การใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสและสมบัติของดินบางประการ

Utilization of Organic Fertilizer from Central Waste Water Treatment of Saha Group Industrial Park on Biomass of Eucalyptus and Some Soil Properties

เนติธร กรุณา[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] กนกกร สินมา[1]
สิรินภา ช่วงโอภาส[1] เกวลิน ศรีจันทร์[1] อัญธิชา พรมเมืองคุก[1] สุชาดา กรุณา[1]
ศิริสุดา บุตรเพชร[1] ภูวดล แท่นทอง[1] ชาลินี คงสุด[2] ธรรมธวัช แสงงาม[2] และ ธีรยุทธ คล้ำชื่น[3]
Netitorn Karuna[1], Chaisit Thongjoo[1*], Tawatchai Inboonchuay[1], Kanokkorn Sinma[1],
Sirinapa Chungopast[1], Kavalin Srichan[1], Aunthicha Phommuangkhuk[1], Suchada Karuna[1],
Sirisuda Bootpetch[1], Phuwadon Thanthong[1], Chalinee Khongsud[2], Thamthawat Saengngam[2]
and Teerayut Klumchaun[3]

บทคัดย่อ

ศึกษาการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ และ 10 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพสดส่วนต้น และมวลชีวภาพสดรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพแห้งส่วนต้นและมวลชีวภาพแห้งรวมรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ ภายหลังการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์

[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

[2] ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

[3] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130

อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: มวลชีวภาพ, ยูคาลิปตัส, ปุ๋ยอินทรีย์, วัสดุเหลือใช้

Abstract

This investigation aimed to study the utilization of organic fertilizer (OF) from Central Waste Water Treatment of Saha Group Industrial Park on biomass of eucalyptus planted in Kamphaeng Saen series and some soil properties. The experimental design was arranged in Randomized Complete Block (RCBD) with 3 replications and consisted of 10 treatments. The results showed that the application of OF-B of 500 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-B provided the highest of stems and total fresh biomass which was not significantly difference from the application of OF-B of 1,000 kg/rai and the application of OF-D of 500 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-D. While, the application of OF-B of 500 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-B provided the highest of stems and total dry biomass which was not significantly difference from the application of OFB of 1,000 kg/rai. After experiment, all treatments that applied chemical fertilizers or OF both single use or in combination with chemical fertilizers were affected on increase of EC_e, organic matter and the exchangeable Na of soil which was not significantly difference.

Keyword: biomass, eucalyptus, organic fertilizer, waste materials

* Corresponding author; E-mail address: **agrcht@ku.ac.th และ thongjuu@yahoo.com**

คำนำ

ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) เป็นไม้โตเร็วที่สามารถปลูกได้ในทุกสภาพดิน จึงนิยมปลูกกันทั่วโลกทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น (อนิวรรต, 2527) กรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้มีการปลูกไว้ใช้สอยในที่ดินของเกษตรกร และส่งเสริมให้ปลูกแทนพืชไร่บางชนิด เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น ภาคเอกชนได้ให้ความสนใจต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษ (ชัยสิทธิ์ และธนัตศรี, 2553) โรงงานอุตสาหกรรมมีวัสดุเหลือใช้ที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) กากตะกอนยีสต์ เป็นต้น โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้

ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005; จีรนันท์ และคณะ, 2561; ภูวดล และคณะ, 2562) มีรายงานวิจัยพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์จากกากตะกอน (activated sludge cake) บ่อบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีกับพืชชนิดต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น อ้อย (ปิยพงศ์ และคณะ, 2560) มันสำปะหลัง (ธีรยุทธ และคณะ, 2560) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (ธนศมณท์ และคณะ, 2561) กระถินเทพา (จีรนันท์ และคณะ, 2561) ยูคาลิปตัส (ภูวดล และคณะ, 2562) เป็นต้น จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส และสมบัติของดิน ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินก่อนทดลอง ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ของดิน ค่าการนำไฟฟ้าที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งเนื้อดิน ซึ่งผลการวิเคราะห์สมบัติของดินได้แสดงไว้ใน Table 1 ปลูกยูคาลิปตัส (อายุ 3 เดือน) สายพันธุ์ K 7 ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560-เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 จำนวน 30 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6 ม. และยาว 6 ม. มีระยะห่างระหว่างต้น 1 ม. และระยะห่างระหว่างแถว 1 ม. (จำนวน 35 ต้น/แปลงย่อย) วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จำนวน 10 ตำรับทดลอง (Table 2)

Table 1 Chemical and physical properties of soil before the experiment.

Properties	Results (0-30 cm.)	Rating
pH (1:1)	6.36	slightly acid
EC_e (dS/m)	0.49	non-saline
Organic matter (%)[1/]	0.80	Low
Available P (mg/kg)[2/]	39.29	high
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	53.95	low
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	1,247	high
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	123.55	high
Exchangeable Na (mg/kg)[3/]	33.47	-
Texture[4/]	sandy loam	-

Note [1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934) [2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)
[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 $\%P_2O_5$) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 $\%K_2O$) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก (ปีที่ 1) และที่อายุ 14 และ 16 เดือนหลังปลูก (ปีที่ 2) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับไม้ยืนต้น (ยูคาลิปตัส) คือ 24, 4 และ 14 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมาจากโครงการพัฒนาวิชาการระหว่างบริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร” ซึ่งประกอบด้วยกากตะกอน ขุยมะพร้าว ผักตบชวา และอามิ-อามิ ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก (ปีที่ 1) และที่อายุ 14 และ 16 เดือนหลังปลูก (ปีที่ 2) สำหรับสมบัติบางประการของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 3)

การเก็บข้อมูลมวลชีวภาพสดและแห้งส่วนเหนือดินของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก โดยการตัดต้นยูคาลิปตัสที่ระดับ 5 ซม. จากผิวดิน (จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย) จากนั้น แยกส่วนต้น แขนง และใบ เพื่อทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ภายหลังการทดลอง (ปีที่ 1 และปีที่ 2) ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละตำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan’s multiple range test)

Table 2 Detail of treatments.

Treatments	Describes	Symbols	Quantity of major elements ($kgN-P_2O_5-K_2O$ per rai)
T_1	no fertilizer and OF treatment	control	0-0-0
T_2	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis	IF_{DOA}	24-4-14
T_3	the application of OF-A of 1,000 kg/rai	$OF\text{-}A_{1000}$	22.2-21.1-11.3
T_4	the application of OF-A of 500 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-A	$OF\text{-}A_{500}+IF_{OF\text{-}A\text{-}500}$	22.2-21.1-11.3
T_5	the application of OF-B of 1,000 kg/rai	$OF\text{-}B_{1000}$	25.1-17.8-12.1
T_6	the application of OF-B of 500 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-B	$OF\text{-}B_{500}+IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$	25.1-17.8-12.1
T_7	the application of OF-C of 1,000 kg/rai	$OF\text{-}C_{1000}$	21.5-19.4-12.7
T_8	the application of OF-C of 500 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-C	$OF\text{-}C_{500}+IF_{OF\text{-}C\text{-}500}$	21.5-19.4-12.7
T_9	the application of OF-D of 1,000 kg/rai	$OF\text{-}D_{1000}$	22.8-18.4-13.2
T_{10}	the application of OF-D of 500 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OF-D	$OF\text{-}D_{500}+IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$	22.8-18.4-13.2

Table 3 Properties of organic fertilizer (OF) before the experiment.

Properties	Results			
	OF-A	OF-B	OF-C	OF-D
pH (3:50)	6.93	6.64	6.67	7.14
EC 1:10 (dS/m)	7.89	9.22	9.42	8.23
Sodium (%)	0.46	0.59	0.56	0.58
Organic matter (%)	32.22	31.41	32.29	31.41
Organic carbon (%)	18.69	18.22	18.83	18.22
C:N ratio	8.42	7.26	8.71	7.99
Total N (%)	2.22	2.51	2.15	2.28
Total P_2O_5 (%)	2.11	1.78	1.94	1.84
Total K_2O (%)	1.13	1.21	1.27	1.32
Total primary nutrients (%)	5.46	5.50	5.36	5.44
Germination index (%)	84.29	83.84	88.18	81.78
Moisture (%)	7.89	8.35	8.64	8.78

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ ปรากฏผลดังนี้

1. มวลชีวภาพสดและมวลชีวภาพแห้งของยูคาลิปตัส

1.1 มวลชีวภาพสด

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้มวลชีวภาพสดส่วนต้น และมวลชีวภาพสดรวมของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4 และ Table 5) กล่าวคือ ที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-B_{500}+$IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดส่วนต้นของยูคาลิปตัสมากที่สุด (8.56 และ 15.43 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-B_{1000}) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-D_{500}+$IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$) นอกจากนี้ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้มวลชีวภาพสดรวมของยูคาลิปตัสใกล้เคียงกันในช่วง 11.29-12.38 ตัน/ไร่ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-

B_{500}+$IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$) ยังมีผลให้มวลชีวภาพสดรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด (20.93 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-B_{1000}) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-D_{500}+$IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-D_{1000}) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-A_{500}+$IF_{OF\text{-}A\text{-}500}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้มวลชีวภาพสดส่วนต้น และมวลชีวภาพสดรวมของยูคาลิปตัสน้อยที่สุดทั้งที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก

Table 4 Two years data of fresh and dry stem biomass of eucalyptus.

Treatments	Fresh stem biomass (ton/rai)		Dry stem biomass (ton/rai)	
	1st year	2nd year	1st year	2nd year
T_1 = control	3.56$^{f\ 1/}$	5.87$^{f\ 1/}$	1.59$^{f\ 1/}$	2.57$^{f\ 1/}$
T_2 = IF_{DOA}	7.65^{e}	12.59^{e}	3.42^{e}	5.69^{e}
T_3 = OF-A_{1000}	8.29^{bc}	13.76^{cd}	3.71^{bc}	6.25^{c}
T_4 = OF-A_{500}+$IF_{OF\text{-}A\text{-}500}$	8.32^{bc}	14.25^{c}	3.72^{bc}	6.28^{c}
T_5 = OF-B_{1000}	8.43^{ab}	15.37^{ab}	3.77^{ab}	6.69^{a}
T_6 = OF-B_{500}+$IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$	8.56^{a}	15.43^{a}	3.83^{a}	6.73^{a}
T_7 = OF-C_{1000}	8.02^{d}	13.26^{d}	3.59^{d}	5.76^{e}
T_8 = OF-C_{500}+$IF_{OF\text{-}C\text{-}500}$	8.15^{cd}	13.53^{d}	3.65^{cd}	6.00^{d}
T_9 = OF-D_{1000}	8.36^{b}	14.87^{b}	3.74^{abc}	6.32^{c}
T_{10} = OF-D_{500}+$IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$	8.39^{ab}	15.12^{ab}	3.75^{abc}	6.57^{b}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	14.37	14.16	13.56	13.65

$^{1/}$ means within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by DMRT

** indicated significant difference at $P< 0.01$

1.2 มวลชีวภาพแห้ง

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้มวลชีวภาพแห้งส่วนต้น และมวลชีวภาพแห้งรวมของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4 และ Table 5) กล่าวคือ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-B_{500}+$IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$) มีผลให้มวลชีวภาพแห้งส่วนต้นและมวลชีวภาพแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด (3.83 และ 5.44 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่

($OF\text{-}B_{1000}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ($OF\text{-}D_{500}+IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 1,000 กก./ไร่ ($OF\text{-}D_{1000}$) ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ($OF\text{-}B_{500}+IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$) ยังมีผลให้มวลชีวภาพแห้งส่วนต้น และมวลชีวภาพแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด (6.73 และ 9.13 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ ($OF\text{-}B_{1000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้มวลชีวภาพแห้งส่วนต้น และมวลชีวภาพแห้งรวมของยูคาลิปตัสน้อยที่สุดทั้งที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก

Table 5 Two years data of total fresh and dry biomass of eucalyptus.

Treatments	Total fresh biomass (ton/rai)		Total dry biomass (ton/rai)	
	1st year	2nd year	1st year	2nd year
T_1 = control	$5.17^{c\ 1/}$	$8.12^{e\ 1/}$	$2.27^{g\ 1/}$	$3.58^{h\ 1/}$
$T_2 = IF_{DOA}$	10.40^{b}	16.63^{d}	4.59^{f}	7.38^{g}
$T_3 = OF\text{-}A_{1000}$	11.78^{a}	18.64^{bc}	5.18^{cd}	8.34^{d}
$T_4 = OF\text{-}A_{500}+IF_{OF\text{-}A\text{-}500}$	11.88^{a}	19.24^{abc}	5.21^{c}	8.37^{cd}
$T_5 = OF\text{-}B_{1000}$	12.20^{a}	20.83^{a}	5.36^{ab}	9.04^{a}
$T_6 = OF\text{-}B_{500}+IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$	12.38^{a}	20.93^{a}	5.44^{a}	9.13^{a}
$T_7 = OF\text{-}C_{1000}$	11.29^{ab}	17.84^{cd}	4.96^{e}	7.60^{f}
$T_8 = OF\text{-}C_{500}+IF_{OF\text{-}C\text{-}500}$	11.49^{a}	18.17^{cd}	5.06^{de}	7.96^{e}
$T_9 = OF\text{-}D_{1000}$	12.02^{a}	20.12^{ab}	5.28^{bc}	8.51^{c}
$T_{10} = OF\text{-}D_{500}+IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$	12.10^{a}	20.49^{a}	5.31^{abc}	8.86^{b}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	15.28	14.06	15.65	14.81

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

** indicated significant difference at $P< 0.01$

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดิน ภายหลังการปลูกยูคาลิปตัส

2.1 ค่า pH ของดิน

ภายหลังการทดลองปีที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 1,000 กก./ไร่ ($OF\text{-}D_{1000}$) มีผลให้ค่า pH ของดินมากที่สุด (pH = 6.63) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A และ C อัตรา 1,000 กก./ไร่ ($OF\text{-}A_{1000}$ และ $OF\text{-}C_{1000}$) ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (pH = 6.31) ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม (control) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500

กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-B_{500}+$IF_{OF-B-500}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-C_{500}+$IF_{OF-C-500}$) ส่วนภายหลังการทดลองปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-D_{1000}) มีผลให้ค่า pH ของดินมากที่สุด (pH = 6.60) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A, C และ B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-A_{1000}, OF-C_{1000} และ OF-B_{1000}) ขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (pH = 6.28) ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุม (control) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-B_{500}+$IF_{OF-B-500}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-C_{500}+$IF_{OF-C-500}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 500 กก./ไร่ (OF-A_{500}+$IF_{OF-A-500}$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่า pH ของดิน ภายหลังการปลูกยูคาลิปตัสปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่า pH ของดินลดลงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6)

2.2 ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน

ภายหลังการทดลองปีที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-B_{1000}) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (1.83 dS/m) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A, D และ C อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-A_{1000}, OF-D_{1000} และ OF-C_{1000}) ส่วนภายหลังการทดลองปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-B_{1000}) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (1.97 dS/m) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A และ D อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-A_{1000} และ OF-D_{1000}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ของดินต่ำที่สุด โดยมีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว มีแนวโน้มให้ค่า EC_e ของดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 7.89-9.42 dS/m (Table 3) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่า EC_e ของดิน ภายหลังการปลูกยูคาลิปตัสปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า EC_e ของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ของดินลดลงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน (Table 6)

2.3 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ภายหลังการทดลองปีที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-C_{1000}) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด (1.52 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A, B และ D อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-A_{1000}, OF-B_{1000} และ OF-D_{1000}) ส่วนภายหลังการทดลองปีที่ 2 พบว่า

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-C_{1000}) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด (1.64 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A และ B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-A_{1000} และ OF-B_{1000}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำที่สุด โดยมีข้อสังเกตว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณอินทรียวัตถุในช่วง 31.41-32.29 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) จึงส่งผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับทดลองอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ภายหลังการปลูกยูคาลิปตัสปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน (Table 7)

2.4 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้

ภายหลังการทดลองปีที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-B_{1000}) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (45.63 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D และ C อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-D_{1000} และ OF-C_{1000}) ส่วนภายหลังการทดลองปีที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-B_{1000}) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (47.28 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D, C และ A อัตรา 1,000 กก./ไร่ (OF-D_{1000}, OF-C_{1000} และ OF-A_{1000}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินน้อยที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ภายหลังการปลูกยูคาลิปตัสปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่าง ๆ อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนตำรับควบคุม (control) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินลดลงเล็กน้อย โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน (Table 7)

Table 6 Two years data of pH and EC_e of soil after planting eucalyptus.

Treatments	pH (1:1)		T-test	EC_e (dS/m)		T-test
	1st year	2nd year		1st year	2nd year	
T_1 = control	$6.33^{d\ 1/}$	$6.31^{bc\ 1/}$	ns	$0.51^{f\ 1/}$	$0.50^{f\ 1/}$	ns
$T_2 = IF_{DOA}$	6.31^{d}	6.28^{c}	ns	1.38^{e}	1.43^{e}	ns
$T_3 = OF\text{-}A_{1000}$	6.59^{ab}	6.57^{a}	ns	1.81^{a}	1.95^{ab}	ns
$T_4 = OF\text{-}A_{500}+IF_{OF\text{-}A\text{-}500}$	6.41^{c}	6.38^{bc}	ns	1.68^{cd}	1.73^{cd}	ns
$T_5 = OF\text{-}B_{1000}$	6.54^{b}	6.53^{a}	ns	1.83^{a}	1.97^{a}	ns
$T_6 = OF\text{-}B_{500}+IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$	6.36^{cd}	6.33^{bc}	ns	1.71^{bcd}	1.78^{cd}	ns
$T_7 = OF\text{-}C_{1000}$	6.57^{ab}	6.56^{a}	ns	1.75^{abc}	1.83^{bc}	ns
$T_8 = OF\text{-}C_{500}+IF_{OF\text{-}C\text{-}500}$	6.38^{cd}	6.35^{bc}	ns	1.63^{d}	1.65^{d}	ns
$T_9 = OF\text{-}D_{1000}$	6.63^{a}	6.60^{a}	ns	1.78^{ab}	1.86^{abc}	ns
$T_{10} = OF\text{-}D_{500}+IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$	6.43^{c}	6.41^{b}	ns	1.65^{d}	1.68^{d}	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	12.69	12.83		13.11	12.35	

1/ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by using DMRT

** indicated significant difference at $P< 0.01$

Table 7 Two years data of organic matter and exch. Na of soil after planting eucalyptus.

Treatments	Organic matter (%)		T-test	Exch. Na (mg/kg)		T-test
	1st year	2nd year		1st year	2nd year	
T_1 = control	$0.83^{e\ 1/}$	$0.81^{f\ 1/}$	ns	$29.72^{f\ 1/}$	$26.76^{c\ 1/}$	ns
$T_2 = IF_{DOA}$	1.18^{d}	1.23^{e}	ns	31.48^{ef}	28.12^{c}	ns
$T_3 = OF\text{-}A_{1000}$	1.51^{a}	1.62^{a}	ns	42.32^{b}	44.76^{a}	ns
$T_4 = OF\text{-}A_{500}+IF_{OF\text{-}A\text{-}500}$	1.38^{bc}	1.44^{d}	ns	33.56^{de}	36.27^{b}	ns
$T_5 = OF\text{-}B_{1000}$	1.48^{ab}	1.56^{ab}	ns	45.63^{a}	47.28^{a}	ns
$T_6 = OF\text{-}B_{500}+IF_{OF\text{-}B\text{-}500}$	1.35^{c}	1.41^{d}	ns	36.56^{c}	38.59^{b}	ns
$T_7 = OF\text{-}C_{1000}$	1.52^{a}	1.64^{a}	ns	43.83^{ab}	45.13^{a}	ns
$T_8 = OF\text{-}C_{500}+IF_{OF\text{-}C\text{-}500}$	1.39^{bc}	1.46^{cd}	ns	34.23^{cd}	36.45^{b}	ns
$T_9 = OF\text{-}D_{1000}$	1.47^{ab}	1.53^{bc}	ns	44.78^{ab}	47.15^{a}	ns
$T_{10} = OF\text{-}D_{500}+IF_{OF\text{-}D\text{-}500}$	1.33^{c}	1.38^{d}	ns	35.38^{cd}	38.23^{b}	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	12.42	13.25		13.93	13.84	

1/ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference by using DMRT

** indicated significant difference at $P< 0.01$

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้มวลชีวภาพสด และมวลชีวภาพแห้งของยูคาลิปตัสโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยอินทรีย์แต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของชัยสิทธิ์ และ ธนัตศรี (2553) และธวัชชัย และคณะ (2555) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับยูคาลิปตัสได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์จะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (control) มีผลให้มวลชีวภาพสดและมวลชีวภาพแห้งของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการสร้างมวลชีวภาพของพืช (ชัยสิทธิ์ และ ธนัตศรี, 2553; ธวัชชัย และคณะ, 2555) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ดังนั้น การนำปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงควรคำนึงถึงค่า EC_e ที่สูงขึ้นหรือปริมาณการสะสมของโซเดียมในดิน ซึ่งอาจมีผลกระทบต่อพืชที่ปลูกในระยะยาวได้

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพสดส่วนต้น และมวลชีวภาพสดรวมรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 500 กก./ไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 500 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพแห้งส่วนต้นและมวลชีวภาพแห้งรวมรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 1,000 กก./ไร่

2. ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และ บริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) รวมทั้ง บริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. **คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์**. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

จีรนันท์ นิติเศรษฐ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ธรรมธวัช แสงงาม และ ธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของกระถินเทพา. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ** 1(2): 54-65.

ชัยสิทธิ์ ทองจู และ ธนัตศรี สอนจิตร. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 28(1): 99-109.

ธนศมณฑ์ กุลการัณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 36(1): 40-49.

ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กานต์ การะเวก, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ระวิวรรณ โชติพันธ์ และ รุจิกร ศรีแม้นม่วง. 2555. ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด. **วารสารแก่นเกษตร** 40(3): 217-228.

ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ทศพล พรพรหม และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน. **วารสารแก่นเกษตร** 45(4): 711-720.

ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และ พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อสมบัติดิน ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 35(3): 19-28.

ภูวดล แท่นทอง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, วนิดา สืบสายพรหม, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2562. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ** 2(1): 40-52.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์. 2527. โรคที่เป็นอันตรายต่อกล้าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส, น. 151-168 *ใน* **รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59: 39-46.

Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis Part II**. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Soil Survey Staff. 2003. **Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition**. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Survice, Washington, D.C.

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 C.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: 29-35.