

ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต มวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด

Effects of activated paper sludge cake on growth and production of biomass of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) planted in Yang Talat soil series

ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹, ชัยสิทธิ์ ทองजू^{1,2*}, กานต์ การะเวก¹, ปิยพงษ์ เขตปิยรัตน์¹,
ระวีวรรณ โชติพันธ์² และ รุจิกกร ศรีแมนม่วง³

Tawatchai Inboonchuay¹, Chaisit Thongjoo^{1,2*}, Karn Karawek¹, Piyapong Katpiyarat¹,
Rawiwan Chotiphan² and Ruchikorn Srimanmaung³

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ปรากฏผลดังนี้ คือ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้ความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$) มีผลให้ความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (IF_{AS3200}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS_{3200}) ตามลำดับ ขณะที่การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS_{3200}) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้รวมทั้งค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$)

คำสำคัญ: ยูคาลิปตัส, ชุดดินยางตลาด, กากตะกอนเยื่อกระดาษ

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

² สถาบันค้นคว้าและพัฒนากระบวนการนิเวศเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

Agro-Ecological system Research and Development Institute, Kasetsart University, Bangkhen Campus, Bangkok, 10900

³ นักวิจัย ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานผลิตปุ๋ยเยื่อแผ่นพวงค์ อ.ท่ามะกา จ.กาญจนบุรี 71130

Researcher, Fertilizer Factory, Tha Maka District, Kanchanaburi Province, 71130.

* Corresponding author: thongjoo@yahoo.com

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate effects of activated paper sludge cake on growth and production of biomass of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) planted in Yang Talat soil series. Experimental design was randomized complete block (RCBD). At one year after planting, result showed that applying 800 kg/rai activated paper sludge cake combining with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 800 kg/rai of activated paper sludge cake ($AS_{800} + IF_{AS800}$) effected on the highest plant heights, plant diameters, total fresh and dry biomass which was nearly the same as applications of chemical fertilizers, i.e., equivalent to 1,600 kg/rai of activated paper sludge cake (IF_{AS1600}) and activated paper sludge cake 1,600 kg/rai (AS_{1600}), respectively. At two years after planting, combination of 1,600 kg/rai activated paper sludge cake and chemical fertilizers, i.e., equivalent to 1,600 kg/rai of activated paper sludge cake ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$) gave the highest plant heights, plant diameters, total fresh and dry biomass nearly similarly the applications of chemical fertilizers, i.e., equivalent to 3,200 kg/rai of activated paper sludge cake (IF_{AS3200}) and activated paper sludge cake 3,200 kg/rai (AS_{3200}), respectively. Applying activated paper sludge cake 3,200 kg/rai (AS_{3200}) had the effected on the highest of soil organic matter, available P, exchangeable K, exchangeable Ca, exchangeable Mg and available water capacity (AWCA), while the application of 1,600 kg/rai activated paper sludge cake combining with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 1,600 kg/rai of activated paper sludge cake ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$) showed the second highest.

Keywords: eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), Yang Talat soil series, activated paper sludge cake

บทนำ

ยูคาลิปตัสเป็นพืชที่ได้รับการส่งเสริมให้ปลูกกันอย่างแพร่หลาย ทั้งจากภาครัฐ รัฐวิสาหกิจ และภาคเอกชน เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วที่สามารถปลูกได้ในทุกสภาพดิน จึงเป็นที่นิยมปลูกกันทั่วโลกทั้งในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น (อนิวรรณ, 2527) กรมป่าไม้ได้ส่งเสริมให้มีการปลูกไว้ใช้สอยในที่ดินกรรมสิทธิ์ของเกษตรกรเอง และส่งเสริมให้ปลูกทดแทนพืชไร่บางชนิด เช่น มันสำปะหลัง เป็นต้น ปัจจุบันภาคเอกชนได้ให้ความสนใจต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการใช้ไม้ยูคาลิปตัสเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ (ธันตศรี และคณะ, 2552) โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เป็นหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีวัสดุเหลือใช้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนเยื่อกระดาษ (activated paper sludge cake, AS) เปลือกไม้ และขี้เถ้าลอย โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ (recycle) ค่อนข้างน้อย โดยมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo et al., 2005) ก่อนหน้านี้ได้มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของ

กากตะกอนเยื่อกระดาษกับพืชชนิดต่างๆ เช่น อ้อย (ปจวิทย์ และคณะ, 2552; จุฑามาศ และคณะ, 2553) และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (จันจิรา และคณะ, 2552) ดังนั้น จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์เพื่อการทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกัน โดยพิจารณาผลจากการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด ตลอดจนผลต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกสำหรับการผลิตยูคาลิปตัส อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

ปลูกยูคาลิปตัสสายพันธุ์ HA/08 ที่มีอายุ 3 เดือน ในชุดดินยางตลาด (Yang Talat soil series, YI) ซึ่งจัดอยู่ในหน่วยจำแนกดิน coarse-loamy, siliceous, isohyperthermic, Oxyaquic (Udic) Haplustalfs (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ดินนี้มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ ส่วนใหญ่ใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชไร่ หากจะให้ผลตอบสนองที่ดีพอสมควร ควรมี

การจัดการน้ำ การจัดการอินทรีย์วัตถุ หรือการจัดการปุ๋ยที่ถูกต้องและเหมาะสม (กองสำรวจดิน, 2524) ดำเนินการปลูกยูคาลิปตัสในช่วงเดือนพฤษภาคม 2551 - เดือนเมษายน 2553 จำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 8 ม. และยาว 12 ม. มีระยะห่างระหว่างต้น 2 ม. และระยะห่างระหว่างแถว 3 ม. (จำนวน 267 ต้น/ไร่) วางแผนทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำๆ (จำนวน 24 ต้น/แปลงย่อย) จำนวน 7 ดำรับทดลอง ดังนี้ คือ

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (control)
- 2) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS_{800})
- 3) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (IF_{AS800})
- 4) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400} + IF_{AS400}$)
- 5) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600})
- 6) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600})
- 7) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เทียบเท่ากับกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$)

หมายเหตุ การทดลองในปีที่ 2 ดำรับทดลองที่ 2-7 กำหนดให้ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ และ/หรือปุ๋ยเคมีเป็นอัตรา 2 เท่าของอัตราการใช้ในปีที่ 1

การใส่ปุ๋ยเคมี ทำการแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งหนึ่งของอัตราในแต่ละดำรับทดลองเมื่อยูคาลิปตัสอายุได้ 1 และ 2 เดือนหลังปลูก โดยดำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่ปุ๋ยยูเรีย (46%N) ซุปเปอร์ฟอสเฟต (20%P₂O₅) และ

โพแทสเซียมคลอไรด์ (60%K₂O) ในอัตรา 2.93, 1.32 และ 9.04 กก. N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ซุปเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 1.46, 0.66 และ 4.52 กก. N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ซุปเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 5.86, 2.64 และ 18.09 กก. N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีในปีที่ 2 ทำการใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 14 เดือนหลังปลูก โดยอัตราที่ใส่เป็น 2 เท่าของอัตราที่ใช้ในปีที่ 1

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งหนึ่งของอัตราตามดำรับทดลองดังนี้ ครั้งแรกรองกันหลุมก่อนปลูกยูคาลิปตัส ครั้งที่ 2 หลังการปลูกยูคาลิปตัสได้ 2 เดือน โดยใส่รอบบริเวณทรงพุ่มต้นยูคาลิปตัสห่างจากโคนต้นประมาณ 50 ซม. แล้วคลุกเคล้าลงในดินโดยใช้จอบ โดยดำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอย่างเดียวในอัตรา 800 และ 1,600 กก. แห้ง/ไร่ หรืออัตรา 3 และ 6 กก. แห้ง/ต้น ตามลำดับ ส่วนดำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตราครึ่งหนึ่งของอัตราในดำรับทดลองที่ 2 และ 5 (400 และ 800 กก. แห้ง/ไร่ หรืออัตรา 1.5 และ 3 กก. แห้ง/ต้น ตามลำดับ) สำหรับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษในปีที่ 2 ทำการใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 14 เดือนหลังปลูก โดยอัตราที่ใส่เป็น 2 เท่าของอัตราการใช้ในปีที่ 1

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ได้แก่ ความสูงของต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 10 ซม. จากผิวดิน ที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก และมวลชีวภาพสดและแห้ง ส่วนเหนือดินของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก โดยทำการตัดต้นยูคาลิปตัสที่ระดับ 5 ซม. จากผิวดิน จากนั้น แยกส่วนต้น แขนง และใบ เพื่อทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

เก็บตัวอย่างดินจากทุกดำรับทดลองที่ระยะ 2 ปีหลังปลูก เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดิน โดยสมบัติทางเคมีที่ทำการศึกษา

ได้แก่ ค่าพีเอชดิน (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และปริมาณอินทรีย์วัตถุ ส่วนสมบัติทางฟิสิกส์ของดินที่ทำการศึกษา ได้แก่ ความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) ปริมาณความชื้นที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) และค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (available water capacity, AWCA)

สมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินยางตลาด และวัสดุเหลือใช้ก่อนการทดลอง ได้แสดงไว้ใน Table 1

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและปริมาณมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด ในช่วงเดือนพฤษภาคม 2551 - เดือนเมษายน 2553 ปรากฏผลดังนี้

ความสูงของต้น

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 2) โดยที่อายุ 1 ปีหลังปลูกพบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษเพียงอย่างเดียว 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$) มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (IF_{AS3200}) รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS_{3200}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงของต้นยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

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

Treatments	Yang Talat soil series (Yl)		Treatments	Activated paper sludge cake (AS)
	0-30 cm			
pH (soil : water = 1:1)	5.41		pH (3:50)	7.00
EC_e (soil : water = 1:5, dS/m)	0.30		EC_e (dS/m)	2.09
Avail. P (mg/kg) ^{1/}	19.23		Total N (%)	0.366
Exchange. K (mg/kg) ^{2/}	63.21		Total P_2O_5 (%)	0.165
Exchange. Ca (mg/kg) ^{2/}	184.05		Total K_2O (%)	1.130
Exchange. Mg (mg/kg) ^{2/}	33.94		Total Ca (%)	2.047
Organic matter (g/kg) ^{3/}	0.43		Total Mg (%)	0.266
Field capacity (% by weight) ^{4/}	11.40		Moisture (%)	71.73
Permanent wilting point (% by weight) ^{4/}	2.80			
Available water capacity (% by weight) ^{4/}	8.60			

^{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/} = Smith and Mullins (1991)

Table 2 Two years data of plant heights and plant diameters of eucalyptus planted in Yang Talat soil series at different stages.

Treatments	1 st year		Treatments	2 nd year	
	Plant heights (m) ^{1/}	Plant diameters (cm) ^{1/}		Plant heights (m) ^{1/}	Plant diameters (cm) ^{1/}
T ₁ = Control	4.00 ^d	4.29 ^d	T ₁ = Control	6.60 ^a	6.34 ^c
T ₂ = AS ₈₀₀	4.86 ^c	5.18 ^c	T ₂ = AS ₁₆₀₀	7.05 ^a	7.33 ^b
T ₃ = IF _{AS800}	4.98 ^{bc}	5.31 ^{bc}	T ₃ = IF _{AS1600}	7.62 ^d	7.72 ^{ab}
T ₄ = AS ₄₀₀ + IF _{AS400}	5.25 ^{abc}	5.57 ^{abc}	T ₄ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	8.40 ^c	7.88 ^{ab}
T ₅ = AS ₁₆₀₀	5.36 ^{ab}	5.61 ^{abc}	T ₅ = AS ₃₂₀₀	8.95 ^b	8.02 ^{ab}
T ₆ = IF _{AS1600}	5.44 ^a	5.89 ^{ab}	T ₆ = IF _{AS3200}	9.92 ^a	8.06 ^{ab}
T ₇ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	5.47 ^a	6.00 ^a	T ₇ = AS ₁₆₀₀ + IF _{AS1600}	10.31 ^a	8.29 ^a
F-test	**	**	F-test	**	*
CV (%)	4.37	5.93	CV (%)	3.34	6.21

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

* indicated significant difference at P<0.05 ** indicated significant difference at P< 0.01

เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแห้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) (Table 2) กล่าวคือที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS₈₀₀ + IF_{AS800}) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS₁₆₀₀) ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS₁₆₀₀ + IF_{AS1600}) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของต้นยูคาลิปตัสมากที่สุด ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (IF_{AS3200}) การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS₃₂₀₀) และการใส่กาก

ตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS₈₀₀ + IF_{AS800}) ตามลำดับ ขณะที่ตัวควบคุม (control) มีผลให้เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

มวลชีวภาพสดและมวลชีวภาพแห้งรวมของยูคาลิปตัส

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแห้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวม (ส่วนต้น แขนง และใบ) ของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปีหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) (Table 3 และ Table 4) กล่าวคือ ที่อายุ 1 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS₈₀₀ + IF_{AS800}) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสสูงที่สุด (4.70 และ 2.03 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600

กก./ไร่ (AS_{1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400} + IF_{AS400}$) ตามลำดับ ส่วนที่อายุ 2 ปีหลังปลูก พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวม

ของยูคาลิปตัสสูงที่สุด (14.23 และ 7.93 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (IF_{AS3200}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS_{3200}) ตามลำดับ ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

Table 3 Total fresh biomass of eucalyptus planted in Yang Talat soil series at different stages.

Treatments	Fresh biomass (ton/rai) ^{1/} (1 st year)			
	Stems ^{1/}	Branches ^{1/}	Leaves ^{1/}	Total ^{1/}
T ₁ = Control	0.80 ^f	0.34 ^e	0.37 ^d	1.50 ^e
T ₂ = AS ₈₀₀	1.06 ^e	0.39 ^{de}	0.43 ^d	1.88 ^e
T ₃ = IF _{AS800}	1.32 ^d	0.46 ^{cd}	0.79 ^c	2.57 ^d
T ₄ = AS ₄₀₀ + IF _{AS400}	1.67 ^c	0.55 ^c	0.80 ^c	3.02 ^c
T ₅ = AS ₁₆₀₀	1.69 ^c	0.57 ^c	0.82 ^c	3.08 ^c
T ₆ = IF _{AS1600}	1.97 ^b	0.71 ^b	1.03 ^b	3.72 ^b
T ₇ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	2.41 ^a	0.90 ^a	1.39 ^a	4.70 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	9.14	11.03	10.70	7.91
Treatments	Fresh biomass (ton/rai) ^{1/} (2 nd year)			
	Stems ^{1/}	Branches ^{1/}	Leaves ^{1/}	Total ^{1/}
T ₁ = Control	2.38 ^d	0.51 ^c	0.42 ^{de}	3.31 ^f
T ₂ = AS ₁₆₀₀	3.96 ^c	0.75 ^b	0.42 ^{de}	5.13 ^e
T ₃ = IF _{AS1600}	4.32 ^c	0.80 ^b	0.38 ^e	5.49 ^e
T ₄ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	5.04 ^{bc}	0.79 ^b	0.65 ^c	6.48 ^d
T ₅ = AS ₃₂₀₀	6.00 ^b	0.97 ^b	0.54 ^{cd}	7.52 ^c
T ₆ = IF _{AS3200}	9.45 ^a	2.48 ^a	1.06 ^b	12.99 ^b
T ₇ = AS ₁₆₀₀ + IF _{AS1600}	10.04 ^a	2.57 ^a	1.63 ^a	14.23 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	11.23	9.59	10.78	6.39

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

** indicated significant difference at P < 0.01

Table 4 Total dry biomass of eucalyptus planted in Yang Talat soil series at different stages.

Treatments	Dry biomass (ton/rai) ^{1/} (1 st year)			
	Stems ^{1/}	Branches ^{1/}	Leaves ^{1/}	Total ^{1/}
T ₁ = Control	0.36 ^d	0.17 ^d	0.19 ^e	0.72 ^e
T ₂ = AS ₈₀₀	0.48 ^{cd}	0.21 ^d	0.21 ^e	0.90 ^{de}
T ₃ = IF _{AS800}	0.58 ^c	0.21 ^d	0.32 ^d	1.11 ^{cd}
T ₄ = AS ₄₀₀ + IF _{AS400}	0.75 ^b	0.27 ^c	0.35 ^{cd}	1.36 ^{bc}
T ₅ = AS ₁₆₀₀	0.75 ^b	0.31 ^{bc}	0.39 ^{bc}	1.45 ^b
T ₆ = IF _{AS1600}	0.88 ^b	0.33 ^b	0.44 ^b	1.64 ^b
T ₇ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	1.07 ^a	0.40 ^a	0.56 ^a	2.03 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	12.12	11.97	10.86	13.06
Treatments	Dry biomass (ton/rai) ^{1/} (2 nd year)			
	Stems ^{1/}	Branches ^{1/}	Leaves ^{1/}	Total ^{1/}
T ₁ = Control	1.40 ^d	0.29 ^c	0.24 ^{cd}	1.93 ^e
T ₂ = AS ₁₆₀₀	2.25 ^c	0.43 ^b	0.22 ^{cd}	2.90 ^d
T ₃ = IF _{AS1600}	2.40 ^c	0.43 ^b	0.20 ^d	3.04 ^{cd}
T ₄ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	2.80 ^{bc}	0.40 ^{bc}	0.31 ^c	3.51 ^c
T ₅ = AS ₃₂₀₀	3.38 ^b	0.53 ^b	0.29 ^{cd}	4.20 ^b
T ₆ = IF _{AS3200}	5.62 ^a	1.39 ^a	0.60 ^b	7.61 ^a
T ₇ = AS ₁₆₀₀ + IF _{AS1600}	5.78 ^a	1.34 ^a	0.81 ^a	7.93 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	10.44	10.58	14.86	6.05

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

** indicated significant difference at P < 0.01

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น มีข้อสังเกตว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสในด้านความสูงต้น และเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น รวมทั้งมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสที่อายุ 1 และ 2 ปี สูงกว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของธนัตศรี และคณะ (2552) Panichsakpatana et al. (1991) Ripusudan et al. (2000) และ Thongjoo (2005) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับยูคาลิปตัสได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่กากตะกอนเยื่อกระดาษจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสเมื่อระยะเวลาผ่านไป ในทางตรงกันข้าม

พบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (control) มีผลให้การเจริญเติบโตรวมทั้งมวลชีวภาพสดและแห้งของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของพืช (จามีกร, 2537) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของชัยสิทธิ์ และธนัตศรี (2553) ซึ่งทำการศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (เฉพาะปีที่ 1) พบว่า ผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน เพียงแต่การปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาด มีผลให้การเจริญเติบโต มวลชีวภาพสดและแห้งรวมต่ำกว่าการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสน

กล่าวคือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลต่อมวลชีวภาพสด และแห้งรวมของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด สูงที่สุดเพียง 17.67 และ 7.63 กก./ต้น ตามลำดับ ส่วนการปลูกในชุดดินกำแพงแสน ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัส สูงที่สุด คือ 29.13 และ 12.70 กก./ต้น ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพสดและแห้งรวม ของยูคาลิปตัสในตำรับควบคุม (control) พบว่า การปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาดมีผลให้มวล ชีวภาพสดและแห้งรวมเท่ากับ 5.64 และ 2.71 กก./ต้น ตามลำดับ ขณะที่การปลูกยูคาลิปตัสในชุดดิน กำแพงแสนมีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมเท่ากับ 13.75 และ 5.90 กก./ต้น ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยจำกัด ที่สำคัญน่าจะขึ้นกับความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลัก กล่าวคือ ชุดดินยางตลาดก่อนการทดลองมีปริมาณ อินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างสูง และปริมาณ โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับปานกลาง (Table 1) ขณะที่ชุดดินกำแพงแสนก่อนการทดลอง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก และปริมาณโปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับ สูง (ชัยสิทธิ์ และธนต์ศรี, 2553)

สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังการ ใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษสำหรับการปลูก ยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาดเป็นเวลา 2 ปี

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและ ใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าพีเอชของดินแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Table 5) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอน เยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (IF_{AS3200}) มีผลให้ ค่าพีเอชของดินต่ำที่สุด (pH 4.72) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่า ปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยยูเรีย (46%N) ซึ่งเมื่อใส่ลงไป ในดินในระยะแรกจะมีผลให้ดินเป็นด่าง ต่อมาเมื่อ

แอมโมเนียมีไฮดรอกไซด์จะก่อให้เกิดผล ตกค้างทำให้ดินเป็นกรดได้ (Hofman and Cleemput, 2004) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ ทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ค่า พีเอชของดินต่ำกว่าตำรับควบคุม (control) ทั้งนี้เป็น เพราะการย่อยสลายของกากตะกอนเยื่อกระดาษ จะมีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมา ซึ่งอาจส่งผล ให้ค่าพีเอชของดินลดลงได้ (Thongjoo et al., 2006) นอกจากนี้ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยว และใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดิน อยู่ในระดับที่ไม่เค็ม (0-2 dS/m) หรือไม่มีผลกระทบ กระเทือนต่อการเจริญเติบโตของพืช แม้ว่าจะมีความ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติก็ตาม ($P < 0.01$) (Table 5) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่กากตะกอนเยื่อ กระดาษร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ค่าการนำไฟฟ้า ของดินสูงกว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแต่ เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการย่อยสลายของ กากตะกอนเยื่อกระดาษอาจปลดปล่อยไอออนต่างๆ ออกมารวมกับไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจมีผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นได้ (Thongjoo et al., 2006; ธนต์ศรี, 2552) การใส่กาก ตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกันอย่างมี นัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P < 0.01$) (Table 5) กล่าวคือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS_{3200}) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุด เท่ากับ 1.76 ก./กก. ใกล้เคียงกับการใส่กากตะกอน เยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบ เท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$) ส่วนตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุด เท่ากับ 1.18 ก./กก. อย่างไรก็ตาม เป็นที่สังเกตว่าตำรับ ทดลองที่มีการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยว และใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในดินสูงกว่าตำรับควบคุม (control) ซึ่งสอดคล้องกับ รายงานวิจัยของจามิกร (2537) ธนต์ศรี (2552) ปาจริย (2552) และ Thongjoo (2005)

ปริมาณธาตุอาหารพืชในดินภายหลังการใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาดเป็นเวลา 2 ปี

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS₃₂₀₀) มีผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (Table 5) รองลงมา คือ การใส่

กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS₁₆₀₀ + IF_{AS1600}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของชัยสิทธิ์ และธนัตศรี (2553)

Table 5 Chemical properties of soil after two years of planting eucalyptus.

Treatments	pH (1:1) ^{1/}	EC _e (dS/m) ^{1/}	Organic matter (g/kg) ^{1/}	Avail. P (mg/kg) ^{1/}	Exch. K (mg/kg) ^{1/}	Exch. Ca (mg/kg) ^{1/}	Exch. Mg (mg/kg) ^{1/}
T ₁ = Control	6.12 ^a	0.073 ^d	1.18 ^d	13.56 ^d	62.31 ^d	121.25 ^e	46.55 ^e
T ₂ = AS ₁₆₀₀	5.94 ^a	0.293 ^c	1.52 ^{bc}	156.34 ^b	95.61 ^{bc}	382.65 ^b	65.78 ^{cd}
T ₃ = IF _{AS1600}	5.30 ^{abc}	0.323 ^c	1.24 ^d	116.52 ^c	74.85 ^d	235.24 ^d	58.36 ^d
T ₄ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	5.61 ^{ab}	0.340 ^c	1.45 ^c	125.31 ^c	93.55 ^c	312.54 ^c	62.30 ^d
T ₅ = AS ₃₂₀₀	5.83 ^a	0.690 ^b	1.76 ^a	196.36 ^a	115.21 ^a	523.14 ^a	92.31 ^a
T ₆ = IF _{AS3200}	4.72 ^c	0.843 ^b	1.61 ^{abc}	157.55 ^b	100.24 ^{bc}	388.23 ^b	75.22 ^{bc}
T ₇ = AS ₁₆₀₀ + IF _{AS1600}	4.82 ^{bc}	1.320 ^a	1.67 ^{ab}	171.20 ^b	108.22 ^{ab}	412.85 ^b	82.00 ^{ab}
F-test	*	**	**	**	**	**	**
CV (%)	8.45	18.84	6.03	7.82	8.32	5.28	9.38

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

* indicated significant difference at P<0.05 ** indicated significant difference at P< 0.01

Table 6 Physical properties of soil after two years of planting eucalyptus.

Treatments	FC (% by weight) ^{1/}	PWP (% by weight) ^{1/}	AWCA (% by weight) ^{1/}
T ₁ = Control	11.33 ^c	2.31 ^c	9.02 ^c
T ₂ = AS ₁₆₀₀	15.44 ^{ab}	3.13 ^a	12.31 ^{ab}
T ₃ = IF _{AS1600}	13.97 ^{ab}	2.75 ^{ab}	11.22 ^b
T ₄ = AS ₈₀₀ + IF _{AS800}	14.46 ^{ab}	2.34 ^c	12.12 ^{ab}
T ₅ = AS ₃₂₀₀	16.02 ^a	2.43 ^{bc}	13.59 ^a
T ₆ = IF _{AS3200}	13.55 ^b	2.23 ^c	11.32 ^b
T ₇ = AS ₁₆₀₀ + IF _{AS1600}	15.67 ^a	3.02 ^a	12.65 ^{ab}
F-test	*	**	**
CV (%)	7.46	8.30	7.05

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

* indicated significant difference at P<0.05 ** indicated significant difference at P< 0.01

สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ภายหลังจากใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษกับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาดเป็นเวลา 2 ปี

การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ปริมาณความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ (AWCA) สูงกว่าตำรับทดลองที่ไม่มีการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ (Table 6) ทั้งนี้ เนื่องจากกากตะกอนเยื่อกระดาษเป็นสารอินทรีย์ จึงสามารถช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดินให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Hasit (1986) ที่พบว่า กากตะกอนน้ำเสียส่วนที่เป็นสารอินทรีย์สามารถช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการปรับสภาพโครงสร้างของดิน น้ำในดินและส่งผลกระทบต่อผลผลิตของพืชได้ นอกจากนี้ กากตะกอนน้ำเสียยังสามารถปรับสภาพโครงสร้างของดินในแง่การลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุน ความเสถียรของเม็ดดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Guidi and Hall, 1984) จึงมีผลทำให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินเพิ่มขึ้น (ชัยสิทธิ์ และธนาศรี, 2553; De Jong, 1983; Haynes and Naidu, 1998; Wolf and Snyder, 2003)

สรุป

จากการศึกษาผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด สามารถสรุปผลได้ดังนี้

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

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

3. การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 3,200 กก./ไร่ (AS_{3200}) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งค่าความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงที่สุด รองลงมา คือ การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักของกากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ ($AS_{1600} + IF_{AS1600}$)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากตะกอนเยื่อกระดาษมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาด อย่างไรก็ตาม ควรทำการศึกษาต่อไปอีก 3-4 ปี เพื่อยืนยันผลของการใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีหรือการใช้ร่วมกันที่มีต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส อีกทั้งผลของวัสดุดังกล่าวที่มีต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาวต่อไป

คำขอบคุณ

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

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดินเล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดิน. 2524. รายงานสำรวจความเหมาะสมของดิน. น. 47. ใน: รายงานประจำปี 2524. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- จามิกร ศรีสุมล. 2537. การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนชุดดินก้ำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จุฑามาศ กล่อมจิตกร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยต่อปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน, น. 148-159. ใน การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตก้ำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, จังหวัดนครปฐม.
- จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน, น. 19-28. ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตก้ำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, จังหวัดนครปฐม.
- ชัยสิทธิ์ ทองจุ และธันตศรี สอนจิตกร. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 28:99-106.
- ธันตศรี สอนจิตกร. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธันตศรี สอนจิตกร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว, และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโต และการเพิ่มมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน. น. 39-40. ใน: การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน, จังหวัดนครปฐม.
- ปาจารย์ แน่นหนา. 2552. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปาจารย์ แน่นหนา, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินก้ำแพงแสน, น. 260-273. ใน การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1 เรื่อง ดินและปุ๋ยในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน, จังหวัดนครปฐม.
- อนิวรรณ เฉลิมพงษ์. 2527. โรคที่เป็นอันตรายต่อกล้าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส, 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 physico conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51:123-137.
- Hofman, G. and O.V. Cleemput. 2004. Soil and Plant Nitrogen. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris.
- 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. P.145-155. 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.*
- Smith, K.A. and C.E. Mullins. 1991. *Soil Analysis: Physical Methods.* Marcel Dekker, Inc., NY.
- 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.* 8:475-481.
- Thongjoo, C., S. Miyagawa, and N. Kawakubo. 2006. Soil productivity after decomposition of waste materials under different soil moisture and temperature. *Plant Prod. Sci.* 9:106-114.
- 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, NY.