

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิส่วนเหนือพื้นดิน ผลผลิตไม้ฟืนและ
คุณสมบัติของถ่าน ของพันธุ์ไม้ ๕ ชนิด
ABOVE-GROUND NET PRIMARY PRODUCTIVITY, FIREWOOD
PRODUCTION AND CHARCOAL PROPERTIES
OF 5 TREE SPECIES

สรายุทธ บุญะเวชชวน

Sarayuth Bunyavejchewin

ABSTRACT

Above-ground net primary productivity (NPP), firewood production and charcoal properties of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., *Leucaena leucocephala* de Wit., *Cassia siamea* Britt., *Azadirachta indica* Less var. *siemensis* Vahlson and *Acacia auriculiformis* Cunn. aged 4 and 5 years were estimated in species trial plots at Ratchaburi Nursery Center, Ratchaburi.

The NPP of *E. camaldulensis*, *L. leucocephala*, *C. siamea*, *A. indica* var. *siemensis* and *A. auriculiformis* aged 5 years were 3.0, 3.2, 2.0, 3.0 and 2.5 t/rai/y, respectively. They increased from aged 4 years about 100 to 500 kg/rai/y. Firewood productions of the 5 species aged 5 years were 49, 58, 24, 27 and 21 m³/rai, respectively.

For charcoal properties, the fixed carbon contents (81-88%), volatile matter contents (9-15%) and ash contents (2-4%) of the 5 species were similar. The heat of combustion and density of charcoal of the 5 species were higher than 7,500 cal/g and 0.40 g/cm³, except the density of the charcoal of *L. leucocephala* was 0.12 g/cm³.

บทคัดย่อ

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิส่วนเหนือพื้นดิน ผลผลิตไม้ฟืนและคุณสมบัติของถ่านไม้ของพันธุ์ไม้ ๕ ชนิด (ยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส กระถินยักษ์ ชิงเหล็ก อะเคเชีย และกระถินณรงค์) อายุ ๕ ปี ทำการศึกษาในแปลงทดลองพันธุ์ไม้ ๕ ชนิด ระยะปลูก ๔×๔ ม. ที่ศูนย์เพาะชำกล้าไม้ราชบุรี อ. เมือง จ. ราชบุรี

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิส่วนเหนือพื้นดินของยูคาลิปตัส คามาลดูลენซิส กระถินยักษ์ ชิงเหล็ก อะเคเชีย และกระถินณรงค์ อายุ ๕ ปี มีค่า ๓.๐, ๓.๒, ๒.๐, ๓.๐ และ ๒.๕ ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ ซึ่งเพิ่มขึ้นจาก อายุ ๔ ปี ประมาณ ๑๐๐-๕๐๐ กก./ไร่/ปี และมีผลผลิตไม้ฟืน ๔๙, ๕๘, ๒๔, ๒๗ และ ๒๑ ม.^๓/ไร่ ตามลำดับ

๑ - งานนิเวศวิทยาป่าไม้ ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้ บางเขน กรุงเทพฯ ๑๐๑๐๐.

คุณภาพดินของต้นไม้ ไม้เต็ง ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (๘๘-๘๙%) ปริมาณสารระเหย (๕-๖.๕%) และปริมาณไขมัน (๕-๖%) ของพันธุ์ไม้ทั้ง ๕ ชนิด มีปริมาณใกล้เคียงกัน ส่วนไม้ทั้ง ๕ ชนิด มีค่าความชื้นของการสั่นสูงกว่ ๗,๕๐๐ แครตส์/ก. และมีความหนาแน่นสูงกว่า ๐.๕๐ ก./ซม.^๓ ยกเว้นต้นไม้ กระถินยักษ์ (๐.๓๒ ก./ซม.^๓) ส่วนไม้ยูคาลิปตัส คามาลดเดนซีด ชะเอมเทศ สะเดา และกระถินณรงค์ มีคุณสมบัติสูงกว่ามาตรฐานของดินทุ่งคันทั่วไป ส่วนค่าไม้กระถินยักษ์เป็นค่าที่เบาเกินไปไม่เหมาะสมที่จะใช้ห่อต้นไม้

คำนำ

ในปัจจุบันแม้ว่าจะมีการนำเอาพลังงานจากปิโตรเลียม และก๊าซธรรมชาติ มาใช้เพื่ออำนวยความสะดวกสบาย และอย่างกว้างขวางก็ตาม แต่พลังงานจากไม้ในรูปฟืนและถ่านก็มี ถึงถึงมีความสำคัญสูงแต่อย่างใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งประชากรส่วนใหญ่ของประเทศที่ยังอาศัยอยู่ในเขตชนบท ได้มีการประมาณว่าประเทศไทย ได้ใช้ฟืนและถ่านเป็นเชื้อเพลิงในปี พ.ศ. ๒๕๑๓ รวม ๔๔.๓ ล้านลูกบาศก์เมตร และจะเพิ่มเป็น ๘๕ ล้านลูกบาศก์เมตร ในปี พ.ศ. ๒๕๔๓ ในขณะที่กำลังผลิตของป่าธรรมชาติมีไม่เพียงพอที่จะสนองความต้องการในการบริโภคไม้ในรูปต่างๆ กรมป่าไม้ได้คำนึงถึงปัญหาการขาดแคลนพลังงานจากไม้ จึงได้มีการดำเนินการปลูกป่า เพื่อ

ชุมชนขึ้นในพื้นที่สาธารณะประโยชน์ แต่การดำเนินการยังไม่สามารถกำหนดได้ว่าในแต่ละพื้นที่ควร ปลูก ไม้ใดเร็วเพื่อพลังงานจำนวนเท่าใด เนื่องจากยังขาดข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผลผลิตชีวภาพ และผลผลิตไม้พื้นของพันธุ์ไม้โตเร็วที่ปลูก วัตถุประสงค์ของการศึกษาค้นคว้าเพื่อประมาณผลผลิตปลูกภูมิสุทธิ ผลผลิตไม้พื้นและคุณภาพของถ่านไม้ ๕ ชนิด คือ ยูคาลิปตัส คามาลดเดนซีด (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnb.) กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* de Wit.) ขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Britt.) สะเดา (*Acadirachta indica* Juss var. *siamensis* Valetton) และกระถินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis* Cunn.) อายุ ๕ ปี

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ทำการศึกษา

ทำการศึกษาในแปลงปลูกทดลองพันธุ์ไม้ ๕ ชนิด (ยูคาลิปตัส คามาลดเดนซีด

กระถินยักษ์ ขี้เหล็ก สะเดา และกระถินณรงค์) ระยะปลูก ๑×๒ ม. ที่ศูนย์เพาะชำกล้าไม้ราชบุรี อ. เมือง จ. ราชบุรี ดินใน

พื้นที่แปลงทดลองเป็นดิน reddish brown lateritic ดินประเภชบด้วยกรวดมากกว่า ๕๐% ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ๑,๐๔๖ มม.ต่อปี (พ.ศ. ๒๕๒๓-๒๕๒๕)

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิต่อส่วนเนื้อพื้นดิน

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิของพันธุ์ไม้ ๕ ชนิด เมื่ออายุ ๔ และ ๕ ปี ประเมินโดยใช้ค่าความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพส่วนเหนือพื้นดินทั้งหมด (total above-ground biomass) จากอายุ ๓ ถึง ๔ ปี และจากอายุ ๔ ถึง ๕ ปี ซึ่งศึกษาโดย Bunyavejchewin *et al.* (1989) รวมกับปริมาณซากพืชเมื่ออายุ ๓ ถึง ๔ ปี และซากพืชเมื่ออายุ ๔ ถึง ๕ ปี (ซากพืชตั้งแต่เดือนมิถุนายน ๒๕๒๗ ถึงเดือนพฤษภาคม ๒๕๒๘ และซากพืชตั้งแต่เดือนมิถุนายน ๒๕๒๘ ถึงเดือนพฤษภาคม ๒๕๒๙ ตามลำดับ) (Bunyavejchewin, 1989)

ผลผลิตไม้พื้น

นำต้นไม้แต่ละชนิดที่ตัดเพื่อศึกษามวลชีวภาพ รายละเอียดตาม Bunyavejchewin and Kiratiprayoon (1989) ขอนไม้มีความยาว ๑ ม. นำไปเรียงเป็นกองพื้น

คำนวณน้ำหนักแห้งของไม้ต่อกองพื้นหนึ่งลูกบาศก์เมตร นำพื้นไปแปรสภาพเป็นถ่านโดยนำไปเผาในเตาเผาแบบดินเหนียว

คุณสมบัติของถ่านไม้

๑. ความชื้นและความหนาแน่นของถ่านก้อน

หาปริมาณความชื้นโดยนำไปอบที่อุณหภูมิ ๑๐๕ ± ๒ °C. เวลา ๔ ชม. แล้วนำไปหาปริมาณการแทนที่น้ำ คำนวณความหนาแน่นของถ่านก้อน ทำการศึกษา ๕ ซ้ำ

๒. การประเมินค่าทางเคมีของถ่านอบแห้ง

สับตัวอย่างถ่านไปบดให้เป็นผงละเอียด นำไปหาปริมาณความชื้นของถ่านอบแห้ง ปริมาณสารระเหย (volatile matter content) ปริมาณเขม่า คำนวณจากการของ ASTM D 1726-64 แล้วนำไปคำนวณหาปริมาณคาร์บอนเสถียร (fixed carbon content) ทำการศึกษา ๒ ซ้ำ

๓. ค่าความร้อนของการสันดาปของถ่านอบแห้ง

หาโดยใช้เครื่อง oxygen bomb calorimeter ทำการศึกษา ๓ ซ้ำ

ผลและวิจารณ์

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิต่อส่วนเนื้อพื้นดิน

ผลผลิตปฐมภูมิสุทธิของไม้ยูคาลิปตัส ความสูงเฉลี่ย ๖.๕๖ ม. สูงเล็ก สะเก

และกระดิ่งงอก อายุ ๔ และ ๕ ปี แสดงไว้ในตารางที่ ๑ ยูคาลิปตัส ความสูงเฉลี่ย ๖.๕๖ ม. มีผลผลิตปฐมภูมิสุทธิสูงสุด กระดิ่งงอก

Table 1. Above-ground net primary productivity of 5 tree species

	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Cassia siamea</i>	<i>Azadirachta indica var. siamensis</i>	<i>Acacia curculae- formis</i>
Above-ground biomass (kg/rai)					
aged 4 years*	13,042.57	13,739.23	6,297.10	5,953.56	6,554.96
aged 3 years*	8,536.77	11,342.45	5,275.41	4,187.02	3,947.27
Increment (kg/rai/y)	4,355.80	2,396.78	1,021.69	1,766.54	1,607.68
Litterfall** (kg/rai/y)	464.61	450.74	700.53	699.17	812.92
Above-ground net primary productivity (kg/rai/y)	4,820.41	2,847.52	1,722.22	2,465.71	2,221.60
Above-ground biomass (kg/rai)					
aged 5 years*	17,498.34	16,479.46	7,863.39	8,337.80	7,187.77
aged 4 years*	13,042.57	13,739.23	6,297.10	5,953.56	6,554.96
Increment (kg/rai/y)	4,455.77	2,740.23	1,366.28	2,384.24	1,632.82
Litterfall** (kg/rai/y)	675.34	491.23	654.78	668.16	898.08
Above-ground net primary productivity (kg/rai/y)	5,031.11	3,171.61	2,021.06	3,052.40	2,580.90

* Bunyavejchewin *et al.* (1989)

⁶⁶ Bunyavejchewin (1989)

สะเทก กระถินณรงค์ และขี้เหล็ก มีผลผลิต
ปฐมนิสิตหรือธรมมาตามลำดับ ทั้งเมื่อ
อายุ ๔ และ ๕ ปี ผลผลิตปฐมนิสิตหรือ
ยาคัดปลัด คามาสลุนซิส กระถินยักษ์
กระถินณรงค์ และขี้เหล็ก เมื่ออายุ ๕ ปี
จะเพิ่มขึ้นจากเมื่ออายุ ๔ ปี ประมาณ ๑๐๐
- ๓๐๐ กก./ไร่/ปี ในขณะที่สะเทกเพิ่มขึ้น
ถึง ๕๐๐ กก./ไร่/ปี การที่ผลผลิตปฐม-
นิสิตหรือของพันธุ์ไม้ทั้ง ๕ ชนิดยังมีปริมาณ
เพิ่มขึ้น แสดงว่าพันธุ์ไม้ทั้ง ๕ ชนิดยังคง
มีความเพิ่มพูนเพิ่มขึ้น

ผลผลิตปฐมนิสิตหรือของยาคัดปลัด
คามาสลุนซิส ในการศึกษาครั้งนี้ (๕ ต้น/
ไร่/ปี) มากกว่าการศึกษาในภาคตะวันออกเฉียง-
เหนือ ซึ่งปลูกโดยใช้ระบบวนเกษตร
ประมาณ ๕๐% (๓.๔ ต้น/ไร่/ปี) (Petmak
1983) และมากกว่าในสภาพพื้นที่ดินเลวที่
จ.ราชบุรี ประมาณสองเท่า (๒.๗ ต้น/
ไร่/ปี) (สรายุทธ บุญยะเวทจิวัน และคณะ
๒๕๓๐) สำหรับผลผลิตปฐมนิสิตหรือของ
กระถินยักษ์ในการศึกษานี้ (๓.๔ ต้น/
ไร่/ปี) มากเป็นสองเท่าของการศึกษาที่
สะแกกราช จ.นครราชสีมา (๑.๕ ต้น/
ไร่/ปี) (สรายุทธ บุญยะเวทจิวัน ๒๕๓๐)
ส่วนผลผลิตปฐมนิสิตหรือของกระถินณรงค์
(๒.๕ ต้น/ไร่/ปี) เท่ากับครึ่งหนึ่งของ
ผลผลิตในระบบวนเกษตรในภาคตะวันออกเฉียง-

เหนือ (๕.๗ ต้น/ไร่/ปี) (Petmak,
1983) ทั้งนี้เนื่องจากต้นกระถินณรงค์
ในการศึกษานี้ถูกแมลงทำลายตั้งแต่เริ่มปลูก
ทำให้ต้นกระถินณรงค์ในแปลงทดลองแตก
เป็นพุ่ม อัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่าปกติ
สำหรับขี้เหล็ก และสะเทก ยังไม่เคยมีการ
ศึกษาถึงผลผลิตปฐมนิสิตหรือมาก่อน

การศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นว่ามวลชีว-
ภาพและผลผลิตปฐมนิสิตหรือของพันธุ์ไม้
ไม่มีความสัมพันธ์กัน จะเห็นได้จากการกระถิน-
ยักษ์ซึ่งมีมวลชีวภาพมาก แต่มีผลผลิต
ปฐมนิสิตหรือเท่ากับสะเทก ซึ่งมีมวลชีวภาพ
น้อย

ผลผลิตไม้พื้น

ในการศึกษานี้กำหนดให้ไม้พื้น
คือส่วนที่เป็นเนื้อไม้ ซึ่งได้แก่ส่วนของ
ลำต้นและกิ่ง ผลผลิตไม้พื้นของพันธุ์ไม้
ทั้ง ๕ ชนิด แสดงไว้ในตารางที่ ๒ กระถิน-
ยักษ์จะให้ผลผลิตไม้พื้นสูงสุดทั้งอายุ ๔ และ
๕ ปี แม้ว่าจะมีมวลชีวภาพส่วนเนื้อไม้ไม่ยอ-
กว่ายาคัดปลัด คามาสลุนซิสก็ตาม ทั้งนี้
เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของไม้กระถิน-
ยักษ์ต่ำกว่าไม้ยาคัดปลัด คามาสลุนซิส
นั่นเอง ส่วนผลผลิตไม้พื้นของพันธุ์ไม้อีก
๓ ชนิด เมื่ออายุ ๔ ปี มีปริมาณใกล้เคียงกัน
และมีปริมาณต่ำกว่า ๒๐ ม.^๓/ไร่ ทั้งสิ้น

Table 2. Firewood production of 5 tree species

	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	<i>Leucaena leucocephala</i>	<i>Cassia siamea</i>	<i>Azadirachta indica</i> var. <i>siamensis</i>	<i>Acacia auriculae- formis</i>
Wood biomass (stem + branch)* (kg/rai)					
aged 4 years	12,316.66	12,993.40	5,691.31	4,995.90	4,863.77
aged 5 years	15,438.68	15,779.65	7,047.24	7,500.48	6,524.87
Oven-dry mass of firewood (kg/m ³)	336	270	290	274	302
Firewood production (m ³ /rai)					
4-years-old plots	36.7	46.1	19.6	18.2	16.1
5-years-old plots	48.9	58.4	24.3	27.4	21.6
Specific gravity	0.58	0.49	0.50	0.50	0.54
Heat of combustion* (cal/g)	4006	3801	4238	3969	4309

* Buayavejchewin *et al.* (1989)

แต่เมื่ออายุ ๕ ปี จะกลายเป็นพันธุ์ไม้ที่มีผลผลิตให้พันธุ์สูงขึ้นมาเมื่อเปรียบเทียบกับไม้หลัก และกระถินณรงค์ พันธุ์จากไม้กระถินยักษ์มีค่าความร้อนของการสันดาปค่าที่สุก (ตารางที่ ๒) เมื่อพิจารณาถึงค่าความร้อนของการสันดาปและค่าความต่างจำเพาะของไม้ทั้ง ๕ ชนิด จะเห็นว่าไม้พินจากไม้กระถินยักษ์มีคุณภาพค่าสุก เนื่องจากให้ความร้อนในการเผาไหม้ต่ำ และจะหมดเร็วกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ ในขณะที่พินจาก ไม้ยูคาเลปต์ กามาตูดเนซีต จะหมดช้าที่สุด

องค์ประกอบทางเคมี ความหนาแน่น และค่าความร้อนของการสันดาปของถ่าน

ตารางที่ ๓ แสดงค่าปริมาณความชื้น คาร์บอนเสถียร สารระเหย และขี้เถ้าของถ่านไม้ทั้ง ๕ ชนิด ในสภาวะอบแห้ง ค่าองค์ประกอบทางเคมีของถ่านไม้ทั้ง ๕ ชนิด ไม่แตกต่างกันมากนัก ปริมาณคาร์บอนเสถียรของถ่านไม้ทั้ง ๕ ชนิด จากการศึกษาครั้งนี้มีค่าค่อนข้างสูง และปริมาณสารระเหยมีค่าต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านจากไม้ป่าชายเลน (วิรัช ชื่นวาริน และ ชีระชัย จันทระเสนา ๒๕๒๗) ทั้งนี้เนื่องจากไม้ที่ใช้ในการเผาถ่านในการศึกษาค้างนี้เป็นไม้สดต้องใช้ระยะเวลาในการเผานาน ส่งผล

ให้อุณหภูมิภายในเตาเผาสูง ทำให้ถ่านที่ได้มีค่าคาร์บอนเสถียรสูง และมีปริมาณสารระเหยและขี้เถ้าต่ำ แต่จะมีผลผลิตถ่านต่ำ ในการศึกษาค้างนี้ได้ผลผลิตถ่านประมาณ ๒๐% ของน้ำหนักแห้งของไม้ที่ใช้เผา ซึ่งถือเป็นผลผลิตที่ต่ำมาก

ค่าความร้อนของการสันดาปของถ่านไม้ทั้ง ๕ ชนิด มีค่าใกล้เคียงกัน (ตารางที่ ๓) และมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของถ่านที่ใช้หุงต้มโดยทั่วไป (ปรีชา เกียรติกระจาย ๒๕๒๕) โดยปกติค่าความร้อนของการสันดาปจะแปรตามปริมาณคาร์บอนเสถียรของถ่าน (วิรัช ชื่นวาริน และ ชีระชัย จันทระเสนา ๒๕๒๗) ซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิในเตาเผา (Kitirattrakarn and Kiatgrajai 1986) เมื่อพิจารณาถึงค่าความหนาแน่นของถ่านก่อน (ตารางที่ ๓) ถ่านไม้กระถินยักษ์มีความหนาแน่นต่ำกว่ามาตรฐานของถ่านที่ใช้ในงานในท้องถิ่น สำหรับเตาธูปได้ ถ่านควรมีความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า ๐.๔๐ g./cm.³ (ปรีชา เกียรติกระจาย ๒๕๒๕) ถ่านที่เบาเกินไปจะหมดเร็วไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้หุงต้ม นอกจากนั้นถ่านไม้กระถินยักษ์ยังมีเปอร์เซ็นต์ ถ่านป่น (breakage dust) สูงกว่าถ่านไม้ชนิดอื่นอีก ๔ ชนิด ประมาณ ๒-๔ เท่า

Table 3. Charcoal properties of 5 tree species

	<i>Eucalyptus</i> <i>camaldulensis</i>	<i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i>	<i>Cassia</i> <i>siamensis</i>	<i>Azadirachta</i> <i>indica</i> var. <i>siamensis</i>	<i>Acacia</i> <i>auriculae-</i> <i>formis</i>
Moisture content (%)	5.79	6.10	5.30	6.46	4.67
Density (g/cm ³)	0.52	0.32	0.40	0.54	0.43
Heat of combustion (cal/g)	7,605	7,674	7,524	7,573	7,926
Volatile matter content (%)	15.27	10.45	14.74	9.41	12.77
Fixed carbon content (%)	82.20	86.79	81.54	88.17	85.12
Ash content (%)	2.53	2.77	3.73	2.42	2.11
Breakage dust (%)	0.93	4.31	2.57	1.66	2.71

นางสาวนันทิยา น้อยวงศ์ (นนทบุรี)

จากคุณสมบัติต่าง ๆ ของถ่านไม้ ๕ ชนิด ในการศึกษาครั้งนี้เห็นว่าถ่านไม้ยูคาลิปตัส กานาลูเลนซิส และถ่านไม้ตะเคา เป็นถ่านที่มีคุณภาพดีกว่าถ่านไม้กระดินแรงค์และถ่านไม้ซีเหล็ก ถ่านไม้ทั้ง ๕ ชนิดดังกล่าว มีคุณสมบัติที่ว่าคุณสมบัติเฉลี่ยของถ่านทั้งหมดในครัวเรือน อย่างไรก็ตาม การเผาถ่านเคอร์จะได้มีการควบคุมอุณหภูมิในเตาเผาไม่ให้สูงเกินไปเพื่อจะได้ผลิตถ่านมากขึ้น สำหรับถ่านไม้กระดิน-

ยักซ์ในการศึกษาครั้งนี้มีความหนาแน่นเพียง ๐.๓๒ ก./ซม.^๓ แต่ Kiatgrajai และ Yindepit (1984) รายงานว่าถ่านไม้กระดินยักซ์มีความหนาแน่น ๐.๔๕ ก./ซม.^๓ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาครั้งนี้มาก จึงน่าจะมีการศึกษาซ้ำเกี่ยวกับค่าความหนาแน่นของถ่านไม้กระดินยักซ์ หรือศึกษาถึงสาเหตุของความผันแปรนี้ เพื่อจะได้สามารถนำกระดินยักซ์ ไปใช้ในการเผาถ่านเพื่อให้ได้ถ่านที่มีคุณภาพต่อไป

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รศ. ดร. ปรีชา เกียรติกระจาย และภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ช่วยวิเคราะห์คุณสมบัติของถ่านไม้ทั้ง ๕ ชนิด

เอกสารอ้างอิง

ปรีชา เกียรติกระจาย. ๒๕๒๔. เทคโนโลยีการแปรรูปพลังงานจากไม้. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ๒๖๐ น.
วิรัช ชื่นวาริน และ วีระชัย จันทรรณนา. ๒๕๒๘. การผลิตถ่านและคุณภาพของถ่านจากไม้ป่าชายเลนโดยใช้เตาอิฐขนาดเล็ก. วารสารวนศาสตร์ ๓ (๔): ๒๕๓-๒๘๕.

สรายุทธ บุณยะเวระวิวัฒน์. ๒๕๓๐. อิทธิพลของระยะเวลาปลูกต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตปฐมภูมิสุทธิของกระดินยักซ์ในแปลงปลูกสร้างสวนป่า อายุ ๓ ปี ที่สระแก้ว. เอกสารทางวิชาการ เล่มที่ ๑๕. งานนิเวศวิทยาป่าไม้ ฝ่ายวนวัฒนวิจัย กองบำรุง กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ. ๑๑ น.

ตราวุฒ บุดะระเวชวิน บุญฤทธิ์ สุริยากร
และ สมบูรณ์ กิรติประยูร. ๒๕๓๐.
ผลผลิตซากพืชและผลผลิตชั้นปฏิสลาย
สุทธิของไม้ยูคาลิปตัส ความลาดชันชัน.
วารสารวนศาสตร์ ๖(๓):๒๓๕-๒๔๙.

Bunyavejchewin, S. 1989. Primary
Production of plots of 5 young close-
spaced fast-growing tree species,
III. Dry matter and nutrient content
of litterfall. Nat. Hist. Bull. Siam
Soc. 37 (1) : 65-73.

Bunyavejchewin, S. and S. Kiratiprayoon. 1989. Primary production
of plots of 5 young close-spaced
fast-growing tree species, I. Biomass
equations. Nat. Hist. Bull. Siam Soc.
37 (1) : 47-56.

Bunyavejchewin, S., S. Kiratiprayoon
and T. Kumpun. 1989. Primary
production of plots of 5 young close-
spaced fast-growing tree species,

II. Above-ground biomass, nutrient
and energy content. Nat. Hist. Bull.
Siam Soc. 37 (1) : 57-63.

Kiatgrajai, P. and S. Yindepit. 1984.
Charcoal production improvement
for rural development in Thailand.
A final report submitted to NEA.
Bangkok. 163 pages.

Kitirattrakarn, T. and P. Kiatgrajai.
1986. Isothermal carbonization of
Eucalyptus camaldulensis Dehnh. J.
Natl. Res. Council Thailand 18(2):
63-71.

Petmak, P. 1983. Primary productivity,
nutrient cycling and organic matter
turnover of tree plantation after
agricultural intercropping practices
in northeast Thailand. Ph.D. disser-
tation. University of the Philippines
at Los Banos.