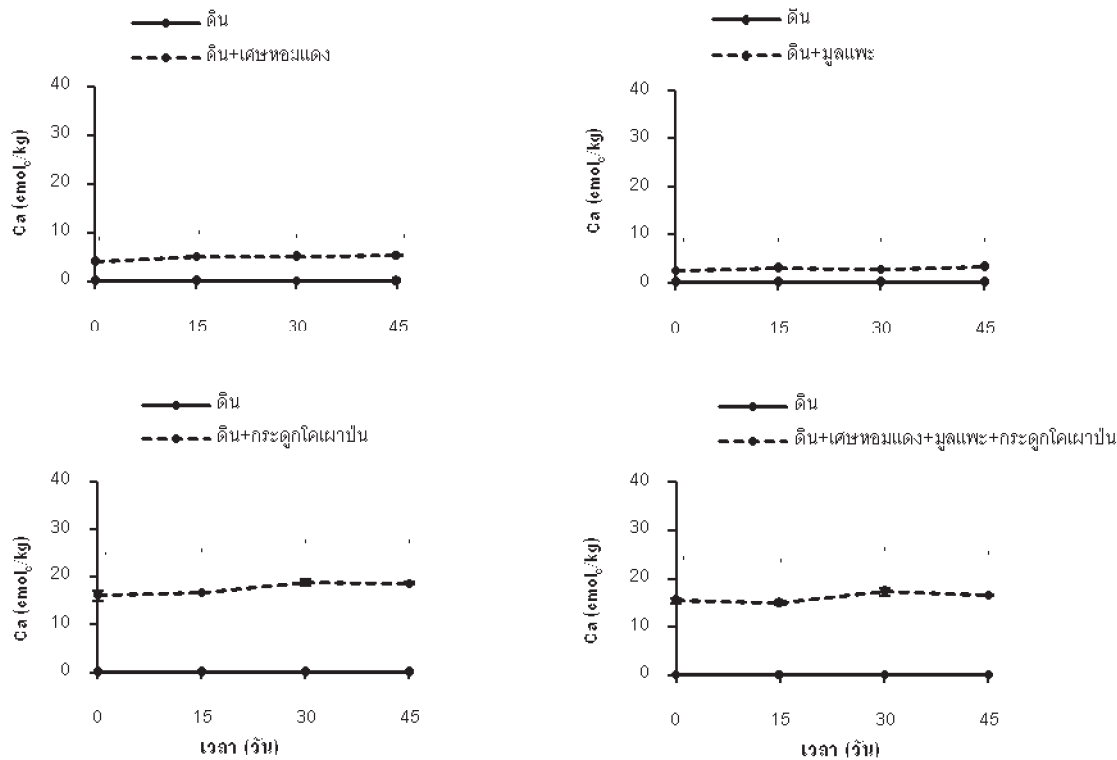


โพแทสเซียมที่สกัดได้ เมื่อบ่มดินกับวัสดุแต่ละชนิดพบว่า ระยะเวลาเพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อโพแทสเซียม เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณมากที่สุด คือ 0.39 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม รองลงมาคือทรีตเมนต์ที่มีการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง (0.26 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) บ่มร่วมกับกระดุกโคเผาป่น (0.21 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) บ่มร่วมกับมูลแพะ (0.13 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) ส่วนการบ่มดินเพียงอย่างเดียวมีโพแทสเซียมที่สกัดได้ 0.02 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับบ่มร่วมกับวัสดุแต่ละชนิด (ภาพที่ 6)

แคลเซียมที่สกัดได้ เมื่อบ่มดินกับวัสดุแต่ละชนิดพบว่า ระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีผลต่อแคลเซียมที่สกัดได้เล็กน้อย โดยทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับกระดุกโคเผาป่นมีปริมาณมากที่สุดตลอดระยะเวลาการบ่ม เมื่อสิ้นสุดการบ่มมีแคลเซียมที่สกัดได้ 18.63 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม รองลงมาคือบ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด (16.44 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) บ่มร่วมกับเศษหอมแดง (5.38 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) และบ่มร่วมกับมูลแพะ (3.26 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) การบ่มดินเพียงอย่างเดียวมีเพียง 0.03 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการบ่มร่วมกับวัสดุแต่ละชนิด (ภาพที่ 7)



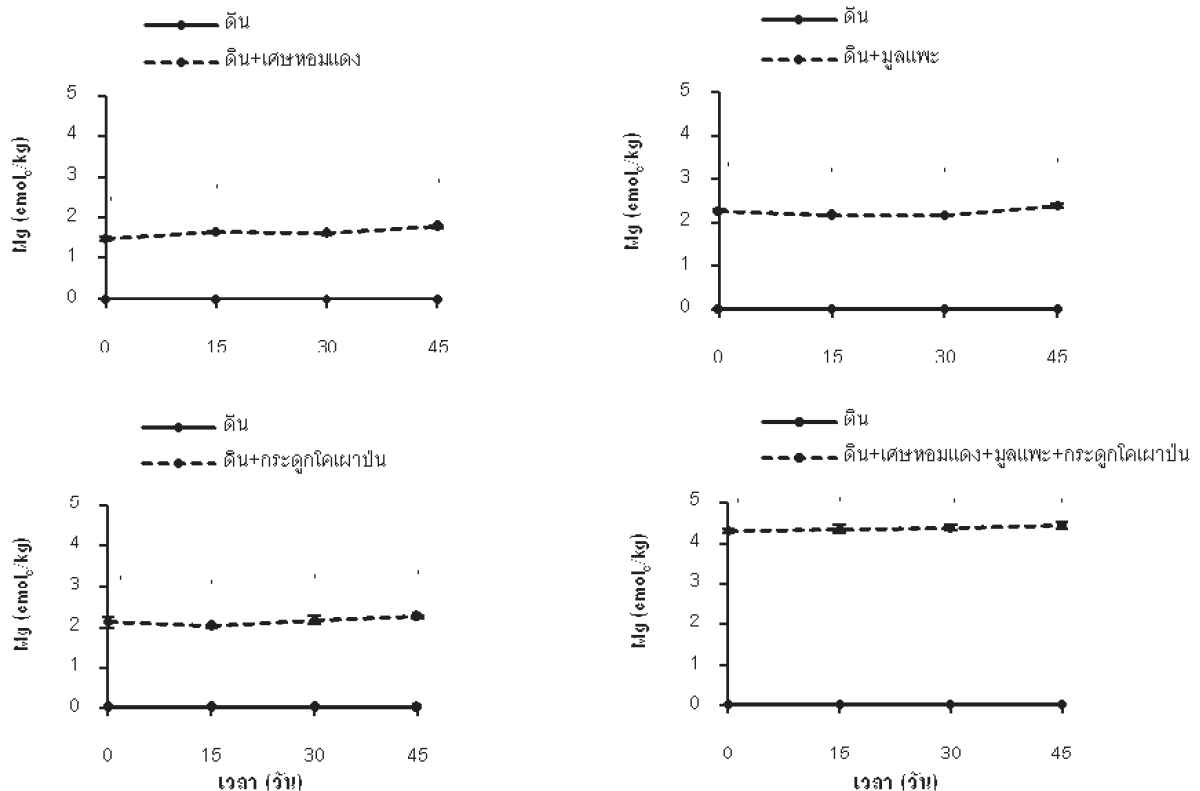
ภาพที่ 6 การเปลี่ยนแปลงของโพแทสเซียมหลังการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดุกโคเผาป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)



ภาพที่ 7 การเปลี่ยนแปลงของแคลเซียมหลังการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

แมกนีเซียมที่สกัดได้ เมื่อบ่มดินกับวัสดุแต่ละชนิดพบว่า ระยะเวลาเพิ่มขึ้นมีผลต่อแมกนีเซียมที่สกัดได้เล็กน้อย โดยทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณมากที่สุดตลอดระยะเวลาการบ่ม และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีแมกนีเซียมที่สกัดได้ 4.65 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ที่บ่มร่วมกับมูลแพะ (2.49 เซนติโมล

ประจุ/กิโลกรัม) บ่มร่วมกับกระดูกโคเผาป่น (2.35 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) บ่มร่วมกับเศษหอมแดง (1.89 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม) ในขณะที่การบ่มดินเพียงอย่างเดียวมีเพียง 0.01 เซนติโมลประจุ/กิโลกรัม ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับการบ่มร่วมกับวัสดุแต่ละชนิด (ภาพที่ 8)



ภาพที่ 8 การเปลี่ยนแปลงของแมกนีเซียมหลังการบ่มร่วมกับเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาป่น นาน 0-45 วัน (* = แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธี LSD ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%)

วิจารณ์

ในการนำเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดูกโคเผาป่นมาบ่มกับดิน พบว่า พีเอชและค่าการนำไฟฟ้าในทุก ทริตเมนต์เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับทริตเมนต์ที่เป็นดินอย่างเดียว โดยทริตเมนต์ที่บ่มด้วยกระดูกโคเผาป่นเพิ่มขึ้น เนื่องจากในกระดูกโคเผาป่นมีแคลเซียมคาร์บอเนตอยู่ประมาณร้อยละ 7-9 (15) เมื่อใส่กระดูกป่นลงไปจะทำให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้น (16) ส่วนในทริตเมนต์ที่บ่มร่วมกับเศษหอมแดง เนื่องจากเกษตรกรใช้วัสดุปุ๋ยมารองกันหลุมในการปลูกหอมแดง (17) ทำให้ปุ๋ยมารวมกับเศษหอมแดงได้ สอดคล้องกับปริมาณของแคลเซียมที่มีอยู่ในเศษหอมแดงที่มีปริมาณสูง (Table 1) อีกทั้งระหว่างการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์ไนโตรเจนไปเป็นแอมโมเนียมนั้น มีการปลดปล่อยไฮดรอกไซด์ไอออน (OH⁻)

ออกมาทำให้ พีเอชของดินเพิ่มขึ้น (18) ดังนั้น การนำวัสดุเหล่านี้ไปใช้在地นครดก็จะสามารถปรับปรุงดินกรดได้ แต่การนำไปผลิตปุ๋ยหมักอาจจะทำให้ปุ๋ยที่ได้มีพีเอชเกินมาตรฐาน (4.5-8.5) นอกจากนี้ วัสดุทุกชนิดมีสารที่ละลายได้ เมื่อใส่ลงไปทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะในการบ่มร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด เนื่องจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารจากวัสดุดังกล่าว

ไนโตรเจนในช่วง 15 วันแรกจะลดลงในทุกทริตเมนต์ของการทดลอง ยกเว้นการบ่มร่วมกับกระดูกโคเผาป่นเนื่องจากในระยะแรกไนโตรเจนที่ปลดปล่อยออกมาถูกจุลินทรีย์นำไปใช้ (19) ซึ่งสังเกตจากการมีเส้นใยของเชื้อราบริเวณผิวของดินอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในทริตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับมูลแพะ บ่มดินร่วมกับเศษหอมแดง และทริตเมนต์



ที่บ่มดินร่วมกับวัสดุทั้ง 3 ชนิด หลังการบ่ม 7 วัน และหลังจากนั้นจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับการปลดปล่อยแอมโมเนียมและไนเตรต เมื่อบ่มดินร่วมกับหญ้าแฝก (20) และจากผลการทดลองนี้พบว่า ทริตเมนต์ที่บ่มร่วมกับมูลแพะ หรือ ทริตเมนต์ที่บ่มร่วมกับกระดูกโคเผาปนมีปริมาณของ ไนโตรเจนที่สกัดได้มากกว่าทริตเมนต์ที่บ่มกับเศษ หอมแดงถึงแม้ว่าค่าวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน ทั้งหมดของวัสดุจะใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) เนื่องจากการปลดปล่อยไนโตรเจนนั้นขึ้นอยู่กับความ ยากง่ายในการย่อยสลายของวัสดุ (21) เนื่องจากใน เศษหอมแดงเป็นเศษพืช องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น เซลลูโลสซึ่งย่อยสลายได้ช้า แต่กระดูกโคเผาปนซึ่ง ไนโตรเจนส่วนใหญ่มาจากโปรตีน คือ คอลลาเจน และเมื่อสิ้นสุดการบ่มไนโตรเจนส่วนใหญ่จะอยู่ใน รูปไนเตรต (ภาพที่ 3) เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยน รูปของไนโตรเจนจากแอมโมเนียมเป็นไนเตรต (nitrification) เช่นเดียวกับที่เกิดขึ้นกับเส้นใยของ กากปาล์มและแกลบ (22) ดังนั้น วัสดุทั้ง 3 ชนิดจะ เป็นแหล่งไนโตรเจนได้โดยเฉพาะมูลแพะ ดังเช่น การศึกษาโดยการปลูกกระเจี๊ยบในดินที่ใส่มูลแพะ พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลองไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น (23)

ในทริตเมนต์ที่บ่มดินร่วมกับกระดูกโคเผา ปนมีปริมาณของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ สูงที่สุด (ภาพที่ 4) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสมบัติเบื้องต้น (ตารางที่ 1) โดยในกระดูกโคเผาปนมีปริมาณของ ฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 33.68 และฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ร้อยละ 17.53 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 50 ของฟอสฟอรัสทั้งหมด เนื่องจากในกระดูกของสัตว์ โดยเฉพาะในสัตว์ที่มีกระดูกสันหลังจะมีแคลเซียม ในรูปสารประกอบฟอสฟอรัส คือ ไฮดรอกซี อะพาไทต์ ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$) (24) ทำให้ในกระดูก โคเผ่านั้นมีปริมาณของฟอสฟอรัสจำนวนมาก การ

ใช้กระดูกโคเผาปนก่อนนำไปใช้นั้นทำให้เสียน้ำไปใน โครงสร้างของผลึกทำให้มีพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยา มากขึ้น เมื่อบ่มดินทำให้ฟอสฟอรัสสามารถ ปลดปล่อยออกมาเพิ่มขึ้นตามช่วงระยะเวลา ใน ประเทศไทยมีดินกรดเขตร้อนที่มีฟอสฟอรัสส่วน ใหญ่ถูกตรึงด้วยเหล็กและอะลูมิเนียม ทำให้มี ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อย การใช้กระดูกโค เผาปนจะทำให้เพิ่มฟอสฟอรัส นอกจากนี้ ยังพบว่า ทริตเมนต์ที่บ่มร่วมกับกระดูกโคเผาปนนั้นฟอสฟอรัส ที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น แต่ใน ทริตเมนต์ที่บ่มร่วมกับเศษหอมแดงและมูลแพะนั้น ในช่วงแรกจะมีปริมาณลดลง และจะเพิ่มขึ้นหลังการ บ่ม 15 วัน (ภาพที่ 4) อาจเกิดจากในช่วงแรกนั้น จุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว มีการแย่งธาตุ อาหารที่มีอยู่อย่างจำกัดทำให้ฟอสฟอรัสลดลง และ ในระยะต่อมามีการเปลี่ยนอินทรีย์ฟอสฟอรัสจาก วัสดุ คือ เศษหอมแดงและมูลแพะเป็นอนินทรีย์ ฟอสฟอรัสทำให้ฟอสฟอรัสที่ปลดปล่อยออกมามี ปริมาณเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับวัสดุจากฟาร์มเลี้ยงสัตว์ สามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ เมื่อเวลาผ่านไป 3 สัปดาห์ (3) ดังนั้น การนำกระดูก โคเผาปนมาใช้สามารถเป็นแหล่งฟอสฟอรัสแทนการ ใช้หินฟอสเฟตซึ่งมีฟอสฟอรัสทั้งหมดร้อยละ 20-40 แต่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ประมาณร้อยละ 4 เท่านั้น ดังเช่น การใช้กระดูกปนเป็นแหล่งฟอสฟอรัส ในการปลูกถั่วพิชและข้าวไรย์ ซึ่งพบว่าทำให้ผลผลิต เพิ่มขึ้น (10)

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการบ่มพบว่า ทริตเมนต์ ที่มีการใช้เศษหอมแดงเป็นวัสดุบ่มจะมีโพแทสเซียม ที่สกัดได้สูงที่สุดรองลงมา คือ การใช้มูลแพะ (ภาพ ที่ 5) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้น ของวัสดุที่เศษหอมแดงมีปริมาณของโพแทสเซียม สูงสุด (ตารางที่ 1) เนื่องจากมีการส่งเสริมให้ เกษตรกรใช้ปุ๋ยสูตรที่มีโพแทสเซียมสูง (25) ทำให้



เศษหอมแดงมีปริมาณของโพแทสเซียมทั้งหมดสูง แต่ในมูลแพะพบว่า ปริมาณของโพแทสเซียมทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้ต่ำกว่ารายงานของกรมพัฒนาที่ดิน (10) (ร้อยละ 5.29) แต่มีปริมาณใกล้เคียงกับรายงานของ Awodun (23) (ร้อยละ 1.9) เนื่องจากการให้อาหารสัตว์ที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในมูลแตกต่างกัน (26) ส่วนแคลเซียมที่สกัดได้สูงสุด คือ ทريتเมนต์ที่บ่มร่วมกับกระดุกโคเผาปน เนื่องจากในกระดุกโคเผาปนนั้นมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบอยู่ในรูปของไฮดรอกซีอะพาไทต์ แคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซัลเฟต (24) ซึ่งสัมพันธ์กับสมบัติเบื้องต้น (ตารางที่ 1) และสอดคล้องกับที่มีรายงานว่า ในกระดุกมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ (15) ส่วนแมกนีเซียมในทريتเมนต์ที่บ่มร่วมกับบมดินร่วมกับวัสดุทั้งเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดุกโคเผาปน มีปริมาณของแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงสุด เนื่องจากได้รับแมกนีเซียมจากวัสดุทั้ง 3 ชนิด ซึ่งวัสดุทั้ง 3 ชนิดนี้มีปริมาณของแมกนีเซียมใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 1) และพบว่า ระยะเวลาในการบ่มดินไม่มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ดังนั้น ในการนำวัสดุเหล่านี้ไปใช้ในการเพิ่มโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ก็จะสามารถปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์ได้ทันที ทำให้เหมาะที่จะใช้กับดินกรดเนื่องจากมีรายงานว่าในดินกรดมีปริมาณธาตุอาหารเหล่านี้ต่ำ (27)

ในการนำเศษหอมแดง มูลแพะ และกระดุกโคเผาปนมาใช้ประโยชน์นั้นจะทำให้ดินได้รับไนโตรเจนทั้งจาก เศษหอมแดง มูลแพะ และกระดุกโคเผาปน โดยจะค่อยๆ ปลดปล่อยเมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน ได้รับฟอสฟอรัสและแคลเซียมจากกระดุกโคเผาปนซึ่งฟอสฟอรัสสามารถปลดปล่อยออกมา

เป็นประโยชน์ได้อย่างรวดเร็วตามระยะเวลาเพิ่มขึ้น และได้รับโพแทสเซียมส่วนใหญ่จากเศษหอมแดง ส่วนแมกนีเซียมได้จากวัสดุทั้ง 3 ชนิด โดยวัสดุทุกชนิดสามารถปลดปล่อยโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมออกมาเป็นประโยชน์ได้ทันทีเมื่อเติมลงไปในดิน นอกจากนี้วัสดุทั้ง 3 ชนิด ยังมีธาตุหลัก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส เป็นองค์ประกอบอีกด้วย ดังนั้น หากนำวัสดุดังกล่าวมาผลิตปุ๋ยหมัก สามารถเพิ่มทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง จุลธาตุ รวมทั้งอินทรีย์วัตถุได้

เอกสารอ้างอิง

1. จงรักษ์ จันทรเจริญสุข, ศุภมาศ พนิชศักดิ์ พัฒนา, สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน และ Hidenori, W. : การศึกษาเบื้องต้นถึงอิทธิพลของวัสดุเหลือใช้ อินทรีย์ที่มีต่อไนโตรเจน และ pH ของดินนา. ว. ดินและปุ๋ย 6(3): 205-215, 2527.
2. ประพิศ แสงทอง, ภาวนา ลิกขนานนท์ และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์: การปลดปล่อยฟอสฟอรัส ในดินจากการใส่กากตะกอนน้ำเสีย. ว. ดินและปุ๋ย 23(4): 148-159, 2544.
3. Gagnon, B. and Simard, R. R.: Nitrogen and phosphorus release from on-farm and industrial composts. Journal of Soil Science 79(3): 481-489, 1999.
4. กิตจเมธ แจ่มศิริกุล, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข และ สุเทพ ทองแพ: การใช้ประโยชน์น้ำกากส่าและ ถั่วกากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกในชุดดินทาใหม่. ว. ดินและปุ๋ย 30(3): 180-191, 2552.
5. พิมลสิริ ศุภเสถียรไชย, จงรักษ์ จันทรเจริญสุข และ เอ็จ สโรบล: การใช้ถั่วกากส่าเป็นปุ๋ย โพแทสเซียมสำหรับข้าว. ว. ดินและปุ๋ย 30(3): 192-201, 2552.



6. Ohno, T. and Erich, M. S.: Phosphorus and potassium availability in wood ash-amended soils: an incubation study. (research report no.2). University of Maine, Orono. 1994.
7. _____ ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. หอมแดง. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. [cited 2012 March 19] Available from: <http://www.oae.go.th>
8. _____ สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนโคเนื้อและเกษตรกรผู้เลี้ยง ประจำปี 2554. กรมปศุสัตว์ [cited 2012 March 10] Available from: <http://www.dld.go.th/datacenter/>
9. Alhaji, S. J., Trond, K. H., Arne, G. and Per, A. P.: Meat and bone meal as nitrogen and phosphorus fertilizer to cereals and rye grass. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 76: 183-191, 2006.
10. _____ ปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูง. กรมพัฒนาที่ดิน. ว. อนุรักษ์ดินและน้ำ 24(1): 40-47, 2551.
11. _____ สรุปข้อมูลและสถิติจำนวนแพะและเกษตรกรผู้เลี้ยงประจำปี 2554. กรมปศุสัตว์ [cited 2012 March 10] Available from: <http://www.dld.go.th/datacenter/>
12. อรัญ งามพ่องใส, เสาวนิต คุประเสวีฐ, อภิชาติ หล่อเพชร, อุษา ศรีใส และ สุชน คชาทอง: การใช้มูลแพะเป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการผลิตพริก. (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 2553.
13. จำเป็น อ่อนทอง: คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา. 168 หน้า, 2547.
14. _____ คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 49 หน้า, 2551.
15. Danny, C. K. K., Chun, W. C., Keith, K. H. C., Jonh, F. P., and Gordon, M.: Sorption equilibria of metal ions on bone char. *Chemosphere* 54(3): 273-281, 2004.
16. Hodson, M. E. et al: Effect of bone meal (calcium phosphorus) amendments on metal release from contaminated soil-a leaching column study. *Environmental Pollution* 112(2): 233-243, 2001.
17. ชูชาติ วัฒนวรรณ: ผลของแคลเซียมต่ออายุการเก็บรักษาหอมแดง. (ผลงานฉบับเต็ม). ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, ศรีสะเกษ. 2544.
18. Haynes, R. J. and Mokolobate, M. S.: Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59: 47-63, 2001.
19. Azeez, J. O. and Averbeke, W. V.: Nitrogen mineralization potential of three animal manures applied on a sandy clay loam soil. *Bioresource Technology* 101(14): 5645-5651, 2010.
20. ประไพ ชัยโรจน์ และ วนิตา โนบรเทศา: การย่อยสลาย และการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชจากหญ้าแฝก. ว. ดินและปุ๋ย 23(1): 1-10, 2544.
21. รัตติญา พรหมแสง, อรุณศิริ กำลัง และ จันทร์จิรัส วิสสาร: ผลของการปลดปล่อยไนโตรเจนจากการหมักมูลโคนม และมูลโคขุนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียวกวางตุ้ง. ว. ดินและปุ๋ย 31(2): 118-126, 2551.



22. Pengnoo, A., Leowarin, W., Koedsub, N. and Kanjanamaneesathian, M.: Nitrogen mineralization in soil amended with mesocarp ber of palm and other wastes: A greenhouse study. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 24(1): 1-8, 2003.
23. Awodun, M. A.: Effect of goat manure and urea fertilizer on soil, growth and yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Moench. *Journal of Agricultural Research* 2(7): 632-636, 2007.
24. Irvine, G. D. and Knowles, M. J.: Bone charcoal: a new concept in the treatment of planting efuents. *Finishing* 50(5): 12-13, 1997.
25. สุริยา รัตน์ะ และ ยุพิน เพ็ญภินันท์: การใช้ปุ๋ยเคมีในการผลิตหอมแดงพื้นที่จังหวัดเชียงราย. *ว. เกษตรก้าวหน้า* 13(3): 60-67, 2541.
26. Moral, R., Moreno-Caselles, J., Perez-Murcia, M. D., Perez-Espinosa, A., Rufete, B. and Paredes, C.: Characterisation of the organic matter pool in manures. *Bioresource Technology* 96(2): 153-158, 2005.
27. ชัยรัตน์ นิพนธ์, วิเชียร จาญพจน์, วรณา เลี้ยววาริณ และ สุภาณี ยงค์: สภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกมังคุดบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย. *ว. สงขลานครินทร์* 17(4): 381-393, 2538.