การกักเก็บน้ำในพืชและดินของป่าชุมชนบริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าวนาที่สูง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่

Water Storages in Plants and Soils of Community Forest around Upland Rice Planting Areas, Mae Wang District, Chiang Mai Province

ฐปรัฏฐ์ สีลอยอุ่นแก้ว[1]* โอภาส วรวาท[2]

Taparat Seeloy-ounkaew[1]*, Opas Worawat[2]

Received: 7 November 2016 ; Accepted: 10 April 2017

บทคัดย่อ

การศึกษาการกักเก็บน้ำของพืชและดินในป่าบริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าวนาที่สูง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ใช้วิธีการวิเคราะห์สังคมพืชโดยวางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40 x 40 ตารางเมตร พื้นที่ละ 12 แปลง วางแปลงแบบสุ่มให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ วัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอกและความสูงต้นไม้ทุกชนิดที่มีความสูง 1.5 เมตร ขึ้นไป ศึกษาความหลากชนิดพรรณ มวลชีวภาพ ปริมาณน้ำในมวลชีวภาพ ดินและระบบนิเวศ พบว่า มีพันธุ์ไม้ทั้งหมด 125 ชนิด (99 สกุล 53 วงศ์) พันธุ์ไม้เรือนยอดเด่นคือ สนสามใบ ก่อหมากและก่อเดือย มีค่าดัชนีความหลากชนิดพันธุ์ (SWI) เท่ากับ 3.60 ± 1.08 พันธุ์ไม้ที่มีดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ สนสามใบ มีปริมาณมวลชีวภาพพืช 273.90 ± 89.06 Mg ha^{-1} และปริมาณการเก็บกักน้ำในระบบนิเวศของฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน คือ 3311.47, 1712.02 และ 4269.21 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ แยกเป็นปริมาณน้ำในมวลชีวภาพและดินในฤดูหนาว เท่ากับ 258.15 และ 3053.32 m^3 ha^{-1} ฤดูร้อน เท่ากับ 276.86 และ 1435.16 m^3 ha^{-1} และฤดูฝน เท่ากับ 297.29 และ 3971.92 m^3 ha^{-1} ของการกักเก็บน้ำสูงสุด ตามลำดับ สภาพป่าดั้งเดิม ภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์และการจัดการป่าที่แตกต่างกันทำให้ความหลากชนิดพรรณไม้ มวลชีวภาพและการเก็บกักน้ำในระบบนิเวศป่าชุมชนแตกต่างกัน

คำสำคัญ: มวลชีวภาพพืช ความหลากชนิดพันธุ์ไม้ การเก็บกักน้ำในระบบนิเวศ

Abstract

Water storage in plants and soils of forests around upland rice planting areas, Mae Wang district, Chiang Mai province were studied. Using a method of plant community analysis, 12 plots of 40 x 40 m^2 in size were set up in forests by a stratified random sampling. Stem girths at breast height and heights of all tree species with height of ≥1.5 m were measured. Plant species diversity, biomass, and in water storage ecosystems were investigated. A total of 125 species (99 genera, 53 families) were existed. *Pinus kesiya*, *Quercus brandisiana* and *Castanopsis acuminatissima* were dominant species. The mean value of species diversity index by Shannon-Wiener equation was 3.60 ± 1.08, and the most important species was *P. kesiya*. The plant biomass was estimated to be 273.90 ± 89.06 Mg ha^{-1}, and the water storage in ecosystems of cold, hot and raining seasons as 3311.47, 1712.02 and 4269.21 m^3 ha^{-1}, divided into biomass and soil water in cold season as 258.15 and 3053.32 m^3 ha^{-1}, Hot season as 276.86 and 1435.16 m^3 ha^{-1} and Raining season as 297.29 and 3971.92 m^3 ha^{-1}, respectively. Differences in original plant communities, topographic conditions, forest utilization and management by villagers resulted in plant species diversity, biomass and water storages in the forests.

Keywords: plant biomass, plant species diversity, ecosystem water storage

---

[1,2] *ศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา 24170*

[1,2] *Chachoeng Sao Rice Research Center, Bang Nam Brieo District, Chachoeng Sao 24170*

* *Corresponding author; Taparat Seeloy-ounkaew, Chachoeng Sao Rice Research Center, Bang Nam Brieo District, Chachoeng Sao 24170, taparat.s@rice.mail.go.th*

บทนำ

น้ำ (water) เป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เป็นของเหลวที่เกิดจากการรวมตัวกันอย่างเหมาะสมระหว่างออกซิเจนกับไฮโดรเจน โดยเฉพาะน้ำจืดที่อยู่บนผิวดินจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติประเภทที่สามารถงอกเงยทดแทนขึ้นได้ถ้าเรามีการจัดการอย่างดี น้ำเป็นปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่สำคัญมากสำหรับสิ่งมีชีวิต นอกจากนี้ยังมีอิทธิพลร่วมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ ได้แก่ แสง อุณหภูมิ บรรยากาศ ดิน ธาตุอาหารพืช ฯลฯ ซึ่งทำให้สภาพทางนิเวศวิทยาของพื้นที่ต่างๆ ผันแปรแตกต่างกันออกไป[1-3] ส่งผลต่อการขึ้นอยู่อาศัย จำนวนประชากรและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดในพื้นที่ รวมทั้งอิทธิพลที่มีต่อวิถีชีวิตของผู้คนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ ข้อมูลที่เกี่ยวกับคุณภาพ ปริมาณและอัตราการไหลของน้ำในแม่น้ำที่ออกจากพื้นที่ลุ่มน้ำสามารถใช้แสดงให้เห็นถึงสภาพความอุดมสมบูรณ์หรือเสื่อมโทรมของป่าไม้ สัตว์ป่า ดิน การใช้ที่ดินและการดำรงชีพของประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำได้เป็นอย่างดี

โดยปกติแล้วน้ำจะมีการหมุนเวียนจากท้องทะเลและมหาสมุทรมายังระบบนิเวศบนบก ต่อจากนั้นจะมีการไหลผ่านส่วนต่าง ๆ ของระบบนิเวศลงสู่ที่ต่ำ ขณะที่เคลื่อนย้ายผ่านระบบนิเวศก็จะถูกสิ่งมีชีวิตต่างๆ ใช้ประโยชน์ไป มีการสูญเสียไปกับการคายน้ำของพืชและการระเหยขึ้นสู่บรรยากาศ บางส่วนอาจสะสมอยู่บนพื้นดินและในดิน ส่วนที่เหลือจะไหลออกสู่ทะเลต่อไป สำหรับประเทศไทยนั้นฝนที่ตกตามภูเขาสูงที่มีป่าไม้ปกคลุมหนาแน่นในพื้นที่ต้นน้ำจะค่อยๆ ไหลออกสู่ลำธารโดยกลไกของระบบนิเวศป่าไม้ แต่ถ้าหากป่าไม้ถูกทำลายก็จะทำให้อัตราการไหลของน้ำเกิดขึ้นในอัตราที่รวดเร็ว พื้นที่ต้นน้ำก็จะเหือดแห้งอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง อัตราการไหลที่รวดเร็วพร้อมทั้งปริมาณน้ำที่มากจะก่อให้เกิดการเซาะกร่อนพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ที่มีการแปรสภาพจากป่าไม้เป็นพื้นที่เกษตร ดังนั้นในการจัดการทรัพยากรน้ำของประเทศไทยจึงต้องมีการควบคุมการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ต้นน้ำและต้องมีป่าไม้ปกคลุมในสัดส่วนที่มากพอ

สำหรับป่าที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์และช่วยกันดูแลรักษาหรือเรียกอีกอย่างว่า ป่าชุมชน (Community forest) ของชุมชนบ้านห้วยข้าวลีบ ตั้งอยู่ที่หมู่ 8 ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ป่าชุมชนประมาณ 1744 ไร่ กระจายตามความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตั้งแต่ 900-1500 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยในพื้นที่ 22 องศาเซลเซียส และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในพื้นที่ เท่ากับ 1400 มิลลิเมตร/ปี คนในชุมชนเองใช้ประโยชน์จากป่าและช่วยกันดูแลรักษาป่า โดยแบ่งพื้นที่ป่าของชุมชนออกเป็น 2 ประเภท คือ ป่าอนุรักษ์ (conservation forest) และป่าใช้สอย (utilization forest) ประชาชนในพื้นที่ประกอบอาชีพการเกษตรเป็นอาชีพหลัก คือ ปลูกข้าวนาที่สูง เป็นพันธุ์ข้าวไวต่อแสง (ข้าวนาปี) โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวนาแบบนาขั้นบันใดประมาณ 325 ไร่ เกษตรกรปลูกเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นหลัก ซึ่งการปลูกข้าวนาที่สูง ต้องอาศัยน้ำจากลำธารและน้ำฝนเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้นการศึกษาศักยภาพการสะสมน้ำในพื้นที่บริเวณนี้ จึงมีความสำคัญ เพราะข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อวิถีชีวิตและเป็นปัจจัยสำคัญของเกษตรกรในพื้นที่นี้ ตลอดจนเกี่ยวข้องกับความมั่นคงของชาติในเรื่องโภชนาการของประเทศด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้เพื่อศึกษาศักยภาพการเก็บกักน้ำในระบบนิเวศของป่าชุมชน ประกอบด้วยการเก็บกักน้ำในมวลชีวภาพพืชและในดิน โดยเน้นเกี่ยวกับความจุสูงสุดของการเก็บกักน้ำ โดยไม่รวมอัตราการเคลื่อนย้ายต่างๆ ในระบบนิเวศ ข้อมูลที่ได้จะเป็นพื้นฐานทำให้ทราบศักยภาพสูงสุดของป่าชุมชนในการเก็บกักน้ำและเป็นข้อมูลสำหรับการจัดการป่าชุมชนเพื่อให้เกิดความยั่งยืนของทรัพยากรธรรมชาติต่อไป ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญอย่างหนึ่งของการจัดการพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. การสำรวจความหลากชนิดพรรณไม้

ศึกษาความหลากหลายของชนิดพรรณไม้ในป่าบริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าวโดยวิธีการวิเคราะห์สังคมพืช (Plant community analysis) เพื่อให้ได้ข้อมูลพันธุ์ไม้เชิงปริมาณและคุณภาพ โดยการวางแปลงสุ่มตัวอย่างขนาด 40x40 ตารางเมตร แบบ Quadrat method ในป่าจำนวน 12 แปลง ให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ป่ารอบพื้นที่ปลูกข้าวนาที่สูง ในแปลงสุ่มตัวอย่างทำการวัดความสูงของต้นไม้และเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับ 1.30 เมตร จากพื้นดินของพันธุ์ไม้ยืนต้นทุกชนิดที่มีความสูงตั้งแต่ 1.50 เมตร คำนวณข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้สมการของ Krebs[4] ได้แก่ ความถี่ (frequency) ความหนาแน่น (density) ความเด่น (dominance) และดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา (Ecological Importance Value Index, IVI) สำหรับค่าดัชนีความหลากชนิด (Species Diversity Index) ใช้สมการ Shannon–Wiener Index (SWI)

2. ผลผลิตทางชีวภาพป่าและการเก็บกักน้ำ

2.1 มวลชีวภาพพืช (Plant biomass)

ใช้แปลงตัวอย่างของการศึกษาความหลากหลายของชนิดพรรณไม้ นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหามวลชีวภาพของส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง ใบ และราก ตามสมการ

Allometry ที่ศึกษาโดย Tsutsumi[5] ดังนี้

$W_S = 0.0509 (D^2H)^{0.919}$ $(r^2 = 0.978)$

$W_B = 0.00893 (D^2H)^{0.977}$ $(r^2 = 0.890)$

$W_L = 0.0140 (D^2H)^{0.669}$ $(r^2 = 0.714)$

$W_R = 0.0323 (D^2H)^{0.805}$ $(r^2 = 0.981)$

เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

W_B คือ มวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)

W_L คือ มวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม)

W_R คือ มวลชีวภาพของราก (กิโลกรัม)

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นไม้ที่ความสูงระดับอก (1.30 เมตร จากพื้นดิน) (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

2.2 การเก็บกักน้ำในมวลชีวภาพ

เก็บตัวอย่างของพันธุ์ไม้เด่นในป่า จำนวน 14 ชนิด แต่ละชนิดเลือกเก็บตัวอย่างจากต้นไม้ที่มีขนาดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (1.3 เมตร จากพื้นดิน) ประมาณ 30, 50 และ 100 เซนติเมตร ขนาดลำต้นละ 3 ต้น แต่ละต้นและแต่ละขนาดแยกเก็บตัวอย่างเนื้อไม้ ในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และรากสด (รวมเปลือกสำหรับลำต้นและกิ่ง) บริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าวนาที่สูงจำนวน 3 ครั้ง (ฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน) นำตัวอย่างมาชั่งน้ำหนัก จากนั้นนำพืชตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักที่คงที่ แล้วจึงคำนวณปริมาณน้ำในเนื้อเยื่อพืชส่วนต่างๆ โดยแสดงเป็นร้อยละต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง นำค่าร้อยละของน้ำหนักแห้งคูณกับปริมาณมวลชีวภาพส่วนต่างๆ ที่ได้จากการคำนวณหามวลชีวภาพพืชในส่วนของลำต้น กิ่ง ใบและรากเพื่อหาปริมาณน้ำในมวลชีวภาพต่อพื้นที่

2.3 การสะสมน้ำในดิน

ขุดดินกว้าง ยาวและลึกขนาด 1.5 x 2 x 2 เมตร ในป่าบริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าวจำนวน 3 หลุม คือ เชิงเขา ไหล่เขาและสันเขา เก็บตัวอย่างดินตามชั้นความลึก คือ 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80, 80-100, 100-120, 120-140, 140-160, 160-180 และ 180-200 เซนติเมตร โดยใช้กระบอกเก็บดินขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และ สูง 5 เซนติเมตร (ชั้นดินละ 3 ซ้ำ) เก็บตัวอย่างดินแบบไม่กระทบกระเทือน (undisturbed soil samples) นำตัวอย่างไปอบแห้งเพื่อคำนวณหาร้อยละของความชื้นในดิน ณ เวลาที่เก็บตัวอย่างและการดูดยึดน้ำสูงสุด (Maximum water holding capacity) หรือ ค่าความจุความชื้นสนาม (Field water capacity, FC) ในห้องปฏิบัติการและคำนวณปริมาณน้ำในดินต่อพื้นที่จากร้อยละของความชื้นและมวลดิน (soil mass) ต่อพื้นที่[6-8]

ผลการศึกษา

1. ลักษณะของสังคมพืชในป่า

1.1 ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้

พื้นที่ป่าบริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าวนาที่สูงจากการวางแปลงสุ่มตัวอย่างในพื้นที่เชิงเขา ไหล่เขาและสันเขา ทิศด้านลาดต่างๆ พื้นที่ละ 4 แปลง รวม 12 แปลง พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 125 ชนิด (99 สกุล และ 53 วงศ์) พันธุ์ไม้เรือนยอดเด่นที่พบมาก คือ สนสามใบ (*Pinus kesiya* Royle ex Gordon) ก่อหมาก (*Quercus brandisiana* Kurz) และ ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima* Rehd.)

ป่าบริเวณนี้มีค่าดัชนีความหลากชนิดพันธุ์ไม้ตามสมการ Shanon-Wiener index (SWI) มีค่าเฉลี่ยต่อแปลง เท่ากับ 3.60+1.08 ซึ่งเป็นค่าอยู่ในระดับปานกลาง

1.2 ลักษณะเชิงปริมาณของพันธุ์ไม้

1.2.1 ความถี่ของการพบและความหนาแน่น

พันธุ์ไม้ที่มีค่าความถี่ในการพบสูง (100%) ในป่าบริเวณนี้ คือ ทะโล้ (*Schima wallichii* Korth.) รองลงมาคือ ก่อเดือยและแข้งกวาง *(Wendlandia tinctoria* A. DC.*)* (91.67%) เก็ดดำ *(Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.*)* และส้มปี้ *(Vaccinium sprengelii* (G.Don) Sleumer*)* (83.33%) สนสามใบและพะยอม *(Shorea roxburghii* G.Don*)* (75.0%) ก่อหมากและก่อขาว *(Lithocarpus thomsonii* Rehd.*)* (66.67%) พันธุ์ไม้ทั้ง 9 ชนิดนี้เป็นพันธุ์ไม้ที่พบได้ทั่วไปในป่า ส่วนพันธุ์ไม้ที่เหลือมีความความถี่ของการพบน้อยกว่า 66.67% โดยมีความหนาแน่นในการพบเฉลี่ย 4,423.31 trees ha^{-1} พันธุ์ไม้ที่มีค่าความหนาแน่นสูง (202.06-418.75 trees ha^{-1}) คือ ก่อหมาก เคาะ (*Tristania burmanica* Griff.*)* และสนสามใบ รองลงมาคือ เก็ดแดง *(Dalbergia dongnaiensis* Pierre*)* เหมือดหลวง พะยอม เก็ดดำและ ก่อข้าว *(Castanopsis indica* (Roxb.) A.DC.*)* มีความหนาแน่น 190.63, 157.81, 114.06, 111.88 และ 109.38 trees ha^{-1} ตามลำดับ พันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าความหนาแน่นน้อยกว่า 100 trees ha^{-1}

1.2.2 ความเด่นของพันธุ์ไม้

สนสามใบเป็นพันธุ์ไม้ที่มีค่าความเด่นมากที่สุดในป่าบริเวณนี้ คือ 28.31% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด รองลงมา คือ ก่อเดือย (14.37%) ก่อหมาก (12.18%) ก่อแอบ (7.49%) ก่อขาว (6.31%) ทะโล้ (4.28%) ฮักไก่ (2.91%) เก็ดดำ (2.66%) เคาะ (1.40%) เหมือดหลวงและมะม่วงหัวแมงวัน

(1.11%) สารภีป่าและเก็ดแดง (1.09%) เป็นต้น พันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าความเด่นน้อยกว่า 1% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด

1.2.3 ดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา

พันธุ์ไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ สนสามใบ (11.78% ของพันธุ์ไม้ทั้งหมด) รองลงมา คือ ก่อหมาก ก่อเดือย ก่อแอบ ก่อขาว เคาะ ทะโล้ เก็ดดำ เหมือดหลวง เก็ดแดง มีค่า 7.95, 6.62, 4.04, 3.58, 2.96, 2.84, 2.65, 2.29, 2.16% ตามลำดับ พันธุ์ไม้ชนิดอื่นมีค่าน้อยกว่า 2%

2. ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บน้ำ

การกักเก็บน้ำในป่าบริเวณรอบพื้นที่ปลูกข้าว แบ่งการศึกษาประกอบด้วย 2 ส่วนใหญ่คือ ในมวลชีวภาพพืชป่าไม้และในดิน สำหรับในอินทรียวัตถุบนพื้นป่า (organic layer) นั้นไม่ได้ทำการศึกษาในครั้งนี้

2.1 ปริมาณมวลชีวภาพป่าไม้

ปริมาณมวลชีวภาพในป่าบริเวณนี้มีค่าเฉลี่ย 273.90±89.06 Mg ha^{-1} แยกเป็นมวลชีวภาพในลำต้น กิ่ง ใบและราก เท่ากับ 177.10±58.80, 55.67±21.18, 4.42±0.71 และ 36.71±8.80 Mg ha^{-1} ตามลำดับ

2.2 ปริมาณน้ำในมวลชีวภาพพืช

จากการเก็บตัวอย่างพืชที่เป็นพันธุ์ไม้เด่นและพบมากในพื้นที่จำนวน 14 ชนิด ในวันที่ 21 มกราคม 2556 (ฤดูหนาว) วันที่ 30 เมษายน 2556 (ฤดูร้อน) และวันที่ 15 กันยายน 2556 มีน้ำในเนื้อเยื่อพืชต่อน้ำหนักสด (% by fresh weight) (Table 1) ในส่วนของลำต้นเฉลี่ยร้อยละ 48.41±8.29, 44.27±6.83 และ 49.74±4.90 ตามลำดับ ในกิ่ง 51.30±7.15, 54.51±6.48 และ 51.95±6.51 ตามลำดับ ในใบ 49.36±9.90, 55.14±7.27 และ 55.38±6.27 ตามลำดับและในราก 43.42±7.41, 45.70±6.52 และ 47.29±4.54 ตามลำดับ สำหรับค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำต่อน้ำหนักแห้ง (% by dry weight) (Table 2) ในส่วนของลำต้นเฉลี่ยร้อยละ 99.16±36.24, 82.03±23.07 และ 100.77+19.89 ตามลำดับ ในกิ่ง 110.50±38.81, 124.44±35.23 และ 111.95±30.80 ตามลำดับ ในใบ 105.54±45.59, 128.79±39.57 และ 128.46±33.62 ตามลำดับและในราก 80.03±27.31, 86.80±23.84 และ 91.12±17.76 ตามลำดับ โดยพันธุ์ไม้เด่นแต่ละชนิดมีอัตราการสะสมที่แตกต่างกัน

เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยร้อยละของน้ำต่อหนักแห้งกับปริมาณมวลชีวภาพในพื้นที่ได้ (Table 3) ปริมาณการสะสมน้ำในวันที่ 21 มกราคม 2556 วันที่ 30 เมษายน 2556 และวันที่ 15 กันยายน 2556 เท่ากับ 258.15, 276.86 และ 297.29 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ โดยแยกสะสมในส่วนของลำต้นมากที่สุด คือ 162.71 (63.03%), 155.61 (56.21%) และ 191.52 (64.42%) m^3 ha^{-1} ตามลำดับ รองลงมาสะสมในกิ่ง คือ 59.06 (22.88%), 79.14 (28.58%) และ 63.64 (21.41%) m^3 ha^{-1} ราก คือ 32.11 (12.44%), 35.93 (12.98%) และ 36.48 (12.27%) m^3 ha^{-1} และใบ คือ 4.26 (1.65%), 6.18 (2.23%) และ 5.65 (1.90%) m^3 ha^{-1} ตามลำดับ

สนสามใบมีปริมาณน้ำในมวลชีวภาพมากที่สุดในทุกฤดูที่เก็บ คือ 84.98, 116.42 และ 109.07 m^3 ha^{-1} รองลงมาคือ ก่อเดือย ก่อแอบ ทะโล้ ก่อหมาก ก่อขาว ฮักไก่ เก็ดดำ และทองหลางป่า ตามลำดับ

2.3 ปริมาณน้ำในดิน

สมบัติทางกายภาพของดินบริเวณนี้เป็นดินเนื้อละเอียดปานกลางแบบดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนปนทราย มีความหนาแน่นของดินค่อนข้างต่ำถึงต่ำมากในดินบนและค่อนข้างต่ำถึงปานกลางในดินที่ลึกลงไป

ป่าบริเวณนี้มีค่าเฉลี่ยความจุของการดูดยึดน้ำสูงสุด (Maximum water holding capacity) หรือความจุความชื้นสนาม (Field capacity, FC) ในชั้นดินลึก 2 เมตร ผันแปรระว่างร้อยละ 30.13±5.51-48.64±20.51 (% by volume) โดยมีความสามารถในการจุน้ำสูงสุด เท่ากับ 7,305.68 m^3 ha^{-1} ขณะที่ความจุของการเก็บกักน้ำในวันที่ 21 มกราคม 2556 (ฤดูหนาว) วันที่ 30 เมษายน 2556 ฤดูร้อน) และ วันที่ 15 กันยายน 2556 (ฤดูฝน) มีค่าเฉลี่ย 3053.32; 1435.16 และ 3971.92 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ โดยทั้ง 3 ช่วงเวลา พบว่าปริมาณน้ำในดินลึก 1 เมตร มีการกักเก็บน้ำอัตรา 86.08, 72.27 และ 87.98% ของปริมาณการกักเก็บสูงสุด ตามลำดับ

2.4 ปริมาณน้ำในระบบนิเวศ

ป่าชุมชนแห่งนี้สามารถเก็บกักน้ำในระบบนิเวศ (ในมวลชีวภาพและในดิน) ผันแปรแตกต่างกันตามเวลาและฤดูกาล โดย ฤดูหนาว ฤดูร้อน และฤดูฝน สามารถกักเก็บน้ำในดินลึก 1 เมตรได้ 1854.93, 998.35 และ 2473.58 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ แยกเป็นประมาณน้ำในมวลชีวภาพและดินในฤดูหนาว เท่ากับ 258.15 (13.92% ของการกักเก็บน้ำสูงสุด) และ 1596.78 (86.08%) m^3 ha^{-1} ฤดูร้อน เท่ากับ 276.86 (27.73%) และ 721.49 (72.27%) m^3 ha^{-1} และฤดูฝน เท่ากับ 297.29 (12.02%) และ 2176.29 (87.98%) m^3 ha^{-1} ตามลำดับ

ในดินลึก 2 เมตร สามารถกักเก็บน้ำได้ในฤดูหนาว ฤดูร้อนและฤดูฝน เท่ากับ 3311.47, 1712.02 และ 4269.21 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ แยกเป็นประมาณน้ำในมวลชีวภาพและดินในฤดูหนาว เท่ากับ 258.15 (7.80% ของการกักเก็บน้ำสูงสุด) และ 3053.32 (92.20%) m^3 ha^{-1} ฤดูร้อน เท่ากับ 276.86 (16.17%) และ 1435.16 (83.83%) m^3 ha^{-1} และฤดูฝน เท่ากับ 297.29 (6.96%) และ 3971.92 (93.04%) m^3 ha^{-1} ตามลำดับ (Table 4)

Table 1 Water content by dry weight (%) in different seasons and organs

No.	Plant name	Water content by fresh weight (%) in different organs and season											
		21 January 2013				30 April 2013				15 September 2013			
		Stem	Branch	Leaf	Root	Stem	Branch	Leaf	Root	Stem	Branch	Leaf	Root
1	*Anneslea fragrans*	54.97	69.46	64.98	50.15	44.41	59.36	60.40	52.36	50.44	56.08	61.73	45.74
2	*Aporosa villosa*	46.29	53.08	67.56	42.50	48.32	64.59	66.91	46.34	44.36	61.69	66.97	43.38
3	*Castanopsis acuminatissima*	41.42	55.41	42.17	38.88	40.83	48.74	59.09	46.18	53.47	51.35	52.82	47.03
4	*Castanopsis indica*	45.39	46.86	37.05	38.33	50.25	51.02	49.98	42.92	50.45	41.95	56.70	45.17
5	*Castanopsis trobuloides*	41.42	43.71	48.00	40.36	38.58	49.03	48.98	35.50	41.44	46.31	51.01	44.42
6	*Dalbergia cultrata*	64.26	54.89	54.63	41.44	44.36	45.99	65.42	53.25	57.51	43.33	56.59	46.36
7	*Lithocarpus sootepensis*	46.66	48.59	46.71	36.59	36.92	55.59	46.78	39.80	49.02	51.47	52.07	48.96
8	*Pinus kesiya*	47.72	52.40	54.73	50.82	53.09	67.15	64.45	57.52	55.99	55.85	63.24	55.76
9	*Quercus brandisiana*	41.09	43.21	36.28	37.50	32.21	53.55	54.88	39.34	46.68	48.48	43.80	43.36
10	*Quercus helferiana*	51.64	41.23	35.24	37.50	45.08	52.85	43.36	44.01	46.47	49.49	48.56	46.39
11	*Schima wallichii*	57.10	57.09	49.47	57.31	56.36	56.34	52.32	54.29	52.79	63.66	58.44	54.70
12	*Styrax benzoides*	42.70	49.03	55.95	41.54	37.92	45.09	49.58	40.18	47.48	48.85	49.25	45.59
13	*Tristaniopsis burmanica*	36.01	49.28	52.05	37.30	41.17	55.46	55.02	41.78	44.48	58.84	57.87	40.97
14	*Wendlandia tinctoria*	61.01	54.00	46.24	57.61	50.22	58.40	54.75	46.34	55.82	49.93	56.32	54.18
	Mean	**48.41**	**51.30**	**49.36**	**43.42**	**44.27**	**54.51**	**55.14**	**45.70**	**49.74**	**51.95**	**55.38**	**47.29**
	SD	8.29	7.15	9.90	7.41	6.83	6.48	7.27	6.52	4.90	6.51	6.27	4.54

Table 2 Water content by dry weight (%) in different seasons and organs

No.	Plant name	Water content by dry weight (%) in different organs and season											
		21 January 2013				30 April 2013				15 September 2013			
		Stem	Branch	Leaf	Root	Stem	Branch	Leaf	Root	Stem	Branch	Leaf	Root
1	*Anneslea fragrans*	122.09	227.44	185.52	100.60	79.87	146.07	152.54	109.91	101.78	127.68	161.33	84.30
2	*Aporosa villosa*	86.19	113.15	208.24	73.91	93.50	182.37	202.21	86.35	79.74	161.06	202.78	76.60
3	*Castanopsis acuminatissima*	70.71	124.25	72.92	63.61	69.00	95.07	144.41	85.79	114.90	105.54	111.95	88.79
4	*Castanopsis indica*	83.13	88.18	58.87	62.16	101.02	104.18	99.91	75.19	101.81	72.27	130.92	82.39
5	*Castanopsis trobuloides*	70.72	77.66	92.31	67.67	62.81	96.19	96.00	55.04	70.76	86.24	104.14	79.92
6	*Dalbergia cultrata*	179.76	121.66	120.41	70.77	79.73	85.16	189.16	113.92	135.35	76.45	130.35	86.43
7	*Lithocarpus sootepensis*	87.48	94.52	87.64	57.69	58.53	125.18	87.91	66.11	96.17	106.07	108.65	95.92
8	*Pinus kesiya*	91.28	110.09	120.89	103.32	113.18	204.42	181.31	135.42	127.21	126.49	172.01	126.04
9	*Quercus brandisiana*	69.74	76.09	56.93	60.00	47.51	115.29	121.65	64.85	87.54	94.11	77.92	76.55
10	*Quercus helferiana*	106.77	70.15	54.42	60.00	82.08	112.08	76.56	78.60	86.81	98.00	94.38	86.54
11	*Schima wallichii*	133.10	133.06	97.89	134.25	129.17	129.05	109.75	118.79	111.82	175.21	140.61	120.77
12	*Styrax benzoides*	74.51	96.19	127.01	71.05	61.09	82.13	98.35	67.15	90.41	95.51	97.04	83.80
13	*Tristaniopsis burmanica*	56.26	97.15	108.54	59.49	69.99	124.53	122.34	71.75	80.11	142.93	137.35	69.42
14	*Wendlandia tinctoria*	156.51	117.39	86.01	135.93	100.88	140.41	121.01	86.37	126.32	99.74	128.94	118.24
	Mean	**99.16**	**110.50**	**105.54**	**80.03**	**82.03**	**124.44**	**128.79**	**86.80**	**100.77**	**111.95**	**128.46**	**91.12**
	SD	36.24	38.81	45.59	27.31	23.07	35.23	39.57	23.84	19.89	30.80	33.62	17.76

Table 3 Amounts of water storage in January, April and September 2013 in plant biomass

Dominant trees	Water storage in plant biomass (m^3 ha^{-1})														
	Stem			Branch			Leaf			Root			Total		
	Jan.	Apr.	Sep.	Jan.	Apr.	Sep.	Jan.	Apr.	Sep.	Jan.	Apr.	Sep.	Jan.	Apr.	Sep.
1. *P. kesiya*	50.77	62.95	70.76	19.82	36.80	22.77	1.40	2.11	1.99	12.99	14.55	13.54	84.98	116.42	109.07
2. *C. acuminatissima*	18.67	18.21	30.33	10.36	7.93	8.80	0.44	0.87	0.68	3.40	4.58	4.74	32.86	31.60	44.55
3. *Q. helferiana*	15.54	11.94	12.63	3.32	5.30	4.63	0.17	0.24	0.29	1.69	2.22	2.44	20.72	19.70	20.00
4. *S. wallichii*	12.80	12.43	10.76	4.25	4.12	5.60	0.18	0.20	0.26	2.38	2.11	2.14	19.61	18.85	18.75
5. *Q. brandisiana*	12.02	8.19	15.09	3.79	5.74	4.69	0.33	0.71	0.46	2.50	2.70	3.19	18.64	17.34	23.42
6. *C. tribuloides*	7.84	6.96	7.84	2.69	3.33	2.98	0.25	0.26	0.28	1.56	1.27	1.84	12.34	11.82	12.95
7. *R. succedanea*	5.94	4.92	6.04	2.24	2.52	2.27	0.11	0.13	0.13	0.85	0.92	0.96	9.13	8.48	9.40
8. *D. cultrata*	6.95	3.08	5.23	1.38	0.96	0.86	0.16	0.25	0.17	0.65	1.05	0.79	9.13	5.34	7.06
9. *E. suvumbrans*	3.05	2.53	3.10	1.25	1.40	1.26	0.04	0.05	0.05	0.37	0.40	0.42	4.70	4.37	4.83
10. *B. lanzan*	2.33	1.93	2.37	0.87	0.98	0.88	0.05	0.06	0.06	0.34	0.37	0.39	3.60	3.34	3.70
Sub Total (10 species)	135.92	133.14	164.16	49.95	69.08	54.74	3.12	4.88	4.36	26.73	30.17	30.47	215.72	237.27	253.73
Remaining 115 species	26.80	22.47	27.37	9.11	10.06	8.90	1.14	1.31	1.29	5.38	5.76	6.01	42.43	39.59	43.56
Total	162.71	155.61	191.52	59.06	79.14	63.64	4.26	6.18	5.65	32.11	35.93	36.48	258.15	276.86	297.29
% of each organ	63.03	56.21	64.42	22.88	28.58	21.41	1.65	2.23	1.90	12.44	12.98	12.27			

Table 4 Field capacity, moisture contents, maximum capacity and water storage along 2 m soil depth

Soil depth	Field capacity	Maximum water holding capacity	Water storage (m^3 ha^{-1})					
(cm)	(% by volume)	(m^3 ha^{-1})	Jan.	%	Apr.	%	Sep.	%
0-5	37.32±8.65	186.58±43.26	82.04±3.41	43.97	66.45±6.12	35.61	135.18±5.08	72.45
5-10	48.64±20.51	243.21±102.53	87.20±3.17	35.85	64.57±13.24	26.55	126.21±4.81	51.89
10-20	47.79±8.30	477.93±83.03	179.20±4.71	37.50	110.37±17.02	23.09	248.11±4.54	51.91
20-30	46.31±20.63	463.12±206.34	169.08±4.56	36.51	115.77±21.76	25.00	228.13±6.19	49.26
30-40	30.13±5.51	301.28±55.09	163.57±7.62	54.29	76.97±22.69	25.55	220.80±3.73	73.29
40-60	36.48±8.87	729.68±177.50	322.57±11.12	44.21	96.63±24.01	13.24	426.04±9.89	58.39
60-80	32.93±10.11	658.68±202.21	297.83±9.01	45.22	91.18±21.17	13.84	414.73±28.24	62.96
80-100	35.33±7.63	706.65±152.60	295.28±4.29	41.79	99.56±11.52	14.09	377.09±7.95	53.36
100-120	36.37±6.57	727.37±131.46	318.40±8.16	43.77	89.98±12.27	12.37	370.60±5.40	50.95
120-140	34.48±11.55	689.66±231.06	304.83±8.71	44.20	104.58±10.59	15.16	373.09±11.51	54.10
140-160	35.00±10.01	699.99±200.11	297.13±8.29	42.45	153.14±21.18	21.88	363.16±14.94	51.88
160-180	37.14±8.26	742.73±156.20	265.83±2.79	35.79	166.75±37.96	22.45	353.64±35.45	47.61
180-200	33.94±6.20	678.79±123.90	270.36±10.11	39.83	199.22±52.59	29.35	335.14±22.18	49.37
Total (1m)		3,767.13	1,596.78	42.39	721.49	19.15	2,176.29	57.77
Total (2m)		7,305.68	3,053.32	41.79	1,435.16	47.00	3,971.92	54.37

วิจารณ์และสรุปผล

ป่าชุมชนแห่งนี้บริเวณพื้นที่ไหล่เขาและสันเขาเป็นป่าสนผสมป่าดิบเขาและตามหุบเขาเป็นป่าดิบเขา คนในชุมชนใช้ประโยชน์จากป่าทั้งที่เป็นเนื้อไม้ (Direct benefits) และไม่ใช่เนื้อไม้ (Indirect benefits) เช่น ไม้สำหรับก่อสร้างบ้านเรือน ใช้สำหรับอุปกรณ์การเกษตร ไม้สำหรับการหุงต้มอาหาร รวมทั้งเป็นสถานที่นันทนาการต่าง ๆ

ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพรรณไม้ในป่าแห่งนี้มีค่าน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการศึกษาที่ใช้สมการเดียวกันในป่าชุมชนบ้านหนองเต่า ซึ่งมีพื้นที่ใกล้เคียงกับป่าบริเวณนี้ไปทางทิศใต้ประมาณ 8 กิโลเมตร ที่แบ่งพื้นที่ออกเป็นป่าอนุรักษ์และใช้สอยพบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้เท่ากับ 6.19 และ 4.16 ตามลำดับ[9-10]

ปริมาณการกักเก็บน้ำในมวลชีวภาพพืชป่าที่เป็นไม้ยืนต้นนั้น ฤดูกาลมีผลเพียงเล็กน้อยต่อการกับเก็บน้ำ โดยพืชชนิดที่มีมวลชีวภาพและพื้นที่ของผิวมาก (ผิวลำต้น กินและใบ) ก็จะมีความสามารถในการกักเก็บน้ำไว้ได้มาก แต่มีความผันแปรไปตามชนิดและอายุไม้ เช่น ไม้หนุ่ม ไม้แก่ ไม้เนื้ออ่อน

และไม้เนื้อแข้ง ส่วนปริมาณน้ำที่เก็บเก็บในดินนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่างๆ เช่น ชนิดเนื้อดิน (Texture) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ความชื้นในดิน (Soil moisture) และอนุภาคดิน (Soil particle) เป็นต้น โดยดินเนื้อหยาบจะประกอบด้วยช่องว่างขนาดใหญ่ เนื่องจากอนุภาคดินมีขนาดใหญ่แต่จะมีสัดส่วนของช่องขนาดเล็กน้อยดินเนื้อหยาบจึงระบายน้ำและอากาศดีแต่อุ้มน้ำได้น้อย ตรงกันข้ามกับดินเนื้อละเอียดจะมีช่องขนาดใหญ่เป็นสัดส่วนที่น้อย เนื่องจากอนุภาคดินมีขนาดเล็ก แต่จะมีสัดส่วนของช่องขนาดเล็กอยู่มาก ดินเนื้อละเอียดจึงระบายน้ำและอากาศไม่ดีแต่อุ้มน้ำได้มาก หรับดินเนื้อปานกลางจะมีสัดส่วนของช่องขนาดใหญ่ต่ำกว่าดินเนื้อหยาบแต่สูงกว่าดินเนื้อละเอียดจึงระบายน้ำและอากาศได้ปานกลาง นอกจากนี้ดินเนื้อปานกลางมีช่องขนาดเล็ก (micro pores) ค่อนข้างมากและมีช่องเล็กที่เหลือ (residual pores) ค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับดินเนื้อละเอียด ดังนั้นช่องบรรจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (storage pores) ของดินเนื้อปานกลางจึงมากกว่าดินเนื้อละเอียด รวมทั้งมากกว่าดินเนื้อหยาบด้วย[11] ส่วนฤดูกาลนั้นเกี่ยวข้องกับปริมาณน้ำฝนและความร้อนของแต่ละปี ซึ่งหากปีใดมีปริมาณฝนที่ตกในพื้นที่มากและระยะเวลานาน ก็ทำให้ดินสามารถกักเก็บน้ำจากการอุ้มน้ำในดินได้มากและหากปีใดมีอุณหภูมิร้อนมากก็ส่งผลต่อการคายระเหยของน้ำ ทำให้สูญเสียน้ำจากดินได้เร็ว

การศึกษาในลักษณะนี้ในพื้นที่อื่นๆ มีการรายงานคือ Suwanwong[12] ศึกษาศักยภาพการสะสมน้ำในระบบนิเวศในวนเกษตรป่าเมี่ยง ซึ่งเป็นป่าดิบเขาที่ชุ่มชื้น พื้นที่ 1 และ 2 อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ พบว่ามีการสะสมน้ำในระบบนิเวศเท่ากับ 9569.23 และ 9416.73 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ

สำหรับในระบบนิเวศป่าปลูกนั้น Sumanochitraporn[13] ศึกษาการสะสมน้ำในระบบนิเวศป่าไม้สักที่มีอายุ 22 ปี บริเวณโครงการพัฒนาดอยตุง อันเนื่องมาจากพระราชดำริของสมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี จังหวัดเชียงราย พบว่าสามารถสะสมได้ถึง 7383.06 m^3 ha^{-1} โดยแยกสะสมในมวลชีวภาพและในดินเท่ากับ 298.25 และ 7084.81 m^3 ha^{-1} ตามลำดับ ซึ่งพบว่าพื้นที่ทั้ง 2 แห่งมีปริมาณการกักเก็บน้ำมากกว่าในพื้นที่ศึกษาถึง 2 เท่า แต่ปริมาณการกักเก็บน้ำในมวลชีวภาพมีแนวโน้มเดียวกัน

สำหรับปริมาณน้ำที่กักเก็บไว้ในมวลชีวภาพพืชและในดินถือได้ว่าเป็นธนาคารน้ำในพื้นที่ ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้นในบรรยากาศและในดิน ดังนั้นเกษตรกรผู้ปลูกข้าวที่ใช้ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมในพื้นที่ ควรจะช่วยกันอนุรักษ์ป่าไม้บริเวณนี้ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าที่เป็นรอยต่อระหว่างพื้นที่ปลูกข้าวกับป่าชุมชนบริเวณเชิงเขาไม่ให้มีความเสื่อมโทรมลงและควรมีการปลูกต้นไม้ทดแทนหรือทำการเกษตรแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น การทำคูรับน้ำตามขอบเขา คันดิน ฝายชะลอน้ำ สำหรับการเกษตรในพื้นที่ควรจัดการระบบการปลูกพืชโดยวิธีพืช เช่น การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชหมุนเวียนและควรกักเก็บน้ำไว้ใช้ นำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อให้คงอยู่และยั่งยืนต่อไป

Table 5 Capacities of water storage in the forest ecosystems

Seasons	Water storage in ecosystem (m^3 ha^{-1})				
	Plant biomass	%	Soil	%	Ecosystem
Cold	258.15	13.92	1,596.78*	86.08	1,854.93
		7.80	3,053.32**	92.20	3,311.47
Hot	276.86	27.73	721.49*	72.27	998.35
		16.17	1,435.16**	83.83	1,712.02
Rainy	297.29	12.02	2,176.29*	87.98	2,473.58
		6.96	3,971.92**	93.04	4,269.21
Average	277.43		1,498.19*		1,775.62
			2,820.13**		3,097.57

Remark: * = 1 meter soil depth, ** = 2 meter soil depth

เอกสารอ้างอิง

1. Kimmins, JP. Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 1996.
2. Hunter, ML. Fundamentals of Conservation Biology. Blackwell Science, Inc., 2002.
3. Chang, M. Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests. Taylor and Francis Group, 2006.
4. Krebs, CJ. The Ecological World View, CSIRO publishing, Australia, 2008.
5. Tsutsumi, T., Yoda, K., Dhanmanonda P. and Prachaiyo B. Chapter 3. Forest: Felling, burning and regeneration. In Shifting Cultivation: An experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand and its implications for upland farming in the monsoon tropics. K. Kuma & C. Pairintra (eds.) Kyoto University, Japan, 1983.
6. Israelson, OW., West, FL. Water holding capacity of irrigated soils. Utah State Agricultural Experiment Station Bull. 183: 1–24; 1922.
7. Khamyong, S., Seeloy-ounkaew, T., Anongrak, N. & Sri-ngernyuang, K. Water storages in plants and soils in two community forests of Karen tribe, Northern Thailand. Tropics 23: 111-125; 2014.
8. Veihmeyer, FJ., Hendrickson, AH. The moisture equivalent as a measure of the field capacity of soils. Soil Science. 32 (3): 181–193; 1931.
9. ฐปรัฏฐ์ สีลอยอุ่นแก้ว สุนทร คำยอง และ นิวัติ อนงค์รักษ์. ศักยภาพการสะสมฟอสฟอรัสในระบบนิเวศป่าชุมชนบ้านหนองเต่า อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ. 2556; 36 (4) 493-502
10. Seeloy-ounkaew, T. Khamyong, S., and Anongrak, N. Differences in Plant Diversity, Forest Conditions and Carbon Stocks in Highland Community Forests of Karen Tribe, Northern Thailand. *In* the Proceeding of The 1st ASEAN Plus Three Graduate Research Congress (AGRC 2012). 1-2 March 2012. The Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand; 2012.
11. คณาจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2544.
12. Suwanwong, W., Khamyong, S., and Anongrak, N. Potential of Water Storage in a Highland Tea-based Agroforest Ecosystem in Mae Taeng District, Chiang Mai Province. *In* the Proceeding of International Graduate Conference (IGRC 2013). 20 December 2013. The Empress convention, the Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand; 2013.
13. Sumanochitraporn, S. Khamyong, S. and Anongrak, N. Roles of a Teak Plantation on Water Storage under the Doi Tung Reforestation Royal Project, Chiang Rai Province, Northern Thailand. *In* the Proceeding of International Graduate Conference (IGRC 2013). 20 December 2013. The Empress convention, the Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand; 2013.