# ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน

# Effects of Activated Paper Sludge Cake on the Growth and Production of Biomass of Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

*ชัยสิทธิ์ ทองจู,[1,2*] ธนัตศรี สอนจิตร, [1] ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, [1] ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, [1] ระวิวรรณ โชติพันธ์, [2] ธีรยุทธ คล้ำชื่น[1]และรุจิกร ศรีแม้นม่วง[3]*

***Chaisit Thongjoo,[1,2*] Thanutsri Sonjit,[3] Piyapong Katpiyarat,[1] Thanasamont Kulkaranlert[1], Rawiwan Chotiphan, [2] Teerayut Klumchaun[1] and Ruchikorn Srimanmaung[3]***

## ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the effects of activated paper sludge cake on the growth and production of biomass of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) planted in Kamphaeng Saen soil series. Experimental design was randomized complete block. At the end of 1st year after planting, it was revealed that the application of activated paper sludge cake of 800 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 800 kg/rai of activated paper sludge cake ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) enhanced highest plant diameters, total fresh and dry biomass which were nearly the same as those promoted by chemical fertilizers equivalent to 1,600 kg/rai of activated paper sludge cake ($IF_{AS1600}$) and by activated paper sludge cake of 1,600 kg/rai ($AS_{1600}$). At the end of 2nd year after planting, the application of activated paper sludge cake of 1,600 kg/rai in combination with chemical fertilizers equivalent to 1,600 kg/rai of activated paper sludge cake ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) promoted tallest plant heights, greatest plant diameters and highest total fresh and dry biomass. The effectiveness of $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$ was the best and better than that of chemical fertilizers equivalent to 3,200 kg/rai of activated paper sludge cake ($IF_{AS3200}$) and of activated paper sludge cake of 3,200 kg/rai ($AS_{3200}$), respectively.

[1*] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140, Thailand.

[2] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900
Agro-Ecological system Research and Development Institute, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok, 10900, Thailand.

[3] ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานผลิตปุ๋ยเยื่อแม้นพงศ์ อ. ท่ามะกา จ. กาญจนบุรี 71130
Fertilizer Factory, Tha Maka District, Kanchanaburi Province, 71130, Thailand.

[*] Corresponding author: thongjuu@yahoo.com

While, the application of $AS_{3200}$ created the highest soil organic matter, available P, exchangeable K and Ca and available moisture capacity which were higher than those supported by $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$.

**Key words:** eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), Kamphaeng Saen soil series, activated paper sludge cake

## บทคัดย่อ

ศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ปรากฏผลดังนี้ คือ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($IF_{AS1600}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$) ตามลำดับ ที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) มีผลให้ความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) ตามลำดับ ขณะที่การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$)

**คำสำคัญ:** ยูคาลิปตัส ชุดดินกำแพงแสน กากตะกอนเยื่อกระดาษ

## บทนำ

ยูคาลิปตัสเป็นพืชที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั้งจากภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และภาคเอกชน เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วที่สามารถปลูกได้ในทุกสภาพดิน จึงเป็นที่นิยมปลูกกันทั่วโลกทั้งในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น (อนิวรรต, 2527) ปัจจุบันภาคเอกชนให้ความสนใจต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ (ธนัตศรี และคณะ, 2552) โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีวัสดุเหลือใช้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น เปลือกไม้ (bark) กากตะกอนเยื่อกระดาษ (activated paper sludge cake, AS) และขี้เถ้าลอยจากการเผาถ่านหินลิกไนต์

(fly ash) โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ (recycle) ค่อนข้างน้อย จึงมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) จึงเกิดแนวคิดในการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในด้านการทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาผลจากการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน ตลอดจนผลต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการปลูกยูคาลิปตัสที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพดินได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อีกด้วย

## อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกยูคาลิปตัสสายพันธุ์ HA/07 ที่มีอายุ 3 เดือน ในดินชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks) ณ ตำบลทุ่งบัว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งชุดดินดังกล่าวจัดจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic (Soil Survey Staff, 2003) ลักษณะดินโดยทั่วไปเป็นดินลึก มีการระบายน้ำดี น้ำซึมผ่านได้ปานกลาง และมีความอุดมสมบูรณ์สูง ดำเนินการปลูกยูคาลิปตัสในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550-เดือนตุลาคม 2552 จำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 8 เมตร และยาว 12 เมตร มีระยะระหว่างต้น 2 เมตร และระยะระหว่างแถว 2 เมตร (400 ต้น/ไร่) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ ละ 24 ต้น จำนวน 7 ตำรับทดลอง ดังนี้ คือ

1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (control)

2) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$)

3) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($IF_{AS800}$)

4) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400}$+$IF_{AS400}$)

5) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$)

6) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($IF_{AS1600}$)

7) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$)

**หมายเหตุ** การทดลองในปีที่ 2 ตำรับทดลองที่ 2-7 กำหนดให้ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ และ/หรือปุ๋ยเคมีเป็นอัตรา 2 เท่าของอัตราการใส่ในปีที่ 1

การใส่ปุ๋ยเคมี แบ่งการใส่ออกเป็น 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองเมื่อพืชอายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก โดยตำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46%N) ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต (46%$P_2O_5$) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60%$K_2O$) ในอัตรา 2.928, 1.320 และ 9.040 กก. N, $P_2O_5$ และ $K_2O$ ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 1.464, 0.660 และ 4.520 กก. N, $P_2O_5$ และ $K_2O$ ต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ตำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 5.856, 2.640 และ 18.080 กก. N, $P_2O_5$ และ $K_2O$ ต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในปีที่ 2 ทำการใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 14 เดือนหลังปลูก โดยอัตราที่ใส่เป็น 2 เท่าของอัตราการใส่ในปีที่ 1

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราตามตำรับทดลองดังนี้ คือ ครั้งแรกรองก้นหลุมก่อนปลูกยูคาลิปตัส ครั้งที่ 2 ใส่รอบบริเวณต้นยูคาลิปตัสซึ่งห่างจากโคนต้นประมาณ 50 ซม. แล้วสับด้วยจอบเพื่อคลุกเคล้าให้เข้ากับดิน (ภายหลังการปลูกยูคาลิปตัสประมาณ 2 เดือน) โดยตำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอย่างเดียวในอัตรา 800 และ 1,600 กก. แห้ง/ไร่ หรืออัตรา 2 และ 4 กก. แห้ง/ต้น ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษเพียงครึ่งอัตราของตำรับทดลองที่ 2 และ 5 คือ 400 และ 800 กก. แห้ง/ไร่ หรืออัตรา 1 และ 2 กก. แห้ง/ต้น ตามลำดับ สำหรับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษในปีที่ 2 ทำการใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 14 เดือนหลังปลูก โดยอัตราที่ใส่เป็น 2 เท่าของอัตราการใส่ในปีที่ 1

สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของดิน และวัสดุเหลือใช้ก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ใน Table 1

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ได้แก่ ความสูงของต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 5 ซม. จากผิวดิน ที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก และมวลชีวภาพสดและแห้งของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก โดยทำการตัดต้นยูคาลิปตัสที่ระดับ 5 ซม. จากผิวดิน จากนั้น แยกส่วนต้น ส่วนแขนง และส่วนใบ เพื่อทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เก็บตัวอย่างดินจากทุกตำรับทดลองที่ระยะ 2 ปีหลังปลูก เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน โดยสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษา ได้แก่ ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า ($EC_e$) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณอินทรียวัตถุ ส่วนสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความจุสนาม (field capacity, FC) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) และค่าความจุความชื้นดินที่เป็นประโยชน์ (available moisture capacity, AMCA)

**Table 1** Chemical and physical properties of initial soil and waste material.

| Properties | Kamphaeng Saen soil series (Ks) 0-30 cm | Properties | Activated paper sludge cake (AS) |
|---|---|---|---|
| pH (soil : water = 1:1) | 7.15 | pH (3:50) | 7.00 |
| $EC_e$ (dS/m) | 1.57 | $EC_e$ (dS/m) | 2.09 |
| Avail. P (mg/kg)[1/] | 48.70 | Total N (%) | 0.366 |
| Exch. K (mg/kg)[2/] | 100.20 | Total $P_2O_5$ (%) | 0.165 |
| Exch. Ca (mg/kg)[2/] | 2,698 | Total $K_2O$ (%) | 1.130 |
| Exch. Mg (mg/kg)[2/] | 270.50 | Total Ca (%) | 2.047 |
| Organic matter (%)[3/] | 2.22 | Total Mg (%) | 0.266 |
| Field capacity (% by mass)[4/] | 19.0 | Moisture (%) | 71.73 |
| Permanent Wilting Point (% by mass)[4/] | 11.6 | | |
| Available Moisture Capacity (% by mass)[4/] | 7.4 | | |

Note : [1/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945) [2/] = Extracted with $NH_4OAc$ pH 7.0 (Pratt, 1965)
[3/] = Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934) [4/] = คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา (2541)

## ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550-เดือนตุลาคม 2552 ปรากฏผลดังนี้

### 1. ความสูงของต้น

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสที่อายุ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสมากที่สุด (14.75 เมตร) ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสต่ำที่สุดเพียง 10.60 เมตร

### 2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($IF_{AS1600}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$) ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การ

ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นยูคาลิปตัสมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($IF_{AS1600}$) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

**Table 2** Plant heights and plant diameters of eucalyptus planted in Kamphaeng Saen soil series at first and second year.

| Treatments | At 1st year | | Treatments | At 2nd year | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Plant heights (m) | Plant diameters (cm)[1/] | | Plant heights (m)[1/] | Plant diameters (cm)[1/] |
| $T_1$ = Control | 8.52 | 6.95$^{d}$ | $T_1$ = Control | 10.60$^{d}$ | 8.61$^{d}$ |
| $T_2$ = $AS_{800}$ | 8.54 | 7.04$^{cd}$ | $T_2$ = $AS_{1600}$ | 11.70$^{cd}$ | 8.95$^{cd}$ |
| $T_3$ = $IF_{AS800}$ | 8.57 | 7.11$^{bcd}$ | $T_3$ = $IF_{AS1600}$ | 11.90$^{cd}$ | 9.01$^{bc}$ |
| $T_4$ = $AS_{400}$+$IF_{AS400}$ | 8.73 | 7.32$^{bcd}$ | $T_4$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 12.16$^{bc}$ | 9.10$^{bc}$ |
| $T_5$ = $AS_{1600}$ | 9.06 | 7.68$^{abc}$ | $T_5$ = $AS_{3200}$ | 13.40$^{ab}$ | 9.23$^{bc}$ |
| $T_6$ = $IF_{AS1600}$ | 9.21 | 7.73$^{ab}$ | $T_6$ = $IF_{AS3200}$ | 14.15$^{a}$ | 9.38$^{b}$ |
| $T_7$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 9.23 | 8.28$^{a}$ | $T_7$ = $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$ | 14.75$^{a}$ | 9.81$^{a}$ |
| F-test | ns | ** | F-test | ** | ** |
| CV (%) | 4.18 | 4.69 | CV (%) | 6.39 | 2.18 |

[1/]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

**3. มวลชีวภาพสดและมวลชีวภาพแห้งรวมของยูคาลิปตัส**

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวม (ส่วนต้น ส่วนแขนงและส่วนใบ) ของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3 และ Table 4) กล่าวคือ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสสูงที่สุด (11.65 และ 5.08 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($IF_{AS1600}$) การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$) และการ

ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400}$+$IF_{AS400}$) ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสสูงที่สุด (28.70 และ 14.32 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น มีข้อสังเกตว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสในด้านความสูงต้นและเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รวมทั้งมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก มากกว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกานต์ และคณะ (2552) Panichsakpatana (1991) Ripusudan *et al.* (2000) และ Thongjoo (2005) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับยูคาลิปตัสได้อย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่กากตะกอนเยื่อกระดาษจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าตำรับควบคุม (control) มีผลให้การเจริญเติบโตรวมทั้งมวลชีวภาพสดและแห้งของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชโดยไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของพืช (จามีกร, 2537) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของกานต์ (2553) ซึ่งทำการศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินยางตลาด (เฉพาะปีที่ 1) พบว่า ผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน เพียงแต่การปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินกำแพงแสนมีผลให้การเจริญเติบโต มวลชีวภาพสดและแห้งรวมสูงกว่าการปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินยางตลาด กล่าวคือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$ + $IF_{AS800}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสนสูงที่สุด คือ 29.13 และ 12.70 กก./ต้น ตามลำดับ ส่วนการปลูกในดินชุดดินยางตลาด ($AS_{800}$ + $IF_{AS800}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสสูงที่สุดเพียง 17.60 และ 7.60 กก./ต้น ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสในตำรับควบคุม (control) พบว่า การปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินกำแพงแสนมีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมเท่ากับ 13.75 และ 5.90 กก./ต้น ตามลำดับ ขณะที่การปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินยางตลาดมีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมเท่ากับ 5.62 และ 2.70 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยจำกัดที่สำคัญน่าจะขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ขั้นพื้นฐานของดินเป็นหลัก (ชัยสิทธิ์ และธนัตศรี, 2553)

**Table 3** Total fresh biomass of eucalyptus planted in Kamphaeng Saen soil series at first and second year.

| Treatments | Fresh biomass (ton/rai) at 1st year | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Stems[1/] | Branches[1/] | Leaves[1/] | Total[1/] |
| $T_1$ = Control | 3.77$^{c}$ | 0.71$^{d}$ | 1.02$^{d}$ | 5.50$^{c}$ |
| $T_2$ = $AS_{800}$ | 6.11$^{b}$ | 1.27$^{c}$ | 1.47$^{bc}$ | 8.85$^{b}$ |
| $T_3$ = $IF_{AS800}$ | 6.12$^{b}$ | 1.24$^{c}$ | 1.38$^{cd}$ | 8.74$^{b}$ |
| $T_4$ = $AS_{400}$+$IF_{AS400}$ | 6.93$^{ab}$ | 1.43$^{bc}$ | 1.61$^{abc}$ | 9.97$^{ab}$ |
| $T_5$ = $AS_{1600}$ | 7.01$^{ab}$ | 1.53$^{ab}$ | 1.59$^{abc}$ | 10.13$^{ab}$ |
| $T_6$ = $IF_{AS1600}$ | 7.20$^{ab}$ | 1.55$^{ab}$ | 1.89$^{a}$ | 10.63$^{a}$ |
| $T_7$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 8.07$^{a}$ | 1.73$^{a}$ | 1.86$^{ab}$ | 11.65$^{a}$ |
| F-test | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 12.29 | 9.06 | 14.12 | 9.64 |
| Treatments | Fresh biomass (ton/rai) at 2nd year | | | |
| | Stems[1/] | Branches[1/] | Leaves[1/] | Total[1/] |
| $T_1$ = Control | 9.588$^{g}$ | 0.696$^{f}$ | 0.860$^{d}$ | 11.144$^{g}$ |
| $T_2$ = $AS_{1600}$ | 12.368$^{f}$ | 0.870$^{e}$ | 0.252$^{e}$ | 13.490$^{f}$ |
| $T_3$ = $IF_{AS1600}$ | 13.928$^{e}$ | 1.598$^{d}$ | 1.112$^{c}$ | 16.638$^{e}$ |
| $T_4$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 15.366$^{d}$ | 1.856$^{bc}$ | 1.038$^{c}$ | 18.260$^{d}$ |
| $T_5$ = $AS_{3200}$ | 17.224$^{c}$ | 1.954$^{b}$ | 0.926$^{d}$ | 20.104$^{c}$ |
| $T_6$ = $IF_{AS3200}$ | 19.100$^{b}$ | 1.790$^{c}$ | 1.258$^{b}$ | 22.148$^{b}$ |
| $T_7$ = $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$ | 24.518$^{a}$ | 2.204$^{a}$ | 1.978$^{a}$ | 28.700$^{a}$ |
| F-test | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 5.08 | 5.60 | 5.47 | 4.62 |

[1/]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

**Table 4** Total dry biomass of eucalyptus planted in Kamphaeng Saen soil series at first and second year.

| Treatments | Dry biomass (ton/rai) at 1st year | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Stems[1/] | Branches[1/] | Leaves[1/] | Total[1/] |
| $T_1$ = Control | 1.68$^{c}$ | 0.30$^{d}$ | 0.39$^{c}$ | 2.36$^{d}$ |
| $T_2$ = $AS_{800}$ | 2.79$^{b}$ | 0.56$^{bc}$ | 0.58$^{b}$ | 3.93$^{c}$ |
| $T_3$ = $IF_{AS800}$ | 2.75$^{b}$ | 0.54$^{c}$ | 0.56$^{bc}$ | 3.85$^{c}$ |
| $T_4$ = $AS_{400}$+$IF_{AS400}$ | 3.10$^{ab}$ | 0.62$^{bc}$ | 0.64$^{ab}$ | 4.35$^{bc}$ |
| $T_5$ = $AS_{1600}$ | 3.14$^{ab}$ | 0.68$^{ab}$ | 0.56$^{bc}$ | 4.37$^{bc}$ |
| $T_6$ = $IF_{AS1600}$ | 3.20$^{ab}$ | 0.67$^{ab}$ | 0.76$^{a}$ | 4.63$^{ab}$ |
| $T_7$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 3.59$^{a}$ | 0.76$^{a}$ | 0.73$^{ab}$ | 5.08$^{a}$ |
| F-test | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 11.05 | 11.22 | 15.22 | 8.42 |
| Treatments | Dry biomass (ton/rai) at 2nd year | | | |
| | Stems[1/] | Branches[1/] | Leaves[1/] | Total[1/] |
| $T_1$ = Control | 4.342$^{f}$ | 0.299$^{e}$ | 0.380$^{c}$ | 5.021$^{g}$ |
| $T_2$ = $AS_{1600}$ | 5.981$^{e}$ | 0.379$^{d}$ | 0.090$^{d}$ | 6.450$^{f}$ |
| $T_3$ = $IF_{AS1600}$ | 6.605$^{e}$ | 0.739$^{c}$ | 0.476$^{b}$ | 7.820$^{e}$ |
| $T_4$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 7.550$^{d}$ | 0.786$^{c}$ | 0.414$^{c}$ | 8.750$^{d}$ |
| $T_5$ = $AS_{3200}$ | 8.306$^{c}$ | 0.896$^{b}$ | 0.391$^{c}$ | 9.593$^{c}$ |
| $T_6$ = $IF_{AS3200}$ | 9.094$^{b}$ | 0.777$^{c}$ | 0.531$^{b}$ | 10.402$^{b}$ |
| $T_7$ = $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$ | 12.469$^{a}$ | 0.993$^{a}$ | 0.855$^{a}$ | 14.317$^{a}$ |
| F-test | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 5.13 | 4.22 | 7.86 | 3.68 |

[1/]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

**4. สมบัติทางเคมีของดินภายหลังการใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินกำแพงแสนเป็นเวลา 2 ปี**

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) ส่วนการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีผลให้ค่า $EC_e$ ของดินอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (0-2 dS/m) (Table 5) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ค่า $EC_e$ ของดินสูงกว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการย่อยสลายของกากตะกอนเยื่อกระดาษอาจปลดปล่อยไอออนต่างๆ ออกมาร่วมกับไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจส่งผลให้ค่า $EC_e$ ของดินเพิ่มขึ้นได้ (Thongjoo *et al.*, 2006; ธนัตศรี, 2552) การใส่กากตะกอนเยื่อ

กระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุดเท่ากับ 3.85% ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำที่สุดเพียง 1.42% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของจามีกร (2537) ชัยสิทธิ์ (2538) ธนัตศรี (2552) ปาจรีย์ (2552) และ Thongjoo (2005)

**5. ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินภายหลังการใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินกำแพงแสนเป็นเวลา 2 ปี**

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) ส่วนการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) มีผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (Table 5) ไม่แตกต่างกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) ตามลำดับ นอกจากนี้ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) ยังมีผลให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (Table 5) รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) ตามลำดับ ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของชัยสิทธิ์ และธนัตศรี (2553)

**6. สมบัติทางฟิสิกส์ของดินภายหลังการใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษกับการปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินกำแพงแสนเป็นเวลา 2 ปี**

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับทดลองที่ไม่มีการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ (Table 6) ทั้งนี้ เนื่องจากกากตะกอนเยื่อกระดาษเป็นสารอินทรีย์ จึงมีส่วนช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดินให้ดีขึ้น สอดคล้องกับ Hasit (1986) ที่รายงานว่ากากตะกอนน้ำเสียส่วนที่เป็นสารอินทรีย์สามารถช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการปรับสภาพโครงสร้างของดิน น้ำในดิน และส่งผลต่อผลผลิตของพืชได้ นอกจากนี้ กากตะกอนน้ำเสียยังสามารถปรับสภาพโครงสร้างของดินใน

แง่การลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุน ความเสถียรของการเกิดเม็ดดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Guidi and Hall, 1984) อีกทั้งมีผลให้ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AMCA) ของดินเพิ่มขึ้น (ชัยสิทธิ์ และธนัตศรี, 2553; De Jong, 1983; Haynes and Naidu, 1998; Wolf and Snyder, 2003)

**Table 5** Chemical properties of Kamphaeng Saen soil series at the end of experiment.

| Treatments | pH (1:1) | $EC_e$ (dS/m)[1/] | Organic matter (%)[1/] | Avail. P (mg/kg)[1/] | Exch. K (mg/kg)[1/] | Exch. Ca (mg/kg)[1/] | Exch. Mg (mg/kg) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1$ = Control | 7.16 | $0.947^{d}$ | $1.42^{c}$ | $119.69^{c}$ | $130.41^{e}$ | $2536.4^{d}$ | 294.32 |
| $T_2$ = $AS_{1600}$ | 7.14 | $0.973^{d}$ | $3.31^{ab}$ | $155.33^{bc}$ | $154.61^{d}$ | $3933.4^{abc}$ | 328.39 |
| $T_3$ = $IF_{AS1600}$ | 7.00 | $1.127^{cd}$ | $3.03^{b}$ | $136.74^{bc}$ | $132.03^{e}$ | $3210.6^{cd}$ | 307.46 |
| $T_4$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 7.01 | $1.130^{cd}$ | $3.18^{ab}$ | $147.97^{bc}$ | $141.19^{de}$ | $3754.6^{bc}$ | 324.25 |
| $T_5$ = $AS_{3200}$ | 7.02 | $1.290^{bc}$ | $3.85^{a}$ | $194.85^{a}$ | $259.98^{a}$ | $4663.7^{a}$ | 356.70 |
| $T_6$ = $IF_{AS3200}$ | 6.64 | $1.370^{b}$ | $3.49^{ab}$ | $172.40^{ab}$ | $175.02^{c}$ | $4097.6^{ab}$ | 328.67 |
| $T_7$ = $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$ | 6.68 | $1.790^{a}$ | $3.50^{ab}$ | $174.22^{ab}$ | $214.54^{b}$ | $4227.5^{ab}$ | 339.57 |
| F-test | ns | ** | ** | ** | ** | ** | ns |
| CV (%) | 6.53 | 16.43 | 11.58 | 12.82 | 5.97 | 11.28 | 7.38 |

[1/]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

**Table 6** Physical properties of Kamphaeng Saen soil series at the end of experiment.

| Treatments | FC (% by mass) | PWP (% by mass) | AMCA (% by mass)[1/] |
|---|---|---|---|
| $T_1$ = Control | 31.77 | 10.55 | $21.22^{c}$ |
| $T_2$ = $AS_{1600}$ | 33.34 | 9.49 | $23.85^{bc}$ |
| $T_3$ = $IF_{AS1600}$ | 32.60 | 10.47 | $22.13^{bc}$ |
| $T_4$ = $AS_{800}$+$IF_{AS800}$ | 32.99 | 10.72 | $22.27^{bc}$ |
| $T_5$ = $AS_{3200}$ | 38.50 | 11.90 | $26.60^{a}$ |
| $T_6$ = $IF_{AS3200}$ | 31.73 | 9.82 | $21.91^{c}$ |
| $T_7$ = $AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$ | 34.62 | 9.88 | $24.74^{ab}$ |
| F-test | ns | ns | ** |
| CV (%) | 9.06 | 17.97 | 6.69 |

[1/]Numbers followed by the same letter within a column are not significantly different at the 0.05 level according to DMRT.

## สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800}$+$IF_{AS800}$) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($IF_{AS1600}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$) ตามลำดับ

2. ที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$) มีผลให้ความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($IF_{AS3200}$) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) ตามลำดับ

3. การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ ($AS_{3200}$) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600}$+$IF_{AS1600}$)

การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากตะกอนเยื่อกระดาษมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในดินชุดดินกำแพงแสน อย่างไรก็ตาม ควรทำการศึกษาต่อไปอีก 3-4 ปี เพื่อยืนยันผลของการใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่มีต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส อีกทั้งผลของวัสดุดังกล่าวที่มีต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาวต่อไป

## คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ร่วมกับ บริษัท เอส ซี จี เปเปอร์ จำกัด (มหาชน)

## เอกสารอ้างอิง

กานต์ การะเวก. 2553. การใช้ประโยชน์ของกากตะกอนเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กานต์ การะเวก, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการ

เจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด, น. 29-38. ใน การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา.2541.ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จามีกร ศรีสุมล. 2537. การใช้อินทรียวัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยสิทธิ์ ทองจู. 2538. การใช้อินทรียวัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับกวางตุ้ง และข้าวโพดฝักอ่อนที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยสิทธิ์ ทองจู และธนัตศรี สอนจิตร. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28 (1) : 99-106.

ธนัตศรี สอนจิตร. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธนัตศรี สอนจิตร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว, และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโต และการเพิ่มมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 39-40. ใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. วันที่ 23-24 เมษายน 2552 ณ อาคารศูนย์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ปาจรีย์ แน่นหนา. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อนิวรรต เฉลิมพงษ์. 2527. โรคที่เป็นอันตรายต่อกล้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, น. 151-168 ใน รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส, 30 ตุลาคม-1 พฤศจิกายน 2527. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

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

De Jong, R. 1983. Soil water desorption curves estimated from limited data. Can. J. Soil Sci. 63: 697-703.

Guidi, G. and J.E. Hall. 1984. Effect of sewage sludge on the physical and chemical properties of soils. P. 295-305. In: P.L. Hermite, and H. Ott (eds.). Processing and Use of Sewage Sludge. D. Reidal Publishing Company, Holland.

Hasit, Y. 1986. Sludge treatment. Utilization and Disposal. J. WCSF. 58: 510-515.

Haynes, R.J., and R. Naidu. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physic conditions:a review. Nutrient Cycling in Agroecosystems 51: 123-137.

Panichsakpatana, S., C. Suwannarat, W. Wajananawat, and S. Thongpae. 1991. Utilization of some organic wastes as N and P sources in rice-soybean sequential cropping system, 145-155 p. *In* Dynamics and its control of soils in tropical monsoon regions. Report of survey and research in Thailand.

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.

Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Survice, Washington, D.C. 332 p.

Thongjoo, C. 2005. Utilization of agricultural waste materials for improving soil productivity in Thailand. Ph.D. Thesis. Gifu University, Japan.

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.

Thongjoo, C., S. Miyagawa, and N. Kawakubo. 2006. Soil productivity after decomposition of waste materials under different soil

moisture and temperature. Plant Prod. Sci. 9(2): 106-114.

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

Wolf, B. and G.H. Snyder. 2003. Sustainable Soils: The place of organic matter in sustaining soils and their production. Food Products Press, New York.

Received 5 August 2011
Accepted 30 April 2012