

ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต
มวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Effects of Waste Materials from Pulp and Paper Industrial on Growth and Production of
Biomass of Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) Planted in
Kamphaeng Saen Soil Series

ชัยสิทธิ์ ทองจุ¹ และธนัตศรี สอนจิตร¹

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD ปรากฏผลดังนี้คือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นและค่าความเขียวของใบยูคาลิปตัสมากที่สุดใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) ตามลำดับ รองลงมา คือ การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400} + IF_{AS400}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (IF_{AS800}) ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (Ch) มีผลให้ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และค่าความเขียวของใบยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS_{800})

ในด้านมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ระยะ 12 เดือน พบว่า การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด (11.65 และ 5.08 ตัน/ไร่) ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400} + IF_{AS400}$) ตามลำดับ รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (IF_{AS800}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS_{800}) ตามลำดับ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (Ch) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด (5.50 และ 2.36 ตัน/ไร่)

คำสำคัญ: ชุดดินกำแพงแสน ยูคาลิปตัส วัสดุเหลือใช้

Abstract

The aim of this study was to investigate effects of waste materials from pulp and paper industrial on growth and production of biomass of eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) planted in Kamphaeng Saen soil series. Experimental design was RCBD. The study reveals that

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จ.นครปฐม 73140

applying activated sludge cake (800 kg/rai) combining with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 800 kg/rai of activated sludge cake ($AS_{800} + IF_{AS800}$) effected on the highest of plant heights, plant diameters, and SPAD readings nearly the same as applying chemical fertilizers, i.e., equivalent to 1,600 kg/rai of activated sludge cake (IF_{AS1600}) and activated sludge cake (AS_{1600}), chronologically. Then, it was applying activated sludge cake (400 kg/rai) combining with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 400 kg/rai of activated sludge cake ($AS_{400} + IF_{AS400}$), and applying chemical fertilizers, i.e., equivalent to 800 kg/rai of activated sludge cake (IF_{AS800}), respectively. Contrastingly, not applying chemical fertilizers and activated sludge cake (Ch) effected on the lowest of plant heights, plant diameters, and SPAD readings at all growth stages, i.e., nearly the same as applying activated sludge cake of 800 kg/rai (AS_{800}).

It was found that at the 12-month growth of biomass, applying activated sludge cake (800 kg/rai) combining with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 800 kg/rai of activated sludge cake ($AS_{800} + IF_{AS800}$) effected on the highest total of fresh and dry biomass of eucalyptus (11.65 and 5.08 ton/rai) nearly the same as applying chemical fertilizers, i.e., equivalent to 1,600 kg/rai of activated sludge cake (IF_{AS1600}), applying activated sludge cake (AS_{1600}), and applying activated sludge cake (400 kg/rai) combining with chemical fertilizers, i.e., equivalent to 400 kg/rai of activated sludge cake ($AS_{400} + IF_{AS400}$), respectively. Then, it was chemical fertilizers, i.e., equivalent to 800 kg/rai of activated sludge cake (AS_{1600}) and applying activated sludge cake 800 kg/rai (AS_{800}), respectively. Contrastingly, not applying chemical fertilizers and activated sludge cake (Ch) effected on the lowest of total of fresh and dry biomass of eucalyptus (5.50 and 2.36 ton/rai).

Keyword: eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), Kamphaeng Saen soil series, waste materials

คำนำ

ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) เป็นไม้ชนิดหนึ่งที่เกษตรกรได้รับการส่งเสริมให้ปลูกกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วที่สามารถปลูกได้ในทุกสภาพดิน จึงเป็นที่นิยมปลูกกันทั่วโลกทั้งในประเทศเขตร้อนและเขตอบอุ่น (อนิวรต, 2527) ปัจจุบันภาคเอกชนได้ให้ความสนใจต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษและกระดาษ (สุทธิมา, 2541) โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เป็นหนึ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีวัสดุเหลือใช้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อน้ำเสีย เปลือกไม้ และขี้เถ้าลอย โดยวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ (recycle) ค่อนข้างน้อย จึงมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวมาทำการศึกษาสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์บางประการและกำหนดอัตราการใช้เพื่อประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี สำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสน โดยพิจารณาผลของวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพ ของยูคาลิปตัสตลอดจนผลต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เกิดประโยชน์หรือเพิ่มมูลค่าของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกใหม่สำหรับการผลิตยูคาลิปตัสที่ส่งผลกระทบท่อคุณภาพดินได้อย่างยั่งยืน อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากวัสดุเหลือใช้ดังกล่าวได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการปลูกยูคาลิปตัสสายพันธุ์ HA/07 ที่มีอายุ 3 เดือน ในชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks) ณ ตำบลทุ่งบัว อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งชุดดินดังกล่าวจัดจำแนกอยู่ใน Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic (Soil Survey Staff, 2003) ในช่วงเดือนพฤศจิกายน 2550-ตุลาคม 2551 จำนวน 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 8 เมตร และยาว 12 เมตร มีระยะระหว่างต้น 2 เมตร และระยะระหว่างแถว 2 เมตร (400 ต้น/ไร่) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Completely Block Design ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ๆ ละ 24 ต้น จำนวน 7 ดำรับการทดลอง ดังนี้คือ

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (Ch)
- 2) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS_{800})
- 3) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (IF_{AS800})
- 4) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400} + IF_{AS400}$)
- 5) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600})
- 6) ใส่ปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600})
- 7) ใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีซึ่งมีปริมาณธาตุอาหารหลักเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$)

หมายเหตุ ดำรับการทดลองได้กำหนดตามรายงานวิจัยของกานต์และคณะ (2552)

การใส่กากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษทำการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 2 เดือน โดยดำรับการทดลองที่ 2 และ 5 ใส่กากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอย่างเดียวในอัตรา 800 และ 1,600 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับการทดลองที่ 4 และ 7 ใส่กากตะกอนโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเพียงครั้งอัตราของดำรับการทดลองที่ 2 และ 5 คือ 400 และ 800 กก./ไร่ ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยเคมี ทำการแบ่งใส่ 2 ครั้ง ที่ระยะ 1 และ 2 เดือน โดยดำรับการทดลองที่ 3 และ 7 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 7.02, 3.16 และ 16.62 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 3.51, 1.58 และ 8.31 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ดำรับการทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยยูเรีย ทริปเปิ้ลซูเปอร์ฟอสเฟต และโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 14.03, 6.32 และ 33.23 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ

ทำการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัส ได้แก่ ความสูงของต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นที่ระดับความสูง 10 เซนติเมตรจากผิวดินและค่าความเขียว (SPAD reading) ของใบ (วัดตำแหน่งใบที่ 4-6 จากปลายกิ่งยอด ทำการวัด 5 กิ่งยอดต่อต้น) ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) ที่ระยะ 3, 6, 9 และ 12 เดือน และผลผลิตมวลชีวภาพสดและแห้งของยูคาลิปตัสที่ระยะ 12 เดือน โดยทำการตัดต้นยูคาลิปตัสที่ระดับ 5 เซนติเมตรจากผิวดิน จากนั้น แยกส่วนต้น ส่วนแขนง และส่วนใบ เพื่อทำการชั่งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับค่าวิเคราะห์ทางเคมีและฟิสิกส์บางประการของชุดดินกำแพงแสนและวัสดุเหลือใช้ก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1

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

Properties	Kamphaeng Saen soil series (Ks)		Properties	Activated sludge cake (AS)
	0-30 cm	> 30 cm		
pH (soil : water = 1:1)	7.15	7.28	pH (3:50)	7.00
ECe (soil : water = 1:5, dS/m)	1.57	1.28	ECe (dS/m)	2.09
Total N (%) ¹	0.080	0.077	Total N (%)	0.366
Avail. P (mg/kg) ²	48.70	54.36	Total P (%)	0.072
Exchange. K (mg/kg) ³	100.20	99.54	Total K (%)	0.942
Exchange. Ca (mg/kg) ³	2698.00	2962.00	Total Ca (%)	2.047
Exchange. Mg (mg/kg) ³	270.5	268.3	Total Mg (%)	0.266
Organic matter (%) ⁴	2.22	2.17	Moisture (%)	71.73

Note : ¹ = Kjeldahl method (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

² = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

³ = Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

⁴ = Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. ความสูงของต้น

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อความสูงของต้นยูคาลิปตัสที่ระยะ 6 และ 9 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลต่อความสูงของต้นยูคาลิปตัสมากที่สุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุม (Ch) มีผลต่อความสูงของต้นยูคาลิปตัสต่ำที่สุดใกล้เคียงกับการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS_{800})

2. เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสที่ระยะ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสสูงที่สุด (8.28 ซม.) รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุม (Ch) มีผลต่อเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด (6.95 ซม.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่าความเขียวของใบ

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลต่อค่าความเขียว (SPAD reading) ของใบยูคาลิปตัสแตกต่างกันทางสถิติทุกระยะการเจริญเติบโต (Table 2) สำหรับการเจริญเติบโตที่ระยะ 9 และ 12 เดือน พบว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษ 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลต่อค่าความเขียวของใบยูคาลิปตัสสูงที่สุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) ตามลำดับ ขณะที่ค่ารับควบคุม (Ch) มีผลต่อค่าความเขียวของใบยูคาลิปตัสต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

4. มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัส

การใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีผลต่อมวลชีวภาพสดและแห้งรวม (ส่วนต้น ส่วนแขนง และส่วนใบ) ของยูคาลิปตัสที่ระยะ 12 เดือน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลต่อมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสสูงที่สุด (11.65 และ 5.08 ตัน/ไร่) ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) รองลงมาคือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ($AS_{400} + IF_{AS400}$) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุม (Ch) มีผลต่อมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด (5.50 และ 2.36 ตัน/ไร่)

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น มีข้อสังเกตว่าการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสในด้านความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และค่าความเขียวของใบที่ระยะ 9 และ 12 เดือน รวมทั้งมวลชีวภาพสดและแห้งของยูคาลิปตัสที่ระยะ 12 เดือน สูงกว่าค่ารับการทดลองที่มีการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Panichsakpatana (1991) Ripusudan *et al.* (2000) และ Thongjoo (2005) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับยูคาลิปตัสได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่กากตะกอนเยื่อกระดาษจะค่อย ๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสเมื่อระยะเวลาผ่านไป ในทางตรงกันข้ามพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนเยื่อกระดาษ (Ch) มีผลต่อการเจริญเติบโตของยูคาลิปตัสในด้านความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และค่าความเขียวของใบ รวมทั้งมวลชีวภาพสดและแห้งของยูคาลิปตัสต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของพืช (จามีกร, 2537)

อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานวิจัยของกานต์และคณะ (2552) ซึ่งทำการศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาดพบว่าผลการทดลองเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาดมีผลให้การเจริญเติบโต มวลชีวภาพสดและแห้งรวมต่ำกว่าการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสน กล่าวคือการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลต่อมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาดสูงที่สุดเพียง 17.67 และ 7.63 กิโลกรัม/ต้น ตามลำดับ ส่วนการปลูกในชุดดินกำแพงแสน ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสสูงที่สุด คือ 29.13 และ 12.70 กก./ต้น ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสในค่ารับควบคุม (Ch) พบว่า การปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินยางตลาดมีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมเท่ากับ 5.64 และ 2.71 กก./ต้น ตามลำดับ ขณะที่การปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสนมีผลให้มวลชีวภาพ

สดและแห้งรวมเท่ากับ 13.75 และ 5.90 กก./ตัน ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยจำกัดที่สำคัญน่าจะเป็นความอุดมสมบูรณ์ชั้นพื้นฐานของดินนั่นเอง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

5. สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ภายหลังจากใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสนที่ระยะ 1 ปี

การใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือการใช้ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยยูเรีย (46%N) ซึ่งเมื่อใส่ลงไปในดินในระยะแรกจะมีผลให้ดินเป็นด่าง ต่อมาเมื่อแอมโมเนียมไอออนถูกออกซิไดซ์จะก่อให้เกิดผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) และเป็นที่สังเกตว่าการใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ค่า pH ของดินต่ำกว่าค่ารับควบคุม (Ch) ทั้งนี้เพราะการย่อยสลายของกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษจะมีการปลดปล่อยกรดอินทรีย์ออกมา ซึ่งอาจส่งผลให้ค่า pH ของดินลดลงได้ (Thongjoo *et al.*, 2006) นอกจากนี้การใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือการใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) มีผลให้ค่า EC_e ของดินสูงที่สุด ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าการย่อยสลายของกากตะกอนเยื่อกระดาษอาจปลดปล่อยไอออนต่าง ๆ ออกมารวมกับไอออนที่ละลายออกมาจากปุ๋ยเคมี ซึ่งอาจ มีผลให้ค่า EC_e ของดินเพิ่มมากขึ้น (Thongjoo *et al.*, 2006) ส่วนค่ารับควบคุม (Ch) มีผลให้ค่า EC_e ของดินต่ำที่สุด ซึ่งใกล้เคียงกับการใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ (AS_{800})

การใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือการใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงที่สุดเท่ากับ 3.69 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือการใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (IF_{AS1600}) ตามลำดับ ส่วนค่ารับควบคุม (Ch) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำที่สุดเท่ากับ 1.33 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเป็นที่สังเกตว่าค่ารับการทดลองที่มีการใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าค่ารับควบคุม (Ch) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของจามิกร (2537) ประภาสิต (2549) และ Thongjoo (2005)

6. ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ภายหลังจากใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสนที่ระยะ 1 ปี

การใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ (AS_{1600}) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุด (Table 4) ใกล้เคียงกับการใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ($AS_{800} + IF_{AS800}$) ขณะที่ค่ารับควบคุม (Ch) มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด

7. สมบัติทางฟิสิกส์ของดินภายหลังการใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษกับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสนที่ระยะ 1 ปี

การใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษทั้งที่ใส่เดี่ยวและใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ค่าความจุสนาม จุดเยี่ยวถาวรและความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์สูงกว่าตำรับทดลองที่ไม่มีการใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ (Table 4) ทั้งนี้เนื่องจากกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นสารอินทรีย์ จึงสามารถช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์เคมีและชีวภาพของดินให้ดีขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Hasit (1986) ที่พบว่ากากตะกอนน้ำเสียส่วนที่เป็นสารอินทรีย์สามารถช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์เคมี และชีวภาพของดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการปรับสภาพโครงสร้างของดิน น้ำในดิน และส่งผลต่อผลผลิตของพืชได้ นอกจากนี้กากตะกอนน้ำเสียยังสามารถปรับสภาพโครงสร้างของดินในแง่การลดความหนาแน่นรวมของดิน เพิ่มความพรุน ความเสถียรของการเกิดเม็ดดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Guidi and Hall, 1984) ซึ่งมีผลทำให้ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCA) ของดินเพิ่มขึ้น (De Jong, 1983; Haynes and Naidu, 1998; Wolf and Snyder, 2003)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และค่าความเขียวของใบยูคาลิปตัสมากที่สุด ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่
2. การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้มวลชีวภาพสดและแห้งรวมของยูคาลิปตัสมากที่สุด ใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ และการใส่กากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนเยื่อกระดาษอัตรา 400 กก./ไร่ ตามลำดับ
3. การใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 1,600 กก./ไร่ มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงที่สุดใกล้เคียงกับการใส่กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษอัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่การไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ มีผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำที่สุด

การศึกษาค้นคว้าชี้ให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมาใช้เพื่อทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสำหรับการปลูกยูคาลิปตัสในชุดดินกำแพงแสน แต่ระยะเวลาในการดำเนินการเพียง 1 ปีอาจไม่สามารถสรุปผลได้อย่างชัดเจนนัก ดังนั้น จึงควรทำการศึกษาต่อไปอีก 3-4 ปี เพื่อยืนยันผลของการใช้กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษในแง่ การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส อีกทั้งผลของวัสดุดังกล่าวที่มีต่อสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของดินในระยะยาว

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ร่วมกับบริษัท เอส ซี จี เปเปอร์ จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

- กานต์ ภาวะเวก, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด, 29-38 น. ใน การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 “เกษตรศาสตร์ก้าวไกล อาหารปลอดภัย สู้ภัยเศรษฐกิจ” ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม. คณะกรรมาธิการปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จามิกร ศรีสุมล. 2537. การใช้อินทรีย์วัสดุเหลือใช้บางชนิดเป็นปุ๋ยไนโตรเจนสำหรับข้าวโพดหวานที่ปลูกบนชุดดินกำแพงแสน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชุติมา พงศ์พัชราพันธุ์. 2541. อิทธิพลของปุ๋ย วัสดุเพาะชำและโคลนต่อการเจริญเติบโตของกล้าไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส ที่ได้จากการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจันทรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.
- ประกาศิต อินทรสำอางค์. 2549. การแปรสภาพและคุณภาพของปุ๋ยหมักจากฟางข้าว ชานอ้อย ชีเลื่อย เปลือกยูคาลิปตัส และตะกอนน้ำเสียโรงงานเยื่อกระดาษ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อนิวรรณ เจริญพงษ์. 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, pp. 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., Suwannarat, C., Wajananawat, W. and Thongpae, S. 1991. Utilization of some organic wastes as N and P sources in rice-soybean sequential cropping system. In *Dynamics and its control of soils in tropical monsoon regions. Report of survey and research in Thailand.* 145-155.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 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 Service, Washington, D.C. 332 p.
- Thongjoo, C. 2005. Utilization of agricultural waste materials for improving soil productivity in Thailand. Doctoral 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้