ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำในป่าปลูกไม้สักอายุ 29 ปี เพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำบริเวณดอยตุง จังหวัดเชียงราย

จตุรงค์ วุฒิ[1*] นิวัติ อนงค์รักษ์[2] สุนทร คำยอง[3] และ ปณิดา กาจีนะ[4]
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

** Corresponding Author: chathurong102@gmail.com*
[1] นักศึกษาระดับปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
[2] อาจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์
[3] รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์
[4] อาจารย์ ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์

ข้อมูลบทความ

ประวัติบทความ :
รับเพื่อพิจารณา : 19 มีนาคม 2563
แก้ไข : 13 สิงหาคม 2563
ตอบรับ : 31 สิงหาคม 2563

คำสำคัญ :
คาร์บอน / ธาตุอาหาร / น้ำ / ป่าปลูกไม้สัก / มวลชีวภาพพืช

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำในป่าปลูกไม้สักอายุ 29 ปี บริเวณดอยตุง จังหวัดเชียงราย มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินบทบาททางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมของป่าปลูก ทั้งนี้ ทำการศึกษาในเดือนกันยายน พ.ศ. 2561 โดยวางแปลงสุ่มตัวอย่างศึกษาสังคมพืชแบบสุ่ม ขนาด 40x40 เมตร จำนวน 6 แปลง ที่ความสูง 450 ถึง 900 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ขุดหลุมดินลึก 2 เมตร ใน 3 แปลง เก็บตัวอย่างดินตามความลึกเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี คาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำ ผลการศึกษา พบว่า ไม้สักมีความหนาแน่น เส้นรอบวงลำต้นและความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 69 ต้นต่อไร่ 71.34 เซนติเมตร และ 20.44 เมตร ตามลำดับ พบชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน 14-41 ชนิด ปริมาณมวลชีวภาพชนิดไม้ในป่าปลูกมีค่า 51,148.89 กิโลกรัมต่อไร่ มีคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมสะสมอยู่ 25, 299.98, 246.24, 29.39, 121.76, 469.03 และ 79.87 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ น้ำในมวลชีวภาพมีปริมาณ 94.20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ คาร์บอนและไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม (รูปที่สามารถสกัดได้) ในดินลึก 2 เมตร มีค่า 49,412.78, 4,441.07, 5.74, 435.04, 582.43 และ 456.93 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ มีศักยภาพการกักเก็บน้ำสูงสุดในดิน 1,584.07 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ปริมาณคาร์บอน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในระบบนิเวศป่าปลูก (พืชและดิน) มีค่า 74,712.76, 4,687.31, 35.13, 556.80, 1,051.46 และ 536.80 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และการกักเก็บน้ำสูงสุด 1,678.27 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์สำหรับการเปรียบเทียบศักยภาพการฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำลำธารในพื้นที่อื่นที่มีการปลูกไม้สักหรือไม้ชนิดอื่น

Potentials of Carbon, Nutrient and Water Storages in a 29-year-old Teak Plantation for Watershed Restoration at Doi Tung Area, Chiang Rai Province

Chathurong Wutthi[1*], Niwat Anongrak[2], Soontorn Khamyong[3] and Panida Kachina[4]
Chiang Mai University, Mueang, Chiang Mai 50200

* *Corresponding Author: chathurong102@gmail.com*

[1] *Master Student, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture.*

[2] *Lecturer, Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture.*

[3] *Associate Professor, Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture.*

[4] *Lecturer, Department of Highland Agriculture and Natural Resources, Faculty of Agriculture.*

Article Info

Article History:
Received: March 19, 2020
Revised: August 13, 2020
Accepted: August 31, 2020

Keywords:
Carbon / Nutrient / Water / Teak Plantation / Plant Biomass

Abstract

Potentials of carbon, nutrient and water storages in a 29-year-old teak plantation were investigated at Doi Tung area, Chiang Rai province to evaluate ecological and environmental roles of forest plantation. The study was conducted in September 2018. Six sampling plots, each with the sizes of 40x40 m, were randomly arranged within an altitude range of 450 to 900 m above the mean sea level. Within each of the three selected plots, a soil pit (2 m in depth) was made; soil samples were taken along the depth and analyzed for their physicochemical properties, carbon, nutrients and water. The results showed that the teak density, stem girth and tree height were 69 tree/rai, 71.34 cm and 20.44 m., respectively. Successional tree species varied among plots, 14-41 species. Plant biomass in the plantation was calculated to be 319.68 Mg/ha, and could store carbon (C), nitrogen (N), phosphorus (P), potassium (K), calcium (Ca) and magnesium (Mg) at 158,124.86, 1,538.98, 183.69, 760.98, 2,931.44 and 499.19 kg/ha, respectively. The water stored in the biomass was estimated to be 588.75 m^3/ha. Within 2 m soil depth, the amounts of total C and N, as well as P, K, Ca and Mg (only available forms) were accumulated at 308,829.87, 27,756.69, 35.88, 2,719.00, 3,640.19 and 2,855.81 kg/ha, respectively; the maximum water holding capacity was noted to be 9,900.44 m^3/ha. The total amounts of carbon, nutrients and water in the plantation ecosystem (plant and soil) were estimated at 466,954.75, 29,295.69, 219.57, 3,480.00, 6,571.63 and 3,355.00 kg/ha, while the maximum water storage was 10,489.19 m^3/ha. The information should prove useful for comparing the potential for restoration of watershed in other areas where teak or other trees are planted.

1. บทนำ

ป่าไม้อำนวยคุณประโยชน์อย่างมากต่อมวลมนุษย์ ประโยชน์ทางตรง คือ ผลผลิตจากป่าที่เป็นไม้และของป่าต่างๆ ประโยชน์ทางอ้อม ได้แก่ อิทธิพลทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม เช่น แหล่งซับน้ำ แหล่งปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน ถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า ช่วยป้องกันการเซาะกร่อนหน้าดิน การกักเก็บคาร์บอน และช่วยลดโลกร้อน เป็นต้น จากข้อมูลโครงการจัดทำแผนที่ป่าไม้โดยภาพถ่ายดาวเทียมของกรมป่าไม้ พบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่องทุกปี ใน พ.ศ. 2516 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ประเทศ และใน พ.ศ. 2561 มีพื้นที่ป่าไม้ ร้อยละ 31.68 (รวมป่าปลูก) ป่าไม้ของภาคเหนือตอนบน 9 จังหวัดใน พ.ศ. 2516 มีพื้นที่ร้อยละ 66.96 และลดลงเป็น 52.55 ใน พ.ศ. 2561 [1] ป่าไม้ในภาคเหนือตอนบนมี 5 ชนิด ขึ้นปกคลุมกระจายตามพื้นที่ต้นน้ำของแม่น้ำปิง วัง ยม และ น่าน ประกอบด้วย ป่าเต็งรัง (Deciduous Dipterocarp Forest) ป่าเบญจพรรณ (Mixed Deciduous Forest) ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest) ป่าสน (Pine Forest) และป่าดิบเขา (Hill Evergreen Forest) ในระบบนิเวศป่าไม้นั้นความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำและป่าไม้ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุและพลังงาน ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในการช่วยกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำ ทั้งในมวลชีวภาพของชนิดไม้และในดิน การกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศป่าไม้จะช่วยลดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศและปัญหาโลกร้อน ขณะที่การกักเก็บธาตุอาหารต่างๆ และน้ำในระบบนิเวศป่าไม้เกี่ยวข้องกับสมดุลของระบบนิเวศและความสามารถในการให้ผลผลิตทางชีวภาพของพืชและสัตว์ [2-3]

ดอยตุงเป็นพื้นที่ต้นน้ำสำคัญของ 27 หมู่บ้าน ที่ประกอบด้วยชนชาติพันธุ์ต่างๆ ได้แก่ อีก้อ มูเซอ ลีซอ เย้า ลั้วะ ไทยใหญ่ และจีนฮ่อ ในอดีตนั้นป่าธรรมชาติบริเวณดอยตุงได้ถูกแผ้วถางเพื่อทำไร่เลื่อนลอยและปลูกฝิ่นจนทำให้พื้นที่ดอยตุงเป็นภูเขาที่โล่งเตียน ฤดูฝนจะมีน้ำไหลหลากและเกิดน้ำท่วมพื้นที่ด้านล่างอย่างฉับพลัน ช่วงฤดูแล้งลำธารจะไม่มีน้ำไหล ส่งผลทำให้วิถีชีวิตของชนชาติพันธุ์เป็นไปอย่างยากลำบากและยากจนมาก จนกระทั่ง พ.ศ. 2531 สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนีทรงมีพระราชดำริโครงการพัฒนาดอยตุงขึ้น เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิตของคนและฟื้นฟูป่าไม้และสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ต้นน้ำลำธาร โดยเริ่มปลูกป่าใน พ.ศ. 2532 และพื้นที่ปลูกทั้งหมด 10,532 ไร่ โดยได้มีการปลูกไม้สักในพื้นที่ต่ำกว่า 900 เมตร จากระดับทะเลปานกลางลงมา จำนวน 3,600 ไร่ และพื้นที่สูงขึ้นไปมีการปลูกไม้สนสามใบ ปัจจุบันสวนป่าเหล่านี้อยู่ระหว่างการฟื้นตัว [4] การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ข้อมูลเชิงปริมาณเกี่ยวกับศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหาร และน้ำในป่าปลูกไม้สัก (พืชและดิน) บริเวณโครงการพัฒนาดอยตุง จังหวัดเชียงราย ซึ่งมีอายุ 29 ปี เพื่อแสดงให้เห็นถึงการฟื้นสภาพของสังคมพืชป่าไม้ ความอุดมสมบูรณ์ของดินและพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

2.1 พื้นที่วิจัย

พื้นที่วิจัยคือ ป่าปลูกไม้สัก อายุ 29 ปี (ใน พ.ศ. 2561) บริเวณดอยตุง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย ซึ่งมีความสูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่าง 450 ถึง 900 เมตร พื้นที่ดั้งเดิมเป็นป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักเป็นชนิดไม้เด่นและมีไผ่ชนิดต่างๆ ขึ้นปะปนหนาแน่น หินต้นกำเนิดดินเป็นหินแกรนิตและทำการศึกษาในเดือนกันยายน พ.ศ. 2561

2.2 การศึกษาการเติบโตของพรรณไม้

ทำการสำรวจพื้นที่ป่าปลูกไม้สักเบื้องต้นจากการเดินสำรวจและศึกษาจากแผนที่แสดงสภาพภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 [5] ทำการวางแปลงแบบสุ่มตัวอย่าง (Random Sampling) โดยพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศเนื่องจากพื้นที่มีความลาดชันสูง (Steep Slope) โดยมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 [6] โดยใช้แปลงตัวอย่างขนาด 40x40 เมตร ในสวนป่าไม้สัก จำนวน 6 แปลง ภายในแต่ละแปลงตัวอย่างแบ่งออกเป็นแปลงย่อยที่มีขนาด 10x10 เมตร จำนวนทั้งหมด 16 แปลงย่อย ในแต่ละแปลงทำการวัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก หรือ 1.30 เมตรจากพื้นดิน (Girth at Breast Height, GBH) วัดความสูงของไม้สักและชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทนในป่าปลูกที่สูง 1.50 เมตร ขึ้นไปโดยใช้แท่งเสาพลาสติก (Measuring Pole)

2.3 การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของพืช

นำข้อมูลเส้นรอบวงลำต้นและความสูงของไม้เพื่อคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของชนิดไม้แต่ละชนิดและประเมิน

มวลชีวภาพทั้งสวนป่าสัก โดยแยกเป็นส่วนของลำต้น กิ่ง ใบและราก ด้วยการใช้สมการแอลโลมิทรี (Allometric Equations)

2.3.1 การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน

ใช้สมการที่ได้ศึกษาโดย Tsutsumi และคณะ [7] คำนวณปริมาณมวลชีวภาพของไม้ชนิดต่างๆ ที่ขึ้นทดแทนในป่าปลูก ดังนี้ $W_S = 0.0509(D^2 H)^{0.919}$, $W_B = 0.00893(D^2 H)^{0.97}$, $W_L = 0.0140(D^2 H)^{0.669}$ และ $W_R = 0.0313(D^2 H)^{0.805}$

2.3.2 การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของไม้สัก

ใช้สมการที่ศึกษาโดย Khamyong และคณะ [8] ดังนี้ $W_S = 0.0420(D^2 H)^{0.9746}$, $W_B = 0.0177(D^2 H)^{0.9375}$, $W_L = 0.0248(D^2 H)^{0.7594}$ ส่วนมวลชีวภาพของรากคำนวณจากสมการแอลโลเมทรี ของ Ogawa และคณะ [9] $W_R = 0.026(D^2 H)^{0.775}$

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพของลำต้น, W_B คือ มวลชีวภาพของกิ่ง, W_L คือ มวลชีวภาพของใบ, W_R คือ มวลชีวภาพของราก ทั้งหมดมีหน่วยเป็นกิโลกรัมต่อต้น, D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นไม้ที่ความสูงระดับอก (1.30 เมตร) มีหน่วยเป็นเซนติเมตร และ H คือ ความสูงของต้นไม้ มีหน่วยเป็นเมตร

2.4 การศึกษาปริมาณการสะสมคาร์บอนและธาตุอาหารในมวลชีวภาพ

นำข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพของไม้แต่ละชนิดที่ได้จากสมการแอลโลมิทรีของชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทนและไม้สัก มาคำนวณปริมาณคาร์บอนและธาตุอาหารโดยใช้ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และรากของชนิดไม้ในเมืองไทย 62 ชนิด ที่ได้จากการศึกษาของ Tsutsumi และคณะ [7] ในลำต้น กิ่ง ใบและรากมีคาร์บอนร้อยละ 49.90, 48.70, 48.30, 48.12 ตามลำดับ ไนโตรเจนร้อยละ 0.34, 0.64, 1.83, 0.53 ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.05, 0.08, 0.13, 0.02 โพแทสเซียมร้อยละ 0.16, 0.34, 0.19, 0.27 แคลเซียมร้อยละ 0.74, 1.26, 2.12, 0.88 และแมกนีเซียมร้อยละ 0.08, 0.27, 0.92, 0.08 ตามลำดับ

2.5 ปริมาณน้ำในมวลชีวภาพ

ศึกษาปริมาณน้ำในมวลชีวภาพของชนิดไม้ในส่วนที่เป็น ลำต้น กิ่งและใบ โดยทำการสุ่มเก็บตัวอย่างสดของไม้แต่ละชนิดที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่ป่าปลูกไม้สัก ตัวอย่างละ 10-30 กรัม จำนวนชนิดละ 3 ต้น (ซ้ำ) จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักสดและนำอบที่อุณหภูมิ 80 องศา เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมงหรือจนแห้งสนิทแล้วนำข้อมูลไปคำนวณหาปริมาณน้ำในส่วนต่างๆ ของพืช ค่าร้อยละของน้ำในรากใช้ค่าเฉลี่ยน้ำในลำต้นและกิ่งเนื่องจากเป็นส่วนที่มีเนื้อไม้

2.6 การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์ดิน

ในแปลงสุ่มตัวอย่างที่ใช้สำรวจองค์ประกอบพรรณไม้ 6 แปลง ทำการเลือก 3 แปลง เพื่อศึกษาลักษณะดินโดยการขุดหลุมดินและเก็บตัวอย่างดินตามชั้นดิน หลุมดินแต่ละหลุมมีขนาดความกว้าง ยาว และลึก 1.5 x 1.5 x 2.0 เมตร (ดินลึกถึง 2.0 เมตร) เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 11 ระดับที่ระดับความลึกคือ 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-140, 140-180 และ180-200 เซนติเมตร โดยใช้กระบอกเก็บดิน (Soil Core) ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และสูง 5 เซนติเมตร จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อศึกษา (1) ความหนาแน่นรวม (Bulk Density) โดยวิธี Core Method [10] (2) ปริมาณก้อนกรวด (Gravel Content) โดยวิธีแยกด้วยตะแกรง [11] (3) ศึกษาเนื้อดิน (Soil Texture) โดยวิธี Hydrometer Method [12] (4) ความจุความชื้นสนาม (Field Capacity, FC) [13] เก็บตัวอย่างดินแบบรวม (Composite Sampling) ในแต่ละชั้นดินและนำตัวอย่างดินของแต่ละชั้นความลึกของ 3 หลุมดินผสมกันในอัตราส่วนเท่ากันเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ (1) ปฏิกิริยาดิน (Soil Reaction, pH) [14] (2) อินทรียวัตถุ (Organic Matter, O.M.) โดยวิธี Walkley and Black Titration [15] (3) อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon) (4) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธี Kjeldahl Method [16] (5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยสกัดด้วยสารละลาย Bray II แล้ววัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer [17] (6) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) ใช้วิธีสกัดด้วย 1 N NH4OAc, pH 7 แล้วอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer [18] (7) แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Extractable Ca และ Mg) ใช้วิธีสกัดด้วย 1 N NH_4OAc, pH 7 แล้วอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer [19]

3. ผลการวิจัย

3.1 การเติบโตและสังคมพืชป่าปลูก

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลการเติบโตของไม้สัก ความหนาแน่น และจำนวนชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทนในป่าปลูก พบว่า ในแปลงสุ่มตัวอย่าง 6 แปลง ไม้สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) ที่ปลูกมีอายุ 29 ปี มีขนาดเส้นรอบวงลำต้นเฉลี่ย 71.34±5.52 เซนติเมตร และความสูง 20.44±1.10 เมตร ความหนาแน่นผันแปรตามพื้นที่ 38 ถึง 89 ต้นต่อไร่ (เฉลี่ย 69 ต้นต่อไร่) ขณะที่ความหนาแน่นของชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทนมีความผันแปรระหว่าง 79-331 ต้นต่อไร่ (เฉลี่ย 197 ต้นต่อไร่) มีชนิดไม้พื้นถิ่น (Native Species) ที่ขึ้นทดแทน มี 14-41 ชนิดต่อไร่ (เฉลี่ย 30 ชนิดต่อไร่) เช่น กางหลวง (*Albizia chinensis* (Osbeck) Merr.), แคป่า (*Markhamia pierrei* P. Dop), มะเดื่อปล้อง (*Ficus hispida* Linn. f.), หม่อนหลวง (*Morus macroura* Miq.), ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz.) และกางขี้มอด (*Albizia odoratissima* (Linn. f.) Benth.) เป็นต้น

ตารางที่ 1 การเติบโตของไม้สักที่มีอายุ 29 ปี ความหนาแน่น และจำนวนชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน

แปลง	ขนาดเส้นรอบวงลำต้นของไม้สัก (เซนติเมตร)	ความสูงของไม้สัก (เมตร)	ความหนาแน่นของไม้สัก (ต้น/ไร่)	ความหนาแน่นของชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน (ต้น/ไร่)	จำนวนชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน (ชนิด/ไร่)
1	68.35±24.04	20.89±6.06	89	331	41
2	68.67±24.35	22.45±6.24	86	263	28
3	65.74±24.85	19.94±7.41	87	199	37
4	74.25±21.71	19.29±4.58	59	79	14
5	82.29±25.89	20.78±5.02	54	123	27
6	68.70±26.10	19.32±6.29	38	184	30
ค่าเฉลี่ย	**71.34±5.52**	**20.44±1.10**	**69**	**197**	**30**

3.2 ปริมาณมวลชีวภาพของพรรณไม้ในป่าปลูก

ข้อมูลปริมาณมวลชีวภาพของไม้สักและชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทนในป่าปลูกได้แสดงไว้ใน ตารางที่ 2 มวลชีวภาพแสดงให้เห็นผลผลิตทางชีวภาพที่เป็นผลมาจากการเจริญเติบโตของชนิดไม้ ซึ่งนำไปใช้ในการคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนธาตุอาหารและน้ำในมวลชีวภาพของชนิดไม้ พบว่า มวลชีวภาพในแปลงสุ่มตัวอย่าง 6 แปลงมีค่าระหว่าง 35,915.01-64,193.40 กิโลกรัมต่อไร่ (โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 51,148.89 กิโลกรัมต่อไร่) แยกออกเป็นส่วนในลำต้น กิ่ง ใบ และราก เท่ากับ 34,855.98, 10,269.55, 2,313.63, 3,709.74 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้สักที่มีอายุ 29 ปี และชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน

แปลง	ชนิดไม้	มวลชีวภาพ (กิโลกรัม/ไร่)				
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ราก	ผลรวม
1	สัก	24,465.28	7,207.35	1,823.80	2,220.15	35,716.58
	อื่นๆ	3,860.18	1,205.58	94.72	777.19	5,937.68
	ผลรวม	**28,325.47**	**8,412.92**	**1,918.52**	**2,997.35**	**41,654.26**
2	สัก	29,702.99	8,651.88	2,073.43	2,536.08	42,964.39
	อื่นๆ	959.71	268.58	39.80	242.28	1,510.37
	ผลรวม	**30,662.70**	**8,920.46**	**2,113.24**	**2,778.36**	**44,474.76**

ตารางที่ 2 ปริมาณมวลชีวภาพของไม้สักที่มีอายุ 29 ปี และชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน (ต่อ)

แปลง	ชนิดไม้	มวลชีวภาพ (กิโลกรัม/ไร่)				
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ราก	ผลรวม
3	สัก	15,524.69	4,552.55	1,130.97	1,378.63	22,586.83
	อื่นๆ	8,651.65	2,687.54	222.38	1,766.60	13,328.18
	ผลรวม	**24,176.35**	**7,240.08**	**1,353.35**	**3,145.23**	**35,915.01**
4	สัก	37,042.80	10,875.41	2,712.40	3,305.57	53,936.18
	อื่นๆ	6,474.57	1,988.01	182.68	1,365.45	10,010.71
	ผลรวม	**43,517.37**	**12,863.43**	**2,895.07**	**4,671.03**	**63,946.89**
5	สัก	38,259.76	11,213.37	2,771.98	3,380.99	55,626.12
	อื่นๆ	5,520.47	1,647.45	172.37	1,226.99	8,567.28
	ผลรวม	**43,780.24**	**12,860.82**	**2,944.36**	**4,607.98**	**64,193.40**
6	สัก	34,431.61	10,092.56	2,506.51	3,055.09	50,085.77
	อื่นๆ	4,242.13	1,226.99	150.72	1,003.42	6,623.26
	ผลรวม	**38,673.75**	**11,319.55**	**2,657.23**	**4,058.50**	**56,709.03**
ค่าเฉลี่ย (ทั้งหมด)		**34,855.98**	**10,269.55**	**2,313.63**	**3,709.74**	**51,148.89**
		±7,566.63	**±2,198.11**	**±573.35**	**±768.79**	**±11,042.54**
ค่าเฉลี่ย (สัก)		**29,904.52**	**8,765.52**	**2,169.85**	**2,646.09**	**43,485.98**
		±7,933.74	**±2,323.60**	**±574.25**	**±700.27**	**±11,529.36**

3.3 การกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำในมวลชีวภาพของชนิดไม้

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารในมวลชีวภาพของชนิดไม้

ตารางที่ 3 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และธาตุอาหารในมวลชีวภาพของไม้สักที่มีอายุ 29 ปี และชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน

แปลง	ชนิดไม้	C	N	P	K	Ca	Mg
		(กิโลกรัม/ไร่)					
1	สัก	17,669.16	174.45	20.81	86.24	330.06	57.59
	อื่นๆ	2,933.71	26.69	3.17	13.24	52.60	7.84
	ผลรวม	**20,602.87**	**201.14**	**23.99**	**99.48**	**382.66**	**65.42**
2	สัก	21,259.12	207.75	24.98	102.66	395.09	68.23
	อื่นๆ	745.70	6.99	0.79	3.47	13.46	2.05
	ผลรวม	**22,004.81**	**214.74**	**25.77**	**106.12**	**408.55**	**70.28**
3	สัก	11,174.67	109.92	13.15	54.33	208.35	36.22
	อื่นๆ	6,584.92	60.05	7.12	29.77	118.15	17.64
	ผลรวม	**17,759.59**	**169.97**	**20.27**	**84.11**	**326.50**	**53.86**
4	สัก	26,684.06	262.70	31.41	129.85	497.74	86.60
	อื่นๆ	4,945.35	45.32	5.34	22.47	88.85	13.32
	ผลรวม	**31,629.41**	**308.02**	**36.75**	**152.32**	**586.59**	**99.92**
5	สัก	27,521.04	270.50	32.38	133.69	512.93	89.09
	อื่นๆ	4,231.69	38.97	4.55	19.32	76.06	11.43
	ผลรวม	**31,752.73**	**309.47**	**36.93**	**153.01**	**588.99**	**100.52**

ตารางที่ 3 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และธาตุอาหารในมวลชีวภาพของไม้สักที่มีอายุ 29 ปี และชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน (ต่อ)

แปลง	ชนิดไม้	C	N	P	K	Ca	Mg
		(กิโลกรัม/ไร่)					
6	สัก	24,779.65	243.72	29.16	120.46	461.98	80.30
	อื่นๆ	3,270.81	30.35	3.50	15.04	58.88	8.90
	ผลรวม	**28,050.46**	**274.07**	**32.66**	**135.50**	**520.86**	**89.20**
ค่าเฉลี่ย (ทั้งหมด)		**25,299.98**	**246.24**	**29.39**	**121.76**	**469.03**	**79.87**
		±5,462.65	**±53.90**	**±6.42**	**±26.64**	**±101.92**	**±17.76**
ค่าเฉลี่ย (สัก)		**21,514.62**	**211.51**	**25.31**	**104.54**	**401.03**	**69.67**
		±5,704.21	**±56.04**	**±6.71**	**±27.70**	**±106.29**	**±18.46**

3.3.1 การกักเก็บคาร์บอน ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพของชนิดไม้ในแปลงสุ่มตัวอย่าง 6 แปลง มีค่าผันแปรระหว่าง 17,759.59-31,752.73 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 25,299.98 กิโลกรัมต่อไร่) ไม้สักมีปริมาณคาร์บอน 11,174.67-27,521.04 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 21,514.62 กิโลกรัมต่อไร่) ปริมาณที่เหลือสะสมในพรรณไม้ที่ขึ้นทดแทน ได้แก่ เสลา มะขามป้อม ผ่าเสี้ยน กางขี้มอด ติ้ว ทะโล้ เป็นต้น

3.3.2 การกักเก็บไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนที่สะสมในมวลชีวภาพของชนิดไม้ใน 6 แปลง พบว่า มีค่าระหว่าง 169.97-309.47 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 246.24 กิโลกรัมต่อไร่) ปริมาณที่สะสมในไม้สักที่ปลูกมีค่า 109.92-270.50 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 211.51 กิโลกรัมต่อไร่) ปริมาณที่เหลือสะสมในชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน

3.3.3 การกักเก็บฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสที่สะสมในมวลชีวภาพของชนิดไม้ใน 6 แปลง มีปริมาณระหว่าง 20.27-36.93 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 29.39 กิโลกรัมต่อไร่) ปริมาณที่สะสมในไม้สักมีค่า 13.15-32.38 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 25.31 กิโลกรัมต่อไร่)

3.3.4 การกักเก็บโพแทสเซียม โพแทสเซียมในมวลชีวภาพของชนิดไม้ใน 6 แปลง มีปริมาณ 84.11-153.01 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 121.76 กิโลกรัมต่อไร่) ไม้สักที่ปลูกมีปริมาณการสะสม 54.33- 133.69 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 104.54 กิโลกรัมต่อไร่)

3.3.5 การกักเก็บแคลเซียม แคลเซียมในมวลชีวภาพของชนิดไม้ใน 6 แปลง มีปริมาณ 326.50-588.99 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 469.03 กิโลกรัมต่อไร่) ไม้สักที่ปลูกมีปริมาณการสะสมแคลเซียม 208.35-512.93 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 401.03 กิโลกรัมต่อไร่)

3.3.6 การกักเก็บแมกนีเซียม แมกนีเซียมในมวลชีวภาพของชนิดไม้ใน 6 แปลง มีปริมาณ53.86-100.52 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 79.87 กิโลกรัมต่อไร่) ไม้สักที่ ปลูกมีปริมาณแมกนีเซียม 36.22-89.09 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 69.67 กิโลกรัมต่อไร่)

3.3.7 การกักเก็บน้ำ น้ำในมวลชีวภาพของชนิดไม้ใน 6 แปลง มีปริมาณ 61.04-118.26 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (เฉลี่ย 94.20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่) โดยที่ไม้สักมีปริมาณน้ำมากที่สุด **(ตารางที่ 4)**

ตารางที่ 4 ปริมาณการกักเก็บน้ำในมวลชีวภาพของไม้สักที่มีอายุ 29 ปี และชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน

แปลง	ชนิดไม้	ปริมาณการกักเก็บน้ำในมวลชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร/ไร่)				
		ลำต้น	กิ่ง	ใบ	ราก	ผลรวม
1	สัก	27.77	13.44	3.62	20.60	68.69
	อื่นๆ	3.57	1.78	0.20	2.68	8.57
	ผลรวม	**31.34**	**15.22**	**3.82**	**23.28**	**77.26**
2	สัก	33.71	16.13	4.11	24.92	82.84
	อื่นๆ	0.89	0.40	0.09	0.64	2.10
	ผลรวม	**34.60**	**16.53**	**4.20**	**25.57**	**84.94**
3	สัก	16.99	8.18	2.16	12.58	41.91
	อื่นๆ	7.97	3.95	0.48	5.96	19.13
	ผลรวม	**24.95**	**12.14**	**2.64**	**18.55**	**61.04**
4	สัก	42.04	20.28	5.38	31.16	103.80
	อื่นๆ	5.93	2.91	0.39	4.42	14.22
	ผลรวม	**47.97**	**23.19**	**5.77**	**35.58**	**118.02**
5	สัก	43.42	20.91	5.50	32.17	107.09
	อื่นๆ	4.63	2.23	0.36	3.43	11.16
	ผลรวม	**48.05**	**23.14**	**5.85**	**35.60**	**118.26**
6	สัก	39.08	18.82	4.97	28.95	96.41
	อื่นๆ	3.91	1.81	0.33	2.86	9.27
	ผลรวม	**42.99**	**20.62**	**5.30**	**31.81**	**105.67**
ค่าเฉลี่ย (ทั้งหมด)		**38.32**	**18.47**	**4.60**	**28.40**	**94.20**
		±8.67	**±4.15**	**±1.16**	**±6.41**	**±21.41**
ค่าเฉลี่ย (สัก)		**33.83**	**16.29**	**4.29**	**25.06**	**83.46**
		±9.20	**±4.43**	**±1.16**	**±6.81**	**±22.67**

3.4 สมบัติของดิน

3.4.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

ตารางที่ 5 แสดงข้อมูลสมบัติทางกายภาพของดินบริเวณป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี (วิเคราะห์จำนวน 3 หลุมดิน)

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพของดินในป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี

ความลึก (เซนติเมตร)	ความหนาแน่นรวม[1/] (เมกะกรัม/ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณก้อนกรวด[2/] (ร้อยละ)			เนื้อดิน[3/]			มวลดิน (กิโลกรัม/ตารางเมตร/ชั้น)		
	หลุมดิน											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-5	1.50 M	1.39 ML	1.38 ML	3.48	5.26	4.14	SCL	SCL	SCL	75.10	69.91	68.90
5-10	1.67 MH	1.51 M	1.51 M	3.63	6.16	4.26	SCL	SCL	SC	83.42	75.30	75.54
10-20	1.83 H	1.67 MH	1.65 MH	3.77	6.71	4.35	SC	SC	CL	182.80	166.83	165.04
20-30	1.84 H	1.70 MH	1.66 MH	3.38	6.86	5.15	C	SC	CL	183.86	170.39	165.75
30-40	1.78 MH	1.74 MH	1.65 MH	3.10	7.00	5.97	C	SC	C	178.12	173.95	165.11
40-60	1.78 MH	1.73 MH	1.68 MH	3.01	7.59	6.64	C	C	C	356.28	345.48	335.16
60-80	1.79 MH	1.73 MH	1.73 MH	2.92	8.12	7.16	C	C	C	357.68	345.78	346.23

ตารางที่ 5 สมบัติทางกายภาพของดินในป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี (ต่อ)

ความลึก (เซนติเมตร)	ความหนาแน่นรวม[1/] (เมกะกรัม/ลูกบาศก์เมตร)			ปริมาณก้อนกรวด[2/] (ร้อยละ)			เนื้อดิน[3/]			มวลดิน (กิโลกรัม/ตารางเมตร/ชั้น)		
	หลุมดิน											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
80-100	1.73 MH	1.59 M	1.46 M	4.14	15.74	21.22	C	C	C	345.80	320.50	292.37
100-140	1.66 MH	1.46 M	1.22 ML	5.46	23.45	34.84	C	C	C	662.41	582.28	489.24
140-180	1.61 MH	1.46 M	1.35 ML	13.55	18.88	26.64	C	C	C	643.13	585.56	538.11
180-200	1.58 M	1.48 M	1.54 M	20.55	13.74	17.38	C	C	C	316.01	295.78	307.08

หมายเหตุ : ความหนาแน่นรวม[1/](เมกะกรัม/ลูกบาศก์เมตร): <1.2=low(L), 1.2-1.4=moderately low(ML), 1.4-1.6=medium(M), 1.6-1.8= moderately high(MH), 1.8-2.0=high(H), >2.0=very high(VH) [27], **ปริมาณก้อนกรวด[2/] (ร้อยละ):** <5=non gravel, 5-15= slightly gravelly, 15-35=gravelly, 35-60=very gravelly, >60=extremely gravelly, [6] **เนื้อดิน[3/]:** C=clay, SC=sandy clay, CL=clay loam, SCL=sandy clay loam [28-29]

(1) ความหนาแน่นรวม ดินที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร ของแต่ละหลุมดินมีความหนาแน่นผันแปรจากค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.38-1.67 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ความลึก 10-30 เซนติเมตร ความหนาแน่นผันแปรจากค่อนข้างสูงถึงสูง (1.65-1.84 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ความลึก 30-80 เซนติเมตร มีค่าความหนาแน่นค่อนข้างสูง (1.65-1.79 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ที่ความลึก 80-200 เซนติเมตร ความหนาแน่นมีค่าตั้งแต่ค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.22-1.73 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

(2) ปริมาณก้อนกรวด ดินที่ความลึก 0-80 เซนติเมตร ของทุกหลุมดินไม่มีปริมาณก้อนกรวดถึงมีก้อนกรวดเล็กน้อย (ร้อยละ 2.92-8.12) และที่ความลึก 80-200 เซนติเมตร ไม่มีปริมาณก้อนกรวดถึงมีปริมาณก้อนกรวดปานกลาง (ร้อยละ 4.14-34.84)

(3) เนื้อดิน ดินที่ความลึก 0-40 เซนติเมตร ของทุกหลุมดินมีเนื้อดินผันแปรระหว่าง ดินเนื้อละเอียด (Fine-Textured) และเนื้อละเอียดปานกลาง (Moderately Fine-Textured) ได้แก่ ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนทราย (Sandy Clay) ดินร่วนเหนียว (Clay Loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy Clay Loam) ความลึกที่ 40-200 เซนติเมตร มีเนื้อดินแบบดินเนื้อละเอียดทุกหลุมดิน ได้แก่ ดินเหนียว

(4) มวลดิน เป็นปริมาณอนุภาคดิน (ขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร) โดยไม่รวมก้อนหินและกรวดต่อหน่วยปริมาตร มวลดินนำไปใช้คำนวณปริมาณธาตุอาหารในดินต่อพื้นที่ พบว่าดินในป่าปลูกไม้สักมีปริมาณมวลดินต่ำในดินบนและเพิ่มขึ้นตามชั้นความลึก โดยมีค่าผันแปรระหว่างหลุมดิน ตั้งแต่ 68.90-662.41 กิโลกรัมต่อตารางเมตรต่อชั้น

3.4.2 สมบัติทางเคมีของดิน

ในตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินประกอบด้วย ปฏิกิริยาดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ คาร์บอนและความเข้มข้นของธาตุอาหารต่างๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (วิเคราะห์จาก 3 หลุมดินผสมกัน)

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินในป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี

ความลึก (เซนติเมตร)	pH[1/]	O.M.[2/]	C	N[3/]	Avai. P[4/]	Extr. K[5/]	Extr. Ca[6/]	Extr. Mg[7/]
		(ร้อยละ)			(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)			
0-5	5.36 SA	7.08 VH	4.11	0.33 M	5.22 L	142.80 VH	859.27 L	541.00 H
5-10	5.18 SA	5.40 VH	3.13	0.26 M	3.69 L	116.20 H	525.65 L	347.23 M
10-20	5.01 VSA	3.72 H	2.16	0.18 L	2.16 VL	89.60 M	192.02 VL	153.46 M
20-30	5.23 SA	2.87 MH	1.66	0.14 L	1.57 VL	86.62 M	156.01 VL	129.19 M

ตารางที่ 6 สมบัติทางเคมีของดินในป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี (ต่อ)

ความลึก (เซนติเมตร)	pH[1/]	O.M.[2/]	C	N[3/]	Avai. P[4/]	Extr. K[5/]	Extr. Ca[6/]	Extr. Mg[7/]
		(ร้อยละ)			(มิลลิกรัม/กิโลกรัม)			
30-40	5.43 SA	2.02 M	1.17	0.10 L	0.99 VL	83.64 M	120.00 VL	104.93 L
40-60	5.71 MA	1.75 M	1.02	0.08 VL	0.89 VL	79.21 M	105.79 VL	87.56 L
60-80	6.30 SIA	1.46 ML	0.85	0.07 VL	0.85 VL	77.70 M	95.25 VL	80.91 L
80-100	6.23 SIA	1.17 ML	0.68	0.06 VL	0.81 VL	76.18 M	84.71 VL	74.25 L
100-140	6.41 SIA	1.03 ML	0.60	0.06 VL	0.82 VL	75.11 M	65.89 VL	56.77 L
140-180	5.68 MA	0.98 L	0.57	0.06 VL	0.90 VL	96.30 H	53.29 VL	43.28 L
180-200	5.72 MA	0.87 L	0.50	0.06 VL	0.82 VL	90.55 H	50.56 VL	41.58 L

หมายเหตุ : Soil Reaction, pH[1/]: <3.5=ultra acid(UA), 3.5-4.4=extremely acid(EA), 4.5-5.0=very strongly acid(VSA), 5.1-5.5= strongly acid(SA), 5.6-6.0=moderately acid(MA), 6.1-6.5= slightly acid(SlA), 6.6-7.3=neutral(N), 7.4-7.8=slightly alkaline(SlAl), 7.9-8.4=moderately alkaline(MAl), 8.5-9.0=strongly alkaline(SAl), >9.0=very strongly alkaline(VSAl), **O.M.[2/]=Organic Matter (ร้อยละ):** <0.5=very low(VL), 0.5-1.0=low(L), 1.0-1.5=moderately low(ML), 1.5-2.5=medium(M), 2.5-3.5=moderately high(MH), 3.5-4.5=high(H), >4.5=very high(VH), **N[3/]=Nitrogen (ร้อยละ):** <0.1=very low(VL), 0.1-0.2=low(L), 0.2-0.5=medium(M), 0.5-0.75= high(H), >0.75=very high(VH), **P[4/]=Available** P (มิลลิกรัม/กิโลกรัม): <3=very low(VL), 3-6=low(L), 6-10=moderately low(ML), 10-15=medium(M), 15-25=moderately high(MH), 25-45=high(H), >45=very high(VH), **K[5/]=Extractable K (มิลลิกรัม/กิโลกรัม):** <30=very low(VL), 30-60=low(L), 60-90=medium(M), 90-120=high(H), >120=very high(VH), **Ca[6/]=Extractable Ca (มิลลิกรัม/กิโลกรัม):** <400.80=very low(VL), 400.80-1,002.00=low(L), 1,002.00-2,004.00=medium(M), 2,004.00-4,008.00=high(H), >4,008.00= very high(VH), **Mg[7/]=Extractable Mg (มิลลิกรัม/กิโลกรัม):** <36.45=very low(VL), 36.45-121.52=low(L), 121.52-364.56=medium(M), 364.56-972.16=high(H), >972.16=very high(VH) [28-29]

(1) ปฏิกิริยาดิน การจำแนกระดับช่วงปฏิกิริยาดิน พบว่า ดินที่ความลึก 0-40 เซนติเมตร เป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 5.01-5.43) ในขณะชั้นความลึก 40-200 เซนติเมตร มีระดับปฏิกิริยาเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.71-6.41)

(2) อินทรียวัตถุและความเข้มข้นของธาตุอาหาร อินทรียวัตถุในดินบนที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในระดับที่สูงมาก (ร้อยละ 5.40-7.08) และลดลงตามความลึก ปริมาณคาร์บอนมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอินทรียวัตถุ (คาร์บอนมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 58 ของอินทรียวัตถุ) ไนโตรเจนทั้งหมดมีค่าปานกลางที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร และลดลงในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ความลึก 0-10 เซนติเมตร อยู่ในระดับต่ำ (3.69-5.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตั้งแต่ 10-200 เซนติเมตร อยู่ในระดับต่ำมาก (0.81-2.16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าสูงถึงสูงมากในชั้นความลึกที่ 0-10 เซนติเมตร (116.20-142.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ตั้งแต่ 10-140 เซนติเมตร มีค่าปานกลาง (75.11-89.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และสูงขึ้นในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป แคลเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำที่ 0-10 เซนติเมตร (525.65-859.27 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ระดับความลึกที่ต่ำลงไปมีค่าต่ำมากตลอดชั้นความลึก (50.56-192.02 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าสูงที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร (541.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และมีค่าลดลงในชั้นดินที่อยู่ลึกลงไป

3.5 การกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำในดิน

ปริมาณคาร์บอนในดินลึก 2.0 เมตร ของ 3 หลุมดิน มีค่าผันแปรระหว่าง 46,720.14-52,631.81 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 49,412.78 กิโลกรัมต่อไร่) ไนโตรเจนมีปริมาณการกักเก็บ 4,186.99-4,740.41 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 4,441.07 กิโลกรัมต่อไร่) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณ 5.40-6.14 กิโลกรัมต่อไร่ (เฉลี่ย 5.74 กิโลกรัมต่อไร่) ส่วนปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 435.04, 582.43, 456.93 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่ปริมาณการกักเก็บน้ำสูงสุดในดินลึก 2.0 เมตร มีค่า 1,584.07 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (9,900.44 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) **(ตารางที่ 7** และ **ตารางที่ 8)**

ตารางที่ 7 สมบัติทางกายภาพของดินในป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี

หลุม	O.M.	C	N	Avai. P	Extr. K	Extr. Ca	Extr. Mg
	(กิโลกรัม/ไร่)			(กิโลกรัม/ไร่)			
1	64,951.52	37,671.88	3,194.72	3.89	238.99	466.51	358.16
2	60,987.77	35,372.91	2,999.06	3.65	226.15	437.59	336.47
3	59,667.37	34,607.07	2,933.03	3.58	220.33	428.58	329.18
ค่าเฉลี่ย (1 เมตร)	**61,868.89**	**35,883.96**	**3,042.27**	**3.71**	**228.49**	**444.23**	**341.27**
	±2,245.42	**±1,302.34**	**±111.12**	**±0.14**	**±7.80**	**±16.18**	**±12.31**
1	90,744.50	52,631.81	4,740.41	6.14	467.12	619.33	486.06
2	84,286.71	48,886.29	4,395.81	5.68	432.26	575.67	452.04
3	80,552.14	46,720.24	4,186.99	5.40	405.74	552.29	432.69
ค่าเฉลี่ย (2 เมตร)	**85,194.45**	**49,412.78**	**4,441.07**	**5.74**	**435.04**	**582.43**	**456.93**
	±4,210.23	**±2,441.93**	**±228.19**	**±0.31**	**±25.13**	**±27.78**	**±22.06**

ตารางที่ 8 ร้อยละของความชื้น ความจุความชื้นสนาม (FC) ปริมาณน้ำ ณ วันเก็บตัวอย่าง (29 ก.ย. 2561) และความจุของการกักเก็บน้ำสูงสุด (MWHC) ในดินของป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี

ความลึก (เซนติเมตร)	ปริมาณน้ำในดิน (ลูกบาศก์เมตร/ไร่)		ปริมาณน้ำในดิน ร้อยละโดยน้ำหนัก		ปริมาณน้ำในดิน ร้อยละโดยปริมาตร	
	29 ก.ย. 2561	MWHC	29 ก.ย. 2561	FC	29 ก.ย. 2561	FC
0-5	32.40±0.97	40.33±1.81	27.27±1.67	34.04±2.40	40.50±1.21	50.41±2.26
5-10	28.26±6.43	43.22±4.42	21.81±5.62	33.07±3.99	35.33±8.04	54.03±5.52
10-20	67.00±1.52	78.09±0.86	23.23±0.72	27.12±1.35	41.88±0.95	48.81±0.54
20-30	42.38±20.46	71.68±3.59	14.68±7.17	24.55±1.56	26.49±12.79	44.80±2.25
30-40	62.09±3.35	76.14±3.72	21.31±0.92	26.16±1.67	38.81±2.09	47.59±2.32
40-60	109.14±14.49	148.98±11.78	18.59±2.29	25.41±1.81	34.11±4.53	46.56±3.68
60-80	103.78±29.60	135.18±20.25	17.50±4.91	22.79±3.36	32.43±9.25	42.24±6.33
80-100	115.64±18.06	156.08±16.72	19.60±3.24	26.36±2.96	36.14±5.64	48.78±5.22
100-140	187.17±35.65	272.08±21.58	15.96±3.54	23.15±2.61	29.25±5.57	42.51±3.37
140-180	194.70±15.23	281.51±18.21	16.70±1.29	24.05±1.85	30.42±2.38	43.99±2.85
180-200	193.83±16.12	280.78±11.71	16.37±1.07	23.86±2.42	30.29±2.52	43.87±1.83
ผลรวม	**1,136.40±61.17**	**1,584.07±90.13**				

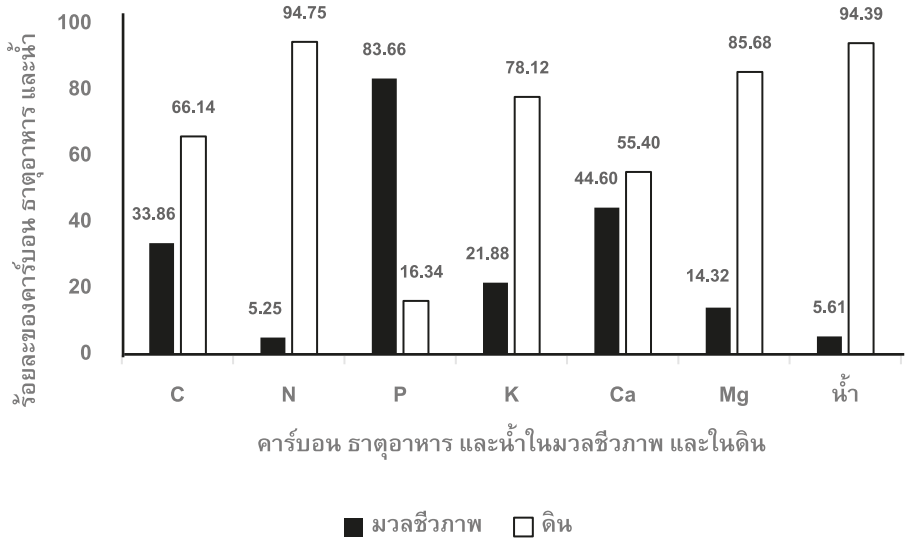
3.6 การกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำในระบบนิเวศป่าปลูก

จากข้อมูลที่ได้อธิบายไปแล้วสามารถนำมาพิจารณาปริมาณการกักเก็บในระบบนิเวศป่าปลูก ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ การกักเก็บในมวลชีวภาพไม้ (ไม้สักและชนิดไม้ที่ขึ้นทดแทน) และในดิน พบว่า ปริมาณ **คาร์บอน** ในมวลชีวภาพไม้และในดินมีค่า 25,299.98 และ 49,412.78 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รวมปริมาณในระบบนิเวศ เท่ากับ 74,712.76 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 33.86 ในพืช และ 66.14 ในดิน) **ไนโตรเจน** ในมวลชีวภาพและดิน มีค่า 246.24 และ 4,441.07 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รวมปริมาณในระบบนิเวศ 4,687.31 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 5.25 ในพืช และ 94.75 ในดิน) **ฟอสฟอรัส** ในมวลชีวภาพและดิน (รูปที่เป็นประโยชน์) มีค่า 29.39 และ 5.74 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รวมปริมาณในระบบนิเวศ 35.13 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 83.66 ในพืช และ 16.34 ในดิน) **โพแทสเซียม** ในมวลชีวภาพและดิน มีค่า 121.76

และ 435.04 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รวมปริมาณในระบบนิเวศ 556.80 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 21.88 ในพืช และ 78.12 ในดิน) **แคลเซียม** ในมวลชีวภาพและดิน มีค่า 469.03 และ 582.43 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รวมปริมาณในระบบนิเวศ 1,051.46 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 44.60 ในพืช และ 55.40 ในดิน) **แมกนีเซียม** ในมวลชีวภาพและดิน มีค่า 79.87 และ 456.93 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ รวมปริมาณในระบบนิเวศ 536.80 กิโลกรัมต่อไร่ (ร้อยละ 14.32 ในพืช และ 85.68 ในดิน) **น้ำ** ในมวลชีวภาพและดิน (ปริมาณการกักเก็บน้ำสูงสุด) มีค่า 94.20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และ 1,584.07 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ รวมศักยภาพการกักเก็บน้ำสูงสุดในระบบนิเวศ เท่ากับ 1,678.27 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (ร้อยละ 5.61 ในพืชและ 94.39 ในดิน) (**ตารางที่ 9** และ **รูปที่ 1)**

ตารางที่ 9 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำในระบบนิเวศป่าปลูกไม้สักที่มีอายุ 29 ปี

	C	N	P	K	Ca	Mg	น้ำ
	(กิโลกรัม/ไร่)						(ลูกบาศก์เมตร/ไร่)
มวลชีวภาพ	25,299.98	246.24	29.39	121.76	469.03	79.87	94.20
ดิน	49,412.78	4,441.07	5.74	435.04	582.43	456.93	1,584.07
ผลรวม	**74,712.76**	**4,687.31**	**35.13**	**556.80**	**1,051.46**	**536.80**	**1,678.27**



รูปที่ 1 สัดส่วนร้อยละของปริมาณคาร์บอน ธาตุอาหาร และน้ำในมวลชีวภาพของชนิดไม้และดินในป่าปลูกอายุ 29 ปี

4. วิจารณ์ผล

ไม้สักเป็นชนิดไม้ที่มีการเจริญเติบโตปกติ (ไม่เป็นไม้โตเร็วหรือโตช้า) ป่าปลูกไม้สักบริเวณดอยตุง อ.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย เป็นการปลูกป่าในพื้นที่โล่งเตียนจากการทำไร่ ซึ่งเคยเป็นป่าเบญจพรรณที่มีไม้สักเป็นชนิดไม้เด่น ไม้สักจึงมีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี เมื่อไม้สักมีอายุ 22 ปี มีขนาดเส้นรอบวงลำต้นและความสูงเฉลี่ย 63.87 เซนติเมตร และ 16.62 เมตร ตามลำดับ โดยมีความกว้างเฉลี่ยของวงปี (Annual Ring) 0.46 เซนติเมตรต่อปี [4] การศึกษาครั้งนี้ พบว่าเมื่อไม้สักที่ปลูกมีอายุ 29 ปี (7 ปี ต่อมา) มีขนาดเส้นรอบวงลำต้นและความสูงเฉลี่ย 71.34

เซนติเมตร และ 20.44 เมตร ซึ่งมีความกว้างเฉลี่ยของวงปีลดลงเป็น 0.17 เซนติเมตรต่อปี แสดงให้เห็นว่าเมื่อไม้สักมีอายุมากกว่า 22 ปี มีอัตราการเจริญเติบโตลดลง อย่างไรก็ตามไม้สักมีการเติบโตช้ากว่าสนสามใบที่ปลูกบริเวณดอยตุง เนื่องจากสนสามใบเป็นชนิดไม้ค่อนข้างโตเร็ว (ความกว้างเฉลี่ยของวงปี 0.81 เซนติเมตรต่อปี) [20]

การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพในป่าปลูกไม้สักอายุต่างๆ ในประเทศไทยมีการตีพิมพ์น้อยมาก งานวิจัยนี้พบว่า ป่าปลูกไม้สัก (อายุ 29 ปี) มีค่าเท่ากับ 51,148.89 กิโลกรัมต่อไร่ (319,680.56 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) โดยที่ไม้สักมีค่า 43,485.98 กิโลกรัมต่อไร่ (271,787.38 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) เฉลี่ย 9,371.98 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี สำหรับไม้สักอายุ 22 ปี บริเวณสวนป่าแม่จาง อ. แม่เมาะ จ. ลำปาง มีมวลชีวภาพ 98,800.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (เฉลี่ย 4,490.91 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี) [21] ขณะที่ไม้สักอายุ 18 ปี บริเวณพื้นที่เหมืองลิกไนต์บ้านปู จ. ลำพูน มีค่า 59,057.26 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (เฉลี่ย 3,280.96 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี) [22] แสดงให้เห็นว่าไม้สักบริเวณดอยตุงมีปริมาณมวลชีวภาพต่อปีมากกว่าป่าปลูกไม้สักบริเวณอื่นๆ การปลูกป่าไม้สักฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำลำธารบริเวณดอยตุงนั้นชนิดไม้ที่ปลูกมีการเจริญเติบโตดีและมีปริมาณมวลชีวภาพมากกว่าป่าธรรมชาติเมื่อเปรียบเทียบกับป่าดิบเขาที่เป็นป่าชุมชนอนุรักษ์ของบ้านหนองเต่า อ. แม่วาง จ. เชียงใหม่ มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 252,360.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ [23] และป่าเบญจพรรณในป่าชุมชนตำบลแม่ทา อ. แม่ออน จ. เชียงใหม่ มีค่า 215,980.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ [24]

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศป่าปลูกไม้สักที่มีการทดแทนของชนิดไม้ท้องถิ่นมีค่าสูง โดยมีปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ 25,299.98 กิโลกรัมต่อไร่ (158,124.86 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ไม้สักมีค่า 21,514.62 กิโลกรัมต่อไร่ (134,466.38 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และในดิน 49,412.78 กิโลกรัมต่อไร่ (308,829.87 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด 74,712.76 กิโลกรัมต่อไร่ (466,954.75 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ขณะที่ป่าปลูกไม้สักอายุ 22 ปี บริเวณสวนป่าแม่จาง มีคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้สัก 49,400.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และในดิน 137,200.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รวมทั้งหมด 186,600.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ [21] ส่วนป่าปลูกไม้สักอายุ 18 ปี บริเวณพื้นที่เหมืองลิกไนต์บ้านปู มีคาร์บอนในมวลชีวภาพไม้สัก 29,192.71 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์และในดิน 40,610.82 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ รวมทั้งหมด 69,803.53 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ [22] ป่าปลูกไม้สักบริเวณดอยตุงมีการกักเก็บคาร์บอนสูงกว่าพื้นที่อื่น เมื่อเปรียบเทียบกับป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า พบว่า มีปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 457,390.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แบ่งออกเป็นคาร์บอนในมวลชีวภาพ 124,680.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และในดิน 332,710.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ [23] ขณะที่ป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา มีปริมาณคาร์บอนทั้งหมด 229,420.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ แบ่งออกเป็นการสะสมในมวลชีวภาพ 91,960.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ และในดิน 137,460.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ [24]

การศึกษาปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารอื่นๆ (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม) ในมวลชีวภาพป่าปลูกไม้สักไม่พบรายงานการตีพิมพ์ สำหรับการกักเก็บไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าปลูกไม้สักนั้นมีค่าสูงเช่นกัน โดยมีปริมาณในมวลชีวภาพ246.24 กิโลกรัมต่อไร่ (1,538.98 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และในดิน 4,441.07 กิโลกรัมต่อไร่ (27,756.69 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด 4,687.31 กิโลกรัมต่อไร่ (29,295.69 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ซึ่งมากกว่าป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า ที่มีไนโตรเจนทั้งหมด 18,425.21 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 1,135.21 และในดิน 17,290.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [23] สำหรับป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา นั้นมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด 10,431.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 1,297.63 และในดิน 9,133.69 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [24]

ป่าปลูกไม้สักมีปริมาณฟอสฟอรัสในมวลชีวภาพ 29.39 กิโลกรัมต่อไร่ (183.69 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และดิน 5.74 กิโลกรัมต่อไร่ (35.88 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด 35.13 กิโลกรัมต่อไร่ (219.57 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ซึ่งใกล้เคียงกับป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า ที่มีฟอสฟอรัสทั้งหมด 200.59 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 134.89 และดิน 65.70 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [23] แต่น้อยกว่าป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา นั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด 550.94 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 159.69 และดิน 391.25 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [24]

ป่าปลูกไม้สักมีปริมาณโพแทสเซียมในมวลชีวภาพ 121.76 กิโลกรัมต่อไร่ (760.98 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และดิน 435.04 กิโลกรัมต่อไร่ (2,719.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด

556.80 กิโลกรัมต่อไร่ (3,480.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ซึ่งมากกว่าป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า ที่มีปริมาณทั้งหมด 2,824.29 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 563.10 และดิน 2,261.19 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [23] ขณะที่ป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา มีปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด 2,333.19 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 648.94 และดิน 1,683.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [24]

ป่าปลูกไม้สักมีปริมาณแคลเซียมในมวลชีวภาพ 469.03 กิโลกรัมต่อไร่ (2,931.44 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และดิน 582.43 กิโลกรัมต่อไร่ (3,640.19 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด 1,051.46 กิโลกรัมต่อไร่ (6,571.63 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) โดยมีค่ามากกว่าป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า ที่มีปริมาณทั้งหมด 3,122.72 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 2,237.72 และดิน 885.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [23] แต่น้อยกว่าป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา มีปริมาณแคลเซียมทั้งหมด 11,537.81 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 2,571.75 และดิน 8,966.06 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [24]

ป่าปลูกไม้สักมีปริมาณแมกนีเซียมในมวลชีวภาพ 79.87 กิโลกรัมต่อไร่ (499.19 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) และดิน 456.93 กิโลกรัมต่อไร่ (2,855.81 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด 536.80 กิโลกรัมต่อไร่ (3,355.00 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) ซึ่งมีค่ามากกว่าป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า ที่มีปริมาณทั้งหมด 1,039.29 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 333.34 และดิน 705.95 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [23] แต่น้อยกว่าป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา ที่มีปริมาณทั้งหมด 6,976.06 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 412.25 และดิน 6,563.81 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์) [24]

การกักเก็บน้ำในระบบนิเวศป่าปลูกไม้สักพื้นที่ดอยตุงนั้น เมื่อมีอายุ 22 ปี มีปริมาณน้ำรวมทั้งหมด 7,383.06 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ โดยแบ่งออกเป็น น้ำในมวลชีวภาพ 298.25 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ และในดิน (ลึก 2.0 เมตร) 7,084.81 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ [4] ในการศึกษาครั้งนี้ไม้สักมีอายุ 29 ปี (7 ปี ต่อมา) มีปริมาณน้ำในมวลชีวภาพ 94.20 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (588.75 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) และในดิน 1,584.07 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (9,900.44 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) รวมทั้งหมด 1,678.27 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ (10,489.19 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) ซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้น 3,106.13 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ (ปริมาณน้ำในระบบนิเวศป่าปลูกไม้สักอายุ 29 ปี ลบด้วยปริมาณน้ำในป่าปลูกไม้สักอายุ 22 ปี) และมีปริมาณมากกว่าป่าดิบเขาบ้านหนองเต่า ที่มีปริมาณน้ำทั้งหมด 9,812.50 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 228.50 และในดิน 9,584.00 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) [25] และมากกว่าป่าเบญจพรรณตำบลแม่ทา มีปริมาณน้ำทั้งหมด 4,981.57 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์ (ในมวลชีวภาพ 227.58 และในดิน 4,753.99 ลูกบาศก์เมตรต่อเฮกตาร์) [24] แสดงให้เห็นว่าการฟื้นฟูป่าด้วยการปลูกไม้สักบริเวณดอยตุงสามารถเพิ่มการกักเก็บน้ำได้อย่างดี สอดคล้องกับสำเริงและคณะ [26] การเพิ่มขึ้นของป่าไม้มีมีอิทธิพลต่อความสามารถในการควบคุมและชะลอการไหลของน้ำท่าในช่วงน้ำหลาก ทำให้มีระยะเวลาการใช้ประโยชน์จากน้ำในดินที่ลงสู่ลำธารยาวนานขึ้นโดยเฉพาะช่วงฤดูแล้งและลดปริมาณน้ำในช่วงน้ำหลากให้กับชุมชนบริเวณตอนล่างได้

แนวทางการวิจัยในอนาคตที่น่าสนใจคือ การศึกษาการสืบต่อพันธุ์ของกลุ่มไม้เบิกนำและไม้ทนร่มหรือไม้พื้นถิ่น เพื่อเป็นประโยชน์ในการเลือกชนิดไม้ที่เหมาะสมต่อการฟื้นฟูป่าตามปัจจัยแวดล้อมที่แตกต่างกัน เช่น ความเข้มแสง พื้นที่เปิดโล่งจากการรบกวน เป็นต้น

5. สรุป

ภายหลังการปลูกไม้สักบริเวณดอยตุงได้ 29 ปี ไม้สักสามารถเจริญเติบโตได้ดีและมีปริมาณมวลชีวภาพสูง มีการทดแทนของชนิดไม้พื้นถิ่นจำนวนมาก สภาพป่าและพื้นที่ต้นน้ำมีการฟื้นสภาพความอุดมสมบูรณ์ขึ้นจนสามารถกักเก็บคาร์บอนธาตุอาหารและน้ำได้ปริมาณมาก เมื่อเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติพื้นที่อื่นๆ การปลูกไม้สักฟื้นฟูพื้นที่บริเวณนี้จึงสามารถใช้เป็นต้นแบบและสร้างแรงจูงใจในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมในพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณจากโครงการจัดการและการใช้ประโยชน์จากไผ่โดยชุมชนเพื่อมีส่วนร่วมลดปัญหาหมอกควัน ซึ่งเป็นงบประมาณแผ่นดิน พ.ศ. 2561

7. เอกสารอ้างอิง

1. Office of the Forest Land Management, 2018, Forest Area in 1973-2018 [Online], Available: http://www.forestinfo.forest.go.th/Content.aspx?id=10370. (In Thai) [5 January 2020]

2. Landsberg, J.J. and Gower, S.T., 1997, Application of Physiological Ecology to Forest Management, Academic Press, San Diego.

3. Chang, M., 2006, Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forest, CRC Press Taylor and Francis Group, Boca Raton.

4. Sumanochitraporn, S., Khamyong, S. and Anongrak, N., 2014, "Ecosystem Water Storage in a Teak Plantation under the Doi Tung Reforestation Royal Project, Chiang Rai Province, Northern Thailand," *Thai Journal Forestry*, 33 (3), pp. 11-22.

5. The Royal Thai Survey Department, 1999, Topographic Map Scale 1:50,000 Amphoe Mae Sai, Sheet 4949 I, Series L7018, Ministry of Defence, Bangkok. (In Thai)

6. Soil Resources Survey and Research Division, 2000, Handbook for Land Suitability Classification of Industrial Crops in Thailand, Land Development Department, Bangkok. (In Thai)

7. Tsutsumi, T., Yoda, K., Dhanmanonda, P. and Prachaiyo, B., 1983, "Forest: Felling, Burning and Regeneration," pp. 13-62, in K. Kyuma and C. Pairntra (Eds.) *Shifting Cultivation: An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics*, Kyoto.

8. Khamyong, S., Seramethakun, T. and Seeloy-ounkeaw, T., 2012, Evalution of Planted Tree Species and Plant Succession in Forest Plantations for Land Restoration in Mae Moh Lignite Mining Area, A Final Research Report to EGAT, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai. (In Thai)

9. Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K. and Kira, T., 1965, "Comparative Ecological Study on Three Main Type of Forest Vegetation in Thailand II Plant Biomass," *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, pp. 49-80.

10. Blake, G.R. and Hartge, K.H., 1986, "Bulk Density," pp. 363-375, in A. Klute (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed.*, American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

11. Day, P.R., 1965, "Particle Fractionation and Particle-Size Analysis," pp. 545-567, in C.A. Black (Ed.) Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling, American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

12. Gee, G.W. and Bauder, J.W., 1986, "Particle-Size Analysis," pp. 383-409, in A. Klute (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed., American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

13. Cassel, D.K. and Nielsen, D.R., 1986, "Field Capacity and Available Water Capacity," pp. 901-924, in A. Klute (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed., American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

14. National Soil Survey Center, 1996, Soil Survey Laboratory Methods Manual, Soil Survey Investigations Report Number 42, Version 3.0, United States Department of Agriculture, United States Government Printing Office, Washington, DC.

15. Nelson, D.W. and Sommers, L.E., 1996, "Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter," pp. 961-1010, in J.M. Bigham (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods*, American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

16. Bremner, J.M., 1996, "Nitrogen-Total," pp. 1085-1122, in J.M. Bigham (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 3, Chemical Methods,* American Society of

Agronomy Publisher, Wisconsin.

17. Bray, R.A. and Kunzt, L.T., 1945, "Determination of Total Organic and Available Forms of Phosphorus in Soil," *Journal of Soil Science*, 59 (1), pp. 39-45.

18. Pratt, P.F., 1965, "Potassium," pp. 1022-1030, i n C.A. Black (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

19. Lanyon, I.E. and Heald, W.R., 1982, "Magnesium, Calcium, Strontium and Barium," pp. 247-262, in A.L. Page, R.H. Millller and D.R. Keeney (Eds.) *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties,* 2nd ed*.,* American Society of Agronomy Publisher, Wisconsin.

20. Sumanochitraporn, S., 2014, Evaluation of Ecological and Socio-Economic Values of Reforestation Sub-Project under Doi Tung Development Project, Mea Fah Luang District, Chiang Rai Province, Doctoral of Philosophy Dissertation, Department of Plant and Soil Sciences, Chiang Mai University.

21. Hiratsuka, M., Chingchai, V., Kantinan, P., Sirirat, J., Sato, A., Nakayama, Y., Matsunami, C., Osumi, Y. and Morikawa, Y., 2005, "Tree Biomass and Soil Carbon in 17- and 22-year-old Stands of Teak (*Tectona grandis* L.f.) in Northern Thailand," *TROPICS*, 14 (4), pp. 377-382.

22. Thichan, T., 2018, Plant Species Diversity and Carbon, Nutrient and Water Storages in Forest Plantation Ecosystem for Land Reclamation of Ban Pu Lignite Mine, Li District, Lamphun Province, Master of Science Thesis, Department of Plant and Soil Sciences, Chiang Mai University. (In Thai)

23. Seeloy-ounkeaw, T., 2014, Plant Species Diversity and Storage of Carbon Nutrient and Water in Fragmented Montane Forest Ecosystems nearby Doi Inthanon, Chiang Mai Province, Doctoral of Philosophy Dissertation, Department of Plant and Soil Sciences, Chiang Mai University.

24. Phongkhamphanh, T., 2015, Plant Species Diversity and Potentials of Carbon Storages in Various Community Forests of Mea Tha Sub-District, Mea On District, Chiang Mai Province, Master of Science Thesis, Department of Plant and Soil Sciences, Chiang Mai University. (In Thai)

25. Khamyong, S., Seeloy-ounkeaw, T., Anongrak, N. and Sri-ngernyuang, K., 2014, "Water Storages in Plants and Soils in Two Community Forests of Karen Tribe, Northern Thailand," *TROPICS*, 13 (3), pp. 111-115.

26. Panuthai, S., Onarsa, S., Deesaeng, B. and Kamyo, T., 2019, "Effect of Land Cover Change on Streamflow at Mae Klong Head Watershed Research Station, Thong Pha Phum District, Kanchanaburi Province," *Thai Forest Ecological Research Journal*, 3 (1), pp. 1-14. (In Thai)

27. Kanchanaprasert, N., 1986, A Study on Vital Diagnostic Features in Soil Development and Land Potential Evaluation of Alfisols and Inceptisols in Mea Klong Drainage Basin, Doctoral of Philosophy Dissertation, Department of Soil Science, Kasetsart University.

28. Soil Survey Division Staff, 1993, Soil Survey Manual, Handbook Number 18, United States Department of Agriculture, United States Government Printing Office, Washington, DC.

29. Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973, Soil Interpretation Handbook for Thailand, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.