# การกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดิน และการคืนกลับธาตุอาหารในสวนป่าไม้โตเร็ว ที่ปลูกเพื่อผลิตพลังงานชีวมวล

## Nutrient Storage in Aboveground Biomass and Nutrient Return in Fast Growing Tree Species Planted for Bio-energy

**เอกพงษ์ ธนะวัติ**[1] มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์[2] ลดาวัลย์ พวงจิตร[1] บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์[1] และ เกษม หฤทัยธนาสันติ์[2]

Eakpong Tanavat[1] Maliwan Haruthaithanasan[2] Ladawan Puangchit[1] Bunvong Thaiutsa[1] and Kasem Haruthaithanasan[2]

**บทคัดย่อ**

วางแผนทดลองแบบ CRD เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดิน และการคืนกลับธาตุอาหารของสวนป่าไม้โตเร็วอายุ 3 ปี ที่ปลูกเพื่อผลิตพลังงานชีวมวล (ยูคาลิปตัส กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์) ในแปลงสาธิตปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า บริษัท สหโคเจนกบินทร์บุรีจำกัด อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี โดยวางแปลงตัวอย่างหามวลชีวภาพเหนือดิน และวางกระบะรองรับซากพืช (Litter trap) เพื่อเก็บรวบรวมซากพืชทุก ๆ เดือนจนครบปี จากนั้นสุ่มตัวอย่างพืชและซากพืชไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุ N, P, K, Ca และ Mg พบว่า กระถินเทพณรงค์มีปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะ N เท่ากับ 41.94 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ยูคาลิปตัส และกระถินยักษ์ ตามลำดับ ส่วนการคืนกลับธาตุอาหาร กระถินเทพณรงค์มีปริมาณการคืนกลับสุทธิของ N สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 38.51 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ กระถินยักษ์ และยูคาลิปตัส ตามลำดับ

**Abstract**

The CRD experimental plot was set to compare the nutrient storage in aboveground biomass and nutrient return in 3 years old fast growing tree species planted for bio-energy (*E. camaldulensis*, *Acacia* hybrid and *L. leucocephala*). Letter traps were put inside the sample plot, and litter was collected monthly for one year. Litter was sampled for nutrient (N, P, K, Ca, Mg) analysis. Among 3 species, *Acacia hybrid* presents the highest nutrient in aboveground biomass, significance especially, N storage which was 41.94 ton/ha, followed by *E. camaldulensis* and *L. leucocephala*, respectively. However, *Acacia* hybrid provided the highest N return about 34.51 ton/ha followed by *L. leucocephala* and *E. camaldulensis*, respectively.

[1] ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Department of Silviculture, Faculty of forestry, Kasetsart University, Thailand.)

[2] หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีไม้โตเร็วเพื่อพลังงานทดแทน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (Research Unit of Fast Growing Tree Plantation for Bio-energy, KAPI, Kasetsart University, Thailand.)

Key Words: **Nutrient Storage, Nutrient Return, Fast growing tree**

e-mail address: g521430034@ku.ac.th

## คำนำ

ปัจจุบันไม้โตเร็วเริ่มเป็นที่นิยมปลูกกันมากขึ้น โดยส่วนใหญ่จะปลูกและจัดการเพื่อผลผลิตทางด้านเศรษฐกิจ (economic yield) ในรูปของไม้ท่อน ไม้แปรรูป ไม้ฟืน เป็นต้น ส่วนผลผลิตทางด้านชีววิทยา (biological yield) ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) รวมไปถึงการเคลื่อนย้ายหมุนเวียนธาตุอาหาร ก็เป็นผลผลิตที่มีความสำคัญยิ่งอีกรูปหนึ่ง เนื่องจากการหมุนเวียนของธาตุอาหารเป็นกระบวนการสำคัญในระบบนิเวศ ที่จะเคลื่อนย้ายสารอาหารไป-กลับ ระหว่างสิ่งที่มีชีวิต (ต้นไม้) กับสิ่งไม่มีชีวิต (ดิน) อันก่อประโยชน์กับสิ่งมีชีวิตบนดิน ที่นำธาตุอาหารเหล่านี้ไปเสริมสร้างการเจริญเติบโตในส่วนต่างๆ และสืบพันธุ์เพื่อการดำรงเผ่าพันธุ์ต่อไปได้

ต้นไม้มีส่วนสำคัญในการเติมธาตุอาหารลงสู่ดิน จากการปลดปล่อยธาตุอาหารของต้นไม้ในรูปของซากพืชที่ร่วงหล่นและการย่อยสลายของซากพืช ทำให้ดินชั้นบนมีปริมาณธาตุอาหารมากขึ้น ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่ต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาถึงปริมาณมวลชีวภาพ ธาตุอาหารที่กักเก็บในมวลชีวภาพ และธาตุอาหารที่คืนกลับสู่ดินในรูปของซากพืชในสวนไม้โตเร็วที่ปลูกเพื่อใช้ประโยชน์ด้านพลังงาน ได้แก่ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการกำหนดวนวัฒนวิธี วางแผนการจัดการสวนป่าพลังงานดังกล่าวให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจมากที่สุด และยังสามารถรักษาสภาพแวดล้อมและรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินให้คงอยู่เป็นต้นทุนสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าในรอบตัดฟันต่อไปได้

## วิธีการวิจัย

### 1. การวางแปลงทดลอง

ทำการศึกษาในแปลงวิจัยปลูกไม้โตเร็วเพื่อเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ของบริษัท สหโคเจนกรีน จำกัด อ.กบินทร์บุรี จ.ปราจีนบุรี ร่วมกับสถาบันผลิตผลเกษตรฯ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ปลูกเมื่อปี พ.ศ. 2550 วางแผนทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) มี 3 สิ่งทดลอง คือไม้โตเร็ว 3 ชนิดพันธุ์ละๆ 2 ไร่ ได้แก่ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) กระถินเทพณรงค์ (*Acacia* hybrid (*mangium x auriculaeformis*)) และกระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) ที่ปลูกด้วยความหนาแน่น 10,000 ต้นต่อแฮกตาร์ จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละซ้ำจะสุ่มวางแปลงตัวอย่างขนาด 10 x 20 เมตร สุ่มวางกระบะรองรับซากพืช (Litter trap) ที่ทำด้วยตาข่ายไนลอน ขนาด 1x1 เมตร สูงจากพื้น 0.50 เมตร แปลงละ 5 กระบะ

### 2. การเก็บข้อมูล

2.1 การเก็บข้อมูลธาตุอาหารที่กักเก็บในมวลชีวภาพ

การหามวลชีวภาพเหนือดิน เมื่ออายุ 3 ปี จะนำข้อมูลการเจริญเติบโตของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด มาแบ่งเป็น 5 ระดับตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของไม้ในแปลงตัวอย่างแต่ละชนิด เพื่อเก็บข้อมูลน้ำหนักมวลชีวภาพของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด ตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก จำนวน 25 ต้นต่อชนิดพันธุ์ต่อซ้ำ เก็บทั้ง หมด 3 ซ้ำ โดยไม้ 1 ต้น ชั่งแยกน้ำ หนักลำต้น ใบ และกิ่ง สุ่มตัวอย่างลำต้น ใบ และกิ่ง ของแต่ละชนิดพันธุ์มาหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น เพื่อนำมาคำนวณหาน้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด จากนั้นสุ่มตัวอย่างลำต้น กิ่ง และ

ใบของไม้แต่ละชนิด มาอบแห้งเพื่อวิเคราะห์หาธาตุไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (P), โพแทสเซียม (K), แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) ที่กักเก็บในมวลชีวภาพ

2.2 การเก็บข้อมูลธาตุอาหารที่กักเก็บในซากพืช

ทำการเก็บซากพืชที่ร่วงหล่นอยู่ในกระบะรองรับซากพืช (litter trap) ทุกๆเดือน เป็นระยะเวลา 1 ปี ตั้งต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนพฤษภาคม จากนั้นนำซากพืชที่เก็บได้มาผึ่งลมให้แห้ง แล้วแยกประเภทของซากพืชเป็นส่วนของใบ กิ่ง และส่วนสืบพันธุ์ นำไปชั่งน้ำหนักสดของซากพืชแต่ละชนิด แล้วสุ่มตัวอย่างซากพืชแต่ละประเภทของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดไปอบจนกระทั่งน้ำหนักคงที่ เพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น และวิเคราะห์หาธาตุ N, P, K, Ca และ Mg ที่กักเก็บในซากพืช

**3. การวิเคราะห์ข้อมูล**

ทำการวิเคราะห์ธาตุอาหารในมวลชีวภาพและซากพืชในห้องปฏิบัติการดินป่าไม้ ภาควิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยนำตัวอย่างพืชส่วนต่างๆ (ลำต้น, กิ่ง และ ใบ) และซากพืช (กิ่ง, ใบ และส่วนสืบพันธุ์) ของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด มาวิเคราะห์หาปริมาณ N ตามวิธี Dumus (dry combustion) ด้วยเครื่อง 2400 series II CNHS/O Analyzer (Perkin Elmer) ส่วน P, K, Ca และ Mg จะทำการสกัดด้วยวิธี Wet ashing ด้วยกรด $HNO_3$-$H_2SO_4$-$HClO_4$ acid mixture ในอัตราส่วน $HNO_3$: $H_2SO_4$: $HClO_4$ เท่ากับ 5:1:2 โดยทำการวิเคราะห์ P (Vanado molybdate yellow color) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ wavelength 440 นาโนเมตร วิเคราะห์ K, Ca และ Mg โดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

ทำการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหาร กักเก็บในมวลชีวภาพของพืช และซากพืช โดยสมการดังนี้

$$\text{ธาตุอาหารที่กักเก็บในมวลชีวภาพ} = \left[\frac{\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (\%) ในมวลชีวภาพพืช x มวลชีวภาพของพืช}}{100}\right]$$

$$\text{ธาตุอาหารที่กักเก็บในซากพืช} = \left[\frac{\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหาร (\%) ในซากพืช x มวลชีวภาพของซากพืช}}{100}\right]$$

นำข้อมูลมวลชีวภาพเหนือดิน ปริมาณของซากพืชที่ร่วงหล่นรายปี และปริมาณธาตุอาหารของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด ที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) และทดสอบค่า F-test โดยใช้วิธี ANOVA และตรวจสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

## ผลและวิจารณ์

**1. มวลชีวภาพเหนือดิน**

จากการหามวลชีวภาพของยูคาลิปตัส กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ ที่อายุ 3 ปี พบว่ายูคาลิปตัสมีมวลชีวภาพเหนือดินสูงสุด เท่ากับ 46.12 ตัน/เฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ เท่ากับ 38.91 และ 27.33 ตัน/เฮกตาร์ (Table 1) เมื่อพิจราณามวลชีวภาพประกอบกับอัตราการรอดตาย พบว่ายูคาลิปตัสมีมวลชีวภาพและอัตตราการรอดตายสูงสุด ในขณะที่กระถินเทพณรงค์มีอัตตราการรอดตายต่ำสุด แต่มีมวลชีวภาพไม่แตกต่างทางสถิติ ($p>0.05$) กับยูคาลิปตัส ส่วนกระถินยักษ์จะมีมวลชีวภาพต่ำที่สุด แม้ว่าจะมีอัตรา

การรอดตายไม่แตกต่างทางสถิติ (p>0.05) กับยูคาลิปตัสเมื่ออายุ 3 ปี อาจกล่าวได้ว่าการปลูกไม้โตเร็ว ในความหนาแน่นสูงเพื่อใช้ผลิตพลังงานชีวมวล ควรจะกำหนดรอบการตัดฟันต่ำกว่า 2 ปี หรือมีการตัดสางขยายระยะหลังจากอายุ 2 ปี เพื่อเพิ่มศักยภาพในการเจริญเติบโต และมวลชีวภาพต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น

**Table 1** Aboveground biomass of three years old fast growing tree species planted for bio-energy at Sahacogen Green Co.,Ltd., Prachinburi Province

| Species | Biomass (ton/ha) | | | | % survival |
|---|---|---|---|---|---|
| | Stem | Branch | Leaf | Total | |
| *E. camaldulensis* | 42.07[a] | 1.86[c] | 2.19[b] | 46.12[a] | 83.69[a] |
| *Acacia hybrid* | 30.57[b] | 5.02[a] | 3.32[a] | 38.91[a] | 48.92[b] |
| *L. leucocephala* | 22.73[b] | 3.97[b] | 0.62[c] | 27.33[b] | 76.62[a] |

Note: Different letters in the same column show significant difference at p<0.05

**2. ปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นในรอบปี**

จากการรวบรวมซากพืชที่ร่วงหล่นในรอบปีของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด พบว่า ปริมาณซากพืชของยูคาลิปตัส กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ มีปริมาณไม่แตกต่างทางสถิติ (p>0.05) โดยมีเฉลี่ยค่าเท่ากับ 11.43, 13.67 และ 10.56 ตัน/เฮกแตร์/ปี ตามลำดับ (Table 2)

**Table 2** Litter production in three year old fast growing tree plantation planted for bio-energy at Sahacogen Green Co.,Ltd., Prachinburi Province .

| Species | Litter production (ton/ha/year) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Leaf | Branch | Reproductive part | Total |
| *E. camaldulensis* | 7.82[ns] | 3.58[a] | 0.00 | 11.43[ns] |
| *Acacia hybrid* | 10.68[ns] | 0.92[b] | 2.09[a] | 13.67[ns] |
| *L. leucocephala* | 8.95[ns] | 1.21[ab] | 0.48[b] | 10.56[ns] |

Note: Different letters in the same column show significant difference at p<0.05

ns = non significant

ซากพืชที่ร่วงหล่นส่วนใหญ่เป็นส่วนของใบ ปริมาณซากพืชของยูคาลิปตัส กระถินเทพณรงค์ และกระถินยักษ์ มีปริมาณไม่แตกต่างทางสถิติ (p>0.05) ส่วนกิ่งนั้น ยูคาลิปตัสมีการร่วงหล่นมากที่สุด เนื่องจากลักษณะของยูคาลิปตัสในแปลงที่ศึกษา เป็นพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงมาระดับหนึ่ง ทำให้มีลำต้นมีการแตกกิ่งน้อย และเมื่อปลูกด้วยความหนาแน่นมากมีการลิดกิ่งเองตามธรรมชาติ จึงมีปริมาณซากของกิ่งมากกว่าชนิดอื่น ๆ

**3. การกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดิน**

ปริมาณธาตุ N, P, K, Ca และ Mg ที่กักเก็บในมวลชีวภาพส่วนต่างๆของไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด จะแตกต่างกันไป โดยใบมีการสะสมมากที่สุด รองลงมาได้แก่ กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ Katagiri and Tsutsumi (1973) กล่าวว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารจะแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของพรรณไม้นั้นๆ ความอุดมสมบูรณ์ของพื้นที่ และฤดูกาลร่วงหล่น โดยเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของธาตุ N, P, K, Ca และ Mg มีปริมาณเรียงลำดับจากมากน้อย เรียงลำดับดังนี้คือ ใบ > กิ่ง > ลำต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาครั้งนี้

**Table 3** Nutrient storage in aboveground biomass of three year old fast growing tree plantation planted for bio-energy at Sahacogen Green Co.,Ltd., Prachinburi Province

| Species | Nutrient storage in aboveground biomass | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | N | | P | | K | | Ca | | Mg | |
| | ton/ha | %Total | ton/ha | (mg/kg) | ton/ha | (mg/kg) | ton/ha | (mg/kg) | ton/ha | (mg/kg) |
| Stem | | | | | | | | | | |
| *E. camaldulensis* | 17.67$^{b}$ | 0.42 | 0.84$^{a}$ | 0.02 | 7.15$^{ns}$ | 0.17 | 2.94$^{b}$ | 0.07 | 2.52 | 0.06$^{a}$ |
| *A. spp.* | 25.68$^{a}$ | 0.84 | 0.56$^{b}$ | 0.02 | 5.23$^{ns}$ | 0.17 | 28.96$^{a}$ | 0.95 | 0.74 | 0.02$^{b}$ |
| *L. leucocephala* | 16.37$^{b}$ | 0.72 | 0.45$^{b}$ | 0.02 | 7.73$^{ns}$ | 0.34 | 1.36$^{b}$ | 0.06 | 0.68 | 0.03$^{b}$ |
| Branch | | | | | | | | | | |
| *E. camaldulensis* | 1.58$^{c}$ | 0.72 | 0.06$^{b}$ | 0.03 | 1.20$^{a}$ | 0.55 | 1.51$^{b}$ | 0.69 | 0.12$^{b}$ | 0.05 |
| *A. spp.* | 3.37$^{a}$ | 1.02 | 0.06$^{b}$ | 0.02 | 0.77$^{b}$ | 0.23 | 7.72$^{a}$ | 2.33 | 0.30$^{a}$ | 0.09 |
| *L. leucocephala* | 2.80$^{b}$ | 1.16 | 0.02$^{a}$ | 0.04 | 0.53$^{c}$ | 0.86 | 0.61$^{b}$ | 0.99 | 0.12$^{b}$ | 0.19 |
| Leave | | | | | | | | | | |
| *E. camaldulensis* | 5.13$^{c}$ | 2.75 | 0.17$^{b}$ | 0.09 | 3.13$^{b}$ | 1.68 | 3.69$^{b}$ | 1.98 | 0.48$^{c}$ | 0.26 |
| *A. spp.* | 16.89$^{a}$ | 3.36 | 0.28$^{a}$ | 0.06 | 3.23$^{b}$ | 0.64 | 8.97$^{a}$ | 1.79 | 0.74$^{b}$ | 0.15 |
| *L. leucocephala* | 13.02$^{b}$ | 3.28 | 0.32$^{a}$ | 0.08 | 5.43$^{a}$ | 1.37 | 9.95$^{a}$ | 2.50 | 2.31$^{a}$ | 0.58 |
| Total | | | | | | | | | | |
| *E. camaldulensis* | 24.38$^{b}$ | - | 1.07$^{a}$ | - | 11.49$^{ab}$ | - | 8.14$^{b}$ | - | 3.12$^{a}$ | - |
| *A. spp.* | 45.94$^{a}$ | - | 0.90$^{ab}$ | - | 9.23$^{b}$ | - | 45.64$^{a}$ | - | 1.77$^{b}$ | - |
| *L. leucocephala* | 30.11$^{b}$ | - | 0.80$^{b}$ | - | 13.69$^{a}$ | - | 11.93$^{b}$ | - | 3.11$^{a}$ | - |

Note: 1/ Different letters in the same column show significant difference at $p<0.05$

เมื่อคำนวณปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดินต่อพื้นที่ พบว่า ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดแสดงการกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกระถินเทพณรงค์มีปริมาณการกักเก็บธาตุ N และCa รวมสูงสุดเท่ากับ 41.94 และ 46.56 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ (Table 3) มีสัดส่วนของการกัก

เก็บธาตุอาหาร ลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ N > Ca > K > Mg > P ส่วนในยูคาลิปตัส และกระถินยักษ์ มีสัดส่วนของการกักเก็บธาตุอาหาร ลำดับจากมากไปน้อย คือ N > K > Ca > Mg > P สำหรับยูคาลิปตัสมีปริมาณการกักเก็บธาตุ P และ Mg สูงที่สุดเท่ากับ 1.10 และ 3.18 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ

การกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดินต่อพื้นที่จะขึ้นอยู่กับปริมาณมวลชีวภาพเหนือดิน และความเข้มข้นของธาตุอาหารที่กักเก็บในส่วนต่าง ๆ ยูคาลิปตัสและกระถินเทพณรงค์จะกักเก็บธาตุอาหารในมวลชีวภาพเหนือดินต่อพื้นที่ของส่วนต่างๆ ตามลำดับคือ ลำต้น > ใบ > กิ่ง ส่วนกระถินยักษ์มีการกักเก็บธาตุอาหารเรียงลำดับคือ ลำต้น > กิ่ง > ใบ เนื่องมาจากเรือนยอดของกระถินยักษ์มีลักษณะโปร่ง และใบมีขนาดเล็ก ทำให้มีมวลชีวภาพของใบต่อพื้นที่น้อยกว่ายูคาลิปตัสและกระถินเทพณรงค์ จึงมีปริมาณธาตุอาหารที่กักเก็บในมวลชีวภาพต่อพื้นที่ในกิ่งสูงกว่าในใบ

**4. การคืนกลับธาตุอาหารของสวนป่าไม้โตเร็ว**

การคืนกลับของธาตุ N, P, K, Ca และ Mg สู่ดินในรูปซากพืชที่ร่วงหล่น ในสวนป่าไม้โตเร็ว 3 ชนิด พบว่า N มีปริมาณที่จะคืนกลับสูงที่สุด รองลงมาเป็น Ca, K, Mg และ P ตามลำดับ กระถินยักษ์จะมีการคืนกลับของ N สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาได้แก่ กระถินเทพณรงค์ และยูคาลิปตัส เท่ากับ 21.27, 18.26 และ 12.16 ตัน/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ ส่วนธาตุ P, K, Ca และ Mg แสดงใน Table 4 การคืนกลับของธาตุอาหารขึ้นอยู่กับปริมาณซากพืชร่วงหล่นที่สัมพันธ์กับสภาพแวดล้อมนั้น ๆ ได้แก่ ที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความชื้นของดิน นอกจากนั้นยังมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่นของหมู่ไม้ และอายุของหมู่ไม้ (Bray and Gorham, 1964) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวทำให้มีการคืนกลับของธาตุอาหารที่แตกต่างกันในไม้แต่ละชนิด

ในการผลิตพลังงานชีวมวลจากไม้โตเร็วนั้น ลำต้นเป็นส่วนที่มักจะนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากรวบรวมและขนส่งได้ง่าย (มะลิวัลย์, 2553) ดังนั้นเมื่อถึงรอบตัดฟัน ส่วนกิ่งและใบจะถูกปล่อยทิ้งให้ย่อยสลายคืนกลับเป็นธาตุอาหารลงสู่ดิน เมื่อพิจารณาเฉพาะธาตุอาหารที่ถูกเก็บกักไว้ในส่วนของลำต้นจะถือว่าเป็นส่วนที่สูญเสียเนื่องจากการใช้ประโยชน์ นำออกไปจากพื้นที่ แต่ส่วนธาตุอาหารที่อยู่ในใบ กิ่ง และส่วนอื่นๆ ที่เหลือทิ้งจากการตัดฟันจะเป็นส่วนที่ย่อยสลายทิ้งไว้เป็นปุ๋ยในพื้นที่นอกเหนือจากธาตุอาหารที่ได้จากการย่อยสลายส่วนซากพืชที่ร่วงหล่นลงมาในช่วงที่ต้นไม้เจริญเติบโต ซึ่งได้กล่าวถึงไปแล้วใน Table 4 เมื่อพิจารณาปริมาณธาตุอาหารที่คืนกลับทั้งหมดซึ่งเป็นผลรวมของธาตุอาหารในซากพืชที่ร่วงหล่นรวมกับมวลชีวภาพของส่วนต่าง ๆ ยกเว้นลำต้น (nutrient return) ที่ได้จากการตัดฟันครั้งแรกเมื่ออายุ 3 ปี จะเป็นส่วนที่สูญเสียออกไปจากพื้นที่ (nutrient loss) (Table 5) พบว่ากระถินเทพณรงค์และกระถินยักษ์มีปริมาณของ N และ Ca ที่จะคืนกลับสู่ดินสูงกว่ายูคาลิปตัสอย่างเห็นได้ชัด ส่วนปริมาณของ P และ K ไม่แตกต่างกันมาก ส่วนกระถินเทพณรงค์แม้ว่าจะมีปริมาณการคืนกลับธาตุอาหารโดยรวมสูงที่สุด แต่ส่วนของลำต้นที่นำออกไปก็มีธาตุอาหารในปริมาณสูงกว่าไม้ชนิดอื่นเช่นกันโดยเฉพาะค่า N และ Ca จึงทำให้มีปริมาณการคืนกลับสุทธิของธาตุดังกล่าวต่ำกว่ากระถินยักษ์ ซึ่งจากข้อมูลจะเห็นได้ว่ากระถินยักษ์จะมีสัดส่วนระหว่างการคืนกลับและการสูญเสียธาตุอาหารโดยเฉพาะค่า N, Ca และ Mg สูงกว่าไม้ชนิดอื่น สำหรับยูคาลิปตัสแม้ว่าการคืนกลับธาตุอาหารจะน้อยกว่าไม้ชนิดอื่น แต่นับว่ายังมีการคืนกลับธาตุอาหารจากส่วนต่าง ๆ สู่ดินโดยเฉพาะธาตุ N ที่จะ

สามารถคืนกลับลงสู่ดินได้ 19.53 ตัน/เฮกตาร์ อาจกล่าวได้ว่าในการปลูกไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิดเพื่อผลิตพลังงานชีวมวลไม่ได้ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดต่ำลง ในทางกลับกันการปลูกไม้โตเร็วชนิดดังกล่าวยังทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเพิ่มขึ้นจากปริมาณธาตุอาหารที่ได้จากซากพืชที่ร่วงหล่นและมวลชีวภาพของกิ่งและใบที่ปล่อยให้ย่อยสลายในพื้นที่หลังการตัดฟันนำลำต้นไปใช้เป็นประโยชน์ในด้านพลังงานแล้ว อย่างไรก็ตามการศึกษานี้เป็นเพียงผลการศึกษาในรอบตัดฟันแรกเท่านั้น จากนี้ไม้โตเร็วที่ถูกตัดฟันจะมีการแตกหน่อและให้ผลผลิตในรอบตัดฟันถัดไป จึงควรมีการติดตามอัตราการคืนกลับของธาตุอาหารหรือการหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้โตเร็วเพื่อพลังงานในระยะยาวต่อไป

**Table 4** Nutrient in Litterf of of tree year old fast growing tree plantation planted for bio-energy at Sahacogen Green Co.,Ltd., Prachinburi Province

| Species | Nutrient Return (ton/ha/year) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| *E. camaldulensis* | 12.16$^{b}$ | 1.02$^{a}$ | 3.52$^{ns}$ | 6.03$^{b}$ | 1.69$^{b}$ |
| *Acacia hybrid* | 18.26$^{b}$ | 0.60$^{b}$ | 3.27$^{ns}$ | 16.58$^{a}$ | 2.15$^{b}$ |
| *L. leucocephala* | 21.27$^{a}$ | 1.09$^{a}$ | 3.70$^{ns}$ | 8.40$^{b}$ | 5.20$^{a}$ |

Note: Different letters in the same column show significant difference at $p<0.05$

ns = non significant

**Table 5** Loss and Return of the Nutrients in the first rotation of 3 year old fast growing tree plantation planted for bio-energy in Sahacogen Green Co.,Ltd., Prachinburi Province

| Species | Nutrient (ton/ha) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| Nutrient Loss | | | | | |
| *E. camaldulensis* | 17.67 | 0.84 | 7.15 | 2.94 | 2.52 |
| *A. spp.* | 25.68 | 0.56 | 5.23 | 28.96 | 0.74 |
| *L. leucocephala* | 16.37 | 0.45 | 7.73 | 1.36 | 0.68 |
| Nutrient Return | | | | | |
| *E. camaldulensis* | 18.87 | 1.25 | 7.87 | 11.23 | 2.28 |
| *Acacia hybrid* | 38.51 | 0.94 | 7.27 | 33.27 | 3.18 |
| *L. leucocephala* | 37.09 | 1.43 | 9.11 | 18.96 | 7.62 |

## สรุป

ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด ที่ปลูกด้วยความหนาแน่น 10,000 ต้นต่อเฮกแตร์ เมื่ออายุ 3 ปี กระถินเทพณรงค์และกระถินยักษ์มีปริมาณของ N, Ca และ Mg ที่จะคืนกลับสู่ดินสูงกว่ายูคาลิปตัสมาก ส่วนปริมาณธาตุอาหารคืนกลับสุทธินั้น กระถินยักษ์จะมีปริมาณการคืนกลับ โดยเฉพาะค่า N และ Mg สูงกว่าไม้ชนิดอื่น ส่วนกระถินเทพณรงค์แม้ว่าจะมีปริมาณการคืนกลับโดยรวมสูงที่สุด แต่ส่วนของลำต้นที่นำออกไปก็มีธาตุอาหารในปริมาณสูงกว่าไม้ชนิดอื่น โดยเฉพาะค่า N และ Ca จึงทำให้มีปริมาณการคืนกลับสุทธิของธาตุดังกล่าวต่ำกว่ากระถินยักษ์ สำหรับยูคาลิปตัสมีการคืนกลับสุทธิจะน้อยกว่าไม้ชนิดอื่น อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถสรุปเป็นการหมุนเวียนธาตุอาหารทั้งระบบได้ เนื่องจากการศึกษาธาตุอาหารที่กักเก็บใต้ดินและบนผิวดินยังอยู่ในช่วงการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อได้ผลการศึกษาดังกล่าวจะทำให้เห็นภาพการหมุนเวียนธาตุอาหารทั้งระบบได้ นอกจากนี้งานวิจัยนี้เป็นเพียงผลการวิจัยในรอบตัดฟันครั้งแรกที่อายุ 3 ปี ซึ่งหลังจากนี้ไม้โตเร็วทั้ง 3 ชนิด จะมีการแตกหน่อและให้ผลผลิตในรอบตัดฟันถัดไป จึงควรมีการติดตามอัตราการคืนกลับของธาตุอาหารหรือการหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้โตเร็วเพื่อพลังงานในระยะยาว เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประโยชน์แก่ผู้ประกอบการธุรกิจพลังงาน หรือเกษตรกรที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดการสวนป่าไม้โตเร็วให้เกิดความยั่งยืนทางด้านผลผลิตและสิ่งแวดล้อมต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากบริษัทสหโคเจน(ชลบุรี) จำกัด (มหาชน) และบริษัทสหโคเจน กรีน จำกัด

## เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์, เกษม หฤทัยธนาสันติ์, เอกพงษ์ ธนะวัติ, ศักดา พรมเลิศ และเอกชัย บ่ายแสงจันทร์. 2553. ศักยภาพของกระถินยักษ์ ยูคาลิปตัส กระถินเทพา และกระถินเทพณรงค์ ในการปลูกเป็นสวนป่าพืชพลังงาน, น. 579 – 586. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Bray, J.R. and Gorham. 1964. Litter production in forest of the world. Adv. Ecol.Res. 2:101-157.

Kijkar, S. 1997. Domestication of *Acacia hybrid* in Thailand. *In* Proceedings of the regional workshop on Domestication of Agroforestry Trees. ICRAF/ACIAR/UGM. Yogyakarta, Indonesia. 4-7 Nov. 1997.

Katagiri,S. and T.Tsutsumi. 1973. The relationship between site condition and circulation of nutrients in forest ecosystem. (I) Litter fall and nutrient content. JIBP-PT. No.155 :83-90.