นิพนธ์ต้นฉบับ

# การเปรียบเทียบการงอกของเมล็ดไม้ต่างถิ่น และไม้พื้นเมือง 8 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นของความเค็มที่ต่างกัน

# Germination Comparison of Eight Exotic and Native Forest Tree Species at Different Salt Concentration Levels

**ยงเกียรติ กุออ** **Yongkriat Ku-or**
**นิสา เหล็กสูงเนิน*** **Nisa Leksungnoen***

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: ffornsl@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 23 มีนาคม 2561 รับลงพิมพ์ 3 พฤษภาคม 2561

## ABSTRACT

Salt-affected areas are problem worldwide and Thailand is not exceptional. Salinity tolerant trees with deep root system can control the level of salty water table to be as deep as the root zone and not coming up to the soil surface. Plant growth and development begin with germination which is an important process especially at salt-affected areas. Therefore, this study aimed at comparing the germination percentage and salt tolerant ability in seeds of 8 tree species including *Acacia* mangium*, Leucaena leucocephala, Xylia xylocarpa, Buchanania siamensis, Peltophorum dasyrachis, Albizia lebbeck, Dalbergia cochinchinensis* and *Eucalyptus camaldulensis* under sodium chloride solution at 0, 4, 8, 16, 25 and 40 dS/m. Completely randomized design with 4 replications of each species and salt levels was conducted. Seeds were considered to germinate when their roots were exposed to the naked eye. Seed germination was counted daily for 30 days. When salt levels increased, total seed germination percentage decreased while the day to germinate increased. Most seeds germinated well at salinity level less than 16 dS/m. *E. camaldulensis* germinated the highest with value of 73.67% following by *A. mangium* and *D. cochinchinensis* with the values of 65.50% and 59.33% respectively. Most species required about 2 - 15 days to germinate. However, when salt concentrations were at 40 dS/m, seeds required 2 - 5 times to germinate. Salinity concentration that reduced germination by 50% ($EC_{50}$) was used to indicate the most salt tolerant seeds which *A. mangium*, (30.86 dS/m), *B. siamensis* (26.37 dS/m) and *Albizia lebbeak* were the most salt tolerant in this study.

**Keywords:** Saline soil, Seed Germination, electrical conductivity that reduced germination by 50% ($EC_{50}$)

## บทคัดย่อ

ดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญทั่วโลกไม่เว้นแม้แต่ประเทศไทย ซึ่งพืชทนเค็มที่มีระบบรากลึกเช่นไม้ยืนต้นสามารถช่วยควบคุมระดับน้ำเค็มที่อยู่ใต้ดินไม่ให้ขึ้นมาอยู่ที่ระดับพื้นผิวดิน โดยการเจริญเติบโตของพืชเริ่มต้นจากกระบวนการงอก ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่ความเค็มสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอัตราการงอก และความสามารถในการทนเค็มของเมล็ดไม้ 8 ชนิด ได้แก่ กระถินเทพา กระถินยักษ์ แดง ธนนไชย นนทรีป่า พฤกษ์ พะยูง และยูคาลิปตัส ภายใต้สารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ 0, 4, 8, 16, 25 และ 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยเป็นแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มีจำนวน 4 ซ้ำในแต่ละชนิดและระดับของเกลือ เมล็ดจัดว่างอกเมื่อพบรากแทงออกมาให้เห็นด้วยตาเปล่า เก็บข้อมูลการงอกทุกวันเป็นเวลา 30 วัน พบว่าเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น ร้อยละการงอกรวมของเมล็ดลดลง แต่ระยะเวลาในการงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น เมล็ดส่วนใหญ่งอกได้ดีที่ระดับความเค็มน้อยกว่า 16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมล็ดที่มีร้อยละการงอกเฉลี่ยรวมทุกความเข้มข้นสูงที่สุด คือ เมล็ดยูคาลิปตัส โดยมีค่าที่อยู่ร้อยละ 73.67 รองลงมาได้แก่ กระถินเทพา ร้อยละ 65.50 และพะยูง ร้อยละ 59.33 เมล็ดส่วนใหญ่ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ยประมาณ 3 – 15 วัน แต่เมื่อความเค็มระดับที่ 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมล็ดใช้ระยะเวลาในการงอกเพิ่ม 2 – 5 เท่าของอัตราการงอกปกติ ค่าความเค็มที่ทำให้ร้อยละการงอกของเมล็ดลดลงร้อยละ 50 ($EC_{50}$) ซึ่งค่าที่สูงแสดงถึงความทนเค็มของเมล็ดที่สูงตามไปด้วย โดยพบค่าสูงสุดในเมล็ดกระถินยักษ์ (30.86 เดซิเมนต์ต่อเมตร), ธนนไชย (26.37 เดซิเมนต์ต่อเมตร) และพฤกษ์ (25.67 เดซิเมนต์ต่อเมตร)


**คำสำคัญ:** ดินเค็ม การงอกของเมล็ด ค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงร้อยละ 50

## คำนำ

ดินเค็ม (Saline soil) คือ ดินที่ประกอบด้วยเกลือที่สามารถละลายน้ำได้ในปริมาณมากเกินไป ส่งผลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชมีอาการขาดน้ำ และมีปริมาณไอออนซึ่งเป็นพิษต่อพืชในปริมาณมากเกินไปส่งผลให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารที่สำคัญของพืช (United States Salinity Laboratory Staff, 1954) ปัจจุบันพื้นที่ดินเค็มในประเทศไทยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีประมาณ 17.8 ล้านไร่ (สมศรี, 2539) เนื่องจากการสลายตัวของหินชั้น (sedimentary rocks) ซึ่งเป็นหินอมเกลือในพื้นที่ส่งผลให้เกิดดินเค็มตามไปด้วย และมีแนวโน้มจะเพิ่มพื้นที่มากขึ้นเรื่อยๆ จนพืชทั่วไปไม่สามารถทนสภาพความเค็มในพื้นที่ได้ ทำให้พื้นที่ถูกทิ้งร้างว่างเปล่าไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามยังมีพืชบางชนิดที่สามารถปรับตัวทนทานต่อดินเค็ม และสามารถเจริญเติบโตในพื้นที่ได้ เช่น ธนนไชย (*Buchanania siamensis*) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) ยางกราด (*Dipterocarpus intricatus*) หนามพุงดอ (*Azima sarmentosa*) หนามแดง (*Gymnosporia mekongensis*) กระโดน (*Careya sphaerica*) กระถินพิมาน (*Acacia harmandiana*) สะเดา (*Azadirachta indica*) สะแกนา (*Combretum quadrangulare*) กก (*Fimbristylis ferrunea*) และหญ้าอีกหลายชนิด (นิสา, 2549; Leksungnoen, 2017) การศึกษาการงอกของพรรณไม้เหล่านี้ภายใต้สภาพเค็มยังมีการศึกษาไม่มากนัก โดย Leksungnoen *et al.* (2016) ได้ทำการศึกษาอัตราการงอกของเมล็ดธนนไชย (*B. siamensis*) พบว่าเมล็ดมีร้อยละการงอกอยู่ระหว่างร้อยละ 60 – 80 ที่ระดับความเข้มข้นของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ 35 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการรอดตายในพืชจำพวกไม้ล้มลุกได้แก่ ผักเบี้ยทะเล (*Sesuvium potulacustrum*), หญ้าเปลือกกระเทียมทราย (*Fimbristylis acuminata*), แพงพวยทะเล (*Jussiaca repems*), กก (*F. ferrunea*), และ ผักปู่งทะเล (*Ipomea pes-carpae*) ภายใต้ระดับความเข้มข้นของเกลือที่ 0, 16, 31, 47 และ 63 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร พบว่าพืชพื้นเมืองทั้ง 6 ชนิด รอดตายทั้งหมดที่ระดับความเข้มข้น

ของเกลือที่ 0 – 16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แต่ไม่สามารถอยู่รอดได้ที่ระดับความเข้มข้นที่มากกว่า 47 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2527) ในส่วนของไม้ต้น เจษฎา และลัดดา (2530) ได้เปรียบเทียบไม้พื้นเมืองและไม้ต่างประเทศ ได้แก่ กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*), กระถินณรงค์ *(A. auriculiformis*), มะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*), สะแกนา (*C. quadrangulare*), สะเดา (*A. indica*) และยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส (*E. camaldulensis*) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส มีความสามารถในการทนเค็มได้สูงที่สุดที่ประมาณ 28 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

พรรณไม้ส่วนใหญ่ที่พบในพื้นที่ดินเค็มนี้เป็นพรรณไม้ที่พบได้ในป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ ซึ่งเป็นป่าส่วนใหญ่ในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ธวัชชัย, 2549) พื้นฐานของพรรณไม้เหล่านี้สามารถทนสภาพแล้งจัดได้ เนื่องจากป่าเต็งรังจะมีช่วงเวลา 3 – 4 เดือนที่อยู่ในสภาพแล้งจัด ส่งผลให้พืชมีการปรับตัวต่อความแห้งแล้ง Munns and Tester (2008) รายงานว่าพืชที่ทนแล้งและทนเค็มนั้นมีการตอบสนองที่คล้ายคลึงกัน เนื่องจากการที่ดินมีความเค็มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พลังงานศักย์ของน้ำในดินติดลบมากขึ้น ทำให้รากพืชดูดน้ำไปใช้ได้ยากขึ้น ดังนั้น พืชจึงแสดงอาการขาดน้ำ หรือที่เรียกว่า การขาดน้ำทางสรีรวิทยา (physiological drought) ดังนั้นไม้ในป่าเต็งรังที่ทนแล้งได้จึงมีแนวโน้มที่จะมีการทนเค็มได้ด้วย (Leksungnoen *et al.,* 2014) โดยเมล็ดไม้ป่าทนแล้งโดยส่วนใหญ่พบในวงศ์ Fabaceae เช่น แดง (*Xylia xylocarpa*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) ชิงชัน (*Dalbergia oliveri*) มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*) พฤกษ์ (*Albizia lebbeck*) กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata*) กางขี้มอด (*Albizia odoratissima*) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens*) ทองกวาว (*Butea monosperma*) นนทรีป่า (*Peltophorum dasyrachis*) เสี้ยวป่า (*Bauhinia saccocalyx*) มะกล่ำต้น (*Adenanthera pavonina*) ฯลฯ

การงอกถือเป็นระยะที่เป็นจุดเริ่มต้นของพัฒนาการของต้นอ่อน (ISTA, 2017) ซึ่งเป็นระยะที่สำคัญเริ่มแรกในการเติบโตของพืช ซึ่งหากพืชต้องการสืบต่อพันธุ์ในพื้นที่ การงอกเป็นระยะที่สำคัญที่สุดที่เมล็ดจำเป็นต้องงอกได้ภายใต้สภาพดินที่เค็ม ซึ่งปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญที่สมควรได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วนเพื่อตอบสนองต่อจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและต้องการที่ทำกิน โดยการศึกษาในครั้งนี้มุ่งเน้นทดสอบเมล็ดไม้ป่ายืนต้นที่มีความสามารถในการทนเค็มระดับสูง เพื่อจะนำไปใช้ปลูกในพื้นที่ดินเค็ม ซึ่งข้อมูลการงอกของเมล็ดไม้ป่าในสภาพเค็มในประเทศไทยยังมีอยู่น้อยมาก การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อการเลือกพืชเพื่อปลูกปรับปรุงพื้นที่ในอนาคต ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการงอกของเมล็ด 8 ชนิด ได้แก่ เมล็ดธนนไชย (*Buchanania siamensis*) ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) กระถินเทพา (*Acacia mangium*) กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) พฤกษ์ (*Albizia lebbeck*) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) แดง (*Xylia xylocarpa*) และนนทรีป่า (*Peltophorum dasyrachis*) ที่ระดับความเค็มของเกลือโซเดียมคลอไรด์ 6 ระดับ ได้แก่ 0, 4, 8, 16, 25 และ 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร

## อุปกรณ์ และวิธีการ

### การจัดหาเมล็ด

เมล็ดพันธุ์ไม้ยืนต้นในการศึกษาทดลอง 7 ชนิด ได้แก่ ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis*) กระถินเทพา (*Acacia mangium*) กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*) พฤกษ์ (*Albizia lebbeck*) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis*) แดง (*Xylia xylocarpa*) และนนทรีป่า (*Peltophorum dasyrachis*) ได้รับการอนุเคราะห์จากหน่วยงานงานวิจัยและจัดการเมล็ดพันธุ์ไม้ป่า กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ส่วนเมล็ดธนนไชย ทำการเก็บจากพื้นที่ดินเค็มอำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา โดยเมล็ดที่ทำการทดสอบนั้นพยายามเลือกปีที่เก็บที่ใกล้เคียงกันที่สุดเพื่อลดความผันแปรของอายุเมล็ด โดยข้อมูลเมล็ดที่จัดหามาได้แสดงดัง Table 1 โดยเมล็ดที่เลือกมานี้เป็นชนิดที่มีรายงานว่ามีความทนเค็มและทนแล้งได้ดี และยังพบขึ้นอยู่ทั่วไปในป่าเต็งรัง ซึ่งสภาพ

ทางนิเวศวิทยามีฤดูแล้งยาวนานมากกว่า 4 เดือนต่อปี ทำให้ต้นไม้ส่วนใหญ่มีการปรับตัวให้ทนต่อสภาพแห้งแล้งได้ยาวนาน (ธวัชชัย, 2549) โดยการศึกษาครั้งนี้เริ่มทำการทดลองตั้งแต่วันที่ 30 กันยายน 2560 ถึงวันที่ 28 ตุลาคม 2560

**Table 1** Sources and harvested year of 8 tree-species seeds.

| Thai name | Scientific name | Family | Place (province) | Year |
|---|---|---|---|---|
| กระถินเทพา | *Acacia mangium* | Fabaceae | Surat Thani | 2015 |
| กระถินยักษ์ | *Leucaena leucocephala* | Fabaceae | Phayao | 2014 |
| แดง | *Xylia xylocarpa* | Fabaceae | Surin | 2016 |
| นนทรีป่า | *Peltophorum dasyrachis* | Fabaceae | Kamphaeng Phet | 2014 |
| พฤกษ์ | *Albizia lebbeck* | Fabaceae | Phitsanulok | 2015 |
| พะยูง | *Dalbergia cochinchinensis* | Fabaceae | Nakhon Ratchasima | 2015 |
| ธนนไชย | *Buchanania siamensis* | Anacardiaceae | Nakhon Ratchasima | 2017 |
| ยูคาลิปตัส | *Eucalyptus camaldulensis* | Myrtaceae | Surin | 1999 |

## ลักษณะทั่วไปของเมล็ด

ในการศึกษาครั้งนี้ ลักษณะทั่วไปของเมล็ดที่ทำการศึกษาได้แก่ ขนาด รูปร่าง สี และวัดความชื้นของเมล็ด แสดงใน Table 2 โดยสุ่มเมล็ด 100 เมล็ดในแต่ละชนิดเพื่อทำการวัดความกว้างและความยาวของเมล็ดด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ (ยี่ห้อ AND รุ่น AD5763-150) ยกเว้นเมล็ดยูคาลิปตัสซึ่งมีขนาดเล็กมากจึงไม่มีการวัดขนาด นอกจากนี้ ได้ทำการวัดความชื้นของเมล็ดตามวิธีมาตรฐานของ International Seed Test Association (ISTA) (2017) โดยสุ่มเมล็ดจำนวน 100 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำในแต่ละชนิด โดยเมล็ดมีเปลือกแข็ง ได้แก่ เมล็ดธนนไชย กระถินยักษ์ กระถินเทพา แดง พฤกษ์ และนนทรีป่า ให้ทำการทุบให้แตกเพื่อให้เกิดช่องว่างให้อากาศออกมาได้ (ไม่จำเป็นต้องทุบให้ละเอียด) แต่หากเมล็ดที่เปลือกไม่แข็ง ได้แก่ เมล็ดยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส และพะยูง ให้ทำการศึกษาโดยไม่ต้องทุบเมล็ด จากนั้นทำการชั่งน้ำหนักเมล็ด (น้ำหนักก่อนอบ) ด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยม 3 ตำแหน่ง (ยี่ห้อ Precisa รุ่น XT 620M) จากนั้นนำเมล็ดไปอบที่อุณหภูมิ 103 $\pm$ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 $\pm$ 1 ชั่วโมง เมื่อทำการอบเสร็จแล้วให้ทำการชั่งน้ำหนักหลังอบทันที (น้ำหนักหลังอบ) และนำมาคำนวณความชื้นในเมล็ดโดยเป็นความชื้นเทียบกับน้ำหนักสด (wet basis)

$$\text{ร้อยละความชื้นเมล็ด} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)}} \times 100$$

## การทดสอบการงอกของเมล็ด

เตรียมเมล็ดจำนวน 25 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ในแต่ละชนิด ใส่ในกล่องพลาสติก (ขนาดกว้าง 12 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร ลึก 5 เซนติเมตร) ที่รองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 (Whatman®qualitative filter paper, grade 1, GE Healthcare Bio-Science, Pittsburgh, PA, USA) จากนั้นใส่สารละลายที่ระดับความเค็ม 0, 4, 8, 16, 25 และ 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณ 25 มิลลิลิตร โดยการเตรียมสารละลายทำโดยผสมเกลือโซเดียมคลอไรด์กับน้ำ จากนั้นวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity meter,EC210, Extech Instruments Inc., Nahua, NH, USA) และปรับค่าการนำไฟฟ้าให้ตรงตามระดับที่ต้องการ โดยค่าการนำไฟฟ้าที่เลือกมาใช้ในการทดลองในครั้งนี้อ้างอิงมาจากค่าที่ส่งผลต่อการเติบโตของพืช (สมศรี, 2539) และค่าสูงสุดที่ 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เป็นค่าความเค็มเฉลี่ยของดินเค็มในพื้นที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือจากการศึกษา

ของ Leksungnoen (2017) ซึ่งเป็นค่าความเค็มที่เมล็ดนั้นต้องงอกในพื้นที่จริง จากนั้นนำกล่องมาเก็บไว้ในตู้ควบคุมการเติบโต (growth chamber) ที่ควบคุมอุณหภูมิที่ 25 ± 3 องศาเซลเซียส และความชื้นประมาณร้อยละ 70 – 80 โดยที่ไม่ได้รับแสงตลอดการทดลอง (30 วัน) ทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอกทุกวัน โดยเมล็ดที่ถือว่างอก คือเมล็ดที่แสดงส่วนปลายรากให้เห็นชัดเจนได้ด้วยตาเปล่า ทำการศึกษาเป็นเวลา 30 วัน คำนวณร้อยละการงอกสะสมในแต่ละวัน และร้อยละของการงอกสะสมรวมเมื่อครบเวลา 30 วัน

### ค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงร้อยละ 50 (Electrical conductivity that caused germination reduction by 50%: $EC_{50}$)

ค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงร้อยละ 50 ($EC_{50}$) นำมาใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถในการทนเค็มของเมล็ดไม้ป่ายืนต้นทั้ง 8 ชนิดในการศึกษาทดลองครั้งนี้ โดยค่า $EC_{50}$ ที่สูงหมายถึงเมล็ดพืชชนิดนั้นสามารถงอกได้ในระดับความเค็มของเกลือที่สูงก่อนที่การงอกจะลดลงครึ่งหนึ่งของเมล็ดที่งอกได้ทั้งหมด ซึ่งถือว่าเป็นชนิดที่เมล็ดมีความทนเค็มสูง โดยคำนวณร้อยละการงอกสูงสุดของเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้น 0, 4, 8, 16, 25 และ 40 dS/m จากนั้นนำข้อมูลมาหาความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างการงอก (แกน Y) และระดับความเค็ม (แกน X) จากนั้นหาค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงเป็นร้อยละ 50 จากสมการเชิงเส้นที่ได้

### การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ทางสถิติในการศึกษาครั้งนี้เน้นการเปรียบเทียบการงอกในแต่ละระดับความเค็มในพืชแต่ละชนิด จึงเป็นการการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD) ที่มีระดับปัจจัย 6 ระดับ (ระดับความเค็ม) และมีจำนวนซ้ำ 4 ซ้ำ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความแตกต่างรายคู่ด้วยวิธี Least Square Difference (LSD) เพื่อหาความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยโปรแกรม R และเปรียบเทียบการทนเค็มของเมล็ดทั้ง 8 ชนิดด้วยค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงร้อยละ 50

## ผลและวิจารณ์

### ลักษณะทั่วไปของเมล็ด

ลักษณะของเมล็ดไม้ยืนต้นที่ทำการศึกษา ทั้ง 8 ชนิด โดยเมล็ดส่วนใหญ่มีรูปร่างกลม แบนรีหรือยาวรี ซึ่งมีเพียงเมล็ดพะยูงที่เป็นรูปร่างแบบไตแบน เมล็ดยูคาลิปตัสมีรูปร่างแบบหลายเหลี่ยม และเมล็ดธนนไชยซึ่งมีรูปร่างแบบรูปหัวใจ สีของเมล็ดส่วนใหญ่เป็นสีเหลือง ถึงน้ำตาล ซึ่งมีเพียงเมล็ดกระถินเทพาที่มีสีของเมล็ดเป็นสีดำ ผิวของเมล็ดโดยส่วนใหญ่เป็นลักษณะผิวเรียบและมันวาวมีเพียงเมล็ดธนนไชยที่มีลักษณะแบบขรุขระ เมล็ดแดงมีขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีความยาว 11.2 – 16.9 มม. และกว้าง 6.4 – 12.4 มม. ในขณะที่เมล็ดธนนไชยมีน้ำหนักมากที่สุด 8.85 ± 0.50 กรัม ส่วนเมล็ดยูคาลิปตัสเป็นเมล็ดที่มีขนาดเล็กและน้ำหนักเบาที่สุด เมล็ดที่ทำการศึกษาโดยส่วนใหญ่มีร้อยละความชื้นที่ประมาณร้อยละ 6 – 14 โดยเมล็ดกระถินเทพาซึ่งมีความชื้นของเมล็ดต่ำที่สุดที่ร้อยละ 5.81 ± 2.84 ในขณะที่เมล็ดพฤกษ์มีค่าเฉลี่ยความชื้นสูงที่สุดที่ร้อยละ 14.42 ± 0.22 ดังแสดงใน Table 2 และ Figure 1

**Table 2** Seed characteristics including size, shape, color and moisture content with the mean ± standard deviation (SD). Seeds in all species are epigeousgermination which the hypocotyl elongates and brings the cotyledons up above the ground.

| Scientific name | Size (mm) ± SD [Range] | | Shape | Color | Weight (g/100 seeds) | Moisture (%) ± SD |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Length | Width | | | | |
| *Acacia mangium* | ( 3.83 ±0.50 )$^{f*}$ [ 2.8 - 5.1 ] | ( 2.40 ±0.29 )$^{g}$ [ 1.5 - 3 ] | Elliptic | Black | 0.25 ± 0.02$^{h}$ | 5.81 ± 2.84$^{c}$ |
| *Leucaena leucocephala* | ( 8.97 ±0.68 )$^{d}$ [ 7.2 - 11 ] | ( 5.65 ±0.70 )$^{d}$ [ 4.3 - 8 ] | Elliptic | Brown | 1.50 ± 0.05$^{e}$ | 9.54 ± 0.15$^{bc}$ |
| *Xylia xylocarpa* | ( 13.82 ±1.21 )$^{a}$ [ 11.2 - 16.9 ] | ( 9.43 ±1.12 )$^{b}$ [ 6.4 - 12.4 ] | Elliptic | Brown | 5.84 ± 0.27$^{b}$ | 12.01 ± 0.51$^{ab}$ |
| *Peltophorum dasyrachis* | ( 9.59 ±0.71 )$^{bc}$ [ 7.3 - 11.1 ] | 3.55 (±0.35 )$^{f}$ [ 2.4 - 4.9 ] | Oblong | Yellow-Brown | 1.12 ± 0.01$^{f}$ | 11.35 ± 0.79$^{ab}$ |
| *Albizia lebbeck* | ( 9.44 ±0.93 )$^{c}$ [ 7.4 - 11.9 ] | ( 7.03 ±0.46 )$^{c}$ [ 5.7 - 7.9 ] | Elliptic | Yellow-Brown | 2.93 ± 0.15$^{c}$ | 14.42 ± 0.22$^{a}$ |
| *Dalbergia cochinchinensis* | ( 6.95 ± 0.60 )$^{e}$ [ 3.7 - 8.2 ] | 3.90 (±3.38 )$^{e}$ [ 3 - 4.9 ] | Kidney | Yellow-Brown | 0.58 ± 0.04$^{g}$ | 13.45 ± 0.50$^{a}$ |
| *Buchanania siamensis* | ( 9.68 ±1.16 )$^{b}$ [ 6.8 - 12.1 ] | ( 10.45 ±1.09 )$^{a}$ [ 8.1 - 12.7 ] | Heart | Yellow-Brown | 8.85 ± 0.50$^{a}$ | 9.40 ± 0.22$^{bc}$ |
| *Eucalyptus camaldulensis* | _ | _ | Polygon | Yellow-Brown | - | ± 0.79$^{ab}$ |

**Remarks:** *The different letters in the column are statistic difference in mean of size and moisture at the significant level of 0.05. ** No available data

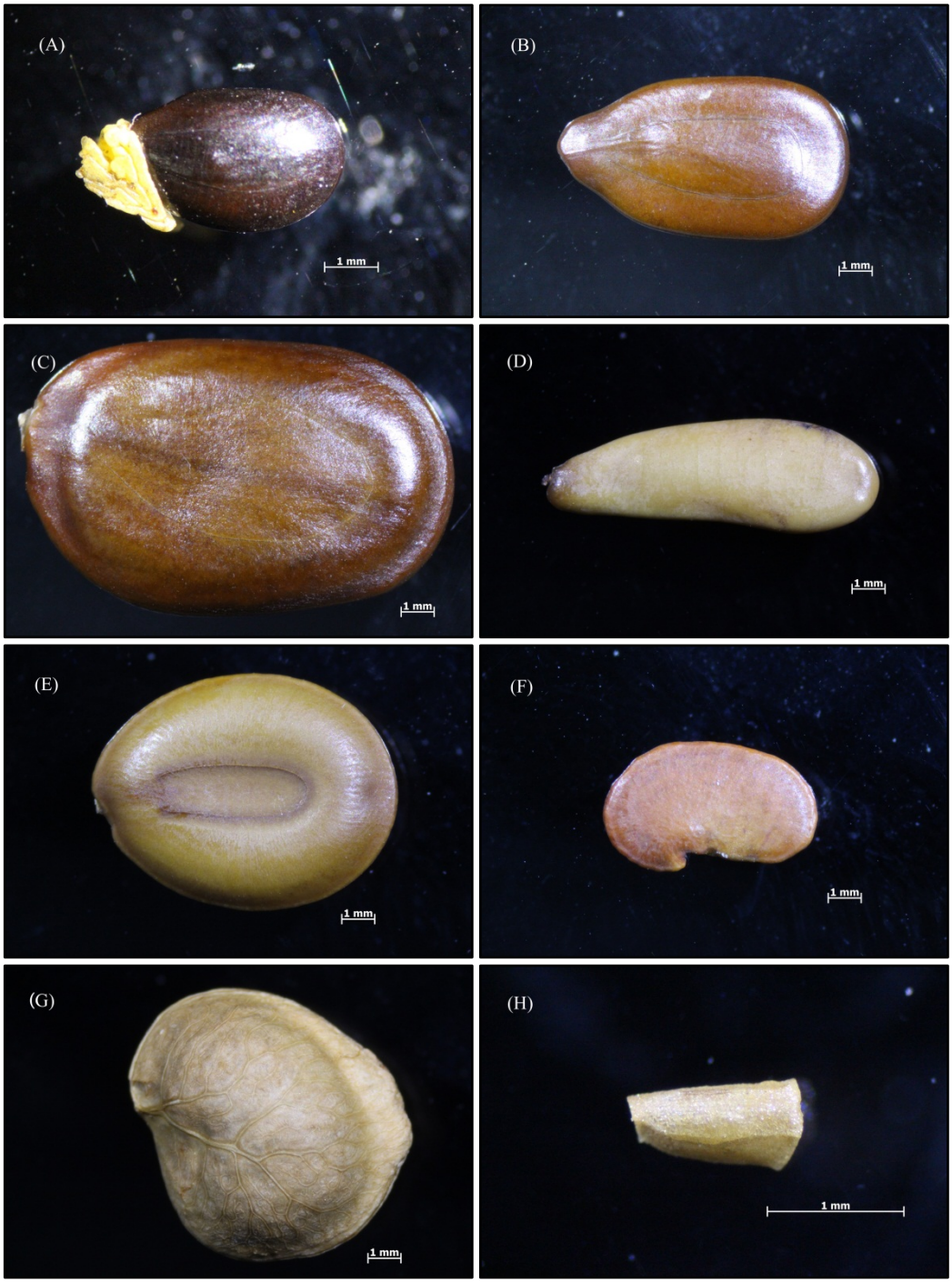



**Figure 1** Seeds under stereoscope (scale of 1 mm in each bar) of (A) *Acaciamangium*, (B) *Leucaenaleucocephala*, (C) *Xyliaxylocarpa*, (D) *Peltophorumdasyrachis*, (E) *Albizialebbek*, (F) *Dalbergiacochinchinensis*, (G) *Buchananiasiamensis*, and (H) *Eucalyptus camaldulens*

**การทดสอบการงอกของเมล็ด**

จากการศึกษาการเปรียบเทียบการงอกของเมล็ด 8 ชนิดในสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์ พบว่าจำนวนเมล็ดที่งอกได้ทั้งหมดลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มสูงขึ้น และในขณะเดียวกันเมล็ดใช้เวลานานขึ้นในการเริ่มงอกเมื่อความเค็มเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลจากความเข้มข้นของเกลือทำให้อัตราการดูดน้ำลดลง ทำให้ความเร็วในการงอกลดลงตามไปด้วย (Table 3) โดยเมื่อคำนวณการงอกรวมทุกระดับความเค็มในแต่ละชนิด พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญตามลำดับดังนี้ ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส > กระถินยักษ์ > กระถินเทพา = พะยูง > พฤกษ์ = ธนนไชย > แดง > นนทรีป่า เมล็ดทุกชนิดสามารถงอกได้ดีที่ระดับความเค็มสูงถึง 8 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยมีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้รับความเค็ม (Table 3) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มขึ้นอีกเท่าตัวเป็น 16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เมล็ดส่วนใหญ่ยังมีการงอกที่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้รับความเค็ม ยกเว้นเมล็ดยูคาลิปตัส และกระถินเทพา ที่การงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม (Table 3) แต่อย่างไรก็ตามแม้จะมีการงอกที่ลดลง แต่เมล็ดยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสยังมีการงอกสูงสุดที่ระดับ 16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร คืองอกประมาณร้อยละ 91 รองลงมาได้แก่เมล็ดกระถินยักษ์ พะยูง และพฤกษ์ ซึ่งมีการงอกที่ร้อยละ 79, 69 และ 67 ตามลำดับ

**Table 3** Mean total germination rate percentage (GRP (%)) of 8 tree-species seeds under 6 salinity concentrations as measured by electrical conductivity (EC) with the unit of desiSemen per meter (dS/m)

| Species | EC (dS/m) | GRP (%) | Species | EC (dS/m) | GRP (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Acacia mangium* | 0 | 78 ± 5.16[a]* | *Albizia lebbeck* | 0 | 59 ± 13.22[a] |
| | 4 | 81 ± 10.00[a] | | 4 | 58 ± 12.00[a] |
| | 8 | 82 ± 10.58[a] | | 8 | 61 ± 8.87[a] |
| | 16 | 56 ± 16.97[b] | | 16 | 67 ± 6.83[a] |
| | 25 | 47 ± 18.58[b] | | 25 | 36 ± 20.37[b] |
| | 40 | 0[c] | | 40 | 3 ± 3.83[c] |
| *Leucaena leucocephala* | 0 | 87 ± 3.83[a] | *Dalbergia cochinchinensis* | 0 | 79 ± 13.61[a] |
| | 4 | 71 ± 13.22[ab] | | 4 | 75 ± 15.45[a] |
| | 8 | 81 ± 3.83[ab] | | 8 | 82 ± 9.52[a] |
| | 16 | 78 ± 10.58[ab] | | 16 | 69 ± 19.97[a] |
| | 25 | 69 ± 18.58[b] | | 25 | 19 ± 10.52[b] |
| | 40 | 7 ± 6.00[c] | | 40 | 2 ± 4.00[b] |
| *Xylia xylocarpa* | 0 | 39 ± 8.87[a] | *Buchanania siamensis* | 0 | 56 ± 20.13[a] |
| | 4 | 49 ± 17.40[a] | | 4 | 54 ± 7.66[a] |
| | 8 | 35 ± 10.00[ab] | | 8 | 62 ± 6.93[a] |
| | 16 | 40 ± 18.18[a] | | 16 | 52 ± 11.31[a] |
| | 25 | 20 ± 6.53[b] | | 25 | 35 ± 11.02[b] |
| | 40 | 1 ± 2.00[c] | | 40 | 0[c] |
| *Peltophorum dasyrachis* | 0 | 5 ± 6.00[a] | *Eucalyptus camaldulensis* | 0 | 100 ± 0[a] |
| | 4 | 6 ± 7.66[a] | | 4 | 100 ± 0[a] |
| | 8 | 7 ± 3.83[a] | | 8 | 100 ± 0[a] |
| | 16 | 7 ± 5.03[a] | | 16 | 91 ± 8.25[b] |
| | 25 | 2 ± 2.31[a] | | 25 | 45 ± 8.87[c] |
| | 40 | 0[a] | | 40 | 6 ± 5.16[d] |

**Remarks:***The different letters in the column of each species are statistic difference in mean of germination rate percentage under different salinity concentrations at a significant level of 0.05.

เมื่อระดับความเค็มเพิ่มสูงขึ้นเป็น 25 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งเป็นค่าใกล้เคียงค่าความเค็มเฉลี่ยของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในรอบปีที่ระดับความลึก 0 – 100 เซนติเมตร (Leksungnoen, 2017) เมล็ดส่วนใหญ่มีการงอกที่ลดลงอย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการงอกในกระถินยักษ์ กระถินเทพา ยูคาลิปตัส พฤกษ์ และธนนไชย ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ถือว่าสูง (สูงกว่าร้อยละ 30) โดยมีการงอกที่ร้อยละ 69, 49, 45, 36, และ 35 ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดเหล่านี้จัดเป็นเมล็ดที่ทนเค็มระดับสูงมาก ซึ่งกระถินยักษ์ กระถินเทพาและพฤกษ์นั้นเป็นพืชทนแล้งได้ดี ส่วนยูคาลิปตัสและธนนไชยนั้นเป็นชนิดที่มีการรายงานว่าทนเค็ม (Leksungnoen *et al*., 2014; Leksungnoen, 2017) ซึ่งพืชเหล่านี้ควรมีการศึกษาถึงการตั้งตัวหลังจากเมล็ดงอกในสภาพเค็มจัดเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาปลูกเพื่อฟื้นฟูสภาพดินเค็มต่อไป เมื่อความเค็มอยู่ที่ระดับ 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งเป็นความเค็มเฉลี่ยที่ผิวดินของดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (Leksungnoen, 2017) และมีค่าใกล้เคียงกับระดับความเค็มของน้ำทะเล ซึ่งตามธรรมชาติแล้วเมล็ดพืชจะตกลงบนผิวดินที่ความเค็มระดับนี้ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่ามีเมล็ดเพียง 5 ชนิดเท่านั้นที่สามารถงอกในความเค็มระดับนี้ ได้แก่ กระถินยักษ์ แดง พฤกษ์ พะยูง และยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิส แต่อย่างไรก็ตามเมล็ดที่งอกนั้นมีค่าต่ำ โดยมีการงอกน้อยกว่าร้อยละ 10 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าหากรอให้เกิดการทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่ดินเค็มจะเป็นไปได้ยาก เนื่องจากเมล็ดต้องงอกได้ในความเค็มระดับที่สูงเกินกว่าที่เมล็ดจะงอกได้ ดังนั้นวิธีการที่จะช่วยฟื้นฟูพื้นที่ได้คือการใช้พืชที่มีระบบรากแข็งแรงพอสมควรแล้ว และมีรากที่ยาวประมาณ 30 เซนติเมตร และนำลงปลูกโดยขุดหลุมให้ลึกประมาณ 50 เซนติเมตร เนื่องจากที่ระดับความลึกนี้ดินจะมีความเค็มน้อยที่สุด (Leksungnoen, 2017) ซึ่งชนิดที่จะนำมาปลูกนั้นต้องคำนึงถึงการทนเค็มเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการตอบแทนทางเศรษฐกิจอีกด้วย เพื่อให้ผู้ลงทุนปลูกได้รายได้ด้วย สมศรี (2539) ได้รายงานไว้ว่ายูคาลิปตัสสามารถทนเค็มได้สูงถึง 16 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งยูคาลิปตัสยังคงเป็นไม้เศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วที่มีรอบตัดฟันสั้นและมีกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนเหมือนไม้เศรษฐกิจที่มีอายุรอบตัดฟันนาน นอกจากนี้ พะยูง แดง และพฤกษ์เป็นไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้ที่ตลาดต่างประเทศต้องการ และมีราคาสูง เนื่องจากมีลักษณะเนื้อไม้สีสวยและเป็นไม้เนื้อแข็ง จึงนิยมนำไปแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ และยังมีการปลูกเป็นไม้มงคลตามความเชื่ออีกด้วย

นอกจากการงอกที่ลดลงแล้ว ความเข้มข้นของเกลือที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้เวลาในการงอกของเมล็ดช้าลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเมล็ดทุกชนิด ซึ่งเมล็ดโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ยประมาณ 2 - 15 วัน และพบว่าเมล็ดกระถินเทพา และกระถินยักษ์ใช้เวลาในการงอกเร็วที่สุดโดยใช้เวลาในการงอกประมาณ 2 - 6 วัน ในขณะที่นนทรีป่า และ ธนนใช้เวลาในการงอกนานที่สุดประมาณ 5 - 15 วัน ซึ่งเมล็ดทุกชนิดเมื่อได้รับระดับความเค็มเพิ่มขึ้นจนถึง 40 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร เวลาในการงอกเพิ่มขึ้นเป็น 2 – 5 เท่า จากเวลาที่ใช้ในการงอกปกติ (Figure 2)

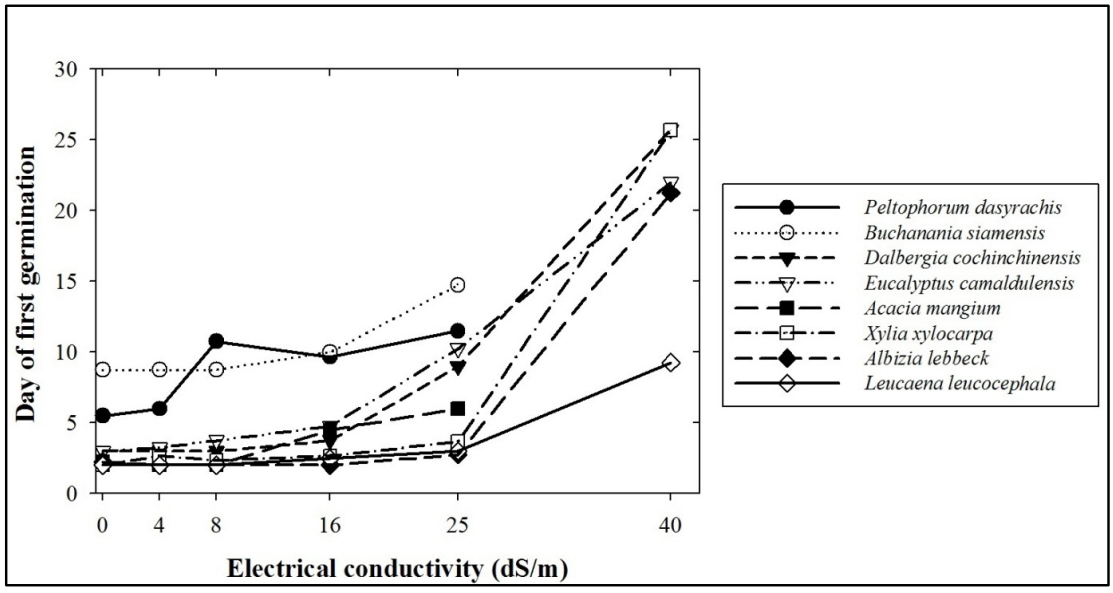



**Figure 2** Day of the first germination in8 tree species under6 salinity concentration levels (0, 4, 8, 16,25and 40 dS/m)

**ค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงร้อยละ 50 ($EC_{50}$)**

กระถินยักษ์ (*L. leucocephala*) มีค่า $EC_{50}$ สูงที่สุดที่ 30.86 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร สามารถทนเค็มได้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 8 ชนิด ซึ่งหมายถึงว่าระดับความเค็มต้องสูงประมาณ 31 เดซิซีเมนต์ต่อเมตรจึงจะส่งผลให้อัตราการงอกของเมล็ดกระถินยักษ์ลดลงไปเพียงครึ่งเดียว อีกทั้งกระถินยักษ์ยังมีการงอกในระดับที่สูงประมาณร้อยละ 69 – 87 ที่ระดับความเค็ม 0 – 25 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ในขณะที่ชนิดอื่นๆ มีค่า $EC_{50}$ อยู่ระหว่าง 23 – 26 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยนนทรีป่า (*P. dasyrachis*) มีค่า $EC_{50}$ น้อยที่สุด ที่ประมาณ 23 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (Table 4) แต่เมื่อพิจารณาการงอกแล้วพบว่านนทรีป่ามีการงอกที่ต่ำกว่าร้อยละ 10 ในทุกระดับความเค็ม แม้แต่ชุดควบคุมที่ไม่ได้รับเกลือยังมีร้อยละการงอกเพียงร้อยละ 6 เท่านั้น ซึ่งคาดว่าน่าจะมีสาเหตุมาจากอายุของเมล็ดนนทรีป่า เนื่องจากมีรายงานว่าเมล็ดนนทรีป่าเริ่มงอกและงอกได้มากที่สุด หลังจากเพาะเมล็ดประมาณ 1 สัปดาห์ถึง 2 สัปดาห์ และเมล็ดสามารถเก็บไว้ได้เพียงประมาณ 12 เดือน เท่านั้นก่อนที่การงอกของเมล็ดจะลดลงและจะไม่งอกเลย (สราวุธ, 2539) ซึ่งเมล็ดนนทรีป่าที่ทำการศึกษาในครั้งนี้มีอายุประมาณ 36 เดือน (Table 1) ซึ่งเมล็ดอาจสูญเสียความมีชีวิตไปแล้ว ทำให้การงอกมีค่าต่ำมาก

**Table 4** Electrical conductivity that caused germination reduction by 50% ($EC_{50}$) indicates the salt tolerant ability comparing among 8 species. P-value indicates that the slope of the relationship between salinity dosage and total germination does not equal 0 (H0: slope = 0)

| Species | $EC_{50}$ (dS/m) | P - value |
|---|---|---|
| *Acacia mangium* | 24.19 | < 0.001 |
| *Leucaena leucocephala* | 30.86 | < 0.001 |
| *Xylia xylocarpa* | 24.87 | < 0.001 |
| *Peltophorum dasyrachis* | 23.11 | 0.034 |
| *Albizia lebbeck* | 25.67 | < 0.001 |
| *Dalbergia cochinchinensis* | 24.22 | < 0.001 |
| *Buchanania siamensis* | 26.37 | < 0.001 |
| *Eucalyptus camaldulensis* | 24.12 | < 0.001 |

Hlyka and Robinson (1954) รายงานว่าโดยทั่วไปแล้วเมล็ดที่มีความชื้นสูงมักมีอัตราการงอกของเมล็ดได้อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามความชื้นในเมล็ดไม่มีความสัมพันธ์กับการงอกในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากกกระถินเทพามีความชื้นในเมล็ดต่ำที่สุด (ร้อยละ 5.81) แต่มีการงอกสูงโดยรวมแล้วอยู่ที่ประมาณร้อยละ 57 ในขณะที่พฤกษ์มีความชื้นสูงที่สุดประมาณร้อยละ 14.42 มีการงอกโดยรวมอยู่ที่ร้อยละ 47 ในขณะที่ชนิดอื่นๆ มีการงอกที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความชื้นของเมล็ด เช่น ยูคาลิปตัสมีความชื้นเมล็ดที่ร้อยละ 12.17 แต่มีการงอกโดยรวมสูงสุดอยู่ที่ร้อยละ 73 ในขณะที่นนทรีป่ามีความชื้นเมล็ดร้อยละ 11.35 แต่มีร้อยละการงอกต่ำสุดที่ประมาณร้อยละ 4 (Table 2 and 3) เช่นเดียวกันกับอายุของเมล็ดไม่มีความสัมพันธ์กับการงอกเช่นกัน (Table 1 and 3)

## สรุป

เมล็ดกระถินยักษ์เป็นชนิดที่มีค่าการนำไฟฟ้าที่ทำให้ร้อยละการงอกสะสมลดลงร้อยละ 50 ($EC_{50}$) สูงที่สุดซึ่งหมายถึงเมล็ดมีความทนเค็มสูงสุด อีกทั้งยังมีการงอกที่ระดับความเค็มสูงได้ดี ในขณะที่เมล็ดยูคาลิปตัสมีการงอกโดยรวมสูงสุด ส่วนเมล็ดนนทรีป่ามีอัตราการงอกที่ต่ำที่สุดรวมทั้งมีค่า $EC_{50}$ ต่ำที่สุดอีกด้วย โดยความเค็มส่งผลให้การงอกลดลง แต่เพิ่มระยะเวลาที่ใช้ในการงอกนานขึ้น โดยเมล็ดกระถินเทพาและกระถินยักษ์ใช้เวลาในการงอกเร็วที่สุดในขณะที่เมล็ดนนทรีป่าและธนนไชยใช้เวลาในการงอกนานที่สุด จากการศึกษาในครั้งนี้จึงแนะนำว่าหากต้องการปลูกต้นไม้เพื่อฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มด้วยการใช้เมล็ด กระถินยักษ์และยูคาลิปตัส เป็นชนิดที่เหมาะสมเนื่องจากมีเมล็ดมีความสามารถในการทนเค็มได้สูง

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2527. **ความรู้เรื่องดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เจษฎา เหลืองแจ่ม และ ลัดดา บุญภักดี. 2530. การเปรียบเทียบความทนเค็มของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซีสกับไม้โตเร็วบางชนิด. **วารสารวนศาสตร์** 6 (3): 347-361.

นิสา เหล็กสูงเนิน. 2549. **ลักษณะทางนิเวศวิทยาและการปรับตัวบางประการของพรรณพืชธรรมชาติในดินเค็ม อำเภอขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

ธวัชชัย สันติสุข. 2549. **ป่าของประเทศไทย.** สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สราวุธ นาแรมงาม. 2539. ไม้นนทรี. **ร้อยบทความป่าไม้** 2539: 97-99.

สมศรี อรุณินท์. 2539 . **ดินเค็มในประเทศไทย.** กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Hlyka, I. and A.D. Robinson. 1954. **Storage of Cereal Grains and their Products**. pp. 1-45. *In* Anderson, J.A. and A.W. Alcock, eds. Amer. Ass. Cereal Chem., St Paul, Minnesota.

International Seed Testing Association (ISTA). 2017. **International Rules for Seed Testing : Rule2017.** International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Leksungnoen, N., and K.R.Kjelgren, and C.Beeson, J.R. Richard, G.P.Paul, E. C.Grant and H.Austin. 2014. Salt Tolerance of Three Tree Species Differing in Native Habitats and Leaf Traits. **HORTSCIENCE** 49(9): 1194-1200.

Leksungnoen, N., S. Uthairatsamee, and C. Na Takuathung. 2016. Germination Test on Native Salt Tolerant Seeds (*Buchanania siamensis* Miq.) Collected from Natural Saline and Non-Saline Soil. **Thai J. For.** 35(3): 1-14.

Leksungnoen, N. 2017. Reclaming saline areas in Khorat Basin (Northeast Thailand): Soil properties, species distribution, and germination of potential tolerant species. **Arid land Research and Management.** 31(3): 235-252.

Munns, R. and M. Tester. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. **Annu. Rev. Plant Biol** 59: 651–681.

United States Salinity Laboratory Staff. 1954. Agriculture Handbook No. 60: **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.** United States Department of Agriculture. USA

นิพนธ์ต้นฉบับ

# มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของพรรณไม้ป่า 4 ชนิด ณ สถานีวนวัฒนวิจัย ประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์

# Biomass and Carbon Storage of Four Forest Tree Species at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station, Prachuap Khiri Khan Province.

ปริญญา ภูศักดิ์สาย[1,2]
สาพิศ ดิลกสัมพันธ์[2*]
รุ่งเรือง พูลศิริ[2]
ชนิษฐา จันทโชติ[3]

Parinya Poosaksai[1,2]
Sapit Diloksumpun[2*]
Roongreang Poolsiri[2]
Chanittha Chuntachot[3]

[1]สำนักอุทยานแห่งชาติกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช
Office of National Park, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation.
[2]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[3]สำนักวิจัย และพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department.
[*]Corresponding Author, E-mail: sapit.d@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 10 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 11 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

This study is aimed to create biomass equation, and compare the biomass and carbon storages of four forest tree Species, namely *Pterocarpus macrocapus* Kurz, *Hopea odorata* Roxb, *Azadirachta indica* A. Juss and *Azadirachta excelsa* (Jack) Jacobs, at 21-year old at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station, Prachuap Khiri Khan Province,Thailand. For each tree species, a 20 m x 20 m sample plot were out and dimensions of all trees were measured accordingly. In order to estimate tree biomass by using allometric equations, tree samples were cut according to a stratified-clip technique and different parts of sample trees were taken for carbon content analysis to assess the carbon storage in biomass.

The result indicated that the highest growth and biomass was observed in *A. indica* followed by *H. odorata* , *P. macrocapus* , and *A. excelsa*. with the total biomass of 154.76, 131.81, 126.41 and 104.96 tonne/ha respectively. There was statistically significant difference among tree species ($P<0.05$). In contrast, the average carbon contents in aboveground biomass (stem, branch and leaf) were higher in tissues of *H. odorata* than in those of *P. macrocapus*, *A. indica* and *A. excelsa* with the mean values of 48.79, 46.07, 45.55 and 45.12 % of dry weight respectively.

There was statistically significant difference among tree species (P<0.01). The carbon storages in tree biomass the same trend of biomass; *A. indica* had greatest carbon storage in the total biomass (69.28 tonne/ha) followed by *H. odorata* (64.94 tonne/ha) *P. macrocapus* (57.78 tonne/ha) and *A. excelsa* (46.73 tonne/ha), respectively. The findings also suggested that variation in tree biomass production than carbon contents, was rather accounted for the difference in carbon storage in these tree species.

**Keywords**: Carbon Storages, *Pterocarpus macrocarpus, Hopea odorata, Azadirachta indica*, *Azadirachta excelsa*.

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสมการประมาณมวลชีวภาพ และเปรียบเทียบผลผลิตมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ป่า 4 ชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า ตะเคียนทอง สะเดา และสะเดาเทียม อายุ 21 ปี ที่ปลูก ณ สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยการวางแปลงขนาด 20 × 20 เมตร จำนวน 4 แปลง ในแต่ละชนิดไม้ ทำการวัดมิติต่างๆ ของต้นไม้ทุกต้นในแปลงตัวอย่าง และตัดต้นไม้ตัวอย่างเพื่อนำไปประมาณหามวลชีวภาพจากสมการ allometric ที่สร้างขึ้นด้วยวิธี stratified clip technique และวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ (carbon contents) สำหรับประเมินการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

ผลการศึกษา พบว่า สะเดา มีการเติบโตสูงสุด และมีมวลชีวภาพมากที่สุด เท่ากับ 154.76 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดาเทียม ซึ่งมีค่า 131.81, 126.41 และ 104.96 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ระหว่างชนิดไม้ ส่วนปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพ (carbon contents) เฉลี่ย พบว่า ตะเคียนทอง มีค่ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ประดู่ป่า สะเดา และสะเดาเทียม ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยร้อยละ 48.79, 46.07, 45.55 และ 45.12 ของน้ำหนักแห้ง ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ระหว่างชนิดไม้ สำหรับปริมาณการกักเก็บคาร์บอน พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณมวลชีวภาพ คือ สะเดา มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดาเทียม ซึ่งมีค่า 69.28, 64.94, 57.78 และ 46.73 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ ทั้งนี้ ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนต่อพื้นที่ในสวนป่าแต่ละชนิด เป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลชีวภาพของต้นไม้มากกว่าผลจากปริมาณคาร์บอน (carbon content ) ที่สะสมในมวลชีวภาพ เนื่องจากมีสัดส่วนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของมวลชีวภาพ

**คำสำคัญ**: การกักเก็บคาร์บอน ประดู่ป่า ตะเคียนทอง สะเดา สะเดาเทียม

## คำนำ

ผลจากการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจ และการเพิ่มขึ้นของประชากร ทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติเพิ่มขึ้น ส่งผลโดยตรงต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (climate change) ซึ่งปัจจุบันกิจกรรมของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ก๊าซเรือนกระจกเพิ่มมากขึ้นจนเกินอัตราที่ธรรมชาติจะสามารถดูดซับได้ สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (2560) ได้รวบรวมข้อมูลการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของไทย ในปี พ.ศ. 2556 พบว่า มี

การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก รวม 318.66 ล้านตัน แต่มีปริมาณการดูดกลับในภาคป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดิน 86.10 ล้านตัน ส่งผลให้ประเทศไทยมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิ เท่ากับ 232.56 ล้านตัน โดยการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ เป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สภาวะการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศรุนแรงมากขึ้น สำหรับประเทศไทยในแต่ละปีพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยในปี พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ ร้อยละ 31.60 ของพื้นที่ประเทศไทย (กรมป่าไม้, 2558) หน่วยงานต่างๆ จึงหาแนวทางส่งเสริมให้มีการปลูกต้นไม้เพื่อฟื้นฟูสภาพป่า รวมทั้งการปลูกไม้เศรษฐกิจเพื่อตอบสนองความต้องการใช้ไม้ในประเทศที่ยังไม่เพียงพอ โดยจากการวิเคราะห์ปริมาณการใช้ไม้ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณการใช้ไม้ในภาคครัวเรือนและภาคอุตสาหกรรมประมาณ 58 ล้านตัน (คณะวนศาสตร์, 2560) และจากการคาดการณ์ของ คณะวนศาสตร์ (2552) ในปี พ.ศ. 2570 จะมีความต้องการเพิ่มขึ้นเป็น 75 ล้านตัน โดยปัจจุบันหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้มีการจัดทำยุทธศาสตร์และแผนงานการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจแบบครบวงจร (พ.ศ. 2561-2579) เพื่อใช้เป็นแนวทางการดำเนินงานขับเคลื่อนไม้เศรษฐกิจให้มีความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบัน และแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จัดตั้งขึ้นเพื่อพัฒนาเทคนิคและวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการปลูกป่า และบำรุงป่าไม้ อีกทั้งช่วยส่งเสริมการปลูกป่า และให้คำแนะนำด้านวิชาการป่าไม้แก่ประชาชน โดยมีการศึกษาวิจัยและทดลองปลูกพันธุ์ไม้หลายชนิด ซึ่งตะเคียนทอง ประดู่ป่า สะเดา และสะเดาเทียม เป็นพันธุ์ไม้ที่สถานีได้นำมาทดลองปลูก เพื่อศึกษาการเติบโต และการจัดการที่เหมาะสม เนื่องจาก สามารถเติบโตได้ดีในสภาพแวดล้อมของประเทศไทย และเนื้อไม้มีความแข็งแรงทนทาน สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน อีกทั้ง เป็นพรรณไม้ที่กรมป่าไม้ได้กำหนดไว้สำหรับดำเนินโครงการส่งเสริมการปลูกต้นไม้เพื่อเศรษฐกิจสังคมและสิ่งแวดล้อม (กรมป่าไม้, 2560)

ดังที่กล่าวข้างต้น นอกจากการปลูกต้นไม้จะช่วยฟื้นฟูสภาพป่าไม้และตอบสนองความต้องการใช้ไม้แล้ว ต้นไม้ยังมีส่วนช่วยลดภาวะโลกร้อน (global warming) โดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ ทั้งนี้ ความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้หรือหมู่ไม้แต่ละชนิดจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ซึ่งที่ผ่านมาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการศึกษาเรื่องการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพรรณไม้ป่าที่ปลูกในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทยยังมีน้อย ดังนั้น การศึกษาผลผลิตมวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของ ประดู่ป่า ตะเคียนทอง สะเดา และสะเดาเทียม ที่ปลูก ณ สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จะทำให้มีข้อมูลที่สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประมาณผลผลิตมวลชีวภาพและการเก็บกักคาร์บอนในสวนป่าของประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการปลูกพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่า และช่วยรับมือกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก โดยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อีกทางหนึ่งด้วย

## อุปกรณ์ และวิธีการ

### สถานที่ทำการศึกษา

สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ แปลงทดลองบ้านย่านซื่อ ตั้งอยู่ท้องที่ อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ มีพื้นที่ประมาณ 2,000 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 12005 เหนือ เส้นลองจิจูดที่ 99045 ตะวันออก (พื้นที่ศึกษาวิจัยมีจำนวน 4 แปลง พื้นที่แปลงละ 6.25 ไร่) มีความลาดชันประมาณ 3 - 25 เปอร์เซ็นต์ สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 30 เมตร ลักษณะดินเป็นดินชุดท่ายาง ดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียว ปนเศษหินหรือปนกรวดเป็นดินตื้นมาก มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ ค่า pH ประมาณ 5.0 -7.0 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย (ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536-2559) 1,060 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี 27.40 องศาเซลเซียส

## การวางแปลงตัวอย่างและการวัดการเติบโต

ทำการศึกษาในแปลงทดลองการเติบโตและการจัดการไม้ป่า 4 ชนิด ได้แก่ ประดู่ป่า ตะเคียนทอง สะเดา และสะเดาเทียม อายุ 21 ปี ที่ปลูก ระยะ 2 × 2 เมตร โดยวางแปลงตัวอย่างขนาด 20 × 20 เมตร จำนวน 4 แปลงย่อย ในแปลงปลูกพรรณไม้ป่าแต่ละชนิด ตรวจสอบอัตราการรอดตาย และวัดการเติบโตของต้นไม้ โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน ($D_0$) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมด (H) ของต้นไม้ทุกต้นในแปลง

## การสร้างสมการประมาณค่ามวลชีวภาพ

ทำการจัดชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) ของไม้แต่ละชนิด จำนวน 5 ชั้น แล้วหาต้นไม้ตัวอย่างชั้นขนาดละ 1 ต้น เป็นตัวแทนในการตัดเพื่อสร้างสมการแอลโลเมตรี แล้วตัดไม้ตัวอย่างที่คัดเลือกไว้ให้เป็นท่อนๆ ละ 1 เมตร และแยกส่วนของลำต้น กิ่ง และใบ นำไปชั่งน้ำหนัก บันทึกค่าน้ำหนักของแต่ละส่วน จากนั้นทำการสุ่มเก็บตัวอย่าง พร้อมบันทึกค่าน้ำหนัก แล้วดำเนินการ ดังนี้

1. นำตัวอย่างที่สุ่มเก็บไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จนน้ำหนักแห้งคงที่ เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้น ในรูปร้อยละ จากสูตร

$$\text{ปริมาณความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสด} - \text{น้ำหนักแห้ง}}{\text{น้ำหนักแห้ง}} \times 100$$

2. คำนวณหามวลชีวภาพในแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง ใบ) ของไม้ตัวอย่าง จากสูตร

$$\text{น้ำหนักแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสดของส่วนที่ต้องการศึกษา}}{\text{ร้อยละความชื้น} + 100}$$

3. สร้างสมการเพื่อประมาณมวลชีวภาพของไม้แต่ละชนิด โดยใช้สมการแอลโลเมตรี (allometric equation) ของ Kira and Shidei (1967) จากสูตร

$$Y = aX^h$$

เมื่อ Y = มวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ (ลำต้น กิ่ง ใบ)

X = Parabolic volume ในรูป $D^2H$ คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับต่างๆ ยกกำลังสองคูณด้วยความสูงทั้งหมดของต้นไม้

a, h = ค่าคงที่ของสมการ

4. เลือกสมการที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination, $R^2$) สูงที่สุด แล้วนำสมการที่ได้มาประมาณค่ามวลชีวภาพของส่วนต่างๆ ของต้นไม้ และประเมินมวลชีวภาพใต้พื้นดินของพรรณไม้ทุกชนิดจากอัตราส่วนของมวลชีวภาพใต้ดินกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (root/ shoot ratio) โดยใช้ค่าเท่ากับ 26 (คณะวนศาสตร์, 2554) แล้ววิเคราะห์เป็นมวลชีวภาพต่อหน่วยพื้นที่

## การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน และการประมาณค่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

สุ่มตัวอย่างชิ้นส่วน (ลำต้น กิ่ง และใบ) ของไม้ทุกชนิดที่ทำการศึกษามวลชีวภาพ แล้วนำไปสับและบดให้มีขนาดเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร เพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ (carbon contents) ด้วยเครื่อง 2400 Series II CHNS/O Elemental Analyzer ( PerkinElmer Co., Ltd., USA) สำหรับปริมาณคาร์บอนในส่วนของรากใช้ปริมาณคาร์บอน (carbon content) ที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของกลุ่มพรรณไม้พื้นเมืองโตช้า และพรรณไม้พื้นเมืองอเนกประสงค์ ซึ่งมีค่าร้อยละ 45.92 ของน้ำหนักแห้ง (คณะวนศาสตร์, 2554) โดยการประมาณการกักเก็บคาร์บอนในสวนป่า คำนวณโดยใช้ค่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพ (carbon content) คูณด้วยมวลชีวภาพที่สะสมอยู่ในสวนป่า

นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (mean annual increment, MAI) ของการเติบโต มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ที่ทำการศึกษา

### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแตกต่างทางสถิติของมวลชีวภาพ ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ (carbon contents) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพระหว่างชนิดไม้โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) หากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์

### การรอดตายและการเติบโต

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของอัตราการรอดตายของพรรณไม้ ทั้ง 4 ชนิด พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยสะเดาเทียม มีอัตราการรอดตายสูงสุด คือร้อยละ 73.00 รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง สะเดา และ ประดู่ป่า ซึ่งมีค่าร้อยละ 72.75, 57.75 และ 57.50 ตามลำดับ (Table 1) จะเห็นได้ว่า สะเดาเทียม และตะเคียนทอง มีอัตราการรอดตายสูง อาจเนื่องมาจากพื้นที่ที่ปลูกสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 30 เมตร ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,060 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งอยู่ในช่วงที่ต้นไม้ทั้งสองชนิดสามารถปรับตัวได้ดีกว่า สะเดา และประดู่ป่า สอดคล้องกับการศึกษาของ ชิงชัย (2550) ที่พบว่าการเติบโตของต้นไม้มีความแตกต่างกันตามพื้นที่ปลูก และปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรง คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี

สำหรับการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลาง พบว่า แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) โดย สะเดา มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ประดู่ป่า สะเดาเทียม และ ตะเคียนทอง ซึ่งมีค่า 14.41, 13.70, 13.08 และ 11.40 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนการเติบโตทางด้านความสูง พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) เช่นเดียวกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย โดยสะเดา มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุด คือ 12.17 รองลงมา ได้แก่ สะเดาเทียม ตะเคียนทอง และประดู่ป่า ซึ่งมีค่า 11.64, 10.79 และ 9.62 เมตร ตามลำดับ (Table 1) โดยสาเหตุที่สะเดา และประดู่ป่า มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากกว่า ตะเคียนทอง และสะเดาเทียม อาจเนื่องมาจากมีอัตราการรอดตายต่ำส่งผลให้ความหนาแน่นของหมู่ไม้ลดลง จึงเกิดช่องว่างระหว่างเรือนยอด ทำให้ต้นไม้สามารถเติบโตได้ดีกว่า สอดคล้องกับ เจษฎา (2544) ที่ได้ทำการศึกษาในสวนป่าไม้สะเดาอายุ 13-15 ปี ที่ปลูกด้วยความหนาแน่นต่างกัน 8 ระดับ ในสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ราชบุรี จังหวัดราชบุรี โดยพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นจะเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกด้วยความหนาแน่นที่ลดลง เช่นเดียวกับการศึกษาของ ณรงค์ และ พิทยา (2545) ที่ศึกษาการเติบโตของไม้สะเดา ที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกัน 3 ระดับ อายุ 2, 3 และ 4 ปี โดยดำเนินการเป็นเวลา 5 ปี ที่สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ โดยพบว่า ระยะปลูกมีผลต่อการเติบโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นไม้อย่างมีนัยสำคัญเมื่อต้นไม้มีอายุมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของพรรณไม้ทั้ง 4 ชนิด พบว่า ตะเคียนทองในการศึกษาครั้งนี้ มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (0.54 เซนติเมตรต่อปี) ใกล้เคียงกับตะเคียนทอง ที่อายุ 25 ปี ระยะปลูก 2 × 2 เมตร ณ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา จังหวัดสงขลา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.52 เซนติเมตรต่อปี (วาทินี และ สมบูรณ์, 2559) เช่นเดียวกับประดู่ป่าในการศึกษาครั้งนี้ที่มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (0.66 เซนติเมตรต่อปี) ใกล้เคียงกับ ประดู่ป่า อายุ 22 ปี ระยะปลูก 2 × 2 เมตร ที่ปลูก ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี จังหวัดราชบุรี ซึ่งมีค่า 0.64 เซนติเมตรต่อปี (ราตรี และคณะ, 2559) แต่สะเดาเทียม มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี (0.62 เซนติเมตรต่อปี) น้อยกว่าการศึกษาของ วาทินี และ สมบูรณ์ (2559) ซึ่งมีค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีเท่ากับ 0.90 เซนติเมตรต่อปี อาจเนื่องมาจากแปลงปลูกพันธุ์ไม้ที่ศึกษาในครั้งนี้มีการปล่อยให้ต้นไม้

เติบโตตามธรรมชาติ โดยไม่ได้มีการจัดการอย่างประณีต เช่น การบำรุงปุ๋ย การลิดกิ่ง หรือการตัดขยายระยะ จึงอาจเป็นข้อจำกัดที่ทำให้ต้นไม้มีอัตราการเติบโตหรือความเพิ่มพูนของผลผลิตไม่ดีเท่าที่ควร

**Table 1** Growth and Survival Rate of 21- year - old *Pterocarpus macrocarpus, Hopea odorata,* Azadirachta indica and Azadirachta excelsa planted at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station.

| Species | Survival Rate (%) | DBH (cm) | Mean Annual Increment (cm/year) | Height (m) | Mean Annual Increment (cm/year) |
|---|---|---|---|---|---|
| *Pterocarpus macrocarpus* | 57.50±13.28$^{b}$ | 13.70±1.63$^{a}$ | 0.66±0.08$^{a}$ | 9.62±0.59$^{c}$ | 0.46±0.03$^{c}$ |
| *Hopea odorata* | 72.75±8.26$^{a}$ | 11.40±0.99$^{b}$ | 0.54±0.05$^{b}$ | 10.79±0.52$^{b}$ | 0.52±0.02$^{b}$ |
| *Azadirachta indica* | 57.75±8.05$^{b}$ | 14.41±0.44$^{a}$ | 0.69±0.02$^{a}$ | 12.17±0.73$^{a}$ | 0.58±0.03$^{a}$ |
| *Azadirachta excelsa* | 73.00±6.27$^{a}$ | 13.08±0.26$^{a}$ | 0.62±0.01$^{a}$ | 11.64±0.41$^{ab}$ | 0.56±0.02$^{ab}$ |
| F-value | 3.557* | 6.745** | 6.952** | 14.875** | 16.30** |
| P-value | 0.048 | 0.006 | 0.006 | 0.00 | 0.00 |

**Remarks:** Values in column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level of significance by Duncan's new multiple range test (DMRT).
* difference significant at $P < 0.05$
** difference significant at $P < 0.01$

## การประมาณมวลชีวภาพ

จากการสร้างสมการเพื่อประมาณมวลชีวภาพ โดยนำข้อมูลมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ (ลำต้น กิ่ง ใบ) ที่คำนวณได้มาหาความสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับชิดดิน (D0) เส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) โดยใช้สมการแอลโลเมตรี ได้สมการที่มีความสัมพันธ์ดีที่สุด ดังแสดงใน Table 2 เพื่อใช้ประมาณมวลชีวภาพ ลำต้น กิ่ง และใบ ของพันธุ์ไม้แต่ละชนิด และจากผลการศึกษาพบว่า การใช้ค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (H) แต่ละชนิดเป็นตัวแปรอิสระ ในการสร้างสมการจะให้ค่าสัมประสิทธิ์ตัวกำหนด (coefficient of determination, R2) สูงที่สุด สอดคล้อง กับการศึกษาของ Kira and Shidei (1967) ที่พบว่า การใช้ความสูงของต้นไม้ (H) เป็นตัวแปรอิสระร่วมกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกยกกำลังสอง (DBH2) ในรูปของ parabolic volume คือ (DBH2 H) ทำให้สามารถประมาณมวลชีวภาพได้อย่างถูกต้อง เนื่องจากเป็นค่าโดยประมาณของปริมาตรต้นไม้ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับมวลชีวภาพหรือน้ำหนักเช่นเดียวกับ พงษ์ศักดิ์ (2552) ที่กล่าวว่า มวลชีวภาพหรือน้ำหนักแห้งในส่วนที่เป็นลำต้นของต้นไม้จะสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับปริมาตรของลำต้น และการใช้สมการแอลโลเมตรี ในการประมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ จะใช้ขนาดของต้นไม้ที่วัดได้จากบริเวณต่างๆ เช่น ความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยจะวัดจากส่วนที่มีรูปทรงลักษณะทางเลขาคณิตอย่างง่าย และเป็นบริเวณที่วัดได้ง่าย

**Table 2** Allometric equations of 21- year - old *Pterocarpus macrocarpus, Hopea odorata, Azadirachta indica* and *Azadirachta excelsa* planted at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station.

| Species | Allometric equation | Coefficient of determination $(R)^2$ |
|---|---|---|
| *Pterocarpus macrocarpus* | $Ws = 0.014(DBH^2H)^{1.0261}$ | $R^2 = 0.9954$ |
| | $Wb = 0.00002(DBH^2H)^{1.6481}$ | $R^2 = 0.9926$ |
| | $Wl = 0.0005(DBH^2H)^{0.9987}$ | $R^2 = 0.9663$ |
| *Hopea odorata* | $Ws = 0.0246(DBH^2H)^{0.993}$ | $R^2 = 0.9923$ |
| | $Wb = 0.0011(DBH^2H)^{1.2029}$ | $R^2 = 0.9011$ |
| | $Wl = 0.0024(DBH^2H)^{0.8888}$ | $R^2 = 0.7522$ |
| *Azadirachta indica* | $Ws = 0.0257(DBH^2H)^{0.9657}$ | $R^2 = 0.9962$ |
| | $Wb = 0.00007(DBH^2H)^{1.4593}$ | $R^2 = 0.9896$ |
| | $Wl = 0.0005(DBH^2H)^{0.9921}$ | $R^2 = 0.9753$ |
| *Azadirachta excelsa* | $Ws = 0.0217(DBH^2H)^{0.9672}$ | $R^2 = 0.9930$ |
| | $Wb = 0.0051(DBH^2H)^{0.7779}$ | $R^2 = 0.9506$ |
| | $Wl = 0.0166(DBH^2H)^{0.5638}$ | $R^2 = 0.7639$ |

**Remarks:** Ws = Biomass of stem (kg), Wb = Biomass of branch (kg), Wl = Biomass of leaf (kg), DBH = Diameter at breast height (cm), H = Height (m)

ผลการประเมินค่ามวลชีวภาพของพรรณไม้ทั้ง 4 ชนิด จากสมการความสัมพันธ์ดัง Table 2 พบว่าปริมาณมวลชีวภาพรวมของ สะเดา มีค่ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดาเทียม โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 154.76, 131.81, 126.41 และ 104.96 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 122.83, 104.61, 100.32 และ 83.30 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีปริมาณมวลชีวภาพใต้พื้นดิน 31.93, 27.20, 26.09 และ 21.66 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Figure 1) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า ทั้งมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และมวลชีวภาพรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ระหว่างชนิด (Table 4)

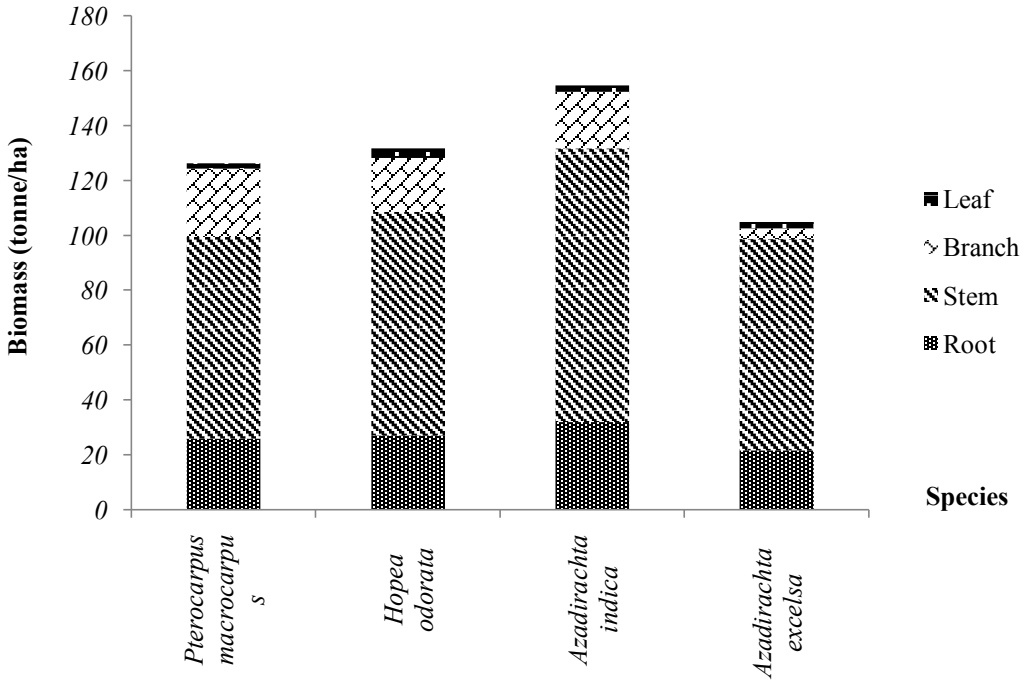



**Figure 1** Biomass in different parts of 21 - year - old *Pterocarpus macrocarpus , Hopea odorata, Azadirachta indica* and *Azadirachta excelsa* planted at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station.

นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาปริมาณมวลชีวภาพประกอบกับการเติบโต และอัตราการรอดตายของพรรณไม้ทั้ง 4 ชนิด ที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ไม้สะเดา มีมวลชีวภาพรวมสูงกว่า พรรณไม้ชนิดอื่น เนื่องจากไม้สะเดา มีการเติบโตทั้งทางความโต และความสูงมากกว่าไม้อีก 3 ชนิด ถึงแม้ว่าจะมีอัตราการรอดตายและมีความหนาแน่นของต้นไม้ที่เหลืออยู่น้อยก็ตาม ในทางตรงกันข้าม ไม้สะเดาเทียม มีอัตราการรอดตายสูงสุด และมีการเติบโตใกล้เคียงกับไม้อีก 3 ชนิด แต่มีปริมาณมวลชีวภาพรวมน้อยที่สุด อาจเนื่องมาจากไม้สะเดาเทียม มีอัตราการรอดตายสูง จึงเกิดการแก่งแย่งทางด้านแสง และธาตุอาหาร ส่งผลให้มีการเติบโตทางด้านความสูงมากกว่าการแตกกิ่งทางด้านข้าง ประกอบกับลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของไม้สะเดาเทียมที่มีเรือนยอดเป็นพุ่มค่อนข้างโปร่ง และมีกิ่งก้านน้อย จึงทำให้มีมวลชีวภาพในส่วนของกิ่งน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดอื่น (คิดเป็น ร้อยละ 15.8, 19.97 และ 19.02 ของตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดา ตามลำดับ) ส่งผลให้ปริมาณมวลชีวภาพรวมน้อยตามไปด้วย และหากเปรียบเทียบเฉพาะมวลชีวภาพของลำต้น สะเดาเทียม มีค่าใกล้เคียงชนิดอื่นๆ ยกเว้น สะเดา

จากการวิเคราะห์ความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพรวมของต้นไม้ที่ทำการศึกษา พบว่า ไม้สะเดา มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีสูงที่สุด เท่ากับ 7.37 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี รองลงมา ได้แก่ตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดาเทียม ซึ่งมีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปี เท่ากับ 6.28, 6.02 และ 5.00 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับไม้ชนิดเดียวกันที่ศึกษาในพื้นที่อื่นๆ พบว่า ไม้สะเดา ที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพรวมมากกว่า สวนป่าไม้สะเดา อายุ 12 ปี ที่สถานีทดลองพรรณไม้ราชบุรี จังหวัดราชบุรี ซึ่งปลูกด้วยความหนาแน่นเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับ 3.47 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (ฉัตรชัย, 2540) เช่นเดียวกับไม้ประดู่ป่าที่มีค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน

มากกว่าประดู่ป่า อายุ 22 ปี ระยะปลูก 2 × 2 เมตร ที่สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี จังหวัดราชบุรี ซึ่งมีค่า 4.52 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (ราตรี และคณะ, 2559) เช่นเดียวกับตะเคียนทอง ที่มีความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (4.98 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี) มากกว่าตะเคียนทอง อายุ 25 ปี ระยะปลูก 2 × 2 เมตร ที่ สถานีวนวัฒนวิจัยสงขลา จังหวัดสงขลา ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.51 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (วาทินี และ สมบูรณ์, 2559) ในขณะที่สะเดาเทียม มีค่าความเพิ่มพูนเฉลี่ยรายปีของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินน้อยกว่า การศึกษาของ วาทินี และ สมบูรณ์ ( 2559) ดังกล่าว เกือบ 3 เท่า

จะเห็นได้ว่าการเติบโต และปริมาณมวลชีวภาพของพรรณไม้แต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน เป็นผลมาจากหลายปัจจัย เช่น ชนิดพันธุ์ อายุ ความหนาแน่น อัตราการรอดตาย สภาพภูมิอากาศ สถานที่ปลูก รวมถึงอายุของต้นไม้ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ทศพร และคณะ (2548) ที่ได้รวบรวมข้อมูลการเติบโตของไม้สักในพื้นที่สวนป่า ขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ โดยพบว่า สภาพพื้นที่ปลูกที่แตกต่างกันทำให้การเติบโต และความเพิ่มพูนของมวลชีวภาพของต้นไม้แตกต่างกัน และถึงแม้จะมีการปลูกในท้องที่เดียวกัน การเติบโตของต้นไม้ก็ยังมีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับชิงชัย (2550) ที่กล่าวว่า มวลชีวภาพของต้นไม้มีความแตกต่างกันตามพื้นที่ปลูก และปัจจัยที่มีอิทธิพลโดยตรงต่อมวลชีวภาพ คือ ปริมาณน้ำฝนรายปี อย่างไรก็ตาม การจัดการตามวนวัฒนวิธีที่เหมาะสม ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการเติบโต และปริมาณมวลชีวภาพ โดยจะเห็นได้ว่า สะเดา ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำ มีการเติบโตดีกว่าไม้ชนิดอื่นๆ ส่งผลให้มีผลผลิตสูงกว่าไม้ชนิดอื่น ดังนั้น การจัดการแปลงปลูกไม้ป่าทั้ง 4 ชนิด ในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ ควรมีการจัดการอย่างประณีต โดยเฉพาะการตัดขยายระยะเมื่อต้นไม้มีอัตราการเติบโตลดลง เพื่อส่งเสริมการเติบโตของต้นไม้ที่เหลืออยู่

## การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

จากการวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ (carbon contents) เฉลี่ยของต้นไม้ พบว่า ตะเคียนทอง มีค่ามากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ประดู่ป่า สะเดา และสะเดาเทียม ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเฉลี่ยร้อยละ 48.79, 46.07, 45.55 และ 45.12 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ (Table 3) เมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ระหว่างชนิด

**Table 3** Carbon Content in different parts of 21- year - old *Pterocarpus macrocarpus, Hopea odorata, Azadirachta Indica* and *Azadirachta excelsa* planted at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station.

| Species | Carbon Content (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Stem | Branch | Leaf | Average |
| *Pterocarpus macrocarpus* | 45.20±2.36$^{b}$ | 46.96±1.07$^{ab}$ | 46.05±0.86$^{a}$ | 46.07±1.05$^{b}$ |
| *Hopea odorata* | 50.56±3.21$^{a}$ | 48.98±2.93$^{a}$ | 46.82±3.44$^{a}$ | 48.79±1.38$^{a}$ |
| *Azadirachta indica* | 44.24±1.76$^{b}$ | 45.25±1.31$^{bc}$ | 47.16±0.38$^{a}$ | 45.55±0.75$^{b}$ |
| *Azadirachta excelsa* | 44.08±1.58$^{b}$ | 43.72±1.21$^{c}$ | 47.55±0.59$^{a}$ | 45.12±0.57$^{b}$ |
| F-value | 8.76** | 7.94** | 0.62$^{ns}$ | 14.03** |
| P-value | 0.001 | 0.002 | 0.612 | 0.000 |

**Remarks:** Values in column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level of significance by Duncan's new multiple range test (DMRT).
ns : not significant
* : difference significant at $P < 0.05$
** : difference significant at $P < 0.01$

จะเห็นได้ว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเฉลี่ยของไม้ทุกชนิดในการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับการรวบรวมของ สาพิศ (2550) ที่พบว่า พรรณไม้ในป่าธรรมชาติและสวนป่าชนิดต่างๆ ของประเทศไทยมีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพโดยเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อยละ 44-55 ของน้ำหนักแห้ง แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์ไม้ชนิดเดียวกัน เช่น ประดู่ป่า ในการศึกษาครั้งนี้ (ร้อยละ 46.07 ของน้ำหนักแห้ง) มีปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเฉลี่ยใกล้เคียงกับการศึกษาของ เสริมพงศ์ และจงรัก (2543) ที่ได้ทำการศึกษา ประดู่ป่า อายุ 14 ปี ระยะปลูก 2×2 เมตร ที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีค่าร้อยละ 46.31 ของน้ำหนักแห้ง และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับพรรณไม้กลุ่มเดียวกัน พบว่า ประดู่ป่า สะเดา และสะเดาเทียม มีปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเฉลี่ยน้อยกว่าพรรณไม้ที่จัดอยู่ในกลุ่มพรรณไม้พื้นเมืองโตช้า และพรรณไม้พื้นเมืองอเนกประสงค์ ซึ่งมีค่าร้อยละ 47.33 ของน้ำหนักแห้ง (คณะวนศาสตร์, 2554) ในทำนองเดียวกัน ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเฉลี่ยของ ประดู่ป่า สะเดา และสะเดาเทียม มีค่าน้อยกว่าค่า default value (ร้อยละ 47 ของน้ำหนักแห้ง) ที่กำหนดโดย IPCC (2006) ยกเว้นตะเคียนทองที่มีค่ามากกว่าค่า default value ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณคาร์บอนของไม้สัก ซึ่งเป็นไม้ที่นิยมปลูกในพื้นที่สวนป่าเพื่อการอุตสาหกรรมของประเทศไทย และมีบทบาทสำคัญในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ พบว่า พรรณไม้ทุกชนิดที่ศึกษาในครั้งนี้มีปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพเฉลี่ยน้อยกว่าไม้สัก อายุ 21 ปี ในพื้นที่สวนป่าทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และสวนป่านาด้วง-ห้วยปลาดุก จังหวัดเลย จากการรวบรวมของ ทศพร และคณะ (2548) ซึ่งมีค่าร้อยละ 49.79 และ 50.07 ของน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้พบว่า มีแนวโน้มเช่นเดียวกับปริมาณมวลชีวภาพโดยสะเดา มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดาเทียม ซึ่งมีค่า 69.28, 64.94, 57.78 และ 46.73 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ โดยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 54.62, 52.45, 45.80 และ 36.79 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ และมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพใต้ดิน เท่ากับ 14.67, 12.49, 11.98 และ 9.95 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ (Figure 2) เมื่อคิดเป็นอัตราการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพทั้งหมดเฉลี่ย มีค่าเท่ากับ 3.30, 3.09, 2.75 และ2.23 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ทั้งนี้ไม้ทุกชนิดมีอัตราการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ยมากกว่ากลุ่มพรรณไม้พื้นเมืองโตช้า ที่รวบรวมโดย คณะวนศาสตร์ (2552) ซึ่งพรรณไม้ตัวแทนส่วนใหญ่เป็น ประดู่ป่า แดง ยางนา พะยูง และตะเคียนทอง โดยพบว่า ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของพรรณไม้ดังกล่าวมีค่าเฉลี่ยเพียง 1.63 ตันคาร์บอนต่อเฮกตาร์ต่อปี (Table 4)

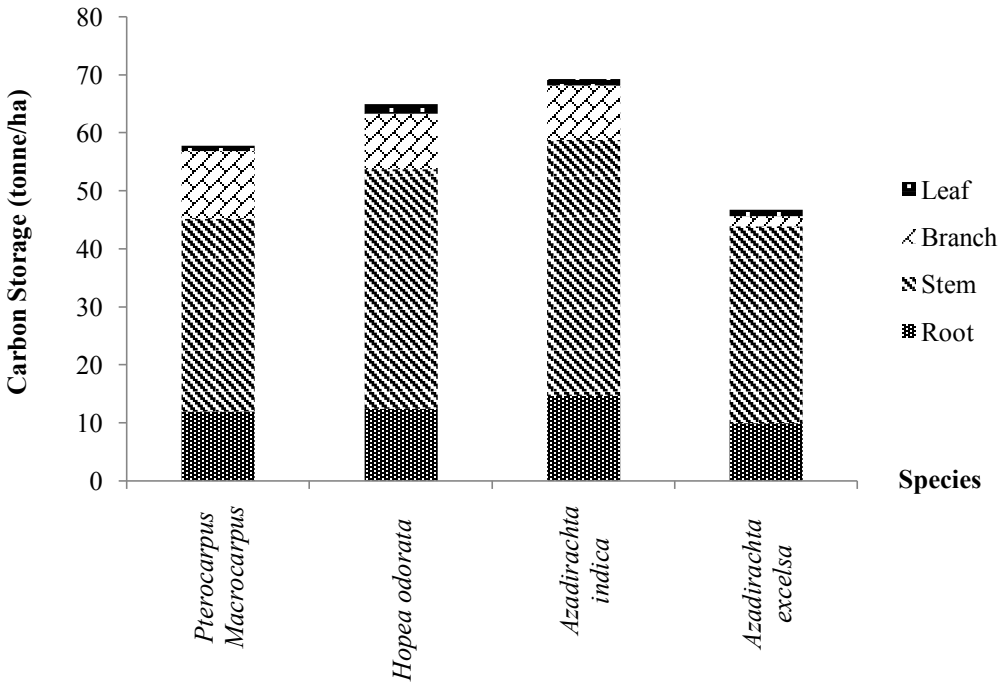



**Figure 2** Carbon storage in different parts of 21 - year - old *Pterocarpus macrocarpus, Hopea odorata, Azadirachta indica* and *Azadirachta excelsa* planted at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station.

**Table 4** Biomass and Carbon storage of 21- year- old *Pterocarpus macrocarpus* , *Hopea odorata, Azadirachta indica* and *Azadirachta excelsa* planted at Prachuap Khiri Khan Silvicultural Research Station.

| Species | Biomass (tonne/ha) | | MAI of Biomass (tonne/ha/year) | | Carbon Storage (tonne/ha) | | MAI of Carbon Storage (tonne/ha/year) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Aboveground | Total | Aboveground | Total | Aboveground | Total | Aboveground | Total |
| *Pterocarpus macrocarpus* | 100.32±14.79$^{ab}$ | 126.41±18.63$^{ab}$ | 4.78±0.70$^{ab}$ | 6.02±0.89$^{ab}$ | 45.80±6.79$^{ab}$ | 57.78±8.55$^{ab}$ | 2.18±0.32$^{ab}$ | 2.75±0.41$^{ab}$ |
| *Hopea odorata* | 104.61±16.80$^{ab}$ | 131.81±21.17$^{ab}$ | 4.98±0.80$^{ab}$ | 6.28±1.01$^{ab}$ | 52.45±8.42$^{a}$ | 64.94±10.42$^{a}$ | 2.50±0.40$^{a}$ | 3.09±0.49$^{a}$ |
| *Azadirachta indica* | 122.83±20.39$^{a}$ | 154.76±25.69$^{a}$ | 5.85±0.97$^{a}$ | 7.37±1.23$^{a}$ | 54.62±9.07$^{a}$ | 69.28±11.50$^{a}$ | 2.60±0.43$^{a}$ | 3.30±0.55$^{a}$ |
| *Azadirachta excelsa* | 83.30±8.57$^{b}$ | 104.96±10.80$^{b}$ | 3.96±0.41$^{b}$ | 5.00±0.51$^{b}$ | 36.79±3.78$^{b}$ | 46.73±4.81$^{b}$ | 1.75±0.18$^{b}$ | 2.23±0.23$^{b}$ |
| F-value | 4.26* | 4.26* | 4.29* | 4.25* | 4.81* | 4.60* | 4.77* | 4.55* |
| P- value | 0.029 | 0.029 | 0.028 | 0.029 | 0.020 | 0.023 | 0.021 | 0.024 |

**Remarks:** MAI = Mean Annual Increment Values in column followed by the same letter are not significantly different at 0.05 level of significance by Duncan's new multiple range test (DMRT).

* : difference significant at $P < 0.05$ ** : difference significant at $P < 0.01$

จะเห็นได้ว่า การเก็บกักคาร์บอนของพรรณไม้แต่ละชนิดจะแตกต่างกัน โดยเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณมวลชีวภาพของส่วนต่างๆ มากกว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพ กล่าวคือ ถ้าต้นไม้มีมวลชีวภาพมากก็สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ในปริมาณมากด้วยเช่นกัน อย่างไรก็ตาม มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของสวนป่าจะมีการแปรผันในระหว่างแต่ละส่วน (ลำต้น กิ่ง ใบ และราก) ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดไม้ และลักษณะทางพันธุกรรม อายุ ความหนาแน่น และคุณภาพของพื้นที่ที่ปลูก รวมทั้งการจัดการตามวนวัฒนวิธีที่เหมาะสม (คณะวนศาสตร์, 2554) สอดคล้องกับการศึกษาของ อังสุมา และคณะ (2560) ที่กล่าวว่า ต้นไม้ที่มีการสะสมมวลชีวภาพมาก และมีประสิทธิภาพสูงในการกักเก็บคาร์บอน ย่อมส่งผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในแต่ละส่วน ดังนั้น จึงต้องมีการจัดการต้นไม้ให้มีการเติบโตที่ดี เพื่อประสิทธิภาพในการกักเก็บคาร์บอนของต้นไม้

## สรุป

การศึกษามวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของ ประดู่ป่า ตะเคียนทอง สะเดา และ สะเดาเทียม อายุ 21 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยประจวบคีรีขันธ์ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยการประมาณมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ จากสมการความสัมพันธ์ในรูปสมการแอลโลเมตรี สามารถสรุปได้ว่า ไม้สะเดา มีมวลชีวภาพรวมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนทอง ประดู่ป่า และสะเดาเทียม ตามลำดับ และเมื่อคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอน พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกับมวลชีวภาพ ทั้งนี้เป็นผลมาจากความแตกต่างของมวลชีวภาพของต้นไม้มากกว่าผลจากปริมาณของคาร์บอนที่สะสมอยู่ในมวลชีวภาพของต้นไม้ ถึงแม้ว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในมวลชีวภาพจะแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีสัดส่วนน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับความแตกต่างของมวลชีวภาพ

อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มวลชีวภาพ และการกักเก็บคาร์บอนของ สะเดา ตะเคียนทอง

และประดู่ป่า มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ มีเพียงสะเดาเทียมที่แตกต่างออกไป ดังนั้น ชนิดไม้ที่เหมาะสมต่อการปลูกเพื่อให้ได้ผลผลิตที่คุ้มค่า และสามารถช่วยกักเก็บคาร์บอนได้มาก ในบริเวณจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และพื้นที่ใกล้เคียง ได้แก่ สะเดา ตะเคียนทอง และประดู่ป่า ตามลำดับ ทั้งนี้ ควรมีการจัดการอย่างประณีต และดูแลรักษาตามหลักวนวัฒนวิธีที่เหมาะสม โดยเฉพาะการตัดขยายระยะเมื่อต้นไม้มีอัตราการเติบโตลดลง เพื่อส่งเสริมการเติบโตของต้นไม้ที่เหลืออยู่

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กรมป่าไม้. 2558. **รายงานสถิติป่าไม้.** สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

_____. 2560. **แนวทางปฏิบัติโครงการส่งเสริมการปลูกต้นไม้เพื่อเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ระยะที่ 2.** สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

คณะวนศาสตร์. 2552. **โครงการส่งเสริมปลูกต้นไม้เพื่อเป็นทุนระยะยาว**. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2554. **คู่มือศักยภาพของพรรณไม้ สำหรับส่งเสริมภายใต้โครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดภาคป่าไม้.** อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

คณะวนศาสตร์. 2560. **รายงานฉบับสมบูรณ์ (Final Report) โครงการจัดทำยุทธศาสตร์และแผนงานการส่งเสริมไม้เศรษฐกิจแบบครบวงจร (พ.ศ. 2561-2579)**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เจษฎา พันสถา. 2544. **การหมุนเวียนของธาตุอาหารในสวนป่าไม้สะเดา ที่ปลูกด้วยระดับความหนาแน่นต่างกัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉัตรชัย กาญจนะคช. 2540. **ผลของความหนาแน่นของการปลูกป่าต่อการเติบโตและผลผลิตของสวนป่าไม้สะเดา อายุ 12 ปี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชิงชัย วิริยะบัญชา. 2550. การศึกษาการปลูกไม้โตเร็วสำหรับใช้ผลิตไฟฟ้าในชุมชน, น. 164-207. *ใน* **การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย โรงไฟฟ้าต้นแบบชีวมวลขนาดเล็กสำหรับชุมชนแบบครบวงจร**. วันที่ 19-20 กรกฎาคม พ.ศ. 2550. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ร่วมกับมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, กรุงเทพฯ.

ณรงค์ ชูจิตร และ พิทยา เพชรมาก. 2545. ผลของขนาดถุงกล้าไม้และระยะปลูกที่มีต่อการเจริญเติบโตของไม้สะเดาในการปลูกเป็นสวนป่าเชิงประณีต, น. 105-116. *ใน* **รายงานวนวัฒนวิจัย ประจำปี 2545.** สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ สหุนาพ. 2552. การประมาณมวลชีวภาพของพืชและของป่าไม้. **วารสารการจัดการป่าไม้.** 3 (5) : 63-88.

ทศพร วัชรางกูร, ชิงชัย วิริยะบัญชา และ กันตินันท์ ผิวสอาด. 2548. การประเมินปริมาณการสะสมของคาร์บอนในต้นไม้ ในสวนป่าเพื่อการอุตสาหกรรมในประเทศไทย, น. 137-157. *ใน* **รายงานการประชุม การเปลี่ยนแปลงสภาพ ภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต", 4-5 สิงหาคม 2548 ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ราตรี บุญรอด, วาทินี สวนผกา และ สมพร แม่ลิ่ม. 2559. ผลของระยะปลูกต่อการเติบโตและมวลชีวภาพของประดู่ป่า อายุ 22 ปี ณ สถานีวนวัฒนวิจัยราชบุรี อำเภอปากท่อ จังหวัดราชบุรี. น. 60-71.

*ใน* **รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 10 "ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ".** วันที่ 1-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาทินี สวนผกา และ สมบูรณ์ บุญยืน. 2559. การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ 8 ชนิด ในแปลงทดสอบชนิดพันธุ์ไม้ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา, น. 320-326. *ใน* **รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนวิทยาครั้งที่ 10 "ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ".** วันที่ 1-4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559 คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2550. การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับภาวะโลกร้อน. **วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ** 22 (3): 40-49.

เสริมพงศ์ นวลงาม และ จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2543. บทบาทของการปลูกสร้างสวนป่าต่อการกักเก็บคาร์บอนที่สถานีวิจัยและฝึกอบรมการปลูกสร้างสวนป่า จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวนศาสตร์** 19 (21): 96-103.

สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2560. **รายงานความก้าวหน้ารายสองปี (Second Biennial Update Report)** กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ

อังสุมา พิณทอง, ธิติ วิสารัตน์, ชุติกานต์ หุตะแสงชัย, พรเทพ เหมือนพงษ์ และ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2560. การประมาณแก่นและการกักเก็บคาร์บอนของไม้พะยูง ณ สถานีวนวัฒนวิจัยหมูสี จังหวัดนครราชสีมา. **วารสารวนศาสตร์** 36 (2): 46-54.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. International Panel on Climate Change. IGES, Japan.

Kira, T. and T. Shidei. 1967. Primary Production and turnover to organic matter in different forest ecosystems of the western pacific. **Japanese Journal of Ecology.** 17: 70-87.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# ลักษณะโครงสร้างสังคมไม้ป่าและการทดแทนกล้าไม้ในแปลงปลูกป่าฟื้นฟู ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

# Tree Communities Structure and Seedling Succession in Rehabilitation Area at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province

**จันทร์จิรา มูลแก้ว[1,2]** **Junjira Moonkaew[1,2]**
**สคาร ทีจันทึก[1*]** **Sakhan Teejuntuk [1*]**
**พรเทพ เหมือนพงษ์[1]** **Ponthep Meunpong[1]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[1]Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักส่งเสริมการปลูกป่า กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
[2]Reforestation Promotion office, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900
[*]Corresponding Author, E-mail: fforsktt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 15 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2561

## ABSTRACT

The result showed that dry evergreen forest (DEF), 14 years rehabilitation area (14 YRA), 12 years rehabilitation area (12 YRA), 6 years rehabilitation area (6 YRA) and 4 years rehabilitation area (4 YRA) had densities of trees (1,333, 1,725, 853, 1,150 and 300 individual $ha^{-1}$,respectively), sapling (2,933, 650, 833, 1,883 and 2,125 individual $ha^{-1}$,respectively), seedling (2,233, 3,933, 3,066, 1,800 and 1,000 individual $ha^{-1}$,respectively). The highest tree basal area was in DEF (28.47 $m^2ha^{-1}$) followed by 14YRA (16.36 $m^2ha^{-1}$), 6YRA (7.00 $m^2ha^{-1}$), 12 YRA (3.28 $m^2ha^{-1}$) and 4 YRA (2.68 $m^2ha^{-1}$).The same trend was apparent for the aboveground biomass with 192.32, 91.38, 19.33, 14.52 and 11.84 ton $ha^{-1}$, respectively. The similarity index (SI) of tree and sapling in 14YRA was more like DEF than others. Seedling succession showed that rehabilitation area was dissimilarity more than similarity. The most seedling species were pioneer species, which are temporary species in succession stage. Considering to species that having wide range of ecological amplitude to achieve the purpose of rehabilitation.

**Keywords:** Tree community, Seedling Succession, Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station

## บทคัดย่อ

ผลการศึกษา พบว่า ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ ไม้รุ่น และกล้าไม้ ของป่าดิบแล้ง เท่ากับ 1,333, 2,933 และ 2,233 ต้นต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปี เท่ากับ 1,725, 650 และ 3,933 ต้นต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปี เท่ากับ 853, 2,833 และ 3,066 ต้นต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปี เท่ากับ 1,150, 1,883 และ 1,800 ต้นต่อเฮกตาร์ และแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปี เท่ากับ 300, 2,125 และ 1,000 ต้นต่อเฮกตาร์ ส่วนพื้นที่หน้าตัดของไม้ใหญ่ป่าดิบแล้งมีค่ามากที่สุด 28.47 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปี, อายุ 6 ปี, อายุ 12 ปี และอายุ 4 ปี 16.36, 7.00, 3.28 และ 2.68 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ตามลำดับ ซึ่งมีแนวโน้มเช่นเดียวกับมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน เท่ากับ 192.32, 91.38, 19.33, 14.52 และ 11.84 ตันต่อเฮกตาร์ ความคล้ายคลึงในระดับไม้ใหญ่และไม้รุ่น พื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปีมีความคล้ายคลึงกับป่าดิบแล้งสูงที่สุด และเมื่อพิจารณาถึงการทดแทนของกล้าไม้พบว่าแปลงปลูกป่าฟื้นฟู ทั้ง 4 แปลงยังมีความคล้ายคลึงกับป่าดิบแล้งน้อย ชนิดกล้าไม้ที่พบส่วนมากจัดเป็น ไม้เบิกนำ (Pioneer species) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ที่ขึ้นในพื้นที่เพียงชั่วคราวในขั้นตอนของการทดแทนและการปลูกฟื้นฟูในช่วงเริ่มต้น เมื่อพิจารณาจากชนิดพันธุ์ในพื้นที่ที่มีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยาสูง เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของการฟื้นฟู


**คำสำคัญ:** สังคมพืช การทดแทนกล้าไม้ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตคณะวนศาสตร์วังน้ำเขียว

## คำนำ

การทำเกษตรกรรม ถือว่ามีบทบาทสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทย และมีการแข่งขันกันสูง ทำให้มีความต้องการในผลผลิตมากขึ้น จึงมีการบุกรุกพื้นที่ป่าธรรมชาติเพื่อที่แผ้วถางทำการเกษตร จึงทำให้ป่าไม้ของประเทศไทยจึงถูกทำลายลงอย่างรวดเร็ว การฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ที่ถูกทำลายไปนั้นจำเป็นต้องอาศัยหลักความคิดทางวิชาการในการดำเนินการ โดยพิจารณาการทดแทนของสังคมพืช (plant succession) จำแนกตามลักษณะการเกิดได้ 2 ประเภท (นิวัติ, 2546) คือ การทดแทนตามธรรมชาติ คือการทดแทนของหมู่ไม้ซึ่งขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งอาจจะใช้เวลายาวนานขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และปัจจัยแวดล้อมและการทดแทนภายใต้การจัดการของมนุษย์ คือ การทดแทนโดยการปลูกสร้างของมนุษย์ โดยการนำชนิดไม้ที่เติบโตได้ในพื้นที่เปิดโล่ง เหมาะกับสภาพพื้นที่และใกล้เคียงกับไม้เดิม เพื่อช่วยเร่งกระบวนการทดแทนของสังคมพืช โดยใช้หลักการจัดการและทฤษฎีที่เหมาะสมกับพื้นที่ ต้องมีการศึกษาสภาพสังคมป่าของพื้นที่เดิม ทั้งชนิดพันธุ์ท้องถิ่นและชนิดที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้น เพื่อเป็นปัจจัยร่วมกับเวลา

การฟื้นฟูป่า โดยทั่วไปหมายถึงการสร้างพื้นที่ป่าที่ถูกทำลายให้มีสภาพใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าที่เคยมีอยู่เดิมให้มากที่สุด มีลักษณะแตกต่างจากการปลูกป่าชนิดอื่นๆ (Elliott, 2000) หรืออาจเป็นการสร้างป่าใหม่อีกครั้ง ป่าใหม่ที่ได้นั้นขึ้นอยู่กับวิธีการและวัตถุประสงค์ในการปลูกฟื้นฟู การฟื้นฟูป่าด้วยวิธีการแบบการฟื้นฟูผลผลิต (rehabilitation) มุ่งฟื้นฟูผลผลิตให้เพิ่มมากขึ้น โดยให้มีไม้และสัตว์ในพื้นที่เดิมกลับอยู่ในพื้นที่บางส่วน มุ่งหวังผลทางด้านเศรษฐกิจเป็นหลัก มีไม้ต่างถิ่นปะปนอยู่พอสมควร และเมื่อกาลเวลาผ่านไปประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของป่าที่เคยมีในป่าดั้งเดิมสามารถกลับมาได้บ้างบางส่วน (FRIS, 2003)

พื้นที่ไร่ร้างบนสันเขาโลตึงเป็นพื้นที่ส่วนหนึ่งของสถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว เดิมมีสภาพเป็นป่าดิบแล้งอันอุดมไปด้วยพันธุ์ไม้เด่น คือ ไม้ตะเคียน ไม่ว่าจะเป็นตะเคียนทอง ตะเคียนหิน แต่ถูกราษฎรบุกรุกแผ้วถางทำไร่มันสำปะหลังจนหมดสภาพป่าไปแล้ว แต่ในปัจจุบันเป็นพื้นที่ที่กำลังได้รับการฟื้นฟูปลูกป่าโดยนิสิตคณะวนศาสตร์ ประกอบด้วยพื้นที่ที่ทำการปลูกในพื้นที่โล่งและปลูกเสริมในแปลง

ยูคาลิปตัส การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อที่ทราบถึงลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมไม้ป่าของป่าดิบแล้งและแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปี, อายุ 6 ปี, อายุ 12 ปี และ อายุ 14 ปี และชนิดพันธุ์ของกล้าไม้ที่ทดแทนในทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา เพื่อบันทึกข้อมูลสำหรับเป็นแนวทางในการจัดการในพื้นที่ปลูกฟื้นฟูให้กลับเป็นสภาพป่าที่สมบูรณ์หรือตามวัตถุประสงค์ของการฟื้นฟูในที่สุด

## อุปกรณ์ และวิธีการ

### 1. การเก็บข้อมูลในพื้นที่ที่ทำการศึกษา

วางแปลงเพื่อศึกษาสังคมพืชในพื้นที่ศึกษา 5 พื้นที่ ได้แก่ ป่าดิบแล้ง (Dry Evergreen Forest ; DEF) และแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปี (4 Years Rehabilitation Area ; 4 YRA), อายุ 6 ปี (6 Years Rehabilitation Area ; 6 YRA), อายุ 12 ปี (12 Years Rehabilitation Area ; 12 YRA), และอายุ 14 ปี (14 Years Rehabilitation Area ; 14 YRA) โดยสุ่มตัวอย่างแปลง พื้นที่ละ 3 แปลง

ศึกษาไม้ใหญ่ (tree) วางแปลงขนาด 20×20 เมตร ทำการบันทึกชนิดพันธุ์ ความสูง และเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรและมีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร ศึกษาไม้รุ่น (sapling) ในแปลง 20×20 เมตร ทำการบันทึกชนิดพันธุ์ ความสูง และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงเกิน 1.30 เมตร คือ และศึกษากล้าไม้ (seedling) โดยการวางแปลงขนาด 5×5 เมตร ในทุกมุมของแปลงขนาด 20×20 เมตร เก็บข้อมูลชนิดพันธุ์และจำนวนของกล้าไม้ที่มีความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร

### 2. การวิเคราะห์ข้อมูลองค์ประกอบของสังคมพืช

2.1 ประเมินค่าความสำคัญของชนิดไม้หรือค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index; IVI) โดยหาได้จากผลรวมของความถี่สัมพัทธ์ (relative; RF) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density; RD) และความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance; RDo)

2.2 ประเมินค่าความหลากหลายของชนิด (species diversity) โดยใช้สมการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของ Shannon and Weaver (1949)

2.3 ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (similarity index; SI) และดัชนีความแตกต่าง (dissimilarity index; DI) คำนวณได้จากสมการ Sorrensen (Kutintara, 1975)

2.4 มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Biomass) อ้างอิงจากข้อมูลสภาพป่าเดิม คือ ป่าดิบแล้ง การศึกษาครั้งนี้จึงใช้สมการแอลโลเมตรี สำหรับใช้ในการคำนวณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินไม้ในป่าดิบแล้งของ Tsutsumi *et al.* (1983) ที่ได้จากการศึกษาในพื้นที่ป่าดิบแล้งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2.5 การกระจายของชนิดไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH class) โดยสร้างกราฟแสดงจำนวนต้นของไม้ใหญ่ (tree) ในแต่ละขนาดชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก

2.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Kruskal-wallis test

## ผลและวิจารณ์

### 1. ลักษณะเชิงปริมาณและองค์ประกอบของสังคมพืช

1.1 ป่าดิบแล้ง

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่ป่าธรรมชาติ โดยพิจารณาจากจำนวนชนิดพันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัดและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 1

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ พลองกินลูก (*Memecylon ovatum*) ร้อยละ 39.20 รองลงมา ได้แก่ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*), กระเบากลัก (*Hydnocarpus ilicifolia*), และกัดลิ้น (*Walsura pinnata*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 37.43, 35.706 และ 26.44

ตามลำดับ ชนิดไม้รุ่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงที่สุด ได้แก่ พลองกินลูก ร้อยละ 43.67 รองลงมา ได้แก่ กระเบากลัก, ข่อยหนาม (*Streblus ilicifolius*), กัดลิ้น และตะเคียนหิน มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 28.23, 27.77, 23.11 และ 18.17 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาชนิดไม้ในพื้นที่ป่าธรรมชาติ พบว่า ไม้ใหญ่ที่เป็นไม้เด่นหรือเป็นไม้ชนิดที่พบมากที่สุด ประกอบด้วย ตะเคียนหิน กระเบากลัก เคี่ยมคะนอง และพลองกินลูก เป็นชนิดไม้ดัชนีในชั้นเรือนยอดเด่น และชั้นเรือนยอดรองของป่าดิบแล้ง (Smitinand, 1977)

**Table 1** Number of species, average diameter, average height, density, basal area and species of dry every green forest at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Parameters | Tree | Sapling | Seedling |
|---|---|---|---|
| Number of Species | 31 | 31 | 19 |
| Average Diameter (cm) | 12.60 | 1.78 | |
| Average Height (m) | 11.07 | 2.88 | |
| Density (tree ha$^{-1}$) | 1,333 | 2,933 | 6,700 |
| Basal Area (m$^2$ ha$^{-1}$) | 28.47 | 1.23 | |
| Species Diversity | 2.53 | 2.68 | 2.21 |

1.2 แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปี

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปี ดำเนินการพิจารณาจากจำนวนชนิดพันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัดและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 2

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ แดง (*Xylia xylocarpa*) ร้อยละ 73.48 รองลงมาได้แก่ ปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa*), โมกมัน (*Wrightia arborrea*), พังแหร (*Trema cannabina*) และทิ้งถ่อน (*Albizia procera*) ซึ่งมีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 38.24, 30.68, 27.96 และ 16.37 ตามลำดับ ชนิดไม้รุ่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ โมกมัน ร้อยละ 81.52 รองลงมา ได้แก่ ปอแก่นเทา, แดง, พะยอม (*Shorea roxburghii*) และมะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 38.44, 24.33, 15.59 และ 14.80 ตามลำดับ

**Table 2** Number of species, average diameter, average height, density, basal area and species of 14 years rehabilitation area at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Parameters | Tree | Sapling | Seedling |
|---|---|---|---|
| Number of Species | 24 | 22 | 19 |
| Average Diameter (cm) | 9.67 | 2.04 | |
| Average Height (m) | 9.67 | 2.48 | |
| Density (tree ha$^{-1}$) | 1,725 | 650 | 11,800 |
| Basal Area (m$^2$ ha$^{-1}$) | 16.36 | 0.31 | |
| Species Diversity | 2.17 | 2.46 | 1.40 |

1.3 แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปี

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปี จากจำนวนชนิดพันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัดและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 3

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความสำคัญของแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปี จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ มะค่าโมง (*Aefzilia xylocarpa*) ร้อยละ 60.15 รองลงมา ได้แก่ โมกมัน, เขลง (*Dialium cochinchinense*), พลับพลา (*Microcos tomentosa*) และประดู่ป่า (*Pterocarpaus macrocarpus*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 49.75, 27.79, 24.13 และ 15.20 ตามลำดับ ชนิดไม้รุ่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ โมกมัน (*Wrightia arborrea*) ร้อยละ 82.51 รองลงมา ได้แก่ มะค่าโมง, เขลง, พลับพลา และ มะกอกเกลื้อน มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 37.64, 35.28, 23.25 และ 18.46 ตามลำดับ

**Table 3** Number of species, average diameter, average height, density, basal area and species of 12 years rehabilitation area at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Parameters | Tree | Sapling | Seedling |
|---|---|---|---|
| Number of Species | 17 | 28 | 9 |
| Average Diameter (cm) | 6.52 | 2.27 | |
| Average Height (m) | 7.06 | 3.35 | |
| Density (tree $ha^{-1}$) | 853 | 2,833 | 9,200 |
| Basal Area ($m^2$ $ha^{-1}$) | 3.29 | 1.45 | |
| Species Diversity | 2.16 | 1.91 | 2.31 |

1.4 แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปี

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปี จากจำนวนชนิดพันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัดและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 4

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) ร้อยละ 50.14 รองลงมา ได้แก่ มะกอกเกลื้อน, มะค่าแต้ (*Sindora siamensis*), มะค่าโมง และแดง มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 27.31, 25.12, 24.01 และ 21.39 ตามลำดับ ชนิดไม้รุ่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุดได้แก่ โมกมัน ร้อยละ 48.26 รองลงมา ได้แก่ มะกอกเกลื้อน, เขลง, มะค่าแต้ และพลับพลา) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 22.37, 20.85, 16.01 และ 15.68 ตามลำดับ

**Table 4** Number of species, average diameter, average height, density, basal area and species of 6 years rehabilitation area at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Parameters | Tree | Sapling | Seedling |
|---|---|---|---|
| Number of Species | 23 | 37 | 17 |
| Average Diameter (cm) | 7.49 | 2.69 | |
| Average Height (m) | 6.90 | 3.40 | |
| Density (tree ha$^{-1}$) | 1,150 | 1,883 | 5,400 |
| Basal Area (m$^2$ ha$^{-1}$) | 7.00 | 1.35 | |
| Species Diversity | 2.61 | 3.07 | 2.40 |

1.5 แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปี

เมื่อพิจารณาโครงสร้างและองค์ประกอบของสังคมพืชในพื้นที่แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปี จากจำนวนชนิดพันธุ์ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัดและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ ปรากฏผลดัง Table 5

จากการวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความถี่สัมพัทธ์ และความเด่นสัมพัทธ์ ทำให้ทราบถึงชนิดไม้ใหญ่ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ปอแก่นเทา ร้อยละ 53.70 รองลงมา ได้แก่ แคหางค่าง (*Markhamia stipulate* var. kerrii), เขลง, ติ้วขน (*Cratoxylum pruniflorum*) และตะคร้อ (*Schleichera oleosa*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 41.46, 39.43, 33.86 และ 31.17 ชนิดไม้รุ่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ ปอแก่นเทา ร้อยละ 65.42 รองลงมา ได้แก่ โมกมัน, พลับพลา, มะค่าโมง และประดู่ป่า มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 63.04, 15.38, 11.73 และ 10.96 ตามลำดับ

**Table 5** Number of species, average diameter, average height, density, basal area and species of 4 years rehabilitation area at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Parameters | Tree | Sapling | Seedling |
|---|---|---|---|
| Number of Species | 12 | 32 | 13 |
| Average Diameter (cm) | 9.41 | 2.1 | |
| Average Height (m) | 7.39 | 2.69 | |
| Density (tree ha$^{-1}$) | 300 | 2,125 | 3,000 |
| Basal Area (m$^2$ ha$^{-1}$) | 2.68 | 0.87 | |
| Species Diversity | 2.23 | 2.41 | 2.71 |

ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Table 6) เมื่อเทียบป่าดิบแล้งกับแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปีมีดัชนีความคล้ายคลึง ร้อยละ 42.55 แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปีมีดัชนีความคล้ายคลึง ร้อยละ 38.38 แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปี มีดัชนีความคล้ายคลึง ร้อยละ 40.00 และแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปีมีดัชนีความคล้ายคลึง ร้อยละ 55.86 แสดงให้เห็นว่าชนิดพันธุ์ของไม้ใหญ่และไม้รุ่นในแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปีกับป่าดิบแล้งมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด รองลงมา คือ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปี อายุ 12 ปี และ 6 ปี ตามลำดับ จากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการฟื้นฟูสัมพันธ์กับการเข้าใกล้ความเป็นป่าธรรมชาติ

ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ พบว่า ในระดับไม้รุ่น แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปี มีค่าสูง (H′ = 3.07) แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปี มีแนวเขตติดกับพื้นที่ป่าธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษา

ของภาณุพงษ์ และคณะ (2559) ที่พบว่าเขตขอบป่าตอนในที่ติดกับป่าดิบแล้งมีค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์สูงถึง 3.51 แสดงให้เห็นว่าเริ่มมีการตั้งตัวของไม้ท้องถิ่นและการกระจายเข้ามาในพื้นที่ที่มีร่มเงาภายใต้เรือนยอดเปิดจนถึงบริเวณที่มีแสงสว่างมาก

**Table 6** Similarity index and dissimilarity index of tree and sapling at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Forest Type | 4 YRA | 6 YRA | 12 YRA | 14 YRA | DEF |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 YRA | × | 45.00 | 55.56 | 43.01 | 42.55 |
| 6 YRA | 55.00 | × | 47.37 | 51.51 | 38.38 |
| 12 YRA | 44.44 | 52.63 | × | 42.70 | 37.78 |
| 14 YRA | 56.99 | 48.49 | 57.3 | × | 55.86 |
| DEF | 57.45 | 61.62 | 62.22 | 44.14 | × |

จากการศึกษาพบว่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินในแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 4 ปีมีค่า 11.84 ตันต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 6 ปีมีค่า 19.33 ตันต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปีมีค่า 14.52 ตันต่อเฮกตาร์ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปีมีค่า 91.38 ตันต่อเฮกตาร์ และป่าดิบแล้ง มีค่า 192.32 ตันต่อเฮกตาร์ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวมจะแปรผันตามขนาดพื้นที่หน้าตัดและปริมาณต้นไม้ที่มีขนาดใหญ่มีอิทธิพลต่อปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินรวม ป่าดิบแล้งมีค่ามากที่สุด รองลงมาคือ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 14 ปี, อายุ 6 ปี, อายุ 12 ปี และอายุ 4 ปี ตามลำดับ ผลดังกล่าวนี้แสดงถึงแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของมวลชีวภาพตามอายุของแปลงปลูกป่าฟื้นฟู (Figure 1) แต่เนื่องจากแปลงปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 12 ปี เป็นการปลูกฟื้นฟูโดยปลูกเสริมในแปลงไม้ยูคาลิปตัส หลังจากนั้นได้มีการทำไม้ยูคาลิปตัสออกเมื่อถึงรอบตัดฟัน จึงมีปริมาณไม้ขนาดใหญ่น้อย ส่งผลให้มีค่าปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินใกล้เคียงกับแปลงปลูกป่าฟื้นฟูที่อายุน้อยกว่า

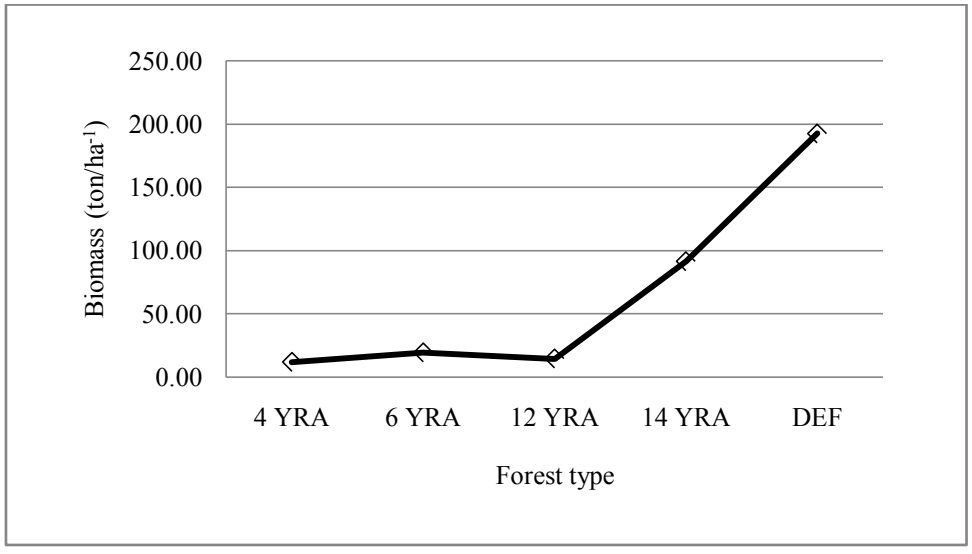



**Figure 1** Above ground biomass of tree in dry evergreen forest and 4, 6, 12 and 14 years rehabilitation are Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

การเปรียบเทียบด้วยวิธี Kruskal-wallis test พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ความสูงเฉลี่ย ความหนาแน่น พื้นที่หน้าตัด และความหลากหลายของชนิดพันธุ์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

**2. การกระจายของพันธุ์ไม้ตามชั้นขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (Diameter distribution)**

การกระจายของพันธุ์ไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้ใหญ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปในพื้นที่ป่าดิบแล้งและแปลงปลูกป่าฟื้นฟู ณ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่ามีการกระจายแบบ L-Shape คือ ต้นไม้ในชั้นเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกขนาดเล็กมีจำนวนมากและลดจำนวนต้นไม้ลงเมื่อมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกใหญ่ขึ้น ดังใน Figure 2 แสดงให้เห็นว่าในพื้นที่ศึกษาการรักษาโครงสร้างของป่าเป็นไปได้โดยดี ทำให้โครงสร้างของขนาดต้นไม้อยู่ในลักษณะที่เรียกว่า stationary stage คือ มีการทดแทนโดยพันธุ์ไม้ขนาดเล็กสามารถเติบโตแทนไม้ใหญ่ได้ดีในอนาคต ซึ่งผลการศึกษาเป็นไปได้ในทำนองเดียวกันกับการศึกษาป่าดิบแล้งของสุพลและคณะ (2556) เมื่อทำการทดสอบข้อมูลโดยใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test แล้วพบว่าการแจกแจงข้อมูลพบว่ามีการแจกแจงแบบปกติ

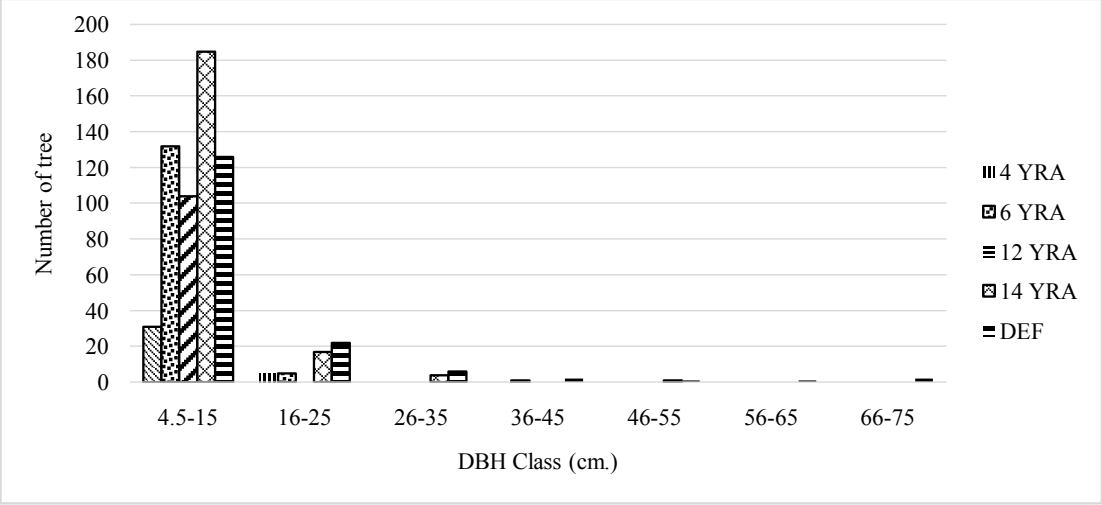



**Figure 2** Diameter distribution of tree in various types of dry evergreen forest and 4, 6, 12 and 14 years rehabilitation area at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

**3. การทดแทนกล้าไม้ในแปลงปลูกป่าฟื้นฟู**

เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญของกล้าไม้เพื่อทราบถึงชนิดของกล้าไม้ที่เติบโตทดแทนได้ในแต่ละสังคมพืชได้ผลการศึกษา ดังนี้

3.1 ป่าดิบแล้ง ชนิดกล้าไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ พลองกินลูก ร้อยละ 14.93 รองลงมาได้แก่ แก้ว (*Muraarya paniculata*), ข่อยหนาม, กัดลิ้น และจิงจาบ (*Miliusa mollis*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 11.94, 10.44, 7.46 และ 4.48 ตามลำดับ กล้าไม้ที่พบถือเป็นไม้ดัชนีของป่าดิบแล้ง เช่น พลองกินลูก กัดลิ้น เป็นต้น และพบผสมกับไม้ข่อยที่เป็นไม้ทนร่ม (shade tolerance) เป็นกลุ่มไม้ชั้นรองในพื้นที่ป่าธรรมชาติเป็นป่าดิบแล้งที่มีเรือนยอดค่อนข้างหนาแน่น

3.2 แปลงปลูกป่าฟื้นฟู อายุ 14 ปี ชนิดกล้าไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ เขลง ร้อยละ 37.97 รองลงมา ได้แก่ มะกอกเกลื้อน, โมกมัน, ขันทองพยาบาท (*Suregada multiflora*) และพะยอม (*Shorea roxburghii*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 26.16, 26.10, 16.84 และ 11.75 ตามลำดับ

3.3 แปลงปลูกป่าฟื้นฟู อายุ 12 ปี ชนิดกล้าไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุด คือ โมกมัน ร้อยละ 62.75 รองลงมา ได้แก่ มะกอกเกลื้อน, เขลง, แดง และประดู่ป่า มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 43.75, 39.75, 16.50 และ 14.50 ตามลำดับ

3.4 แปลงปลูกป่าฟื้นฟู อายุ 6 ปี ชนิดกล้าไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุดคือ มะกอกเกลื้อน ร้อยละ 44.87 รองลงมา ได้แก่ โมกมัน, ส่องฟ้า (*Clausena guillaumini*) คอแลน (*Nephelium hypoleucum*) และแคหัวหมู (*Markhamia stipulata*) มีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 26.35, 13.11, 11.40 และ 11.40 ตามลำดับ

3.5 แปลงปลูกป่าฟื้นฟู อายุ 4 ปี ชนิดกล้าไม้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญมากที่สุดคือ รัง (*Shorea siamensis*) ร้อยละ 24.44 รองลงมา ได้แก่ ปอแก่นเทา, เขลง, แดง และติ้วขน (*Cratoxylum formosum*) ซึ่งมีค่าดัชนีความสำคัญ ร้อยละ 22.22, 21.11, 21.11 และ 18.89 ตามลำดับ

ผลที่ได้สอดคล้องกับการศึกษาโครงสร้างป่าปลูกและป่าดิบแล้งทุติยภูมิของสุพล และคณะ (2556) พบว่าในป่าดิบแล้งทุติยภูมิถือได้ว่าเรือนยอดมีความหนาแน่นน้อย มีความคล้ายคลึงกับแปลงปลูกป่าฟื้นฟูที่ทำการศึกษาเรือนยอดชั้นกลางและเรือนยอดชั้นล่าง หรือไม้พุ่มที่พบส่วนใหญ่เป็นพันธุ์ไม้เบิกนำ เช่น โมกมัน แคหัวหมู ปอแก่นเทา เขลง พลับพลา และยังพบกับกล้าไม้บางชนิดที่อาจเกิดขึ้นมาจากการร่วงหล่นของเมล็ดในพื้นที่ใกล้เคียงพื้นที่ที่สามารถรุกล้ำเข้ามาเจริญเติบโตในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมที่กำลังฟื้นฟู หรือป่าดิบแล้งทุติยภูมิได้ และในอนาคตอาจพัฒนาไปสู่สังคมป่าดิบแล้ง หรือป่าเบญจพรรณขึ้นอยู่กับกระบวนทดแทนทางธรรมชาติของป่าและวิธีการทางวนวัฒนวิทยาของมนุษย์

จากการศึกษาความคล้ายคลึงในระดับกล้าไม้ (Table 7) ของทั้ง 5 พื้นที่ศึกษา พบว่า กล้าไม้

ในแปลงปลูกป่าฟื้นฟู อายุ 14 ปี มีความคล้ายคลึงกับป่าดิบแล้งมากที่สุด ชนิดและแปลงปลูกป่าฟื้นฟูทั้ง 4 แปลงมีความแตกต่างมากกว่าความคล้ายคลึงกับป่าดิบแล้ง

**Table 7** Similarity index and dissimilarity index of seedling at Wang Nam Khiao Forestry Research and Training Station, Nakhon Ratchasima Province.

| Forest Type | 4 YRA | 6 YRA | 12 YRA | 14 YRA | DEF |
|---|---|---|---|---|---|
| 4 YRA | × | 20.00 | 40.00 | 43.75 | 12.90 |
| 6 YRA | 80.00 | × | 41.67 | 34.29 | 5.56 |
| 12 YRA | 60.00 | 58.33 | × | 46.15 | 7.69 |
| 14 YRA | 56.25 | 65.71 | 53.85 | × | 15.79 |
| DEF | 81.25 | 94.44 | 92.31 | 84.21 | × |

## สรุป

โครงสร้างของป่าในด้านความหนาแน่นและพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของไม้ใหญ่ ของป่าดิบแล้งและแปลงปลูกป่าฟื้นฟูทั้ง 4 แปลง พบว่า พื้นที่ป่าดิบแล้งมีความอุดมสมบูรณ์เมื่อพิจารณาจากค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดิน และค่าดัชนีความสำคัญ แปลงปลูกป่าฟื้นฟูทั้ง 4 แปลง มีแนวทางการทดแทนกลับคืนสู่สภาพป่าดั้งเดิมสูง และมีพันธุ์ไม้จากป่าผสมผลัดใบที่เข้ามาตั้งตัวได้ดี เช่น แคหัวหมู โมกมัน และติ้ว เป็นต้น การกระจายของพันธุ์ไม้ตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเป็นกราฟรูปแบบ L-shape ไม้ที่พบส่วนใหญ่คือไม้ขนาดเล็กถึงกลางที่มีขนาด 4.5-15 เซนติเมตร

การทดแทนของกล้าไม้ในแต่ละพื้นที่ศึกษา พบว่า ชนิดของกล้าไม้ที่พบในป่าดิบแล้ง พิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญที่มีค่าสูง เช่น พลองกินลูก แก้ว ข่อยหนาม กัดลิ้น และจิงจาบ ส่วนใหญ่เป็นไม้ดัชนีของป่าดิบแล้ง และชนิดกล้าไม้ที่พบในแปลงปลูกป่าฟื้นฟูทั้ง 4 แปลงส่วนมาก คือ ไม้เบิกนำ (Pioneer species) เช่น เขลง โมกมัน แคหัวหมู แดง เป็นต้น

การปลูกป่าเพื่อฟื้นฟูป่าที่มีสภาพเสื่อมโทรม หลังจากนั้นต้องการให้ป่ามีการทดแทนตามธรรมชาติ

ของไม้ดั้งเดิม ต้องอาศัยระยะเวลาเพื่อให้ป่าฟื้นคืนสภาพของสังคมพืชให้เป็นเช่นเดิม แต่มีโอกาสร่นระยะเวลาในการเริ่มการฟื้นฟูป่าเสื่อมโทรม หากยังคงมีพื้นที่ป่าธรรมชาติเหลืออยู่ควรเริ่มฟื้นฟูจากแนวขอบป่าธรรมชาติ และมีการจัดการทางวนวัฒน์ เช่น การกำจัดวัชพืช การป้องกันไฟป่า

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ คือ สถานีวิจัยและฝึกนิสิตคณะวนศาสตร์ จังหวัดนครราชสีมา ในแปลงปลูกป่าฟื้นฟูเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญของไม้ใหญ่ ไม้รุ่นและกล้าไม้ ซึ่งแสดงให้เห็นทั้งมิติของความเด่น ความถี่และความหนาแน่นของชนิดพันธุ์ เพื่อปลูกเสริมให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของการฟื้นฟู ควรเลือกชนิดกล้าไม้ที่มีช่วงความทนทานทางนิเวศวิทยา (ecological amplitude) ค่อนข้างสูง เช่น มะกอกเกลื้อน ขันทองพยาบาท เขลง แดง คอแลน แคหัวหมู เป็นต้น เมื่อเวลาผ่านไปสังคมของสังคมพืชในป่านั้นอาจกลับมาเป็นสังคมพืชป่าดิบแล้ง หรือไม่ได้กลับกลายเป็นป่าดิบแล้งเช่นเดิม แต่สามารถแปรเปลี่ยนสังคมพืชอื่นที่มีความเหมาะกับพื้นที่มากขึ้น และการฟื้นฟูป่าสามารถสำเร็จได้ต้องมีการศึกษาและเก็บข้อมูลในระยะยาวเพื่อปรับวิธีการให้ได้ผลสูงสุดของการฟื้นฟูป่า

## คำนิยม

ผู้วิจัยขอบคุณเจ้าหน้าที่สถานีวิจัยและฝึกนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียวและเพื่อนพี่น้องวนศาสตร์ ที่ช่วยให้การเก็บข้อมูลสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

นิวัติ เรืองพานิช. 2546. **นิเวศวิทยาทรัพยากรธรรมชาติ**. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ภาณุพงษ์ คงดำ, สมบัติ พิมพ์ปะสิทธิ์, จงรัก วัชรินทร์รัตน์ และดอกรัก มารอด. 2559. โครงสร้างและองค์ประกอบพรรณพืชในสวนป่าสักฟื้นฟู ศูนย์ศึกษาธรรมชาติและท่องเที่ยวเชิงนิเวศเจ็ดคด-โป่งก้อนเส้า อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 35 (1): 11-23.

สุพล คำเสนาะ, จงรัก วัชรินทร์รัตน์ และดอกรัก มารอด. 2556. การทดแทนของสังคมพืชบริเวณป่าปลูก และป่าดิบแล้งทุติยภูมิในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติป่ามวกเหล็ก-ทับกวาง แปลง 2 จังหวัดสระบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 32 (3): 12-21.

Elliott, S. 2000. Defining forest restoration for wildlife conservation. pp 13-17. *In* S. Elliott, J. Kerby, D. Blakesley, K. Hardwick, K. Woods and V. Anussarnsunthorn, eds. **Forest Restoretion for Wildlife Conservation**. Chiang Mai University.

FRIS. 2003. WCMC Forest Restoration: Forest Restoration Information Service. **Concepts and Definitions**. Available source: http://www.unep-wcmc.org/forest/restoration/concept.htm, May 28, 2003.

Kutintara, U. 1975. **Structure of the Dry Dipterocarp Forest**. Ph.D. Thesis, Colorado state University, Fort Collin, Colorado.

Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Thory of Communication**. Univ.lllinois Press, Urbana

Smitinand, T. 1977. **Vegetation and Groud Covers of Thailand.** The Forest Herharium, Royal Forest Department., Bangkok, Thailand.

Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda, and B Prachaiyo. 1983. Forest : Burning and Regeneration, pp. 13-26. *In* K. Kyuma and C. Pairitra, eds. **Shifting Cultivation, An Experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand, and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics.** Kyoto university, Japan.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นที่มีชั้นคุณภาพไม้แตกต่างกัน บริเวณป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง จังหวัดเชียงใหม่

# Carbon Stock Value in Tree of Different Timber Quality at Ban Ton Peung Community Forest, Chiang Mai Province

**วัชระ ละอออ่อน[1]**
**พสุธา สุนทรห้าว[2*]**
**สคาร ทีจันทึก[2]**

**Watchara Laororn [1]**
**Pasuta Sunthornhao [2*]**
**Sakhan Teejuntuk [2]**

[1]ส่วนจัดการป่าชุมชน สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ ที่ 1 (เชียงใหม่) เมือง เชียงใหม่ 50100
Community Forest Management Division Regional Forest Resources Management Office No.1 (Chiang Mai), Muang, Chiang Mai, 50100
[2]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
[*]Corresponding author E-mail: fforpts@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 7 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 21 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

The objectives of the study were to determine carbon stock value classified by timber quality, tree species and density at Ban Ton Peung community forest, Chiang mai province. The study was employed stratified random sampling by density of canopy namely high middle and low. Then, three temporary sample plots of 40x40 m., were handle in each density canopy which totally 9 plot. The data collecting included tree species, diameter at breast height (DBH) of tree, total height of trees, and timber quality. The data analysis consisted tree density, carbon stock and its value which evaluated by contingent and market price.

Results of the study found Ban Ton Peung community forest indicated 22 tree species, tree's density of 199.58 tree/rai. Total biomass of 6.70 ton/rai, carbon stock 3.15 tC/rai and carbon dioxide sequestration of 11.55 tCO2/rai. While, in each timber quality types A, B, C there were total biomass of 299.94 2,282.55 and 3,911.79 tons respectively, that it able converted to carbon stock of 140.97 1,072.80 and 1,838.54 tC respectively, or carbon sequestration of 516.94 3,933.95 and 6,741.93 tCO2. The carbon stock value in next fifth-year at 6% of interest rate and 500 Baht/tCO2 were 214 1,627 and 2,788 Baht/rai. Anyway at EUA carbon price of 207 Baht/tCO2 its value indicated 89 674 and 1,154 Baht/rai, also if based on CCA carbon price at 481 Baht/tCO2 its value were 206 1,565 and 2,682 Baht/rai, respectively.

**Keywords:** Carbon Stock Value, Timber Quality, Biomass, Community Forest.

## บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นที่มีชั้นคุณภาพ ไม้แตกต่างกัน รวมถึงศึกษาชนิดและความหนาแน่นของพรรณไม้ยืนต้นบริเวณป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง โดยใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบจำแนกชั้นภูมิตามความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้ที่ปกคลุมทั้งหมด 3 ชั้นภูมิ วางแปลงตัวอย่างชั่วคราวขนาด 40 × 40 เมตร จำนวนทั้งหมด 9 แปลง โดยกระจาย 3 แปลงในแต่ละชั้นภูมิ ทำการเก็บข้อมูลชนิดไม้ยืนต้น ความโตความสูงทั้งหมดและชั้นคุณภาพไม้ แล้วนำข้อมูลที่ได้วิเคราะห์หาความหนาแน่นของพรรณไม้ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอน และมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนตามราคาสมมุติและราคาตลาด

ผลการศึกษา พบว่า ภายในบริเวณป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง พบพรรณไม้ 22 ชนิด มีความหนาแน่น 199.58 ต้น/ไร่ มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 6.70 ตัน/ไร่ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 3.15 ตันคาร์บอน/ไร่ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 11.55 ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ โดยชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด เท่ากับ 299.94, 2,282.55 และ 3,911.79 ตัน ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 140.97, 1,072.80 และ 1,838.54 ตันคาร์บอนตามลำดับ ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งหมด เท่ากับ 516.94, 3,933.95 และ 6,741.93ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ สำหรับมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในปีที่ 5 ที่ระดับอัตราดอกเบี้ย 6% และราคาซื้อขายคาร์บอน 500 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 214, 1,627 และ 2,788 บาท/ไร่ตามลำดับ ราคาตลาด EUA ที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 207 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 89, 674และ 1,154 บาท/ไร่ตามลำดับ และราคาตลาด CCA ที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 481 บาท/ตันคาร์บอน-ไดออกไซด์ เท่ากับ 206, 1,565 และ 2,682 บาท/ไร่ ตามลำดับ


**คำสำคัญ:** มูลค่าการกักเก็บคาร์บอน ชั้นคุณภาพไม้ มวลชีวภาพ ป่าชุมชน

## คำนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรที่มีคุณค่า สามารถฟื้นตัวกลับคืนสภาพได้เองและมีประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งประโยชน์ทางตรงนั้นเป็นแหล่งทรัพยากรที่ตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในแง่ของปัจจัยสี่ ส่วนประโยชน์ทางอ้อมเป็นแหล่งต้นน้ำลำธารแหล่งกักเก็บคาร์บอนและปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน สามารถบรรเทาความรุนแรงการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่กำลังเกิดขึ้นในปัจจุบัน ซึ่งภาวะโลกร้อนทำให้โลกมีอุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้นและส่งผลกระทบต่อการละลายของธารน้ำแข็งและแผ่นน้ำแข็งในบริเวณขั้วโลก ระบบนิเวศที่เปลี่ยนแปลงไป อันเนื่องมาจากปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตรกรรมและการลักลอบตัดไม้ กรมป่าไม้เป็นหน่วยงานหลักในการดูแลรักษาทรัพยากรป่าไม้ สำนักจัดการป่าชุมชนจึงได้ดำเนินการจัดตั้งป่าชุมชนเพื่อให้ราษฎรและองค์กรในชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมดูแล บำรุง รักษาและออกกฎระเบียบป่าชุมชนของท้องถิ่นร่วมกัน เพื่อแก้ปัญหาการบุกรุกป่าและการเข้าใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้

การศึกษา วิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและความหนาแน่นของพรรณไม้ มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นตามชั้นคุณภาพไม้ที่แตกต่างกันภายในบริเวณป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง เป็นแนวทางหนึ่งในการประเมินประโยชน์ทางอ้อมของทรัพยากรป่าไม้ตามป่าธรรมชาติมีการกักเก็บคาร์บอนในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะในรูปของมวลชีวภาพ โดยผู้วิจัยสนใจศึกษาชั้นคุณภาพไม้หรือคุณภาพของท่อนซุงภายในบริเวณป่าชุมชน ซึ่งจะนำไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการประเมินคุณภาพไม้ที่สามารถนำไปใช้เป็นสินค้าได้ จากสมมติฐานว่าป่าที่มีคุณภาพดีต้องประกอบด้วยหมู่ไม้ที่มีคุณภาพไม้ที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้มีการกักเก็บคาร์บอนสูงตามไปด้วย ดังนั้นด้วยเหตุผลที่กล่าวมาจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจที่ต้อง

มีการศึกษา วิจัยปริมาณและมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นในพื้นที่ป่าชุมชน โดยจำแนกตามชั้นคุณภาพไม้แตกต่างกัน ทั้งนี้ผลการวิจัยจะเป็นประโยชน์มากต่อการวางแผนการจัดการพื้นที่ป่าชุมชนให้มีความอุดมสมบูรณ์ทั้งในเรื่องของการกักเก็บคาร์บอนและคุณภาพของไม้ต่อไปในอนาคต

## อุปกรณ์ และวิธีการ

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ใช้วิธีการสุ่มแบบจำแนกชั้น (Stratified random sampling) โดยใช้แผนที่ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1: 4,000 ปรับระดับความเข้มสีตามความหนาแน่นของพืชพรรณที่ปกคลุม 3 ระดับ (Figure 1) แบ่งชั้นภูมิความหนาแน่นชั้นเรือนยอดของพืชพรรณตามระดับความเข้มสีที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน 3 ชั้นภูมิ วางแปลงตัวอย่างชั่วคราวขนาด 40 × 40 เมตร จำนวน 3 แปลงในแต่ละชั้นภูมิ ที่ขนาดแปลง 10 × 10 เมตร สำรวจชนิด จำนวน ขนาดความโตและความสูงของไม้ใหญ่ (Tree) [ลำต้นมีความสูงจากพื้นดิน 1.30 เมตรขึ้นไป และมีขนาดความโตเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร] และแสดงตำแหน่งการวางแปลงตัวอย่างในป่าชุมชน (Figure 2)

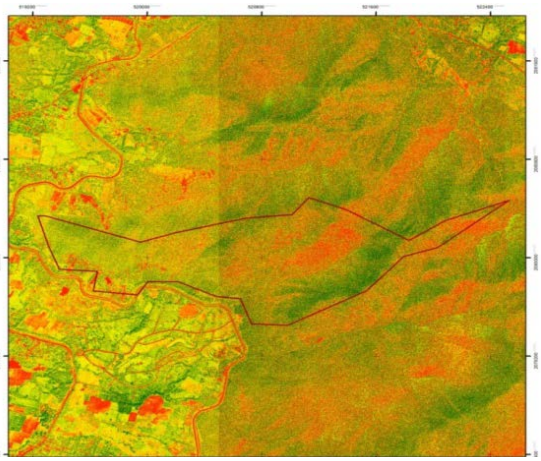


**Figure 1** Aerial photo map, adjust the color intensity according to the density of canopy three layers.

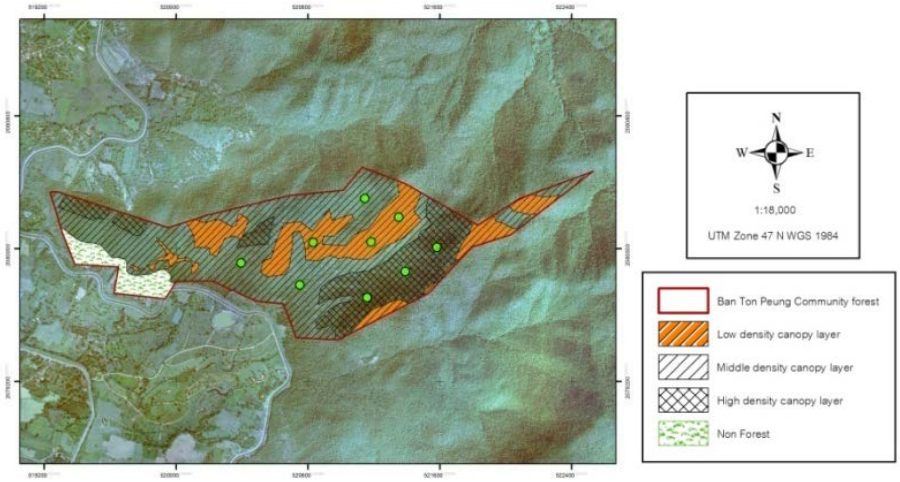



**Figure 2** The geographic position of temporary sample plot in Ban Ton Peung community forest.

2. การจำแนกชั้นคุณภาพไม้ (Timber Quality) ประยุกต์ใช้ตามสถิตย์ (2525) ดังนี้

2.1 ชั้นคุณภาพไม้ที่ 1 หมายถึง ไม้ใหญ่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเกินกว่า 30 เซนติเมตร ขึ้นไป แบ่งเป็น 3 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

1) ชั้นคุณภาพที่ 1.1 หมายถึง ไม้ที่มีลักษณะดี เปลาตรง ไม่เป็นพูพอน ไม่มีกิ่งตามลำต้น ไม่เป็นโพรง ความยาวลำต้นที่ใช้ทำเป็นสินค้าได้ เกิน 5 เมตร ขึ้นไป

2) ชั้นคุณภาพที่ 1.2 หมายถึง ไม้ที่มีลักษณะลำต้นค่อนข้างคดงอ มีกิ่ง มีตามาก มีพูพอน ความยาวลำต้นที่ใช้ทำเป็นสินค้าได้ เกินกว่า 5 เมตร หรือเป็นไม้ที่มีลักษณะดีงาม แต่ความยาวลำต้นที่ใช้ทำเป็นสินค้าได้มีความยาวต่ำกว่า 5 เมตรลงมา

3) ชั้นคุณภาพที่ 1.3 หมายถึง ไม้ที่มีลักษณะลำต้นคดงอ มีกิ่งมีตามาก เป็นพูพอนและเป็นโพรง ไม่สามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้นอกจากทำฟืน (Firewood)

2.2 ชั้นคุณภาพไม้ที่ 2 หมายถึง ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 4.5-30 เซนติเมตร มีลักษณะเปลาตรง ไม่เป็นพูพอน ไม่มีกิ่งตามลำต้น ไม่เป็นโพรง

2.3 ชั้นคุณภาพไม้ที่ 3 หมายถึง ไม้ที่มีขนาดความโตทางเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกระหว่าง 4.5-30 เซนติเมตร มีลักษณะลำต้นคดงอ มีกิ่งมีตามาก เป็นพูพอนและเป็นโพรง ไม่สามารถใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้นอกจากทำฟืน (Firewood)

จากข้อมูลการจำแนกชั้นคุณภาพไม้ข้างต้น สามารถแยกชั้นคุณภาพไม้ตามลักษณะลำต้น ที่สามารถใช้ทำเป็นสินค้าได้เป็น 3 ประเภท (Table 1)

**Table 1** Timber quality classified by form factor.

| Types | Form Factor | Timber Quality |
|---|---|---|
| A | Good form, stem length above 5 meters. | 1.1 |
| B | Medium form. | 1.2, 2 |
| C | Bad form, used for fuel wood only. | 1.3, 3 |

## การวิเคราะห์ข้อมูล

**Table 2** Carbon Stock Value Analysis.

| Carbon Stock Value Analysis | | |
|---|---|---|
| 1. Density of trees.<br>$D = \frac{n}{A}$<br>D = Density of trees (tree/rai)<br>n = Number of tree which apeared in plot sampling (tree)<br>A = Area (rai) | 2. Biomass of trees that allometry equation's Ogawa *et al.* (1965). (Deciduous forest)<br>$W_s = 0.0396\ (D^2H)^{0.9326}$<br>$W_b = 0.003487\ (D^2H)^{1.0270}$<br>$W_l = (28.0/W_{TC} + 0.025)^{-1}$<br>$W_A = W_s + W_b + W_l$ | 3. Below ground biomass Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] (2006).<br>$W_B = 0.27\ W_A$<br>$W_B$ = Below ground biomass (Kg)<br>$W_A$ = Above ground biomass (Kg) |
| 4. Carbon stock ; Carbon element (C) into biomass Hoamuangkaew (2010).<br>$C = 0.47\ W_T$<br>C = Carbon element (C)<br>$W_T$ = Biomass of trees ($W_A + W_B$) | 5. Carbon dioxide sequestration; from trees absorbed carbon dioxide ($CO_2$) of photosynthesis process. IPCC (2006).<br>$CO_{2(seq.)} = 3.6667 \times C$<br>$CO_{2(seq.)}$ = Corbondioxide ($CO_2$) has absorbed from atmosphere. | 6. Assessment increasion average 5 years ratio of Ban Doy Ton community forest Lumphun province that is deciduous forest which value have 1.42 percentage (rai/year) Sunthornhao *et al.* (2012).<br>$B_t = 1.0142^t\ B_o$ |
| 7. Carbon stock next 5 years value; Used each price market from selling-buyying weekly report of Thailand Greenhouse Gasmanagement Organization, applicatted from Thinchant (2003).<br>$V_t = V_o \times (1+r)^t$ | With ;<br>$W_s$ = Biomass of stem (Kg)<br>$W_b$ = Biomass of branch (Kg)<br>$W_l$ = Biomass of leaf (Kg)<br>$W_{TC}$ = Biomass of stem + branch (Kg)<br>D = Diameter at breast height (Cm)<br>H = Height of tree (M)<br>$B_t$ = Biomass quantity at "t" Year (Kg/rai) | $B_o$ = Biomass quantity at now year (Kg/rai)<br>t = times (year) with 1,2,3..5<br>$V_t$ = Carbon stock value at "t" year (Baht/rai)<br>$V_o$ = Carbon stock value at now year (Baht/rai)<br>r = Internal rate percentage (4,6,8 and 10/year) |

## ผลและวิจารณ์

### 1. ชนิดและความหนาแน่นของพรรณไม้ยืนต้นบริเวณป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง

จากการสำรวจ พบว่า ป่าชุมชนบ้านต้นผึ้งพบพรรณไม้ทั้งหมด 22 ชนิด โดยชั้นคุณภาพไม้ประเภท A พบพรรณไม้ 5 ชนิด ประเภท B พบพรรณไม้ 11 ชนิด และประเภท C พบพรรณไม้ 22 ชนิด ความหนาแน่นของไม้ยืนต้นที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 199.58 ต้น/ไร่ ไม้ที่มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด คือ ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) มีค่าความหนาแน่น 91.46 ต้น/ไร่ รองลงมา คือ ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) รัง (*Shorea siamensis*)และ รักใหญ่ (*Gluta usitata*) มีค่าความหนาแน่น 24.77, 23.48, 15.49 ต้น/ไร่ ตามลำดับ

**2. มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของไม้ยืนต้นตามชั้นคุณภาพไม้แตกต่างกัน**

จากการศึกษา พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนบ้านต้นผึ้ง มีปริมาณมวลชีวภาพรวมทั้งหมด 6,494.28 ตัน ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย เท่ากับ 6.70 ตัน/ไร่ โดยแบ่งปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดตามชั้นคุณภาพไม้ 3 ประเภท ดังนี้ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 299.94 ตัน ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย เท่ากับ 0.31 ตัน/ไร่ ประเภท B มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 2,282.55 ตัน ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย เท่ากับ 2.35 ตัน/ไร่ และประเภท C มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 3,911.79 ตัน ปริมาณมวลชีวภาพเฉลี่ย เท่ากับ 4.04 ตัน/ไร่ (Table 3)

**Table 3** Biomass categorized by crown cover density.

| Timber quality type | Biomass(ton) categorized by crown cover density | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Crown cover | | | Total | Average ton/rai |
| | Low | Middle | High | | |
| A | 20.37 | 96.13 | 183.44 | 299.94 | 0.31 |
| B | 274.68 | 1,002.42 | 1,005.45 | 2,282.55 | 2.35 |
| C | 608.60 | 2,042.02 | 1,261.16 | 3,911.79 | 4.04 |
| Total | 903.66 | 3,140.57 | 2,450.05 | 6,494.28 | |
| Average | 0.93 | 3.24 | 2.53 | | 6.70 |

การกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 3,052.31 ตันคาร์บอน มีค่าเฉลี่ย 3.15 ตันคาร์บอน/ไร่ โดยแบ่งการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดและค่าเฉลี่ยต่อไร่ของไม้ยืนต้นตามชั้นคุณภาพไม้ 3 ประเภท ดังนี้ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 140.97 ตันคาร์บอน ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 0.15 ตันคาร์บอน/ไร่ ประเภท B มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 1,072.80 ตันคาร์บอน ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 1.11 ตันคาร์บอน/ไร่ และประเภท C มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 1,838.54 ตันคาร์บอน ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเฉลี่ย 1.90 ตันคาร์บอน/ไร่ (Table 4)

**Table 4** Carbon stock categorized by crown cover density.

| Timber quality type | Carbon stock (tC) categorized by crown cover density | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Crown cover | | | Total | Average tC/rai |
| | Low | Middle | High | | |
| A | 9.58 | 45.18 | 86.21 | 140.97 | 0.15 |
| B | 129.10 | 471.14 | 472.56 | 1,072.80 | 1.11 |
| C | 286.04 | 959.75 | 592.75 | 1,838.54 | 1.90 |
| Total | 424.72 | 1,476.07 | 1,151.52 | 3,052.31 | |
| Average | 0.44 | 1.52 | 1.19 | | 3.15 |

ปริมาณการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รวม 11,192.82 ตัน$CO_2$ เฉลี่ย 11.55 ตัน$CO_2$/ไร่ โดยแบ่งการดูดซับ $CO_2$ ของไม้ยืนต้นตามชั้นคุณภาพไม้ 3 ประเภท ดังนี้ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A มีปริมาณการดูดซับ $CO_2$ 516.94 ตัน$Co_2$ เฉลี่ย 0.53 ตัน$CO_2$/ไร่ ประเภท B มีปริมาณการดูดซับ $CO_2$ 3,933.95 ตัน$CO_2$ เฉลี่ย 4.06 ตัน$CO_2$/ไร่ และประเภท C มีปริมาณการดูดซับ $CO_2$ 6,741.93 ตัน$CO_2$ เฉลี่ย 6.95 ตัน$CO_2$/ไร่ (Table 5)

**Table 5** Carbon dioxide sequestration categorized by crown cover density.

| Timber quality type | Carbon dioxide sequestration ($tCO_2$) categorized by crown cover density | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Crown cover | | | Total | Average $tCO_2$/rai |
| | Low | Middle | High | | |
| A | 35.11 | 165.67 | 316.15 | 516.94 | 0.53 |
| B | 473.41 | 1,727.66 | 1,732.88 | 3,933.95 | 4.06 |
| C | 1,048.92 | 3,519.41 | 2,173.60 | 6,741.93 | 6.95 |
| Total | 1,557.45 | 5,412.74 | 4,222.64 | 11,192.82 | |
| Average | 1.61 | 5.58 | 4.36 | | 11.55 |

**Remark:** $tCO_2$ = Ton Carbon dioxide

สามารถสรุปปริมาณมวลชีวภาพ การกักเก็บคาร์บอนและการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการจำแนกตามชั้นคุณภาพไม้ต่างๆ (Table 6) ดังนี้

**Table 6** Carbon stock and Carbon dioxide sequestration categorized by timber quality types.

| Timber quality Types | Biomass (ton) | C (tC) | CO2(seq.) ($tCO_2$) | C (tC/rai) | $CO_2$(seq.) ($tCO_2$/rai) |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 299.94 | 140.97 | 516.94 | 0.15 | 0.53 |
| B | 2282.55 | 1072.80 | 3933.95 | 1.11 | 4.06 |
| C | 3911.79 | 1838.54 | 6741.93 | 1.90 | 6.95 |
| Total | 6494.28 | 3052.31 | 11192.82 | 3.15 | 11.55 |

**Remark:** tC = Ton Carbon.
$tCO_2$ = Ton Carbon dioxide.

ป่าชุมชนบ้านต้นผึ้งมีขนาดเนื้อที่ป่ารวมทั้งหมด 969.44 ไร่ โดยแบ่งเป็น 3 ชั้นเรือนยอด คือ ชั้นเรือนยอดหนาแน่นต่ำเนื้อที่ 230.13 ไร่ ชั้นเรือนยอดหนาแน่นปานกลางเนื้อที่ 504.55 ไร่ และชั้นเรือนยอดหนาแน่นสูงเนื้อที่ 234.76 ไร่ พบพรรณไม้ทั้งสิ้น 22 ชนิด ไม้ที่พบมากที่สุด คือ ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) จากการคำนวณหาปริมาณมวลชีวภาพตามความหนาแน่นชั้นเรือนยอดต่างๆ พบว่า ชั้นเรือนยอดหนาแน่นปานกลางมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุด เนื่องจากชั้นเรือนยอดหนาแน่นปานกลางเนื้อที่ 504.55 ไร่ และมีปริมาณมวลชีวภาพตามการวางแปลงตัวอย่างเฉลี่ย 3 แปลงมีค่าเท่ากับ 6.22 ตัน/ไร่ เมื่อคิดตามอัตราส่วนพื้นที่แล้วจึงมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุด

## 3. การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

จากการศึกษา พบว่า มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในปีที่ 5 อัตราดอกเบี้ย 6% โดยใช้ราคาตลาดหลายแห่งจากรายงานการซื้อขายคาร์บอนรายสัปดาห์ขององค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2560) และราคาสมมุติ โดยแบ่งตามชั้นคุณภาพไม้มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน (Table 7) ดังนี้

1) ราคาสมมุติ ที่ราคาซื้อขายคาร์บอนราคา 500 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 4,629 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C เท่ากับ 214, 1,627 และ 2,788 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ตามลำดับ

2) ตลาด EUA ที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 207 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 1,917 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C เท่ากับ 89, 674 และ 1,154 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ตามลำดับ

3) ตลาด CCA ที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 481 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

ทั้งหมด เท่ากับ 4,453 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C เท่ากับ 206, 1,565 และ 2,682 บาท/ตันคาร์บอนไดออกไซด์/ไร่ ตามลำดับ

**Table 7** The prediction of carbon stock value of tree in Ban Ton Peung community forest, categorized by timber quality types in each, internal rate and carbon price.

| Years | Biomass at year t. (Bt) (ton/rai) | Carbon sequestration at year t. ($tCo_2$/rai) | Internal rate (%) | Carbon stock value (Baht/rai) of each market price (Baht/$tCo_2$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | EUA 207 | CCA 481 | Price other | | |
| | | | | | | 500 | 750 | 1,000 |
| Timber quality type A | | | | | | | | |
| 1 | 0.3138 | 0.5408 | 4 | 108 | 250 | 260 | 390 | 520 |
| | | | 6 | 106 | 245 | 255 | 383 | 510 |
| | | | 8 | 104 | 241 | 250 | 376 | 501 |
| | | | 10 | 102 | 236 | 246 | 369 | 492 |
| 2 | 0.3182 | 0.5484 | 4 | 105 | 244 | 254 | 380 | 507 |
| | | | 6 | 101 | 235 | 244 | 366 | 488 |
| | | | 8 | 97 | 226 | 235 | 353 | 470 |
| | | | 10 | 94 | 218 | 227 | 340 | 453 |
| 3 | 0.3228 | 0.5563 | 4 | 102 | 238 | 247 | 371 | 495 |
| | | | 6 | 97 | 225 | 234 | 350 | 467 |
| | | | 8 | 91 | 212 | 221 | 331 | 442 |
| | | | 10 | 87 | 201 | 209 | 313 | 418 |
| 4 | 0.3273 | 0.5641 | 4 | 100 | 232 | 241 | 362 | 482 |
| | | | 6 | 92 | 215 | 223 | 335 | 447 |
| | | | 8 | 86 | 199 | 207 | 311 | 415 |
| | | | 10 | 80 | 185 | 193 | 289 | 385 |
| 5 | 0.3320 | 0.5722 | 4 | 97 | 226 | 235 | 353 | 470 |
| | | | 6 | 89 | 206 | 214 | 321 | 428 |
| | | | 8 | 81 | 187 | 195 | 292 | 389 |
| | | | 10 | 74 | 171 | 178 | 266 | 355 |
| Timber quality type B | | | | | | | | |
| 1 | 2.3879 | 4.1155 | 4 | 819 | 1,903 | 1,979 | 2,968 | 3,957 |
| | | | 6 | 804 | 1,868 | 1,941 | 2,912 | 3,883 |
| | | | 8 | 789 | 1,833 | 1,905 | 2,858 | 3,811 |
| | | | 10 | 774 | 1,800 | 1,871 | 2,806 | 3,741 |
| 2 | 2.4218 | 4.1739 | 4 | 799 | 1,856 | 1,930 | 2,894 | 3,859 |
| | | | 6 | 769 | 1,787 | 1,857 | 2,786 | 3,715 |
| | | | 8 | 741 | 1,721 | 1,789 | 2,684 | 3,578 |
| | | | 10 | 714 | 1,659 | 1,725 | 2,587 | 3,450 |
| 3 | 2.4562 | 4.2332 | 4 | 779 | 1,810 | 1,882 | 2,822 | 3,763 |
| | | | 6 | 736 | 1,710 | 1,777 | 2,666 | 3,554 |
| | | | 8 | 696 | 1,616 | 1,680 | 2,520 | 3,360 |
| | | | 10 | 658 | 1,530 | 1,590 | 2,385 | 3,180 |

**Table 7** (Continues)

| Years | Biomass at year t. (Bt) (ton/rai) | Carbon sequestration at year t. ($tCo_2$/rai) | Internal rate (%) | Carbon stock value (Baht/rai) of each market price (Baht/$tCo_2$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | EUA 207 | CCA 481 | Price other | | |
| | | | | | | 500 | 750 | 1,000 |
| 4 | 2.4911 | 4.2934 | 4 | 760 | 1,765 | 1,835 | 2,753 | 3,670 |
| | | | 6 | 704 | 1,636 | 1,700 | 2,551 | 3,401 |
| | | | 8 | 653 | 1,518 | 1,578 | 2,367 | 3,156 |
| | | | 10 | 607 | 1,411 | 1,466 | 2,199 | 2,932 |
| 5 | 2.5265 | 4.3544 | 4 | 741 | 1,721 | 1,789 | 2,684 | 3,579 |
| | | | 6 | 674 | 1,565 | 1,627 | 2,440 | 3,254 |
| | | | 8 | 613 | 1,425 | 1,482 | 2,223 | 2,964 |
| | | | 10 | 560 | 1,300 | 1,352 | 2,028 | 2,704 |
| Timber quality type C | | | | | | | | |
| 1 | 4.0924 | 7.0532 | 4 | 1,404 | 3,262 | 3,391 | 5,086 | 6,782 |
| | | | 6 | 1,377 | 3,201 | 3,327 | 4,990 | 6,654 |
| | | | 8 | 1,352 | 3,141 | 3,265 | 4,898 | 6,531 |
| | | | 10 | 1,327 | 3,084 | 3,206 | 4,809 | 6,412 |
| 2 | 4.1505 | 7.1533 | 4 | 1,369 | 3,181 | 3,307 | 4,960 | 6,614 |
| | | | 6 | 1,318 | 3,062 | 3,183 | 4,775 | 6,366 |
| | | | 8 | 1,269 | 2,950 | 3,066 | 4,600 | 6,133 |
| | | | 10 | 1,224 | 2,844 | 2,956 | 4,434 | 5,912 |
| 3 | 4.2094 | 7.2549 | 4 | 1,335 | 3,102 | 3,225 | 4,837 | 6,450 |
| | | | 6 | 1,261 | 2,930 | 3,046 | 4,568 | 6,091 |
| | | | 8 | 1,192 | 2,770 | 2,880 | 4,319 | 5,759 |
| | | | 10 | 1,128 | 2,622 | 2,725 | 4,088 | 5,451 |
| 4 | 4.2692 | 7.3579 | 4 | 1,302 | 3,025 | 3,145 | 4,717 | 6,290 |
| | | | 6 | 1,206 | 2,803 | 2,914 | 4,371 | 5,828 |
| | | | 8 | 1,120 | 2,601 | 2,704 | 4,056 | 5,408 |
| | | | 10 | 1,040 | 2,417 | 2,513 | 3,769 | 5,026 |
| 5 | 4.3298 | 7.4624 | 4 | 1,270 | 2,950 | 3,067 | 4,600 | 6,134 |
| | | | 6 | 1,154 | 2,682 | 2,788 | 4,182 | 5,576 |
| | | | 8 | 1,051 | 2,443 | 2,539 | 3,809 | 5,079 |
| | | | 10 | 959 | 2,229 | 2,317 | 3,475 | 4,634 |
| Timber quality type (A+B+C) | | | | | | | | |
| 1 | 6.7941 | 11.7096 | 4 | 2,331 | 5,416 | 5,630 | 8,444 | 11,259 |
| | | | 6 | 2,287 | 5,313 | 5,523 | 8,285 | 11,047 |
| | | | 8 | 2,244 | 5,215 | 5,421 | 8,132 | 10,842 |
| | | | 10 | 2,204 | 5,120 | 5,323 | 7,984 | 10,645 |
| 2 | 6.8905 | 11.8757 | 4 | 2,273 | 5,281 | 5,490 | 8,235 | 10,980 |
| | | | 6 | 2,188 | 5,084 | 5,285 | 7,927 | 10,569 |
| | | | 8 | 2,108 | 4,897 | 5,091 | 7,636 | 10,182 |
| | | | 10 | 2,032 | 4,721 | 4,907 | 7,361 | 9,815 |

**Table 7** (Continues)

| Years | Biomass at year t. (Bt) (ton/rai) | Carbon sequestration at year t. ($tCo_2$/rai) | Internal rate (%) | Carbon stock value (Baht/rai) of each market price (Baht/$tCo_2$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | EUA 207 | CCA 481 | Price other | | |
| | | | | | | 500 | 750 | 1,000 |
| 3 | 6.9884 | 12.0444 | 4 | 2,216 | 5,150 | 5,354 | 8,031 | 10,707 |
| | | | 6 | 2,093 | 4,864 | 5,056 | 7,585 | 10,113 |
| | | | 8 | 1,979 | 4,599 | 4,781 | 7,171 | 9,561 |
| | | | 10 | 1,873 | 4,353 | 4,525 | 6,787 | 9,049 |
| 4 | 7.0876 | 12.2154 | 4 | 2,161 | 5,022 | 5,221 | 7,831 | 10,442 |
| | | | 6 | 2,003 | 4,654 | 4,838 | 7,257 | 9,676 |
| | | | 8 | 1,859 | 4,319 | 4,489 | 6,734 | 8,979 |
| | | | 10 | 1,727 | 4,013 | 4,172 | 6,257 | 8,343 |
| 5 | 7.1883 | 12.3890 | 4 | 2,108 | 4,898 | 5,091 | 7,637 | 10,183 |
| | | | 6 | 1,917 | 4,453 | 4,629 | 6,943 | 9,258 |
| | | | 8 | 1,745 | 4,056 | 4,216 | 6,324 | 8,432 |
| | | | 10 | 1,592 | 3,700 | 3,846 | 5,769 | 7,693 |

**Remark:** EUA: European Emission Allowances in 3 march 2017 was 207 baht/$tCO_2$. CCA: California Carbon Allowance in 3 march 2017 was 481 baht/$tCO_2$. Other: Assume price' s selling-buying to will raise in the future.

## สรุป

ป่าชุมชนบ้านต้นผึ้งพบพรรณไม้ 22 ชนิด ความหนาแน่นของไม้ยืนต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 199.58 ต้น/ไร่ ไม้ที่มีค่าความหนาแน่นมากที่สุด คือ ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) มีค่าความหนาแน่น 91.46 ต้น/ไร่ โดยมีไม้เด่นที่พบตามการจำแนกชั้นคุณภาพไม้ประเภท A คือ มะพอก (*Parinari anamensis*) เต็ง (*Shorea obtusa*) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) ยางเหียง(*Dipterocarpus obtusifolius*) และ รักใหญ่ (*Gluta usitata*) มีปริมาณมวลชีวภาพรวม เท่ากับ 6,494.28 ตัน โดยชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C มีปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมด 299.94, 2,282.55 และ 3,911.79 ตัน ตามลำดับ มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 3,052.31 ตันคาร์บอน ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอน 140.97, 1,072.80 และ 1,838.54 ตันคาร์บอน ตามลำดับ มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ รวม 11,192.82 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C มีปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ เท่ากับ 516.94, 3,933.95 และ 6,741.93 ตันคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนในปีที่ 5 อัตราดอกเบี้ย 6% โดยราคาสมมุติที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 500 บาท ต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 4,629 บาท/ไร่ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C เท่ากับ 214, 1,627 และ 2,788 บาท ตามลำดับ ราคาตลาด อื่นๆ เช่น EUA ที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 207 บาทต่อตันคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 1,917 บาท/ไร่ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C เท่ากับ 89, 674 และ 1,154 บาท ตามลำดับ และ CCA ที่ราคาซื้อขายคาร์บอน 481 บาท ต่อตัคาร์บอนไดออกไซด์ มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด เท่ากับ 4,453 บาท/ไร่ ชั้นคุณภาพไม้ประเภท A, B, C เท่ากับ 206, 1,565 และ 2,682 บาท ตามลำดับ

จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ป่าชุมชนบ้านต้นผึ้งที่มีประโยชน์ทางตรง คือ การใช้ประโยชน์เนื้อไม้ ชนิดไม้ในชั้นคุณภาพไม้ประเภท C มีมากที่สุด ซึ่งเป็นไม้ที่ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสินค้าได้นอกจากทำฟืน และประโยชน์ทางอ้อม คือ เป็นแหล่งดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และปลดปล่อยก๊าซออกซิเจน และผลการศึกษาพบว่า ชั้นคุณภาพไม้ประเภท C มีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดการพื้นที่ป่าชุมชน ดังนี้ 1) ใช้หลักวนวัฒนวิธี ตัดสางขยายระยะ นำพรรณไม้ที่มีลักษณะลำต้นคดงอ มีกิ่งมีตามาก เป็นพูพอนและเป็นโพรงออกไปใช้ประโยชน์และนำพรรณไม้ เช่น มะพอก (*Parinari anamensis*) เต็ง (*Shorea obtusa*) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) และ รักใหญ่ (*Gluta usitata*) ซึ่งเป็นพรรณไม้ส่วนใหญ่ที่พบในชั้นคุณภาพไม้ประเภท A นำมาปลูกเสริมบริเวณป่าชุมชน 2) ควรปลูกป่าเสริมเพื่อเพิ่มความหนาแน่นของพรรณไม้ ซึ่งมีผลต่อการแย่งแสงแดดในการเจริญเติบโต ทำให้ไม้มีลักษณะดี เปลาตรง ความยาวลำต้นเกิน 5 เมตร ซึ่งจากการศึกษา วิจัยในครั้งนี้ พบว่าชั้นคุณภาพไม้ประเภท A ส่วนใหญ่พบในบริเวณชั้นเรือนยอดที่มีมีความหนาแน่นสูง 3) กรณีมีโอกาสการศึกษาในอนาคตควรสำรวจป่าด้วยแปลงตัวอย่างถาวร เพื่อเปรียบเทียบความเพิ่มพูนมวลชีวภาพในแต่ละปี ซึ่งจะมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้นในการประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนและเพื่อประโยชน์การติดตาม วิจัยระยะยาว ซึ่งข้อมูลจะเป็นประโยชน์ต่อการบริหารจัดการป่าชุมชนให้เกิดความยั่งยืน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กุลธิดา คำใจ, พรเทพ เหมือนพงษ์ และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. 2560. พลวัตรของสังคมป่าเต็งรังและปริมาณ การกักเก็บคาร์บอน บริเวณป่าชุมชนบ้านหนองใหญ่ จังหวัดกาญจนบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 36 (2): 55-66.

จุฬาลักษณ์ ขวัญเจริญศรี, กิตติ เอกอำพน และรุ่งเรือง พูลศิริ. 2556. การเติบโต มวลชีวภาพและการกักเก็บ คาร์บอนในสบู่ดำ. **วารสารวนศาสตร์** 32 (3): 1-11.

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2525. **การสำรวจทรัพยากรป่าไม้**. ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน). 2560. **ตลาดคาร์บอนรายสัปดาห์ 27 กุมภาพันธ์ - 3 มีนาคม 2560**. แหล่งที่มา: carbonmarket.tgo.or.th/weekly/list/list.pnc, 3 มีนาคม 2560.

Hoamuangkaew, W. 2010. **Forestry Economics**. Forest Management, Facultry of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. **IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories**. InternationalPanel on Climate Change. IGES, Japan.

Ogawa, H., K. Yoda, K. Ogino and T. Kira. 1965. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant Biomass. **Nature and Life in Southeast Asia** 4: 13-80.

Sunthornhao, P., W. Hoamuangkaew, N.Charadratanawong and S. Putiwanich. 2012. **Community Forest Management Assessment under "Kon Rak Pa Pa Rak Chum Chon Project" Implementation by Royal Forest Department and Ratchaburi Electricity Generating Holding Public Company Limited, Phase III, 2012**. Forestry Research Center, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. Thailand.

Thinchant, S. 2003. **Valuation of the Using Value of Forest Resources in Prasae-Pangrad Mangrove Forest, Rayong Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# การสลายตัวของซากพืชในสวนไผ่ต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่

# Litter Decomposition of Various Bamboo Plantations at Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai Province

**พีรธัช ชัยศาสตร์[1]**
**รุ่งเรือง พูลศิริ[1]***
**มะลิวัลย์ หฤทัยธนาสันติ์[2]**

**Peerathat Chaiyasart[1]**
**Roongreang Poolsiri[1]**
**Maliwan Haruthaithanasan[2]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: fforrrp@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 21 มีนาคม 2561 รับลงพิมพ์ 26 เมษายน 2561

## ABSTRACT

Litter decomposition in bamboo plantations was studied in three bamboo species (*Dendrocalamus latiflorus* Munro, *Bambusa oldhamii* Munro and *Dendrocalamus brandisii* Kurz) at the Royal Agricultural Station Angkhang, from November 2014 to October 2015 using a randomized complete block design; (RCBD)

The result showed that the annual litter decomposition of leaves was fastest in *D. brandisii* followed by *B. oldhamii* and *D. latiflorus* (69.41, 60.90 and 57.21%, respectively) and the annual decomposition rate constant (*k*) was 1.18, 0.94 and 0.85 per year, respectively. The annual litter decomposition of sheathes was fastest in *D. brandisii* followed by *D. latiflorus* and *B. oldhamii* (75.92, 54.43 and 45.09%, respectively) and the annual decomposition rate constant (*k*) was 1.42, 0.79 and 0.60 per year, respectively. The monthly dry weight loss of three bamboo species was related similarly for temperature, relative humidity and rainfall. The concentration of N and P in leaf and sheath litter were low in the initial stage and increased subsequently, whereas the concentration of K in leaf and sheath litter were tended to decrease. There was a decrease in the concentration of Ca and Mg in leaf litter, whereas these tended to increase in the sheath litter.

**Keywords:** litter decomposition, plant nutrient, bamboo plantation, decomposition rate constant (k)

## บทคัดย่อ

การศึกษาการสลายตัวของซากพืชในสวนไผ่ต่างๆ ณ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อศึกษาการสลายตัว และการปลดปล่อยสารอาหารของซากพืชในสวนไผ่แต่ละชนิด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ในสวนไผ่ 3 ชนิด ได้แก่ ไผ่หวานอ่างขาง (*Dendrocalamus latiflorus* Munro) ไผ่หยก (*Bambusa oldhamii* Munro) และไผ่บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii* Kurz) ทำการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558

ผลการศึกษาพบว่า อัตราการย่อยสลายของซากใบในไผ่บงใหญ่มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่หยก และไผ่หวานอ่างขาง ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 69.41, 60.90 และ 57.21 โดยน้ำหนักต่อปี ตามลำดับ และมีค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) เท่ากับ 1.18, 0.94 และ 0.85 ต่อปี ตามลำดับ ส่วนอัตราการย่อยสลายในซากกาบ พบว่าไผ่บงใหญ่มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่หวานอ่างขาง และไผ่หยก ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 75.92, 54.43 และ 45.09 โดยน้ำหนักต่อปี ตามลำดับ และมีค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) เท่ากับ 1.42, 0.79 และ 0.60 ต่อปี ตามลำดับ น้ำหนักแห้งที่สูญหายไปในแต่ละเดือนของซากไผ่ทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกับอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ ความเข้มข้นของไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) ในซากใบและกาบมีค่าน้อยในช่วงแรกๆ และจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการย่อยสลาย ความเข้มข้นของโพแทสเซียม (K) ในซากใบและกาบ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการย่อยสลาย ความเข้มข้นของแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ในซากใบมีแนวโน้มลดลง ส่วนในซากกาบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการย่อยสลาย


**คำสำคัญ:** การสลายตัวของซากพืช, สารอาหารพืช, สวนไผ่, ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*)

## คำนำ

ไผ่เป็นพืชที่โตเร็ว มีรอบตัดฟันสั้น และมีความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ที่สูง โดยทั่วโลกมีไผ่ 80-90 สกุล ประมาณ 1,500 ชนิด ในประเทศไทยมีไผ่ 15-20 สกุล ประมาณ 80-100 ชนิด (สราวุธ และคณะ, 2557) โดยพบไผ่บนพื้นที่สูงทั้งที่ขึ้นเองตามธรรมชาติและปลูกขึ้นทั้งหมด 40 ชนิด ส่วนใหญ่จะเป็นสกุลไผ่ป่า (*Bambusa*) สกุลไผ่ตง (*Dendrocalamus*) และสกุลไผ่ดำ (*Phyllostachys*) และยังได้ค้นพบไผ่ชนิดใหม่ของประเทศไทย คือ ไผ่มันหมู (*D. copelandii*) (สราวุธ และคณะ, 2550) ไผ่เป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญกับวิถีชีวิตและความเป็นอยู่ของคนไทยมาอย่างช้านาน ทั้งยังเป็นทรัพยากรที่มีความสำคัญต่อความหลากหลายทางชีวภาพ ทางเศรษฐกิจ และทางสังคมของไทย และยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ไผ่ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ถูกนำออกมาจากป่าธรรมชาติจนเกินกำลังผลิตของป่า ทำให้ทรัพยากรไผ่ที่มีอยู่ในป่าธรรมชาติไม่เพียงพอกับความต้องการของตลาดในปัจจุบัน (กรมป่าไม้, 2553)

การริเริ่มปลูกไผ่ในพื้นที่สถานีเกษตรหลวงอ่างขางได้มีการริเริ่มปลูกในรูปแบบของการศึกษาวิจัยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2529 เนื่องจากสถานีเกษตรหลวงอ่างขางและราษฎรบริเวณใกล้เคียงจำนวนไม่น้อยต้องการใช้ไผ่เพื่อเป็นไม้ค้ำยันไม้ผลยืนต้น ทางโครงการปลูกป่าบนที่สูง (Highland Reforestation Project) ได้เล็งเห็นความสำคัญของการใช้ประโยชน์จากไผ่ จึงได้ทดลองปลูกไผ่ต่างถิ่นจากไต้หวันควบคู่กับไผ่ในประเทศไทยหลายชนิด เพื่อเป็นการรวบรวมและขยายพันธุ์ไว้เป็นสวนป่าสาธิตพันธุ์ไผ่ ตลอดจน เพื่อการผลิตหน่อ การบริโภค และเป็นไม้ค้ำยันไม้ผล ซึ่งผลจากการศึกษาเบื้องต้น

พบว่า ไผ่บางชนิดสามารถเติบโตได้ดีบนพื้นที่สูง เช่น ไผ่หวานอ่างขาง (*D. latiflorus*) ไผ่หยก (*B. oldhamii*) ไผ่มากินหน่อย (*P. makinoi*) ไผ่หก (*D. hamiltonii*) และไผ่บงใหญ่ (*D. brandisii*) เป็นต้น (บุญวงศ์, 2543) และเนื่องด้วยในปัจจุบันสถานีเกษตรหลวงอ่างขางได้มีการนำพันธุ์ไผ่เหล่านี้ออกไปใช้ประโยชน์ทุกปี อันเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียสารอาหารในพื้นที่ได้ ดังนั้นการที่จะทำให้ผลผลิตจากไผ่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและยั่งยืนได้นั้น จึงจำเป็นต้องมีการจัดการสารอาหารในพื้นที่ให้มีอยู่ในระดับที่เพียงพอแก่การเติบโตของไผ่ ดังนั้นการศึกษาการย่อยสลายของซากพืชก็เป็นวิธีการหนึ่งที่จะนำไปสู่การตอบโจทย์ปัญหาเหล่านี้ได้ โดยการย่อยสลายเป็นกระบวนการหลายๆ กระบวนการที่เกิดการกระทำร่วมกันระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม สมบัติของซาก และกลุ่มของผู้ย่อยสลาย จนซากอินทรีย์สลายตัวออกจากกันเป็นอนุภาคขนาดเล็ก กระทั่งอยู่ในรูปของสารอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (available nutrient) (Anderson and Swift, 1983; Waring and Schlesinger, 1985) สำหรับวิธีการศึกษาการสลายตัวของซากพืชที่นิยมกันอย่างแพร่หลายนั้น จะนิยมนำซากพืชใส่ลงใน nylon bag, fiber glasses, glass wool หรือ wire boxes (Attiwill, 1968) แล้วนำไปวางในพื้นที่ป่าโดยให้ใกล้เคียงกับสภาพธรรมชาติมากที่สุด

การศึกษาถึงการสลายตัวของซากพืชในสวนไผ่บริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาอัตราการย่อยสลายของซากพืชในสวนไผ่ 3 ชนิด เพื่อที่จะได้ทราบถึงปริมาณการสลายตัวของซากพืชและปริมาณสารอาหารที่จะกลับลงสู่พื้นดิน อันเป็นแนวทางสำหรับการศึกษาถึงการหมุนเวียนสารอาหารพืชในระบบนิเวศของสวนป่าเหล่านี้ต่อไป และ 2) ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการสลายตัวของซากพืชในสวนไผ่ 3 ชนิด เพื่อที่จะได้ทราบถึงอิทธิพลของปัจจัยเหล่านี้ต่อการจัดการผลผลิตหรือเพิ่มสารอาหารให้กับดินในสวนป่าไผ่แห่งนี้ได้ต่อไปในอนาคต

## อุปกรณ์ และวิธีการ

ดำเนินการศึกษาการย่อยสลายของซากพืช โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design; RCBD) ขนาด 20x20 เมตร ในบริเวณพื้นที่สวนไผ่ 3 ชนิด ได้แก่ ไผ่หวานอ่างขาง ไผ่บงใหญ่ และไผ่หยก จำนวนพื้นที่ละ 2 แปลง ซึ่งแปลงทดลองอยู่ในบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ และมีปัจจัยแวดล้อมคล้ายคลึงกัน โดยไผ่หวานอ่างขาง มีระยะปลูก 5x5 เมตร และไผ่หยก มีระยะปลูก 4x4 เมตร เริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2542 ส่วนไผ่บงใหญ่ มีระยะปลูก 5x5 เมตร เริ่มปลูกในปี พ.ศ. 2532 ซึ่งไผ่ทั้ง 3 ชนิดนี้ได้มีการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ การศึกษาครั้งนี้เริ่มดำเนินการตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 รวมเป็นระยะเวลา 1 ปี

### การศึกษาการย่อยสลายของซากพืชในสวนไผ่ชนิดต่างๆ

การศึกษาการย่อยสลายของซากพืช ศึกษาโดยทำการเก็บซากใบและกาบที่เพิ่งร่วงหล่นของไผ่หวานอ่างขาง ไผ่หยก และไผ่บงใหญ่ที่มีลักษณะสมบูรณ์ จากนั้นนำมาผึ่งแบบ air-dried เพื่อลดความชื้นที่เกิดจากสภาพภูมิอากาศบริเวณนั้น จากนั้นทำการชั่งซากใบและกาบแต่ละชนิดให้ได้น้ำหนักสด 40 กรัม แล้วใส่ในถุงตาข่ายไนล่อน (litter bag) ขนาด 50x50 เซนติเมตร ที่มีช่องตาข่ายขนาด 2 มิลลิเมตร ซึ่งจะได้ชนิดละ 48 ถุง โดยแบ่งออกเป็นซากใบ 24 ถุง ซากกาบ 24 ถุง โดยแต่ละชนิดจะมี 2 แปลง แต่ละแปลงจะมีซากใบ 12 ถุง ซากกาบ 12 ถุง แล้วนำไปวางในแปลงให้ถุงตาข่ายชิดติดดินมากที่สุด โดยก่อนวางต้องนำซากพืชที่ทับถมบริเวณหน้าดินออกก่อน จากนั้นใช้เส้นลวดยึดถุงตาข่ายไว้กับพื้นดิน เพื่อป้องกันการเลื่อนไหลในช่วงฤดูฝนที่มีน้ำไหลบ่าหน้าดิน ในการศึกษาครั้งแรกต้องทำการสุ่มเก็บซากใบและซากกาบไผ่แต่ละชนิดมาให้ได้น้ำหนัก

ตามที่กำหนดไว้ คือ 40 กรัม แล้วนำมาอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่ เพื่อคำนวณหาน้ำหนักแห้งเริ่มต้นของการทดลอง และเก็บถุงตาข่ายไนล่อน ออกมาจากแต่ละแปลงในทุกๆ สิ้นเดือน

**การวิเคราะห์ข้อมูล**

ทำการเก็บซากพืชที่อยู่ในถุงตาข่ายไนล่อน (ใบ และกาบ) จากแปลงสวนป่าไผ่ 3 ชนิดมาในแต่ละเดือน จากนั้นนำไปล้างเศษดินที่ติดอยู่กับซากพืชออกจนหมด จึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักคงที่ เพื่อหาน้ำหนักแห้งของซากพืชที่เหลืออยู่ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) สำหรับการวิเคราะห์ไนโตรเจนใช้วิธีของ Dumas หรือ dry combustion ด้วยเครื่อง CHNS analyzer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น 2400 Series II CHNS/O Elemental Analyzer ส่วนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม จะทำการสกัดด้วยวิธี wet ashing ด้วยกรด $HNO_3$-$HClO_4$ acid mixture ในอัตราส่วน $HNO_3$: $HClO_4$ เท่ากับ 5:2 โดยทำการวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (vanadomolybdate yellow color) ด้วยเครื่อง spectrometer รุ่น UV mini 1240 ที่ wavelength 440 นาโนเมตร วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมโดยใช้เครื่อง atomic absorption spectrometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น PinAAcle 900F (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542)

การศึกษาอัตราการสลายตัวของซากพืชในแต่ละเดือน คิดเป็นร้อยละโดยคำนวณจากน้ำหนักแห้งของซากพืชแต่ละถุงเมื่อเริ่มวางทิ้งไว้ ลบด้วยน้ำหนักแห้งของซากพืชแต่ละถุงที่เก็บในแต่ละเดือน หารด้วยน้ำหนักของซากพืชแต่ละถุงเมื่อเริ่มวางทิ้งไว้ คูณด้วย 100 ส่วนค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) สามารถคำนวณได้จากสมการของ Olson (1963) ดังนี้

$$x/x_0 = e^{-kt}$$

$$k = -[\ln(x/x_0)]/t$$

เมื่อ $x_0$ คือ น้ำหนักแห้งของซากพืชเมื่อเริ่มแรกของการสลายตัว

x คือ น้ำหนักแห้งของซากพืชที่เวลา t

t คือ เวลาที่ใช้ในการสลายตัวซึ่งนิยมใช้เป็นปี

*k* คือ ค่าคงที่ของการย่อยสลาย

**การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ**

ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของการสลายตัวของซากพืชในส่วนของใบและกาบของไผ่แต่ละชนิด ตามวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance; ANOVA) หากพบความแตกต่างทางสถิติจึงทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

## ผลและวิจารณ์

**การสลายตัวของซากพืช**

น้ำหนักแห้งเฉลี่ย (ร้อยละ) ของซากใบและกาบไผ่ทั้ง 3 ชนิด ตลอดระยะเวลาการย่อยสลาย 12 เดือน พบว่า อัตราการย่อยสลายของซากใบไผ่บงใหญ่มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่หยก และไผ่หวานอ่างขาง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 69.41, 60.90 และ 57.21 โดยน้ำหนักต่อปี ตามลำดับ และมีค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) เท่ากับ 1.18, 0.94 และ 0.85 ต่อปี ตามลำดับ ส่วนอัตราการย่อยสลายในซากกาบ พบว่า ไผ่บงใหญ่มีค่าสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่หวานอ่างขาง และไผ่หยก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 75.92, 54.43 และ 45.09 โดยน้ำหนักต่อปี ตามลำดับ และมีค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) เท่ากับ 1.42, 0.79 และ 0.60 ต่อปี ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งกับการศึกษาของ Tu *et al.* (2011) พบว่า ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) ในส่วนของใบและกาบของไผ่ *P. amarus* มีค่าเท่ากับ 1.03 และ 0.91 ตามลำดับ ขณะที่

การศึกษาของ Nath and Das (2011) พบว่า ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) ของ *B. cacharensis* ในใบและกาบเท่ากับ 1.44 และ 1.31 ต่อปี ตามลำดับ ค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) ของ *B. vulgaris* ในใบและกาบ เท่ากับ 1.71 และ 1.21 ต่อปี ตามลำดับ และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) ของ *B. balcooa* ในใบและกาบ เท่ากับ 1.64 และ 1.07 ต่อปี ตามลำดับ จากผลข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ทั้งใบและกาบของไผ่บงใหญ่มีการย่อยสลายที่เร็วที่สุดเมื่อเทียบกับไผ่อีก 2 ชนิด ที่เป็นเช่นนี้สาเหตุประการหนึ่งที่สามารถนำมาพิจารณาได้คือ สมบัติของซาก จากการศึกษาของ Williams and Gray (1974) พบว่า ซากพืชแต่ละชนิดจะมีการผุพังสลายตัวในอัตราที่แตกต่างกัน แม้ว่าจะอยู่ในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ทั้งนี้เป็นเพราะความแตกต่างทางลักษณะของโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของซากพืช

**Table 1** Dry weight decomposed as a percentage and annual decomposition rate (*k*) for leaf and sheath of three bamboo species at the Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai province.

| Species | Decomposed (%) | | Decomposition rate constant (*k*) ($yr^{-1}$) | |
|---|---|---|---|---|
| | Leaf | Sheath | Leaf | Sheath |
| *D. latiflorus* | 57.21±2.11 | 54.43±11.69 | 0.85±0.05 | 0.79±0.26 |
| *D. brandisii* | 69.41±2.18 | 75.92±6.81 | 1.18±0.07 | 1.42±0.29 |
| *B. oldhamii* | 60.90±2.03 | 45.09±3.82 | 0.94±0.05 | 0.60±0.07 |
| F-value | $6.63^{ns}$ | $3.96^{ns}$ | $7.51^{ns}$ | $5.00^{ns}$ |

**Remark:** Means followed by the same letters are not significant difference by Duncan's new multiple range test at p>0.05
ns = non-significant difference (p>0.05)

จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของน้ำหนักแห้งที่สูญเสียไปในแต่ละเดือน และค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) ของไผ่ทั้ง 3 ชนิด พบว่าการสลายตัวของซากใบและกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิดมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ดังนั้นชนิดไผ่ที่แตกต่างกัน การสลายตัวของซากใบและกาบไผ่ จะไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา (Table 1)

โดยร้อยละน้ำหนักแห้งของซากใบและกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด ที่เหลืออยู่ในแต่ละเดือน (y) สัมพันธ์กับระยะเวลาในการย่อยสลายในแต่ละเดือน (x) ดัง Figure 1 และสมการต่อไปนี้

ซากใบไผ่หวานอ่างขาง

$$Y = 113.96e^{-0.066x} \quad R^2 = 0.8822$$

ซากใบไผ่บงใหญ่

$$Y = 121.55e^{-0.083x} \quad R^2 = 0.8075$$

ซากใบไผ่หยก

$$Y = 109.46e^{-0.074x} \quad R^2 = 0.9149$$

ซากกาบไผ่หวานอ่างขาง

$$Y = 112.35e^{-0.049x} \quad R^2 = 0.7775$$

ซากกาบไผ่บงใหญ่

$$Y = 128.69e^{-0.089x} \quad R^2 = 0.7386$$

ซากกาบไผ่หยก

$$Y = 113.45e^{-0.042x} \quad R^2 = 0.8180$$

จากสมการข้างต้น ค่า $R^2$ หรือ ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด บอกให้ทราบว่าระยะเวลามีอิทธิพลอย่างสูงต่อน้ำหนักแห้งของซากพืชที่เหลืออยู่ (ร้อยละ 81-92 ในซากใบ และร้อยละ 74-82 ในซากกาบ) และ

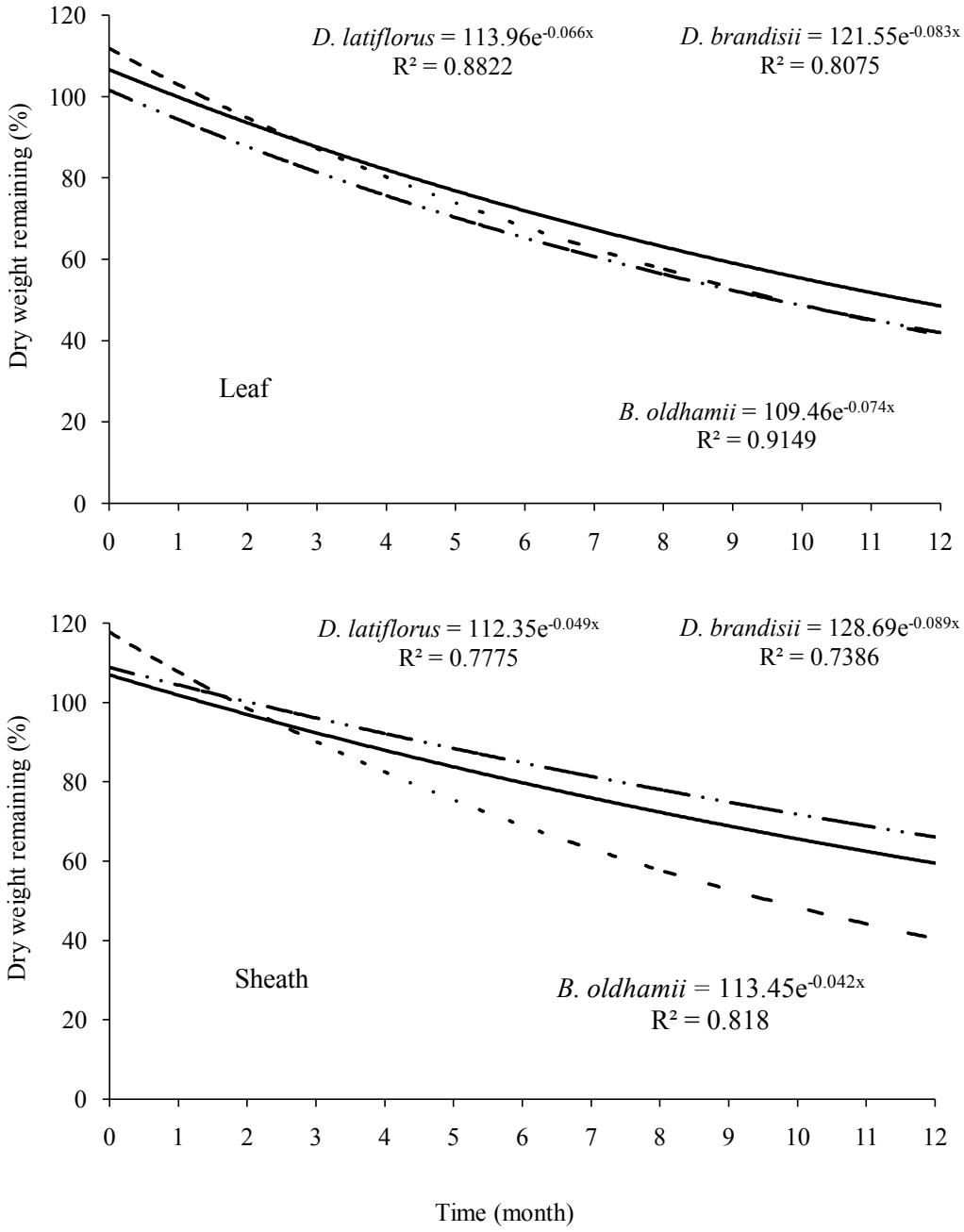



**Figure 1** Dry weight remaining (%) of *D. latiflorus* (—), *D. brandisii* (– –) and *B. oldhamii* (—∞) leaf and sheath litters over 12 months of litter decomposition.

มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) โดยน้ำหนักแห้งของซากใบและกาบที่เหลืออยู่จะแปรผกผันกับระยะเวลา กล่าวคือ เมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้น น้ำหนักแห้งของซากใบและกาบจะลดลง

## อิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมต่อการย่อยสลายของซากพืช

อิทธิพลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการสลายตัวของซากพืช ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ศึกษาปัจจัยสิ่งแวดล้อม 3 ปัจจัย ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน (Figure 2) โดยการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficience, *r*) กับน้ำหนักแห้งของซากพืชที่สูญหายไปรายเดือน (ร้อยละ) (Table 2) พบว่า ความสัมพันธ์ของ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ต่อการสลายตัวของซากไผ่ทั้ง 3 ชนิด มีความสัมพันธ์อยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำ ทั้งนี้การที่ความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ปัจจัย อยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างต่ำก็ไม่ได้หมายรวมถึงว่าจะไม่ส่งผลต่อการสลายตัวของซากไผ่ทั้ง 3 ชนิด เพราะการสลายตัวของซากพืชไม่ได้เกิดขึ้นจากปัจจัยหนึ่งปัจจัยใด แต่เกิดจากปัจจัยหลายๆ ปัจจัยส่งผลหรือมีอิทธิพลร่วมกันต่อการสลายตัวของซากพืช โดยเฉพาะปัจจัยของกลุ่มผู้ย่อยสลาย ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดอย่างต่อเนื่องและต้องใช้ระยะเวลาในการก่อตัวและเติบโต (สายัณห์, 2540) ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน ย่อมมีผลต่อการสลายตัวของซากไผ่ทั้ง 3 ชนิด โดยเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ปัจจัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อัตราการย่อยสลายจะเพิ่มขึ้น และเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มลดลง อัตราการย่อยสลายจะลดลง

**Table 2** Correlation coefficient (*r*) between monthly dry weight loss of *D. latiflorus, D. brandisii* and *B. oldhamii* and environmental factors (Temperature, Relative Humidity and Rainfall).

| Species | Temperature | Relative Humidity | Rainfall |
|---|---|---|---|
| | | *r* | |
| *D. latiflorus* | 0.493 | 0.302 | 0.545 |
| *D. brandisii* | 0.459 | 0.285 | 0.703 |
| *B. oldhamii* | 0.460 | 0.270 | 0.296 |

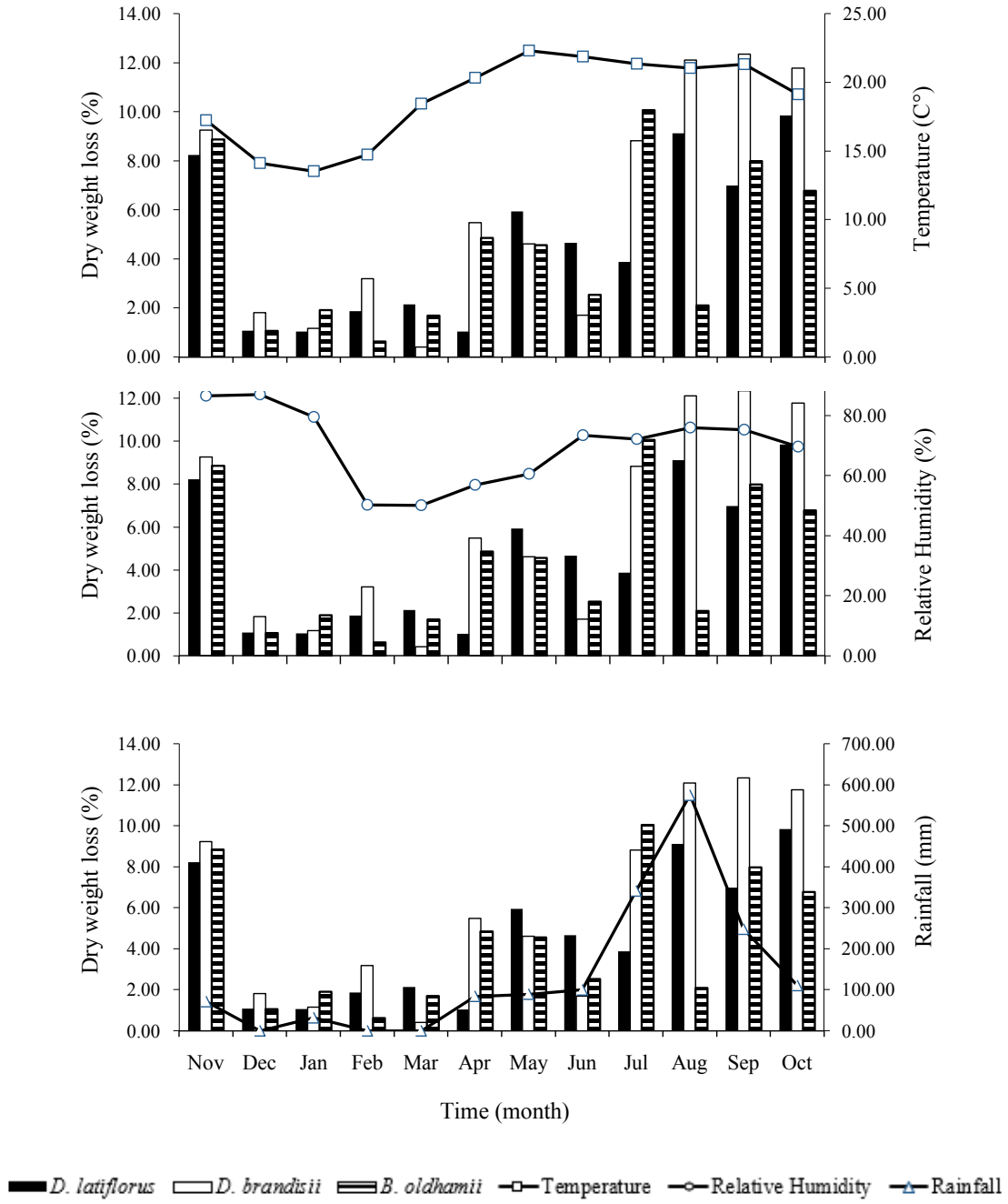



**Figure 2** Relationships between monthly dry weight loss of *D. latiflorus, D. brandisii* and *B. oldhamii* and environmental factors (Temperature, Relative Humidity and Rainfall).

**ความเข้มข้นของสารอาหารในซากพืชที่ย่อยสลาย**

ความเข้มข้นของไนโตรเจนในซากใบและกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด พบว่า มีค่าต่ำในช่วงแรกๆ ของการย่อยสลาย และจะเพิ่มขึ้นสูงขึ้นตามระยะเวลาของการย่อยสลาย (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tu *et al.* (2014) ซึ่งพบว่า ไนโตรเจนในซากใบไผ่ *P. amarus* ถูกตรึงไว้ในช่วงแรกๆ และจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อซากใบไผ่สลายตัวนานขึ้น Rejmánková and Sirová, (2007) กล่าวต่อว่า กิจกรรมของผู้ย่อยสลายมีผลอย่างเห็นได้ชัดต่อความเป็นประโยชน์ของสารอาหาร และในหลายๆ การศึกษายังแสดงให้เห็นว่า การย่อยสลายของซากพืชจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการก่อตัวและเติบโตของกลุ่มผู้ย่อยสลาย (Aerts and de Caluwe, 1997; Keeler *et al*., 2009)

ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในซากใบและกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มที่เป็นไปทางทิศทางเดียวกับไนโตรเจน (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Upadhyaya *et al.* (2012) ที่ศึกษาซากใบและกาบของไผ่ *P. bambusoides* ในประเทศอินเดีย พบว่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสจะลดลงในช่วงแรกของการศึกษา และจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการย่อยสลาย โดยทั่วไปความเข้มข้นของฟอสฟอรัสยังมีแนวโน้มไม่แน่นอนอาจจะมีเพิ่มขึ้นบ้างหรือลดลงในช่วงกระบวนการย่อยสลายแต่ในท้ายที่สุดหลังจากผ่านไปประมาณ 1 ปี กระบวนการย่อยสลายก็จะเริ่มลดลงอย่างเป็นระดับ (Tu *et al.*, 2014)

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในซากใบและกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการศึกษา (Figure 3) เนื่องจากโพแทสเซียมมีความสามารถในการชะละลายสูง ทำให้โพแทสเซียมถูกชะละลายออกไปจากซากพืชอย่างรวดเร็วโดยปริมาณน้ำฝนที่ไหลผ่าน การสูญเสียโพแทสเซียมจึงเกิดขึ้นเป็นจำนวนมากตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Nath and Das (2011) โดยพบว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในซากใบและกาบไผ่ *B. cacharensis*, *B. vulgaris* และ *B. balcooa* จะสูญเสียไปตลอดระยะเวลาของการย่อยสลาย

ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในซากใบและกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด เป็นไปในทางตรงกันข้ามกัน (Figure 3) กล่าวคือ ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในซากใบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาของการศึกษา ซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สามารถชะละลายได้ง่ายเช่นเดียวกับโพแทสเซียม แต่ในซากกาบของไผ่ทั้ง 3 ชนิด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาของการศึกษา โดยสาเหตุประการหนึ่งที่สามารถนำมาพิจารณาได้ถึงการเพิ่มขึ้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในซากกาบไผ่ที่กำลังสลายตัว คือ สมบัติของซาก ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการย่อยสลายของซากพืช Lousier and Parkinson (1978) กล่าวว่าเป็นเพราะองค์ประกอบของซากกาบที่แตกต่างจากซากใบ จึงทำให้ปริมาณสารอาหารที่เหลืออยู่ในซากทั้งสองแบบแตกต่างกัน

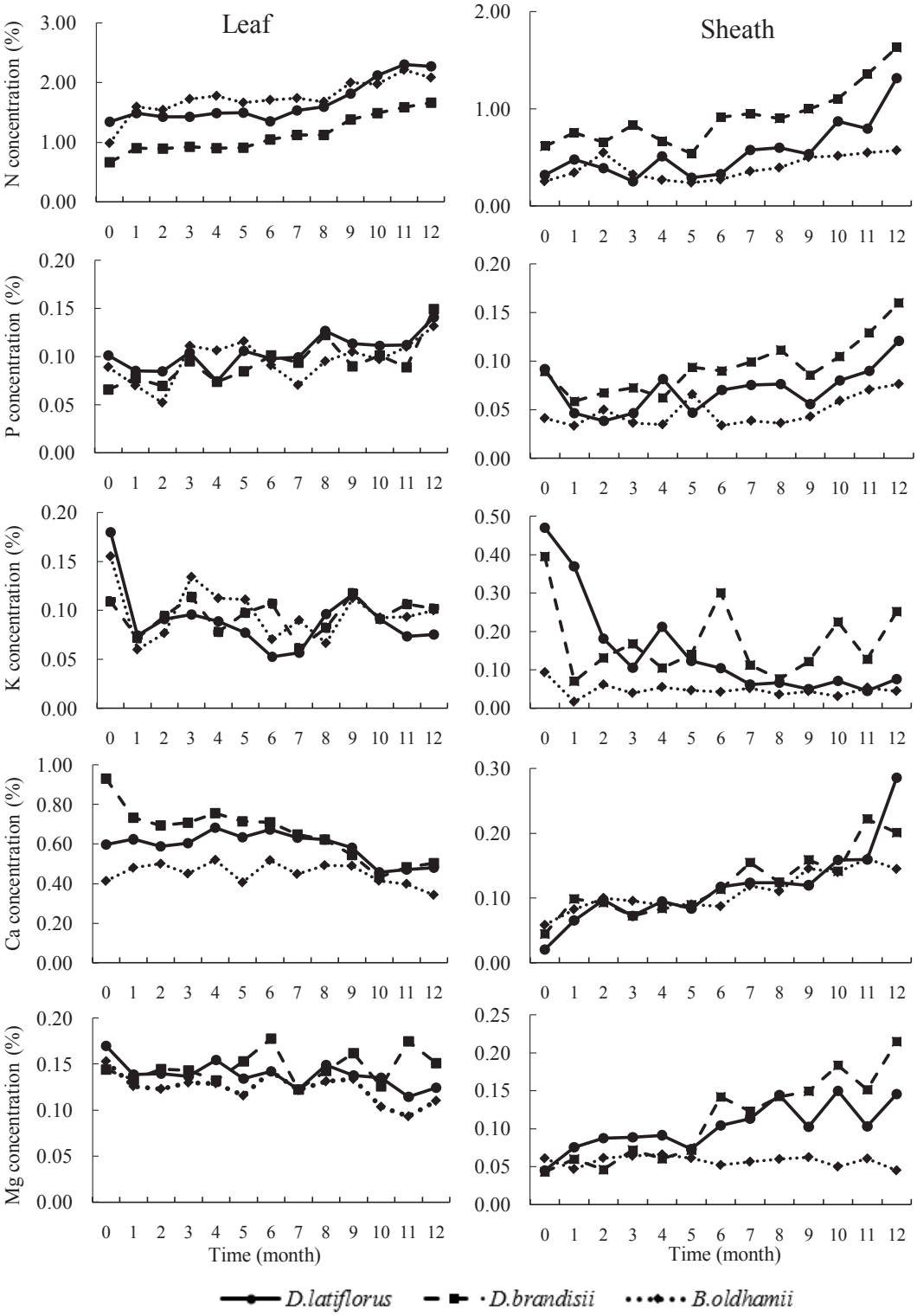



**Figure 3** Concentration of nutrients in litter decomposition of three bamboo species at the Royal Agricultural Station Angkhang, Chiang Mai province.

## สรุป

1. ซากใบไผ่บงใหญ่ มีการย่อยสลายเร็วที่สุด รองลงมาคือ ไผ่หยก และไผ่หวานอ่างขาง ตามลำดับ และมีค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) เท่ากับ 1.18, 0.94 และ 0.85 ต่อปี ตามลำดับ ส่วนซากกาบ ไผ่บงใหญ่ มีการย่อยสลายเร็วที่สุดเช่นกัน รองลงมาคือ ไผ่หวานอ่างขาง และไผ่หยก ตามลำดับ และมีค่าคงที่ของการย่อยสลาย (*k*) เท่ากับ 1.42, 0.79 และ 0.60 ต่อปี ตามลำดับ

2. น้ำหนักแห้งที่สูญหายไปรายเดือนของซากไผ่หวานอ่างขาง ไผ่บงใหญ่ และไผ่หยก มีความสัมพันธ์กับปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ปัจจัย (อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน) โดยเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมทั้ง 3 ปัจจัยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อัตราการย่อยสลายจะสูงขึ้น และเมื่อปัจจัยสิ่งแวดล้อมมีแนวโน้มลดลง อัตราการย่อยสลายก็จะมีแนวโน้มลดลง

3. ความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในซากใบและกาบ จะน้อยในช่วงแรกๆ และจะเพิ่มสูงขึ้นตามระยะเวลาของการย่อยสลาย ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในซากใบและกาบ มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการย่อยสลาย ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในซากใบมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการย่อยสลาย ส่วนในซากกาบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการย่อยสลาย

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ

1. ควรศึกษาและเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ติดต่อกันหลายๆ ปีเพื่อที่จะดูแนวโน้มความเข้มข้นของสารอาหารว่าเป็นไปในทิศทางใดและเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบกัน ซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการสารอาหารในพื้นที่ได้อย่างมากในอนาคต

2. การสลายตัวของซากพืช มีปัจจัยหลายๆ ปัจจัยที่มีผลต่อการสลายตัว โดยเฉพาะปัจจัยในกลุ่มผู้ย่อยสลาย ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการสลายตัวไปของซากพืช ดังนั้นจึงควรมีการศึกษาปัจจัยของกลุ่มผู้ย่อยสลายร่วมด้วย

## คำนิยม

โครงการวิจัยได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานพัฒนาเศรษฐกิจจากฐานชีวภาพ (องค์การมหาชน) และขอขอบพระคุณมูลนิธิโครงการหลวง สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้การเอื้อเฟื้อพื้นที่ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และผู้ให้การช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการทุกท่าน ที่ให้การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2553. **ไม้ไผ่ในประเทศไทย.** สำนักพิมพ์อักษรสยาม, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์. 2543. การปลูกไผ่ในพื้นที่โครงการหลวง, น. 1-5. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการนานาชาติเรื่องไผ่ปี 2543.** 2-4 สิงหาคม 2543. มูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

สราวุธ สังข์แก้ว, อัจฉรา ตีระวัฒนานนท์ และ กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์. 2557. **ไผ่ในเมืองไทย.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์บ้านและสวน, กรุงเทพฯ.

_____, _____, _____ และ บุญวงศ์ ไทยอุตส่าห์. 2550. ความหลากหลายของไผ่บนพื้นที่สูง. **วารสารวนศาสตร์** 26 (พิเศษ): 1-11.

สายัณห์ สมฤทธิ์ผล. 2540. **การย่อยสลายของซากใบไผ่ และใบรังในป่าผสมผลัดใบและราที่ย่อยสลาย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Aerts, R. and H. de Caluwe. 1997. Nutritional and plant-mediated controls on leaf litter decomposition of *Carex* species. **Ecol.** 78: 244–260.

Anderson, J.M. and M.J. Swift. 1983. Decomposition in tropical forests, pp. 287-309. *In* S.L. Sutton, T.C. Whitmore and A.C. Chadwick, eds. **Tropical Rain Forest: Ecology and Management**. Blackwell Scientific Publication, Alden Press, Oxford.

Attiwill, P.M. 1968. The Loss of elements from decomposing litter. **Ecol.** 49(1): 142-144.

Keeler, B.L., S.E. Hobbie and L.E. Kellogg. 2009. Effects of long-term nitrogen addition on microbial enzyme activity in eight forested and grassland sites: Implications for litter and soil organic matter decomposition. **Ecosyst.** 12: 1–15.

Lousier, J.D. and D. Parkinson. 1978. Chemical element dynamics in decomposition leaf litter. **Can. J. Bot.** 56: 2795-2812.

Nath, A.J. and A.K. Das. 2011. Decomposition dynamics of three priority bamboo species of homegardens in Barak Valley, Northeast India. **Trop. Ecol**. 52 (3): 325-330.

Olson, J.S. 1963. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological system. **Ecol.** 44(2): 322-331.

Rejmánková, E. and D. Sirová. 2007. Wetland macrophyte decomposition under different nutrient conditions: Relationships between decomposition rate, enzyme activities and microbial biomass. **Soil Biol. Biochem.** 39: 526–538.

Tu, L.H., H.L. Hu., T.X. Hu, J. Zhang, L. Liu, R.H. Li, H.Z. Dai and S.H. Luo. 2011. Decomposition of different litter fractions in a subtropical bamboo ecosystem as affected by experimental nitrogen deposition. **Pedosphere** 21(6): 685-695.

_____, _____, _____, _____, X.W. Li, L. Liu, Y.L. Xiao, G. Chen and R.H. Li. 2014. Litterfall, litter decomposition, and nutrient dynamics in two subtropical bamboo plantations of China. **Pedosphere** 24(1): 84-97.

Upadhyaya, K., A. Arunachalam, K. Arunachalam and A.K. Das. 2012. Decomposition and nutrient release patterns of *Phyllostachys bambusoides* and *Arundinaria racemosa*, India. **J. For. Res.** 23(2): 245-252.

Waring, R.H. and W.H. Schlesinger. 1985. **Forest Ecosystems: Concept and Management.** Academic Press, Inc., Orlando.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# การกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน

# Determination of Forest Encroachment Risk in Head Watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan Province

**ทิพย์กมล สนสับ[1,2*]**
**วันชัย อรุณประภารัตน์[1]**
**นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์[1]**

**Thipkamol Sonsab[1,2*]**
**Wanchai Arunpraparut[1]**
**Nantachai Pongpatttananurak[1]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช
Protected Area Regional Office 13, Department of National Park, Wildlife and Plant Conservation
[*]Corresponding Author, E-mail: thipkamol.e@gmail.com

รับต้นฉบับ 25 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2561

## ABSTRACT

The objective of this study was to determine the forest Encroachment risk in head watershed at Doi Phu Kha National Park, Nan Province. By using Geographic Information System, physical factors of land were statistically analyzed to find the correlation with forest Encroachment area. Logistics model was used to analyze the forest Encroachment risk within Doi Phu Kha National Park boundary. As the results, it was found that the physical factors of head watershed area related to the forest Encroachment was distance from own lands, distance from community, slope, aspect, distance from transportation, distance from national park protection unit, elevation and distance from water sources. The forest Encroachment risk area with high and very high level of risk and total area 145.97 square kilometers or 8.58% of Doi Phu Kha National Park were distributed in District Bo Kluea, District Pua, District Mae Charim and District Thung Chang at proportion of 85.28%, 33.18%, 16.04% and 11.46 respectively. The accuracy assessment of forest Encroachment risk map generated with logistic model was carried out and found that its accuracy was 80.00% and Area Under the Curve (AUC) 0.88 (± 0.045) at the confidence level 95 %

**Keywords:** Head Watershed, Encroachment Risk area, logistic regression, Doi Phu Kha National Park

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของปัจจัยทางกายภาพของพื้นที่บางประการกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ และใช้แบบจำลองโลจิสติก (logistic model) ในการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา

ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ได้แก่ ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ระยะห่างจากชุมชน ความลาดชัน ทิศด้านลาด ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระดับความสูง และระยะห่างจากแหล่งน้ำ และพบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำในระดับสูงและสูงมาก คิดเป็นเนื้อที่รวม 145.97 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 8.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา โดยกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ อำเภอปัว อำเภอแม่จริม และอำเภอทุ่งช้าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.28, 33.18, 16.04 และ 11.46 ตามลำดับ มีผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่สร้างขึ้นด้วยแบบจำลองโลจิสติก มีความถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 80.00 และมีค่าพื้นที่ได้กราฟ AUC (Area Under the Curve) เท่ากับ 0.88 (± 0.045) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95


**คำสำคัญ:** ป่าต้นน้ำ พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุก การวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก อุทยานแห่งชาติดอยภูคา

## คำนำ

ป่าไม้เป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีคุณค่าและความสำคัญต่อการดำรงชีพของมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเฉพาะชุมชนที่พึ่งพาอาศัยทรัพยากรป่าไม้ในการดำรงชีพ ในปี พ.ศ. 2516 จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้มากถึงร้อยละ 43.21 ของพื้นที่ประเทศ ภายในระยะเวลา 20 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539-2559 พื้นที่ป่าไม้ลดลงร้อยละ 11.64 ของพื้นที่ประเทศ และในปี พ.ศ. 2559 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ทั้งสิ้นร้อยละ 31.58 ของพื้นที่ประเทศ (ศูนย์สารสนเทศ กรมป่าไม้, 2559) จากการสำรวจในพ.ศ. 2557 พบว่าพื้นที่ป่าไม้รวมทั้งป่าอนุรักษ์ถูกบุกรุกเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าต้นน้ำ ก่อให้เกิดการเสื่อมโทรม ส่งผลกระทบให้เกิดอุทกภัยและภัยแล้ง ปัญหาเหล่านี้ยังมีอย่างต่อเนื่องและทวีความรุนแรงมากขึ้น โดยเฉพาะในภาคเหนือ ลุ่มน้ำน่านที่มีระดับความรุนแรงสูงสุด ซึ่งมีความสำคัญและเป็นพื้นที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 ทั้งนี้ รัฐบาลได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงได้จัดทำแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ พ.ศ. 2558-2569 ภายใต้ยุทธศาสตร์การอนุรักษ์ฟื้นฟูสภาพป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมและป้องกันการพังทลายของดิน มีเป้าประสงค์ในการฟื้นฟูป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรม ป้องกันการสูญเสียหน้าดินและพื้นที่ดินถล่มในพื้นที่เกษตรลาดชันเพื่อการชะลอน้ำในลุ่มน้ำสาขาที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม (คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, 2558) นอกจากนี้ยังได้ดำเนินโครงการระบบการจัดเก็บข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานระดับพื้นที่เพื่อการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอย่างยั่งยืนในลุ่มน้ำทั่วประเทศ จำนวน 25 ลุ่มน้ำ เพื่อรวบรวมข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ และสร้างดัชนีชี้วัดต้นแบบการจัดการน้ำ ทั้งนี้ เพื่อให้ประเทศมีฐานข้อมูลประกอบในการตัดสินใจด้านการบริหารทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

จังหวัดน่านอยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำน่านที่มีระดับความรุนแรงสูงสุดของการทำลายพื้นที่ป่าต้นน้ำและเป็นพื้นที่นำร่องในการดำเนินการให้เป็นไปตาม มติคณะรัฐมนตรี วันที่ 7 กรกฎาคม 2558 เรื่อง การจัดการ

ป่าต้นน้ำเสื่อมสภาพบนพื้นที่สูงชัน (เขาหัวโล้น) พื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดน่าน ประกอบด้วยภูเขาและป่าไม้ ซึ่งมีพื้นที่ป่าต้นน้ำร้อยละ 72.48 ของพื้นที่จังหวัด แต่ในปัจจุบันพื้นที่ ป่าไม้ของจังหวัดน่านถูกบุกรุกอย่างรุนแรง อันเนื่องมาจากการทำไร่เลื่อนลอย การบุกรุกแผ้วถางป่าหรือถูกบุกเบิกเพื่อปลูกพืชเกษตรเชิงเดี่ยวเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่สูงชันที่เป็นป่าต้นน้ำ (จรัณธร และกัญจน์ชญา, 2560) ข้อมูลสถิติป่าไม้ พบว่าพื้นที่ป่าไม้ในช่วงปี 2547 - 2559 ลดลงถึงร้อยละ 12.62 ของพื้นที่จังหวัด (ศูนย์สารสนเทศ กรมป่าไม้, 2559) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ป่าต้นน้ำที่สำคัญยังคงถูกทำลาย

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ได้รับการประกาศจัดตั้งให้เป็นอุทยานแห่งชาติ เมื่อวันที่ 17 มิถุนายน พ.ศ. 2542 มีพื้นที่ประมาณ 1,704 ตารางกิโลเมตร (อุทยานแห่งชาติดอยภูคา, 2558) เป็นอุทยานแห่งชาติที่มีทรัพยากรธรรมชาติที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหายทางชีวภาพ มีทิวทัศน์ธรรมชาติสวยงาม และมีพื้นที่ป่าต้นน้ำตามมติคณะรัฐมนตรีวันที่ 2 มิถุนายน พ.ศ. 2530 มีพื้นที่มากถึงร้อยละ 99.57 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำน่าน พื้นที่โดยรอบบางส่วนในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคาเป็นที่ตั้งของชุมชนดั้งเดิมจำนวนมาก ทั้งนี้ปัญหาความต้องการใช้ทรัพยากรและที่ดินป่าไม้ในทางที่ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมได้ก่อให้เกิดปัญหาการบุกรุกและแผ้วถางที่ทำกินในพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เป็นการกระทำที่ผิดกฎหมาย ตาม พรบ. อุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504 พื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ส่งผลให้เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำเป็นภูเขาหัวโล้น

ดังนั้น การอนุรักษ์พื้นที่ป่าต้นน้ำให้มีสภาพอุดมสมบูรณ์ ตลอดจนฟื้นฟูป่าต้นน้ำที่เสื่อมโทรมให้เป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำที่มีสภาพป่าที่สมบูรณ์ และลดการกระทำใดๆ ที่ส่งผลต่อการเสื่อมสภาพต่อป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จึงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นต้องดำเนินการการศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ จากนั้นจึงกำหนดพื้นที่เสี่ยงที่จะเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และแบบจำลองโลจิสติก (logistic model) จากนั้นจึงสร้างแผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ สำหรับใช้ประโยชน์ในการวางแผนฟื้นฟู รักษา และป้องกันการกระทำผิดว่าด้วยกฎหมายป่าไม้ในพื้นที่ป่าต้นน้ำของอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การรวบรวมและการสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่

รวบรวมและสร้างชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ของปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์แบบราสเตอร์ (raster format) กำหนดขนาดกริด 30 เมตร × 30 เมตร ประกอบด้วย ความสูงจากระดับน้ำทะเล ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ความลาดชัน ทิศด้านลาด แนวเขตอุทยานแห่งชาติ ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ขอบเขตการปกครอง ตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำ และตำแหน่งไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ

Table 1 แสดงรายการปัจจัยแวดล้อมและเกณฑ์การพิจารณากำหนดความเสี่ยง (จรัญธร, 2547; ไกรภพ, 2540; นิรันดร, 2551; พรพรรณ, 2554; สมนิมิตร และคณะ, 2560) ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ มีหน่วยเป็นเมตร ความลาดชันของพื้นที่มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ ทิศด้านลาดของพื้นที่แสดงค่าทิศด้านลาด ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากชุมชน มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ มีหน่วยเป็นเมตร ระยะห่างจากแหล่งน้ำ มีหน่วยเป็นเมตร ดังแสดงใน Figure 1

**Table 1** Surrogate variables for the Predictive Model of Risk Assessment.

| factors | criteria of Forest Encroachment Risk in Head Watershed |
|---|---|
| elevation of land ($x_1$) | low elevation |
| slope of land ($x_2$) | low slope |
| aspect of land ($x_3$) | east or west |
| distance from land holdings ($x_4$) | close to own land |
| distance from the community ($x_5$) | close to community |
| distance from transportation ($x_6$) | close to transportation |
| distance from national park protection unit ($x_7$) | close to national park protection unit |
| distance from water source ($x_8$) | close to water source |

## การวิเคราะห์ข้อมูล

1. นำข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำของปี พ.ศ. 2560 จากการตรวจสอบภาคสนามร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งแบ่งข้อมูลออกเป็นร้อยละ 80 จำนวน 200 จุด มาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ (training data) อีกร้อยละ 20 จำนวน 50 จุด นำมาทดสอบความถูกต้อง (test data) ของแบบจำลองความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ

2. นำเข้าข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 80 ประกอบด้วยตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 100 จุด และไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ จำนวน 100 จุด มาวิเคราะห์ด้วยหลักการทางสถิติโดยการสร้างสมการความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ แล้วใช้หลักการซ้อนทับ (overlay) เพื่อสร้างแบบจำลองความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ใช้รูปแบบสมการการถดถอยโลจิสติก ดังสมการ (1) และ (2)

สมการ P (เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ)

$$= \frac{e^{\beta_0+\beta_1X_1+\ldots\beta_nX}}{1+e^{\beta_0+\beta_1X_1+\ldots\beta_nX}} \quad (1)$$

P (ไม่เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ )

$$= 1 - P \text{ (เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ )} \quad (2)$$

กำหนดให้ตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ เป็นตัวแปรตาม (P) คือ ความน่าจะเป็นของการบุกรุกของป่าต้นน้ำหรือไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ณ จุดภาพ (pixel) นั้นๆ ซึ่งมีค่าได้เพียง 2 ค่า จึงทำให้ค่าประมาณของ P มีค่าระหว่าง 0 – 1 และข้อมูลปัจจัยแวดล้อมที่อาจมีความสัมพันธ์ต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ จำนวน 8 ปัจจัย ได้แก่ ระดับความสูง ($x_1$) ความลาดชัน ($x_2$) ทิศด้านลาด ($x_3$) ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ($x_4$) ระยะห่างจากชุมชน ($x_5$) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ($x_6$) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ฯ ($x_7$) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ($x_8$) เป็นตัวแปรอิสระ (x) สำหรับการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ $\beta_0+\beta_1X_1+\ldots\beta_nX$ ของตัวแปรอิสระ (x) ในสมการ (3) จะใช้สถิติ likelihood-ratio test ซึ่งสามารถประมาณค่าว่าแบบจำลองที่ได้จะดีขึ้นหรือเลวลง เมื่อมีการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของตัวแปรอิสระ (x) ออกจากแบบจำลอง

3. การคำนวณค่า Pseudo-$R^2$ ตามแนวทางของ Nagelkerke (Nagelkerke, 1991) ในสมการ (3) คือการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกไม่มีค่าสถิติที่แท้จริง มีแต่สถิติที่สร้างขึ้นมาเทียบเคียงกัน (Hosmer and Lemeshow, 2000; Hosmer *et al*., 2013) เพื่อใช้เป็นดัชนีในการบ่งบอกถึงความสามารถของแบบจำลองที่อธิบายถึงโอกาสเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ จากปัจจัยแวดล้อมหรือกลุ่มตัวแปรอิสระ (x) ต่างๆ เมื่อเทียบกับแบบจำลองที่สร้างมาจากค่าคงที่เพียงอย่างเดียว

สมการ $R^2 = \frac{1-\left[\frac{L(0)}{L(B)}\right]^{2/N}}{R^2MAX}$ (3)

โดยที่ $L(0)$ คือ log likelihood สำFหรับแบบจำลองที่มีเพียงค่าคงที่

$L(B)$ คือ log likelihood สำหรับแบบจำลองที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระที่สนใจ

$R^2MAX$ คือ $1 - [L(0)]^{2/N}$

$N$ คือ ขนาดตัวอย่างของข้อมูล

**การสร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ**

ทำการสร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยนำค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.00 – 1.00 มากำหนดระดับความเสี่ยงโดยวิธี Equal Interval เป็น 4 ระดับ คือ

ระดับความเสี่ยงต่ำ

มีค่า P(x) = 0.000 - 0.249

ระดับความเสี่ยงปานกลาง

มีค่า P(x) = 0.250 - 0.499

ระดับความเสี่ยงสูง

มีค่า P(x) = 0.500 - 0.749

ระดับความเสี่ยงสูงมาก

มีค่า P(x) = 0.750 - 1.000

**การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยง**

ตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงที่ต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยการนำข้อมูลตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำอีกร้อยละ 20 ประกอบด้วยตำแหน่งการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 25 จุด และไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจำนวน 25 จุด ทำการทดสอบความถูกต้องโดยทำการซ้อนทับ (Overlay) กับแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์ ณ จุดที่เส้นกราฟ ROC (Receiver Operating Characteristic ) เกิดจุดตัดที่มีความสมดุลระหว่างค่า sensitivity (true positive หรือค่าความถูกต้องของการปรากฏการบุกรุกของป่าต้นน้ำ) กับค่า specificity (true negative หรือค่าความถูกต้องของการไม่ปรากฏการบุกรุกป่าต้นน้ำ) ซึ่งค่าที่ได้จะมีค่าระหว่าง 0 กับ 1 (Hosmer and Lemeshow, 2000; Hosmer *et al*., 2013) ถ้าค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่าจุดตัด (Cut off หมายถึงจุดที่แยก ระหว่างค่าเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและค่าที่ไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ) แสดงว่ามีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำแล้วทำการเปรียบเทียบและคำนวณหาร้อยละความถูกต้อง

## ผลและวิจารณ์

**การวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก**

การหาความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่มีผลต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ โดยการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก เลือกวิธีการคำนวณแบบ Backward Stepwise: Wald คือการทดสอบตัวแปรของสมการการถดถอยโลจิสติกที่ขึ้นกับความน่าจะเป็นของ wald statistic ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและทำนายโอกาสเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ โดยกำหนดให้ตัวแปรตาม (P) คือ โอกาสการบุกรุกของป่าต้นน้ำมีได้เพียง 2 ค่า คือ มีค่าเท่ากับ 1 หมายถึง เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ และมีค่าเท่ากับ 0 หมายถึงไม่เกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ตัวแปรอิสระ (x) คือ ปัจจัยแวดล้อม 8 ปัจจัย

นำเข้าข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำร้อยละ 80 จำนวน 100 จุด โดยกำหนดให้ค่าเท่ากับ 1 และตำแหน่งไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 80 จำนวน 100 จุด โดยกำหนดค่า เท่ากับ 0 นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม 8 ปัจจัย จากการศึกษาผลปรากฏว่า ค่า Pseudo – $R^2$ ได้ค่า Cox & Snell $R^2$ เท่ากับ 0.55 ในขณะที่ ค่า Nagelkerke $R^2$ เท่ากับ 0.73 นั้นคือตัวแปรอิสระ 8 ค่า สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามหรือโอกาสเกิดการบุกรุกของป่าต้นน้ำได้ ร้อยละ 73 ค่า Wald ค่า Sig. หรือ P-value และสัมประสิทธิ์การถดถอยโลจิสติก ซึ่งทำให้ -2LL

likelihood เท่ากับ 117.79 จะทำให้สมการ P (เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ) เท่ากับ $\frac{e^{\beta_0+\beta_1X_1+...\beta_nX}}{1+e^{\beta_0+\beta_1X_1+...\beta_nX}}$ หรือ $\frac{e^z}{1+e^z}$ โดยที่ $z = \beta_0+\beta_1X_1+...\beta_nX$ ดังแสดงใน Table 2 และพบว่าค่า area under the curve (AUC) ที่ได้จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก มีค่าเท่ากับ 0.88 (±0.045) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

Hosmer and Lemeshow ใช้ทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองโดยมีสมมติฐานของการทดสอบคือ $H_0$ คือแบบจำลองมีความเหมาะสม $H_1$ คือ แบบจำลองไม่มีความเหมาะสม จากค่าทดสอบ Chi-square มีเท่ากับ 5.63 ค่า significance เท่ากับ 0.69 นั่นคือยอมรับ $H_0$ แสดงว่าแบบจำลองมีความเหมาะสม

พบว่ามีปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 8 ปัจจัย ที่มีผลต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ ระดับความสูง ($x_1$) ความลาดชัน ($x_2$) ทิศด้านลาด ($x_3$) ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ($x_4$) ระยะห่างจากชุมชน ($x_5$) ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ($x_6$) ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์ฯ ($x_7$) และระยะห่างจากแหล่งน้ำ ($x_8$) ดังแสดงใน Table ตัวอย่างเช่น $e = {}^{-0.0019(x2)}$ เท่ากับ 0.98 หมายความว่า ความลาดชันของพื้นที่ลดลงจะมีโอกาสเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำลดลง 0.98 เท่าของระดับความสูงพื้นที่ เป็นต้น ดังแสดงใน Table 2

**Table 2** Variables in the Equation.

| Variable | B | S.E. | Wald | df | Sig. | Exp(B) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| elevation of land ($x_1$) | -0.001 | 0.001 | 3.135 | 1 | 0.047 | 0.99919 |
| slope of land ($x_2$) | -0.0019 | 0.008 | 4.328 | 1 | 0.022 | 0.98149 |
| aspect of land ($x_3$) | -0.0029 | 0.002 | 3.401 | 1 | 0.040 | 0.99971 |
| distance to own land ($x_4$) | -0.0002 | 0.000 | 12.338 | 1 | 0.000 | 1.00002 |
| distance from the community ($x_5$) | -0.0019 | 0.000 | 8.703 | 1 | 0.002 | 0.99981 |
| distance from transportation ($x_6$) | -0.0006 | 0.000 | 3.376 | 1 | 0.040 | 0.99994 |
| distance from national park protection unit ($x_7$) | -0.00005 | 0.000 | 3.345 | 1 | 0.041 | 0.99995 |
| distance from water source ($x_8$) | -0.0007 | 0.002 | 3.064 | 1 | 0.049 | 1.00068 |
| Constant | 2.4421 | 3.366 | 3.135 | 1 | 0.047 | 11.49541 |

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ กับพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ สามารถสร้างเป็นสมการได้ดังนี้

$$z = 2.4421 - 0.001(x_1) - 0.0019(x_2) - 0.0029(x_3) - -0.0002(x_4) - 0.0019(x_5) - 0.0006(x_6) - 0.00005(x_7) - 0.0007(x_8) \quad (4)$$

สมการ (4) ใช้พยากรณ์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ มีการพยากรณ์ถูกต้องโดยรวม ทั้งในกรณีการเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำและไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำได้ร้อยละ 86.50 โดยการพยากรณ์เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำถูกต้อง ร้อยละ 79.00 และการพยากรณ์ไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำถูกต้องร้อยละ 94.00 ของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ดังแสดงใน Table 3

**Table 3** Classification Table

| observed | | predicted | | |
|---|---|---|---|---|
| | | y | | percentage correct |
| | | 0 | 1 | |
| y | 0 | 94 | 6 | 94.00 |
| | 1 | 21 | 79 | 79.00 |
| | overall percentage | | | 86.50 |

ใช้สมการ (4) ที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยโลจิสติกร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์สร้างแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน จากวิธี Equal interval พบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำในระดับสูงและสูงมาก การบุกรุกเกิดได้ทุกทิศด้านลาด โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่ไร่ร้าง ใกล้ที่ดินที่ถือครองที่มีระดับต่ำความลาดชันต่ำ มีเส้นทางคมนาคมเข้าถึงพื้นที่สะดวก ใกล้แหล่งชุมชนและแหล่งน้ำ คิดเป็นเนื้อที่รวม 145.97 ตารางกิโลเมตร หรือร้อยละ 8.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ดังแสดงใน Figure 2 และ 3 โดยกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ อำเภอปัว อำเภอแม่จริม และอำเภอทุ่งช้าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.28, 33.18, 16.04 และ 11.46 ตามลำดับ

**การตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยง**

ทำการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในเขตอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน โดยนำข้อมูลตำแหน่งเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 20 จำนวน 25 จุด และตำแหน่งไม่เกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำ ร้อยละ 20 จำนวน 25 จุด ทำการซ้อนทับกับแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ค่าความน่าจะเป็นมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า จุดตัด (cut off) เท่ากับ 0.5 แสดงว่า ณ จุดนั้นมีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำ แล้วทำการเปรียบเทียบและคำนวณหาร้อยละความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยง จากการตรวจสอบพบว่าแผนที่พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ที่ได้จากวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก จุดความถูกต้องมีจำนวน 41 จุด คิดเป็นร้อยละ 80 ของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ ดังแสดงใน Table 4

**Table 4** Classification Table.

| actual | predicted | | percent accuracy |
|---|---|---|---|
| | yes | no | |
| yes | 16 | 9 | 64 |
| no | 1 | 24 | 96 |
| overall percentage | - | - | 80 |

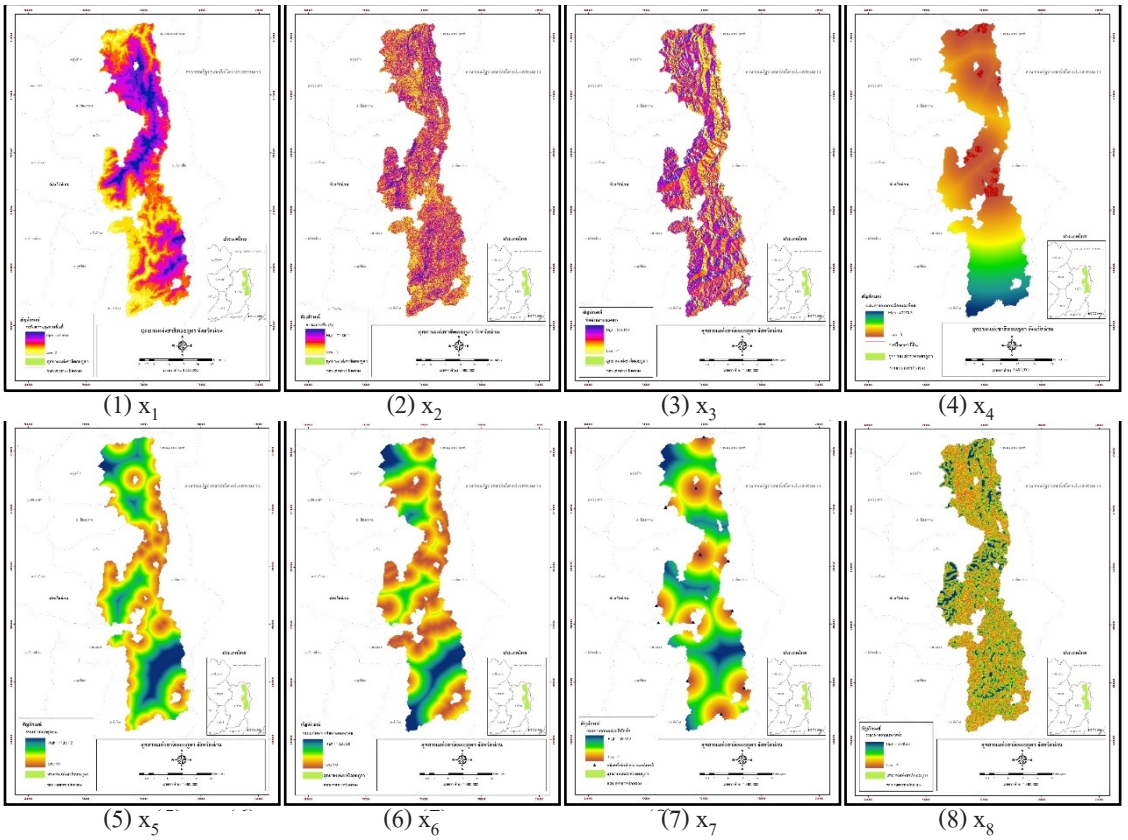



**Figure 1** Factor of the Predictive Model of Risk Assessment at Doi Phu Kha National Park.

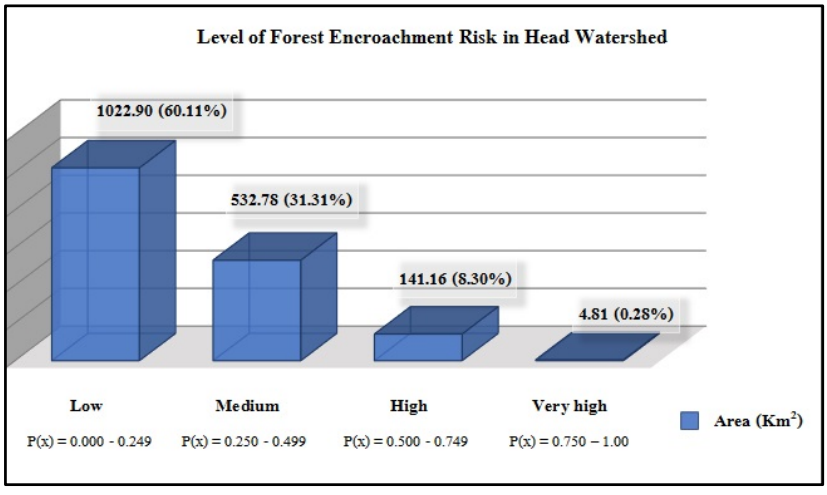



**Figure 2** Level of. the Predictive Model of Risk Assessment.

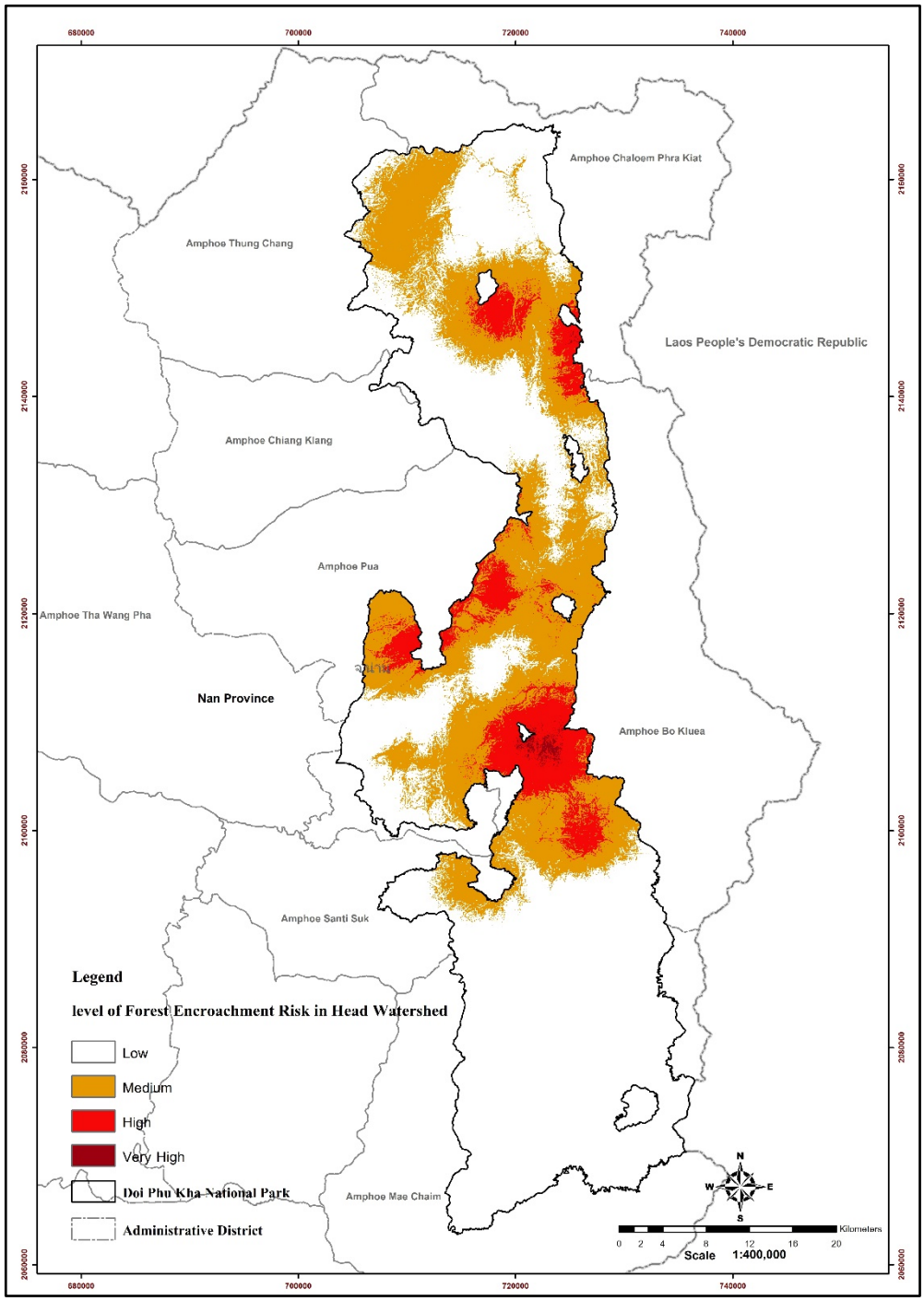



**Figure 3** Map of the Predictive Model of Risk Assessment at Doi Phu Kha National Park.

## สรุป

การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำโดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ได้แก่ ระยะห่างจากที่ดินที่ถือครอง ระยะห่างจากชุมชน ความลาดชัน ทิศด้านลาด ระยะห่างจากเส้นทางคมนาคม ระยะห่างจากหน่วยพิทักษ์อุทยานแห่งชาติ ระดับความสูง และระยะห่างจากแหล่งน้ำ และพบพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าต้นน้ำในระดับสูงและสูงมาก มาก คิดเป็นเนื้อที่รวม 145.97 ตารางกิโลเมตรหรือร้อยละ 8.58 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา โดยกระจายอยู่ในเขตอำเภอบ่อเกลือ อำเภอปัว อำเภอแม่จริม และอำเภอทุ่งช้าง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 85.28, 33.18, 16.04 และ 11.46 ตามลำดับ มีค่าพื้นที่ได้กราฟ AUC (Area Under the Curve) เท่ากับ 0.88 (± 0.045) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แสดงถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองยิ่งมีค่ามากยิ่งมีประสิทธิภาพดี โดยมีค่าระหว่าง 0 - 1 และผลการตรวจสอบความถูกต้องของแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำที่สร้างขึ้นด้วยแบบจำลองโลจิสติก จุดความถูกต้องมีจำนวน 41 จุด คิดเป็นร้อยละ 80.00 ของการตรวจสอบความน่าเชื่อถือ

ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่ที่มีลักษณะทางกายภาพที่คล้ายคลึงกับอุทยานแห่งชาติดอยภูคา อาจเป็นพื้นที่อนุรักษ์ที่อยู่บริเวณเดียวกัน และมีปัญหาการบุกรุกของป่าต้นน้ำ เหล่านี้เป็นต้น โดยสามารถอ้างอิงข้อมูลและผลจากการศึกษาครั้งนี้ การกำหนดพื้นที่เสี่ยงเป็นการคาดการณ์พื้นที่ที่จะเกิดการบุกรุกป่าต้นน้ำจะทำให้ทราบทิศทางและแนวทางการติดตามตรวจสอบเพื่อเฝ้าระวังพื้นที่ป่าต้นน้ำบริเวณที่มีความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกมากยิ่งขึ้น การเพิ่มมาตรการการป้องกันของเจ้าหน้าที่ สร้างความรู้และความเข้าใจเรื่องความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้แก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ภายในและโดยรอบพื้นที่อุทยานแห่งชาติ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเอาปัจจัยแวดล้อมทางกายภาพเพียงบางส่วน หากนำไปศึกษาในพื้นที่อื่นที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไป ควรปรับปรุงข้อมูลใหม่เพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น การบุกรุกของป่าต้นน้ำที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ส่วนใหญ่เกิดจากประชาชนในพื้นที่ใช้พื้นที่ป่าในการทำเกษตรกรรม ไร่เลื่อนลอย ซึ่งเป็นสาเหตุที่ซับซ้อน ยากต่อการคาดการณ์ การศึกษาเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกของป่าต้นน้ำ ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกซึ่งใช้ปัจจัยแวดล้อมเพียงบางส่วนเท่านั้น นอกจากนี้ยังมีอีกหลายปัจจัยที่มีผลทั้งทางตรงและทางอ้อม เช่น การบังคับใช้กฎหมาย จำนวนเจ้าหน้าที่ดูแลพื้นที่ อาชีพของประชาชน เศรษฐกิจของชุมชน เป็นต้น เป็นปัจจัยที่จะต้องนำมาพิจารณาประกอบด้วยต่อไป

## คำนิยม

ผู้วิจัยขอขอบคุณนายฉัตรชัย โยธาวุธ หัวหน้าอุทยานแห่งชาติดอยภูคา นางสาววิภาภรณ์ ใบยา ผู้ช่วยหัวหน้าอุทยานแห่งชาติดอยภูคา และเพื่อนสาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อมที่ได้ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือจนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ไกรรพ พงศ์พิบูลเกียรติ. 2549. **การศึกษาการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ. 2558. **แผนยุทธศาสตร์บริหารจัดการน้ำ**. คณะกรรมการกำหนดนโยบายและการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ.

จรัญธร บุญญานุภาพ. 2541. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยง**

**ต่อการถูกบุกรุกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____และกัญจน์ชญา เม้าสิ้ว. 2557. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สาเหตุ และผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำสาขาสมุนตอนล่าง จังหวัดน่าน. **วารสารวนศาสตร์**. 33 (2), 131-148.

นิรันดร มรกตเขียว. 2551. **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกบริเวณอุทยานแห่งชาติภูผาม่าน จังหวัดขอนแก่น.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรพรรณ เจิดอัศวสิน. 2554. **การวิเคราะห์ความเสี่ยงที่จะเกิดคดีป่าไม้โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ จังหวัดตาก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมนิมิตร พุกงาม, ประสงค์ สงวนธรรม และสุภาภรณ์ ผ่องศาลา. 2560. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่งาวฝั่งขวา จังหวัดลำปาง. **วารสารวนศาสตร์**. 36 (1), 123-128.

ศูนย์สารสนเทศ กรมป่าไม้. 2559. **ข้อมูลสารสนเทศกรมป่าไม้**. แหล่งที่มา http://www.forestinfo.forest.go.th/Default.aspx, 18 พฤศจิกายน 2559.

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา. 2558. **แผนการจัดการเบื้องต้น อุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 – 2562**. สำนักอุทยานแห่งชาติ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์, กรุงเทพฯ.

Hosmer, D.W. and S. Lemeshow. 2000. **Applied Logistic Regression Second Edition**. Amherst Massachusetts. University of Massachusetts, U.S.A.

_____, _____. and R.X. Sturdivant. 2013. **Applied Logistic Regression, Third Edition.** John Wiley and sons, lnc, USA.

Nagelkerke, J.D. 1991. A note on a general definition of the coefficient of determination. **Biometrika**. 78: 691-692.

Witten, Ian H, Eibe F., Mark A. H. and Christopher J. P.. 2011. **Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques .** Third Edition. , Morgan Kaufmann Publishers, Burlington.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# การสะสมปริมาณธาตุอาหารพืชบางชนิดในส่วนต่างๆ ของไม้แสมทะเล บริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ย อันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี

# Accumulation of Some Nutrients in Parts of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. at Municipal Wastewater Receptor Area in The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Petchaburi Province

**เรขา ชนิตรบวร[1,2*]**
**นฤชิต ดำปิน[1]**
**เกษม จันทร์แก้ว[1,2]**

**Rakha Chanitborvorn[1,2*]**
**Narouchit Dampin[1]**
**Kasem Chunkao[1,2]**

[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Department of Environmental Science, Faculty of Environmental, Kasetsart University
[2] โครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอ บ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Petchaburi Province
* Corresponding Author, E-mail: pumrakha@gmail.com

รับต้นฉบับ 29 มิถุนายน 2561 รับลงพิมพ์ 15 สิงหาคม 2561

## ABSTRACT

This research aimed to study the accumulation of some nutrients in parts of Avicenna marina at domestic wastewater receptor area in The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project (LERD). The study was divided into 2 areas included non-wastewater receptor area A and wastewater receptor area B, each area was separated into 3 zones from land to the sea. The study found that the average tree density in area A and B was 739.4 and 631.5 individuals per rai, the average diameter of trees was 5.99 and 7.15 centimeters and the average heights of trees was 5.59 and 6.33 meters. Most of nitrogen and potassium accumulated in leafs, branches, roots and stem, respectively, most of phosphorus accumulated in leafs, stem, branches and roots, respectively, most sulphur accumulated in leafs, roots, branches and stem respectively, and most of carbon accumulated in stem, leafs, branches and roots, respectively. By studying the accumulation of nutrients in trees of 2 areas found that trees at area B have accumulation of carbon higher than trees at area A, stem accumulated highest

amount of carbon; trees at area B have accumulation of nitrogen, phosphorus and potassium higher than trees at area A, leafs accumulated highest amount of nitrogen, phosphorus and potassium; trees at area B have accumulation of sulphur higher than trees at area A, roots accumulated highest amount of sulphur; by comparing zone 1, 2 and 3 found that the most amount of carbon, sulphur, potassium and phosphorus was at zone 3, the most amount of nitrogen was at zone 1, the results show that nutrients accumulation of Avicenna marina at wastewater receptor area higher than the reference site because of higher nutrients availability in wastewater from LERD project.

**Keywords:** nutrients, *Avicenna marina*, wastewater, Mangrove

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสะสมปริมาณธาตุอาหารพืชบางชนิดในส่วนต่างๆ ของไม้แสมทะเล บริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ แบ่งเป็น 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งฯ (A) และพื้นที่รับน้ำทิ้ง (B) แต่ละพื้นที่แบ่งเป็น 3 โซนจากชายฝั่งถึงทะเล พบว่า พื้นที่ A และ B มีความหนาแน่นไม้ใหญ่เฉลี่ย 739.4 และ 631.5 ต้น/ไร่ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 5.99 และ 7.15 เซนติเมตร และมีความสูงเฉลี่ย 5.59 และ 6.63 เมตร การสะสมไนโตรเจน (N) และโพแทสเซียม (K) พบมากที่สุดในใบ กิ่ง ราก และลำต้น ตามลำดับ ฟอสฟอรัส (P) พบมากที่สุดในใบ ลำต้น กิ่ง และราก ตามลำดับ ซัลเฟอร์ (S) พบมากที่สุดในใบ ราก กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ และคาร์บอน (C) พบมากที่สุดในลำต้น ใบ กิ่ง และราก ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ B มีการสะสมคาร์บอน (C) มากกว่าพื้นที่ A โดยพบมากที่สุดในลำต้น สำหรับการสะสมไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) พบว่า พื้นที่ B มีการสะสมมากกว่าพื้นที่ A โดยพบมากที่สุดในใบ ส่วนการสะสมซัลเฟอร์ (S) นั้น พื้นที่ B มีการสะสมมากกว่าพื้นที่ A โดยพบมากที่สุดในราก เมื่อเปรียบเทียบแต่ละโซน พบว่า คาร์บอน (C) ซัลเฟอร์ (S) โพแทสเซียม (K) และฟอสฟอรัส (P) พบมากสุดในโซนที่ 3 สำหรับไนโตรเจน (N) พบมากสุดในโซนที่ 1 จะเห็นได้ว่า ไม้แสมทะเลในพื้นที่ที่รับน้ำทิ้งมีการสะสมธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆ มากกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้รับน้ำทิ้ง เนื่องจากได้รับปริมาณธาตุอาหารที่สูงกว่าจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ

**คำสำคัญ:** ธาตุอาหารพืช แสมทะเล น้ำเสีย ป่าชายเลน

## คำนำ

ปัจจุบันบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลประสบกับปัญหามลพิษทางน้ำทวีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น จากรายงานกรมควบคุมมลพิษ (2559) พบว่า คุณภาพน้ำในอ่าวไทยบริเวณชายฝั่งทะเลระยะทางยาว 2,800 กิโลเมตร เกิดปัญหาคุณภาพน้ำทะเลเสื่อมโทรม เนื่องจากเป็นที่รองรับการระบายของเสียจากแหล่งกำเนิดมลพิษต่างๆ โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนที่ปล่อยลงสู่แหล่งน้ำและชายฝั่งทะเลอย่างต่อเนื่อง จนเกิดปัญหาคุณภาพน้ำทะเลเสื่อมโทรมส่งผลต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาที่จะต้องรีบแก้ไข แนวทางหนึ่งที่จะช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ คือการใช้แนวทางการบำบัดน้ำเสียของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ โดยใช้ระบบแปลงพืชป่าชายเลนบำบัดน้ำเสีย ซึ่งเป็นแนวทางที่ไม่ต้องใช้งบประมาณสูงมากนักและใช้แก้ไขปัญหาได้จริง สำหรับป่าชายเลนบริเวณนี้มีสังคมพืชชนิดไม้แสมทะเลเป็นไม้เด่น และอยู่ในพื้นที่ที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ป่าบริเวณนี้จึงเปรียบเสมือนเป็นพื้นที่กรองหรือบำบัด

น้ำเสียที่สำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารอินทรีย์ต่างๆ ที่ปะปนมาในน้ำเสีย อาทิ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ฯลฯ เป็นธาตุอาหารหลักที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้ จุลินทรีย์ในน้ำและดินจะช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์เหล่านี้ให้กลายเป็นธาตุอาหารที่ต้นไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยตรง โดยต้นไม้จะดูดดึงไปสะสมไว้ในส่วนต่างๆ ได้แก่ ลำต้น ใบ กิ่ง และราก เปรียบเสมือนเป็นการสกัดกั้นและดักจับสารที่เป็นองค์ประกอบต่างๆ ในน้ำทิ้งก่อนปล่อยลงสู่ชายฝั่งทะเล และเป็นวิธีการที่จะช่วยทำให้ค่าความสกปรกในน้ำเสียลดลงได้ โดยเฉพาะไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะมีการเคลื่อนย้ายจากรากไปยังส่วนต่างๆ ของต้น จนกระทั่งถึงส่วนยอด การสะสมของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีบทบาทสำคัญที่จะทำให้ต้นไม้มีการเติบโตทางความสูง จำนวนใบ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบ ตลอดจนมีส่วนทำให้การสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น ส่งผลให้พืชที่ได้รับธาตุอาหารจากน้ำเสียจะมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มสูงขึ้น เมื่อต้นไม้มีการเจริญเติบโตเพิ่มมากขึ้น ป่าชายเลนก็มีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้นตามลำดับ อันจะนำไปสู่ความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศ

ดังนั้น วัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการศึกษาการสะสมปริมาณธาตุอาหารพืชบางชนิดในส่วนต่างๆของไม้แสมทะเล บริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบน้ำเสียชุมชนของโครงการแหลมผักเบี้ยฯ อันจะนำไปสู่องค์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการนำต้นไม้ป่าชายเลนมาใช้ในการกรองธาตุอาหารพืชจากน้ำทิ้งชุมชนต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

### พื้นที่ศึกษา

ศึกษาในบริเวณพื้นที่ป่าชายเลนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี มีพื้นที่ป่าชายเลน 1,135 ไร่ (Figure 1)

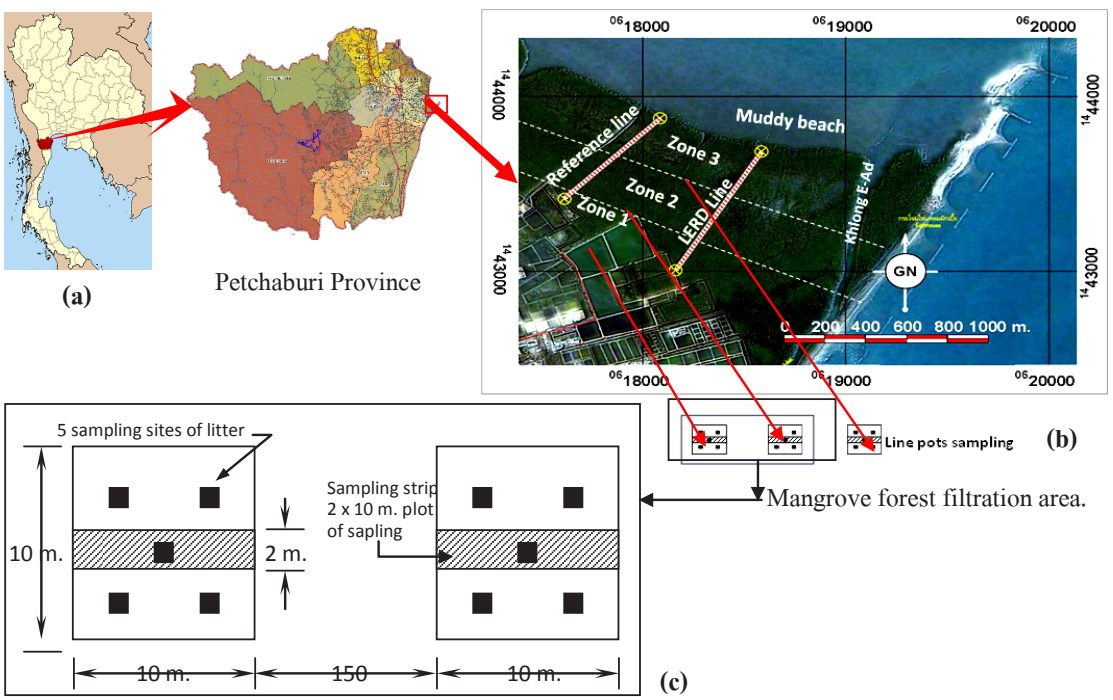



**Figure 1** Study areas and sample plots in mangrove forest at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project (LERD), Petchaburi Province.

**การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง**

ศึกษาโดยการวางแนวสำรวจตั้งฉากกับชายฝั่งทะเลในบริเวณป่าชายเลน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ป่าชายเลนที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ (Reference line) (A) และพื้นที่ป่าชายเลนที่รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ (LERD line) (B) พื้นที่ละ 1 แนวสำรวจ และแต่ละแนวสำรวจกำหนดจุดสำรวจเป็น 3 โซน โดยแบ่งโซนตามระยะเวลาการท่วมของน้ำทะเลในรอบ 30 วัน ได้แก่ โซนที่ 1 มีค่าเฉลี่ยจำนวนวันที่น้ำท่วมถึงน้อยกว่า 18 วัน/เดือน มีระยะทางห่างจากแผ่นดินถึงชายฝั่งทะเล 0-320 เมตร โซนที่ 2 มีจำนวนวันที่น้ำทะเลท่วมถึง 18-25 วัน/เดือน มีระยะทาง 320-620 เมตร และโซนที่ 3 มีจำนวนวันที่น้ำทะเลท่วมถึงมากกว่า 25 วัน/เดือน มีระยะทาง 620-920 เมตร ตามลำดับ (Figure 1. b) เพื่อทำการเก็บตัวอย่างโครงสร้างของสังคมพืชป่าชายเลน คุณภาพน้ำ และคุณสมบัติของดิน ฯลฯ

**การศึกษาโครงสร้างของสังคมพืช**

วางแปลงสำรวจเพื่อศึกษาโครงสร้างสังคมพืชป่าชายเลน โดยการวางแปลงสำรวจ (quadrat) ขนาด 10×10, 2×10 และ 1×1 เมตร (Figure 1. c) เพื่อสำรวจไม้ใหญ่ (tree) (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น 4.5 เซนติเมตรขึ้นไปที่ระดับความสูง 1.30 เมตร) ไม้หนุ่ม (sapling) (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร ที่มีความสูงของไม้มากกว่า 1.30 เมตร) และกล้าไม้ (seedling) (ขนาดความสูงน้อยกว่า 1.30 เมตร) ตามลำดับ ทำการวัดและจดบันทึกชนิดของพันธุ์ไม้ ขนาด ความสูง และจำนวนต้นไม้ทุกขนาดในบริเวณแปลงสำรวจ

**เก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณภาพน้ำ**

เก็บตัวอย่างน้ำในจุดกึ่งกลางของแปลงขนาด 10×10 เมตรที่กำหนดในพื้นที่ A และ B โซนละ 1 ตัวอย่าง ในช่วงเวลาน้ำทะเลขึ้นสูงสุด (high tide) ในจุดเก็บตัวอย่างน้ำ จุดเดียวกันในทุกๆ เดือนนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำตามดัชนีต่างๆ ได้แก่ อุณหภูมิ (temperature), ความเป็นกรดเบส (pH), ออกซิเจนละลายน้ำ (DO), ค่าความสกปรก (BOD), ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN), ไนเตรท (Nitrate), ความเค็ม (Salinity), ค่าการนำไฟฟ้า (EC), ของแข็งแขวนลอย (SS), ค่าความเป็นด่าง (alkalinity), ซัลเฟต (sulphate) และฟอสเฟต (phosphate) ทำการวิเคราะห์อิงวิธีมาตรฐาน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater ของ American Public Health Association (2017) เป็นระยะเวลา 1 ปี และนำมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อศึกษาคุณภาพน้ำตามดัชนีต่างๆ

**การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน**

เก็บตัวอย่างดิน 3 ครั้ง ในเดือนกุมภาพันธ์ เดือนกรกฎาคม และเดือนกันยายน ตามจุดเก็บตัวอย่างเดียวกับการเก็บตัวอย่างน้ำและสังคมพืชที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพดินพืชและปุ๋ย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของดินตามดัชนีต่างๆ ได้แก่ pH, OC, OM, soil texture, available-P, exchangeable-K, CEC, Total N, Total P, Total S, C/N ratio, EC, salinity และ extractable $NH_4^+$-N ทำการวิเคราะห์อิงวิธีมาตรฐาน AOAC (2012)

**การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช**

เก็บตัวอย่างต้นไม้โดยการเลือกตัดต้นไม้ในพื้นที่ A และ B ที่มีขนาดเท่ากับค่าเฉลี่ยของต้นไม้ในโซนนั้นๆ มาโซนละ 1 ต้นในพื้นที่แปลงเก็บตัวอย่างน้ำและดิน เก็บตัวอย่าง 1 ครั้งในเดือนที่ 12 ทำการแยกส่วนต่างๆ ของพืชออก ได้แก่ ราก ลำต้น กิ่ง และใบ นำส่วนต่างๆ ของต้นไม้ไปชั่งน้ำหนักเปียก (wet weight) และน้ำหนักแห้ง (dry weight) และนำส่วนต่างๆของต้นไม้ ส่งวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณภาพดินพืชและปุ๋ย ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์หาธาตุอาหารพืช ได้แก่ Total-N (%) ใช้วิธี Micro Kjeldahl , Total-P (%) ใช้วิธี Vanadomolybdophosphoric

acid yellow method, Total-K (%) ใช้วิธี Leaching ด้วย 1N ammonium acetate ($NH_4OAc$) pH 7.0 แล้ววัดด้วยเครื่อง AA, Total-S (%) วิธีTurbidimetric method และ Total-C (%) ทำการวิเคราะห์โดยอิงวิธีการเดียวกับการวิเคราะห์ตัวอย่างคุณสมบัติของดิน

### การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทำการวิเคราะห์ทางสถิติและการจัดกลุ่มด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ($P<0.05$) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างธาตุอาหารที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืชกับปัจจัยทางสิ่งแวดล้อม ได้แก่ คุณภาพน้ำ และคุณสมบัติของดิน ฯลฯ

## ผลและวิจารณ์

### องค์ประกอบและโครงสร้างสังคมพืชป่าชายเลน

พื้นที่ป่าชายเลนของโครงการฯ ในบริเวณพื้นที่รับน้ำทิ้ง (B) และพื้นที่ไม่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ (A) พบชนิดไม้แสมทะเลเป็นไม้เด่น สอดคล้องกับการศึกษาของผุสดี (2558) ที่พบแสมทะเลเป็นไม้เด่นในพื้นที่ป่าชายเลนของโครงการฯ ทั้งนี้ บริเวณนี้มีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ป่าชายเลนน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ เนื่องจาก บริเวณนี้เป็นพื้นที่ดินเลนงอกใหม่จากการพัดพาทับถมตะกอนจึงทำให้มีสภาพเป็นดินเลนอ่อน จึงทำให้พบชนิดพันธุ์ไม้ที่สามารถขึ้นและตั้งตัวอยู่ได้น้อยชนิด โดยเฉพาะ แสมทะเลเป็นชนิดพันธุ์ไม้ที่สามารถขึ้นและตั้งตัวอยู่ได้ในพื้นที่ดินเลนงอกใหม่นี้ และเป็นพันธุ์ไม้เบิกนำ (pioneer species) สนิท (2541) และเทียมใจ (2536) ขนาดของไม้ใหญ่ในบริเวณพื้นที่ได้รับน้ำทิ้งจากโครงการฯ (B) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงมากกว่าบริเวณพื้นที่ไม่ได้รับน้ำทิ้ง (A) ความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ใหญ่ในบริเวณพื้นที่ B น้อยกว่าบริเวณพื้นที่ A ส่วนไม้หนุ่ม และกล้าไม้ในบริเวณพื้นที่ A มีความหนาแน่นเฉลี่ยน้อยกว่าบริเวณพื้นที่ B (Table 1) เนื่องจาก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยของต้นไม้ผกผันกับความหนาแน่น กล่าวคือ หากความหนาแน่นของต้นไม้มีมาก ขนาดของต้นไม้จะมีขนาดเล็กหรือขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจะมีค่าต่ำ (Kongsangchai, 1988) สอดคล้องกับการศึกษาของอรทัย (2555) ทำการศึกษาในป่าชายเลนตำบลแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี พบว่า ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยในบริเวณพื้นที่รับน้ำทิ้งสูงกว่าพื้นที่ไม่ได้รับน้ำทิ้ง ทั้งนี้ เนื่องจากได้รับธาตุอาหารที่มากกว่าจึงทำให้มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า

**Table 1** Size and density of mangroves trees at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Petchaburi Province.

| Zone | Area A | | | | | Area B | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Density Individual/Rai | | | Diameter (Centimeter) | Height (Meter) | Density (Individual/Rai) | | | Diameter (Centimeter) | Height (Meter) |
| | Tree | Sapling | Seedling | | | Tree | Sapling | Seedling | | |
| 1 | 865.6 | 57.6 | 54.4 | 5.53 | 5.20 | 662.4 | 64 | 64 | 8.03 | 7.16 |
| 2 | 723.2 | 70.4 | 35.2 | 6.22 | 5.23 | 646.4 | 131.2 | 48 | 5.78 | 4.23 |
| 3 | 629.3 | 44.8 | 80 | 6.62 | 6.34 | 585.6 | 48 | 112 | 7.64 | 8.51 |
| เฉลี่ย | 739.4 | 57.6 | 56.5 | 5.99 | 5.59 | 631.5 | 81.1 | 74.7 | 7.15 | 6.63 |

เมื่อพิจารณาทั้ง 3 โซน พบว่า บริเวณพื้นที่ B มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงเฉลี่ยของไม้ใหญ่ในบริเวณโซน 1 มีค่ามากกว่าโซน 3 และ 2 ตามลำดับ ความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในโซนที่ 1 มากที่สุด

รองลงมาเป็นโซนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 662.4, 646.4 และ 585.6 ต้น/ไร่ ซึ่งมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ วาทินี และคณะ (2558) ที่ศึกษาการเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวในสวนป่าท่ากุ่มโนโบรุ อุเมดะ จังหวัดตราด โดยได้ทำการศึกษาใน 2 พื้นที่ คือ พื้นที่ที่มีน้ำท่วมขัง 7-9 เดือน ในรอบปี และพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังตลอดทั้งปี ซึ่งพบว่า ไม้เสม็ดขาวมีความหนาแน่นเฉลี่ยเท่ากับ 90.67 และ 150.33 ต้น/ไร่ การที่พื้นที่ป่าชายเลนของโครงการฯ มีความหนาแน่นมาก ทั้งนี้ส่วนหนึ่งอาจเป็นเพราะพื้นที่โครงการฯ ตั้งอยู่ในบริเวณที่ที่ได้รับธาตุอาหารจากน้ำทิ้ง จึงทำให้ต้นไม้มีการเจริญเติบโตได้ดี ดังนั้นควรจะมีการศึกษาต่อเนื่องจากการวิจัยครั้งนี้เกี่ยวกับมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ เพราะการเจริญเติบโตของต้นไม้ป่าชายเลนในบริเวณโครงการฯ มีเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งต้นไม้ป่าชายเลนจะทำหน้าที่ดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยผลผลิตที่ได้จะสะสมในรูปของมวลชีวภาพ (สุวจี และคณะ, 2560) จะเห็นได้ว่า ความสมบูรณ์ของป่าชายเลนจึงมีส่วนสำคัญต่อระบบนิเวศสิ่งแวดล้อมอย่างยิ่ง ทั้งนี้ป่าชายเลนนอกจากจะสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้แล้วนั้น ความสมบูรณ์ของป่าชายเลนยังถือเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สำคัญในการแก้ไขปัญหาภาวะโลกร้อนได้อีกทางหนึ่ง เนื่องจากป่าชายเลนเป็นระบบนิเวศที่มีมวลชีวภาพสูง (วิจารณ์, 2553) ส่วนสำหรับบริเวณพื้นที่ A นั้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงเฉลี่ยของไม้ใหญ่ในบริเวณโซน 3 มีค่ามากกว่าโซน 2 และ 1 ตามลำดับ และในบริเวณทั้ง 2 พื้นที่ มีความหนาแน่นเฉลี่ยของไม้ใหญ่ในโซนที่ 1 มากที่สุด รองลงมาเป็นโซนที่ 2 และ 3 ตามลำดับ ไม้หนุ่มมีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดในโซนที่ 2 รองลงมา โซนที่ 1 และ 3 ตามลำดับ และกล้าไม้มีความหนาแน่นเฉลี่ยมากที่สุดในโซนที่ 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ (Table 1)

**คุณภาพน้ำในป่าชายเลน**

บริเวณป่าชายเลนได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนโครงการฯ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง แต่มีปริมาณของธาตุอาหารพืชค่อนข้างสูง ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ไนเตรท (nitrate) และฟอสเฟต (phosphate) ฯลฯ ลงสู่ป่าชายเลนด้านหน้าโครงการฯ ตลอดเวลา คุณภาพน้ำในบริเวณป่าชายเลนพบว่า อุณหภูมิของน้ำ (Temperature) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และความเป็นด่าง (alkalinity) มีความใกล้เคียงกันทั้ง 2 พื้นที่ และทั้ง 3 โซน ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ (DO) ในทั้ง 2 พื้นที่มีความใกล้เคียงกัน แต่มีค่าเพิ่มมากขึ้นตั้งแต่โซนที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ในพื้นที่ B มีค่าสูงกว่าพื้นที่ A แต่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่ป่าทั้ง 3 โซน ปริมาณไนเตรท (Nitrate) ทั้งสองพื้นที่ใกล้เคียงกัน แต่ในโซนมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่โซนที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ปริมาณฟอสเฟต (Phosphate) ในพื้นที่ B มากกว่าพื้นที่ A และมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่โซนที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ซัสเฟต (Sulphate) และความเค็ม (salinity) ทั้ง 2 พื้นที่มีความใกล้เคียงกัน ยกเว้นพื้นที่ B ในโซนที่ 1 มีค่าน้อยที่สุด (Table 2) เนื่องจากได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสีย จะเห็นได้ว่าในพื้นที่ป่าชายเลนพื้นที่ B มีปริมาณธาตุอาหารสูงกว่าพื้นที่ A ทั้งนี้เนื่องจากได้รับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีปริมาณธาตุอาหารค่อนข้างมาก ขณะเดียวกันเมื่อเปรียบเทียบกันตามโซนของป่าพบว่าธาตุอาหารจะค่อยๆ ลดปริมาณลง โดยพบว่า ในโซนที่ 2 น้อยกว่าโซนที่ 1 เพียงเล็กน้อย แต่มากกว่าในโซนที่ 3 ทั้งนี้ เนื่องจากการมีการดูดซับโดยพืชและดินตะกอน การเจือจางของน้ำทะเลในช่วงเวลาน้ำทะเลขึ้น เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับอรทัย (2555) พบว่า ธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะ N และ P ที่พบในดินนั้นสอดคล้องกับปริมาณ N และ P ที่พบในน้ำ โดยการสะสม N และ P ในดินพบมากสุดในโซนที่ 1 รองลงมา คือ 2 และ 3 ตามลำดับ

ซึ่งโดยส่วนใหญ่พบในดินชั้นบนช่วงระดับความลึก 0-20 และ 20-40 เซนติเมตร และจากงานวิจัยนี้ยังพบว่า คุณภาพน้ำมีค่าลดลงในพื้นที่ B แสดงให้เห็นว่า ต้นแสมทะเลที่รองรับน้ำทิ้งสามารถบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ ซึ่งสอดคล้องกับปิยวรรณ (2543) ที่ทำการศึกษากล้าไม้แสมทะเลในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน พบว่า กล้าไม้แสมทะเล สามารถบำบัดไนโตรเจนทั้งหมดได้ถึง 64.44-70.08% บำบัดไนเตรทได้ 55.61-69.20% และบำบัดออร์โธฟอสเฟตได้ 48.57 – 60.49%

**Table 2** Water quality in mangroves forest at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Petchaburi Province.

| Water Quality Index | Wastewater | Area B | | | Area A | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 | Zone 1 | Zone 2 | Zone 3 |
| Temp (°C) | 30.4± 1.01 | 27.45±2.46 | 27.38±2.46 | 27.34±2.71 | 27.01±2.41 | 27.33±2.38 | 27.48±2.50 |
| pH | 9± 0.37 | 7.89±0.40 | 7.65±0.33 | 7.84±0.32 | 7.68±0.26 | 7.82±0.29 | 7.86±0.29 |
| DO (mg/l) | 7.9± 2.32 | 3.47±1.66 | 3.87±2.03 | 6.11±1.42 | 5.02±1.14 | 6.00±1.74 | 6.40±0.97 |
| BOD (mg/l) | 18.3± 5.78 | 4.72±2.70 | 3.51±1.11 | 2.62±1.64 | 2.90±2.05 | 3.08±1.59 | 2.38±1.64 |
| TKN (mg/l) | 2.10± 2.30 | 9.13±9.23 | 7.72±5.64 | 9.15±7.69 | 6.77±7.23 | 7.50±7.59 | 7.69±9.20 |
| Nitrate (mg/l) | 1.19± 0.45 | 0.05±0.06 | 0.03±0.03 | 0.02±0.01 | 0.21±0.58 | 0.16±0.51 | 0.02±0.03 |
| Phosphate (mg/l) | 0.11± 0.13 | 0.08±0.11 | 0.05±0.08 | 0.02±0.03 | 0.07±0.07 | 0.05±0.06 | 0.01±0.01 |
| Sulphate (mg/l) | 23.8±5.25 | 1685.43 ±881.58 | 2318..53 ±623.75 | 2298.34 ±352.52 | 2273.43 ±735.59 | 2566.90 ±993.41 | 2308.46 ±337.59 |
| Salinity (ppt) | 0.11±0.03 | 21.11±11.80 | 32.55±8.20 | 31.66±3.65 | 32.19±7.92 | 35.66±10.70 | 32.08±3.39 |
| EC (µS/cm) | 706.36±63.47 | 31350±17.26 | 49270±11.96 | 45430±10.35 | 48790±11.51 | 53820±14.56 | 48760±4.84 |
| Alkalinity(mg/l) | 196.33±31.31 | 157.58±34.93 | 151.83±60.62 | 123.25±31.55 | 148.64±31.94 | 248.42±340.25 | 113.5±12.70 |

## คุณสมบัติของดินในป่าชายเลน

คุณสมบัติของดินในป่าชายเลนบริเวณโครงการฯ พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH), อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon: OC), อินทรียวัตถุ (Organic Matter : OM), ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P), อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N-ratio) และซัลเฟอร์ทั้งหมด (Total S) ทั้ง 2 พื้นที่ใกล้เคียงกัน Sand (%), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K), แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca), แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Mg), ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity: CEC), ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N), สภาพการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity : EC) และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable-Na) ในพื้นที่ B มีค่ามากกว่าพื้นที่ A และ Silt (%), Clay (%), ฟอสฟอรัสที่ใช้ประโยชน์ได้ (available-P) และแอมโมเนียมไนโตรเจน (Extractable-$NH_4^+$-N) ในพื้นที่ A มากกว่าพื้นที่ B (Table 3)

**Table 3** Soil property in mangroves forest at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Petchaburi Province (3 months average).

| Soil Quality Index | Area A | | | Average | Area B | | | Average |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Zone **1** | Zone **2** | Zone **3** | | Zone **1** | Zone **2** | Zone **3** | |
| pH | 6.63±0.80 | 7.47± 0.38 | 7.83± 0.29 | 7.31± 0.71 | $6.63^{a}$± 0.51 | 6.73$^{a}$± 0.74 | 8.03$^{b}$± 0.15 | 7.13± 0.82 |
| OC (%) | 3.52$^{c}$±0.27 | 2.92$^{b}$±0.03 | 1.10$^{a}$±0.04 | 2.51$^{a}$±1.10 | 5.68$^{c}$±0.17 | 3.78$^{b}$±0.78 | 0.78$^{a}$±0.32 | 3.41$^{b}$±2.18 |
| OM (%) | 6.07$^{c}$±0.46 | 5.04$^{b}$±0.06 | 1.89$^{a}$±0.08 | 4.33$^{a}$±1.90 | 9.79$^{c}$±0.30 | 6.51$^{b}$±1.35 | 1.35$^{a}$±0.55 | 5.89$^{b}$±3.76 |
| Sand (%) | 29.67$^{b}$ ± 3.21 | 27.67$^{b}$± 1.53 | 21.67$^{a}$± 1.53 | 26.33$^{a}$± 4.09 | 43.00$^{b}$ ± 2.65 | 29.00$^{a}$± 4.36 | 31.00$^{a}$ ±1.00 | 34.33$^{b}$ ± 7.05 |
| Silt (%) | 31.67$^{a}$± 3.51 | 39.67$^{b}$± 1.53 | 65.00$^{c}$± 1.00 | 45.44$^{b}$± 15.20 | 25.00$^{a}$± 1.73 | 37.00$^{b}$± 1.73 | 60.33$^{c}$± 3.51 | 40.78$^{a}$± 15.71 |
| Clay (%) | 38.67$^{c}$± 2.52 | 32.67$^{b}$±1.53 | 13.33$^{a}$±0.58 | 28.22$^{b}$±11.56 | 32.00$^{b}$±1.00 | 34.00$^{b}$±2.65 | 8.67$^{a}$±2.52 | 24.89$^{a}$±12.34 |
| available P (mg/kg$^{-1}$) | 135.00±17.35 | 116.33±19.30 | 144.33±4.04 | 131.89$^{b}$±18.02 | 105.33$^{b}$±8.08 | 123.00$^{b}$±11.79 | 59.00$^{a}$±29.72 | 95.78$^{a}$±33.03 |
| Exchangeable K (mg/kg$^{-1}$) | 1488.67$^{b}$±363.26 | 1526.67$^{b}$±247.30 | 551.67$^{a}$±78.52 | 1189.00±527.80 | 1777.67$^{b}$±367.57 | 2028.00$^{b}$±828.00 | 450.67$^{a}$±91.09 | 1418.78±863.83 |
| Exchangeable Ca (mg/kg$^{-1}$) | 3393.00$^{a}$±129.28 | 5132.00$^{b}$±459.26 | 4776.00$^{b}$±806.12 | 4433.67±923.21 | 3472.00$^{a}$±161.40 | 4983.67$^{b}$±1165.63 | 6134.00$^{b}$±759.36 | 4863.22±1351.73 |
| Exchangeable Mg (mg/kg$^{-1}$) | 3476.33$^{b}$±564.38 | 3323.33$^{b}$±241.92 | 1379.00$^{a}$±89.11 | 2726.22±1059.05 | 4306.33$^{b}$±352.07 | 4122.00$^{b}$±1188.20 | 1225.33$^{a}$±288.68 | 3217.89±1626.17 |
| CEC (cmol/kg$^{-1}$) | 35.00$^{c}$±3.03 | 29.33$^{b}$±2.02 | 9.27$^{a}$±0.42 | 24.53±11.85 | 42.07$^{c}$±4.23 | 32.20$^{b}$±2.09 | 6.53$^{a}$±0.99 | 26.93±16.07 |
| Total N (%) | 0.25$^{b}$±0.01 | 0.20$^{b}$±0.02 | 0.10$^{a}$±0.04 | 0.18$^{a}$±0.07 | 0.39$^{c}$±0.05 | 0.23$^{b}$±0.01 | 0.11$^{a}$±0.03 | 0.24$^{b}$±0.12 |
| Total P (%) | 0.05$^{b}$±0.01 | 0.05$^{b}$±0.01 | 0.03$^{a}$±0.01 | 0.04±0.01 | 0.05$^{b}$±0.01 | 0.04$^{ab}$±0.01 | 0.02$^{a}$±0.01 | 0.04±0.02 |
| Total S (%) | 0.46±0.34 | 0.48±0.17 | 0.27±0.06 | 0.40±0.22 | 0.54$^{b}$±0.14 | 0.82$^{b}$±0.17 | 0.25$^{a}$±0.12 | 0.54±0.28 |
| C/N ratio | 14.28±0.64 | 14.70±1.51 | 12.45±5.82 | 13.81±3.20 | 14.66±1.62 | 16.42±3.36 | 7.88±5.14 | 12.99±5.03 |
| EC (dsm$^{-1}$) | 20.95$^{b}$±2.80 | 21.75$^{b}$±3.99 | 8.45$^{a}$±0.34 | 17.05±6.90 | 27.62$^{b}$±3.98 | 25.47$^{b}$±6.80 | 7.62$^{a}$±1.87 | 20.24±10.33 |
| Salinity (ppt.) | 13.30$^{b}$±1.86 | 13.80$^{b}$±0.60 | 5.44$^{a}$±0.28 | 10.85±4.36 | 17.55$^{b}$±2.40 | 16.11$^{b}$±4.28 | 4.92$^{a}$±1.21 | 12.86±6.50 |
| Extractable $NH_4^+$-N (mg N kg$^{-1}$ ) | 39.20±2.80 | 33.60±29.63 | 29.87±18.64 | 34.22±18.03 | 43.87$^{b}$±13.81 | 26.13$^{ab}$±9.00 | 8.40$^{a}$±7.41 | 26.13±17.82 |

เมื่อเปรียบเทียบตามโซนพบว่าคุณสมบัติของดิน ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ Silt (%) มีปริมาณมากขึ้นตั้งแต่โซนที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ OC, OM, Sand (%), Clay (%), CEC, Total N, Total P และ extractable-$NH_4^+$-N มีปริมาณน้อยลงตั้งแต่โซนที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ available-P และ C/N-ratio มีปริมาณมากที่สุดในโซนที่ 2 รองลงมาในโซนที่ 1 และ 3 ตามลำดับ (Table 3) ซึ่งปริมาณ Clay (%) ที่เพิ่มขึ้นตามโซนนั้น จะมีทิศทางเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันกับ OM สอดคล้องกับ ปิยวรรณ (2543) ที่พบว่า สมบัติของดินในชุดทดลองกล้าไม้แสมทะเลบำบัดน้ำเสียชุมชน มีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงที่สุดในดินเลน และสอดคล้องกับ วาณิชยา (2554) ศึกษาลักษณะของดินในป่าชายเลนบริเวณปากแม่น้ำตราด พบว่ามีลักษณะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) เกิดจากการทับถมของตะกอนดินที่ไหลมาตามแม่น้ำ และได้รับอิทธิพลจากกระแสคลื่นที่พัดพาตะกอนทรายใต้ท้องทะเลขึ้นมาในช่วงที่น้ำทะเลขึ้น จึงทำให้มีอนุภาคทรายผสมอยู่ด้วย เนื้อดินมีการเปลี่ยนแปลงตามระยะห่างจากริมฝั่งทะเล โดยค่าเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคทราย (sand) น้อยกว่าบริเวณที่อยู่ห่างจากทะเลลึกเข้าไปในฝั่ง โดยค่าเปอร์เซ็นต์ของทรายแป้ง (silt) และเปอร์เซ็นต์ของดินเหนียว (clay) จะตรงข้ามกับค่าเปอร์เซ็นต์ของทราย ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) ปริมาณโพแทสเซียม (K) ปริมาณแคลเซียม (Ca) และค่า EC มีค่าสูงบริเวณริมฝั่งทะเล และมีค่าลดลงเรื่อยๆ เมื่อเข้าสู่ฝั่ง

## การสะสมธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆ ของไม้แสมทะเล

การสะสมธาตุอาหารพืชในส่วนต่างๆ ของไม้แสมทะเล พบว่า การสะสมไนโตรเจน (N) มีการสะสมมากที่สุดในใบ รองลงมา คือ กิ่ง ราก และลำต้น ตามลำดับ และมีการสะสมมากที่สุดในโซนที่ 1 รองลงมาเป็นโซนที่ 3 และ 2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ B มีการสะสม N ใน ใบ กิ่ง ราก และลำต้น มากกว่า พื้นที่ A ในทุกโซน เนื่องจากพื้นที่ B เป็นพื้นที่ได้รับธาตุอาหาร N มาจากน้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสียของโครงการฯ (Table 4) สอดคล้องกับกนกพร (2549) ที่ทำการทดลองปลูกกล้าไม้แสมทะเลในชุดทดลองบำบัดน้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า ชุดทดลองที่ปลูกกล้าไม้แสมทะเลมีประสิทธิภาพการบำบัด TN และ TP สูงกว่าชุดทดลองกล้าไม้ชนิดอื่น สำหรับกล้าไม้พบว่า เมื่อสิ้นสุดการทดลอง กล้าไม้ทุกชนิดมีปริมาณ TN และ TP ในใบสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดินมีการสะสมอินทรียวัตถุและธาตุอาหาร (TN, $NH_4^+$, TP และ Ortho-$PO_4$) สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งธาตุอาหารพืชไนโตรเจน (N) ที่สะสมในส่วนต่างๆ ของพืช มีบทบาทสำคัญที่จะกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโตและมีความแข็งแรง เพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืช และช่วยให้พืชมีสีเขียวเร่งการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น

การสะสมฟอสฟอรัส (P) มีการสะสมมากที่สุดในใบ รองลงมา คือ ลำต้น กิ่ง และรากตามลำดับ และมีการสะสมมากที่สุดในโซน 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ B มีการสะสม P ในใบและลำต้น มากกว่า A ในทุกโซน รวมทั้งพื้นที่ B ยังมีการสะสม P ในราก มากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 1 และ 3 แต่มีค่าเท่ากันในโซนที่ 2 และพื้นที่ B มีการสะสม P ในกิ่ง มากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 3 (Table 4) สอดคล้องปิยวรรณ (2543) พบว่า การศึกษาสมบัติของดินในพื้นที่รับน้ำเสียในชุดทดลองดินทั้งหมด จะมีปริมาณฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และยังสอดคล้องกับ Hastuti *et al.* (2012) ศึกษาผลของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีต่อพลวัตการเติบโตของแสมทะเล พบว่า ปริมาณอินทรีย์ในดิน ฟอสฟอรัสช่วยกระตุ้นการเติบโตของใบและกิ่ง มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะกับการเติบโต (Table 4) สำหรับธาตุอาหารพืชฟอสฟอรัส (P) ที่สะสมในส่วนต่างๆของพืช มีบทบาทสำคัญช่วยเร่งการสุกแก่ของพืชให้เร็วขึ้น เร่งการออกดอก ออกผล และสร้างเมล็ดพืช เพิ่มความทานต่อโรคพืช และส่งเสริมการเจริญเติบโตของรากพืช

**Table 4** Accumulation of nutrients amount in parts of tree in mangroves trees at The King's Royally Initiated Laem Phak Bia Environmental Research and Development Project, Petchaburi Province.

| Zone | Parts of tree | Nutrients | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Nitrogen (N) | | Phosphorus (P) | | Potassium (K) | | Sulphur (S) | | Carbon (C) | |
| | | Area **A** | Area **B** | Area **A** | Area **B** | Area **A** | Area **B** | Area **A** | Area **B** | Area **A** | Area **B** |
| Zone 1 | Stem | 0.39 ± 0.06 | 0.49 ± 0.15 | 0.05[a] ± 0.01 | 0.08[b] ± 0.01 | 0.74 ± 0.19 | 0.53 ± 0.16 | 0.03 ± 0.01 | 0.04 ± 0.01 | 44.60 ±0.24 | 45.20 ±0.35 |
| | Branches | 0.78[a] ±0.01 | 1.04[b] ± 0.05 | 0.08 ± 0.01 | 0.08 ± 0.01 | 1.43 [b] ± 0.14 | 1.05 [a] ± 0.07 | 0.10 ± 0.01 | 0.11 ± 0.00 | 43.66 ±0.23 | 43.42 ±0.36 |
| | Leafs | 1.65[a] ±0.02 | 2.19[b] ± 0.60 | 0.10[a] ± 0.00 | 0.16[b] ± 0.02 | 1.26[b] ± 0.05 | 1.31[a] ± 0.20 | 0.59 ± 0.01 | 0.48 ± 0.16 | 43.96 [b] ±0.41 | 40.32 [a]±1.36 |
| | Roots | 0.62 ± 0.11 | 0.70 ± 0.44 | 0.04 ± 0.00 | 0.07 ± 0.01 | 0.88 ± 0.66 | 0.80 ± 0.46 | 0.21[a] ± 0.04 | 0.41[b] ± 0.05 | 43.49 ±1.00 | 44.36 ±0.29 |
| Zone 2 | Stem | 0.40 ± 0.07 | 0.48 ± 0.08 | 0.05 ± 0.01 | 0.06 ± 0.01 | 0.61 ± 0.12 | 0.58 ± 0.03 | 0.11 ± 0.10 | 0.06 ± 0.01 | 43.06 ±1.49 | 45.24 ±0.48 |
| | Branches | 0.59 ± 0.06 | 1.19 ± 0.47 | 0.09 ± 0.04 | 0.07 ± 0.01 | 1.03 ± 0.15 | 1.11 ± 0.08 | 0.09 ± 0.01 | 0.13 ± 0.04 | 45.43 ±3.38 | 43.01 ±0.00 |
| | Leafs | 1.67 ± 0.01 | 1.98 ± 0.11 | 0.11 ± 0.00 | 0.16 ± 0.05 | 1.01 ± 0.16 | 1.08 ± 0.13 | 0.41 ± 0.10 | 0.50 ± 0.12 | 40.03[a] ±0.05 | 42.71[b] ±0.17 |
| | Roots | 0.52 ± 0.13 | 0.68 ± 0.11 | 0.05 ± 0.01 | 0.05 ± 0.01 | 0.74 ± 0.07 | 0.98 ± 0.18 | 0.33 ± 0.17 | 0.77 ± 0.46 | 44.29 ±0.73 | 39.88 ±0.03 |
| Zone 3 | Stem | 0.34 [a] ±0.02 | 0.46 [b] ± 0.06 | 0.06 [a] ± 0.01 | 0.12 [b] ± 0.01 | 0.53 ± 0.15 | 0.55 ± 0.09 | 0.06 ± NA | 0.06 ± 0.03 | 45.77 ±0.14 | 45.76 ±0.83 |
| | Branches | 0.52± 0.02 | 0.69 ± 0.41 | 0.09 ± 0.01 | 0.11 ± 0.03 | 1.31 ± 0.15 | 1.13 ± 0.59 | 0.11 ± 0.26 | 0.14 ± 0.10 | 43.24 ±0.29 | 42.92 ±0.10 |
| | Leafs | 1.44 [a] ±0.06 | 2.11 [b] ± 0.33 | 0.11 [a] ± 0.01 | 0.22 [b] ± 0.04 | 1.62 ± 0.22 | 2.05 ± 0.37 | 0.91 [b] ± 0.100.40 [a] ± 0.23 | | 43.18[b] ±0.42 | 38.10[a] ±1.46 |
| | Roots | 0.55 ± 0.11 | 0.66 ± 0.20 | 0.06 ± 0.00 | 0.07 ± 0.01 | 1.11 ± 0.22 | 0.75 ± 0.46 | 0.19 ± 0.05 | 0.36 ± 0.17 | 43.60 ±2.09 | 38.18 ±2.88 |

สอดคล้องกับ Naidoo (2008) ได้ทำการทดลองผลของไนโตรเจน และฟอสฟอรัส ต่อการเจริญเติบโตและการตอบสนองของสรีรวิทยาของแสมทะเล ในประเทศแอฟริกาใต้ พบว่า ชุดทดลองที่มีไนโตรเจนและชุดทดลองที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จะทำให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสย้ายไปส่วนบนของต้นจาก 38% เป็น 55% และยังพบว่า ความสูง จำนวนใบ ความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ในใบ และการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น มากกว่า 50%, 33%, 30% และ 30% และในชุดทดลองนี้ยังมีปริมาณไนโตรเจนเพิ่มในรากมากกว่า 60% และในส่วนบนของต้นมากกว่า 100%

การสะสมโพแทสเซียม (K) มีการสะสมมากที่สุดในใบ กิ่ง ราก และลำต้น ตามลำดับ และมีการสะสมมากที่สุดในโซนที่ 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ B มีการสะสม K ในใบมากกว่าพื้นที่ A ทุกโซน การที่พบ K ในใบมาก ส่วนหนึ่งมาจาก K มีหน้าที่รักษาความเต่งของเซลล์ โดยธาตุ K ในเซลล์คุมของปากใบ (guard cell) ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับการเปิดปิดของปากใบ (stomatal opening) (ลิลลี่ และคณะ, 2552) พื้นที่ B มีการสะสม K ในกิ่งมากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 2 และพื้นที่ B มีการสะสม K ในรากมากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 2 และพื้นที่ B มีการสะสม K ในลำต้นมากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 3 (Table 4) สอดคล้องกับอรทัย (2555) พบว่า พื้นที่โครงการโซนที่ 3 มีการสะสม K มากที่สุดในดินลึก 20-40 เซนติเมตร ซึ่ง K มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีในพืช ได้แก่ การสังเคราะห์แสง การหายใจและการปิดเปิดปากใบของพืช การสร้างโปรตีนและน้ำมันในพืช มีบทบาทในการ catalysis ของเอนไซม์ต่างๆ รวมทั้งธาตุโพแทสเซียมมีความสำคัญในการสร้างและการเคลื่อนย้ายอาหารพวกแป้งและน้ำตาลไปเลี้ยงส่วนที่กำลังเติบโต และส่งไปเก็บไว้เป็นเสบียงที่หัวหรือที่ลำต้น ช่วยให้ผลเติบโตเร็ว และช่วยให้พืชแข็งแรงต้านทานต่อโรคและแมลง นอกจากนี้อนุมูลโพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่ 90% จะดูดยึดที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว ดังนั้น ดินเหนียวจึงมีปริมาณของธาตุนี้สูงกว่าดินพวกเนื้อหยาบ ถึงแม้โพแทสเซียมไอออนจะดูดยึดอยู่ที่อนุภาคดินเหนียว รากพืชก็สามารถดูดดึงธาตุนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายๆ พอกันกับเมื่อมันละลายอยู่ในน้ำในดิน (ลิลลี่ และคณะ, 2552)

การสะสมซัลเฟอร์ (S) มีการสะสมมากที่สุดในใบ รองลงมาเป็นในราก กิ่ง และลำต้น ตามลำดับ และมีการสะสม S มากที่สุดในโซนที่ 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ B มีการสะสม S ในใบ มากกว่าพื้นที่ A โซนที่ 2 ส่วนการสะสม S ในลำต้นมากกว่าในโซนที่ 1 และเท่ากันในโซนที่ 3 (Table 4) ซึ่งซัลเฟอร์จัดเป็นองค์ประกอบของการเคลื่อนย้ายอิเล็กตรอนในกระบวนการสังเคราะห์แสงและการตรึงไนโตรเจน (iron-sulfur protein) ช่วยสร้างสี กลิ่น และน้ำมันพืช สร้างกรดอะมิโน โปรตีน ช่วยในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (ลิลลี่ และคณะ, 2552) ซึ่งกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชโดยส่วนมากจะเกิดขึ้นในส่วนของใบ ส่วนหนึ่งจึงทำให้พบการสะสมซัลเฟอร์ (S) มากสุดในใบ

การสะสมคาร์บอน (C) มีการสะสมมากที่สุดในลำต้น ส่วนหนึ่งมาจากคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างเซลล์ เช่น ผนังเซลล์ (C) และเซลลูโลส (C, H และ O) (ลิลลี่ และคณะ, 2552) รองลงมาเป็นใบ กิ่ง และราก ตามลำดับ และมีการสะสมมากที่สุดในโซนที่ 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 2 และ 1 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่าพื้นที่ B การสะสมคาร์บอน (C) มากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ เนื่องมาจากพื้นที่ B ได้รับธาตุอาหารที่มาจากน้ำทิ้งของโครงการฯ ส่วนพื้นที่ B มีการสะสมคาร์บอน (C) ในใบมากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 2 และพื้นที่ B มีการสะสมคาร์บอน (C) ในราก มากกว่าพื้นที่ A ในโซนที่ 1 (Table 4) สำหรับในโซนที่ 3 พื้นที่ A มีการสะสมคาร์บอน (C) ในใบและราก มากกว่าพื้นที่ B เนื่องจากบริเวณพื้นที่ A ในโซนที่ 3 นั้นมีลักษณะพื้นที่ที่เป็นแอ่งกะทะ ทำให้เมื่อเวลาที่มีคลื่นทะเลซัดเข้าฝั่ง กระแสน้ำก็จะมีการพัดพานำเอาตะกอนต่างๆ มาสะสมในบริเวณพื้นที่นี้ค่อนข้างสูง และจากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินใน

บริเวณนี้พบว่า มีค่าอินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon: OC), อินทรียวัตถุ (Organic Matter: OM) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ในดินสูงกว่าพื้นที่ B ในโซนที่ 3 นอกจากนี้บริเวณพื้นที่ A โซนที่ 3 ยังเป็นพื้นที่ป่าชายเลนธรรมชาติ ที่มีต้นไม้ป่าชายเลนอายุมากกว่าพื้นที่ B ซึ่งเป็นป่าปลูก โดยจากการสำรวจในครั้งนี้พบว่า ไม้แสมทะเล ในบริเวณพื้นที่ A นั้นมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและความสูงเฉลี่ยของไม้ใหญ่ในบริเวณโซน 3 มีค่ามากกว่าโซน 2 และ 1 ตามลำดับ แสดงให้เห็นได้ว่า บริเวณพื้นที่ตรงจุดนี้ ไม้แสมทะเลมีการเจริญเติบโตที่ดี โดยมีจำนวนใบ และจำนวนรากมากกว่าพื้นที่ B ในโซนที่ 3 ดังนั้นจึงทำให้บริเวณพื้นที่ A มีการสะสมคาร์บอน (C) ในใบและราก มากกว่าพื้นที่ B ในโซนที่ 3

## สรุป

การสะสมปริมาณธาตุอาหารพืชบางชนิดในส่วนต่างๆ ของไม้แสมทะเล บริเวณพื้นที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ตำบลแหลมผักเบี้ย อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี เมื่อเปรียบเทียบระหว่าง 2 พื้นที่ พบว่าพื้นที่ B มีการสะสมคาร์บอน (C) มากกว่าพื้นที่ A โดยพบมีการสะสมมากที่สุดในลำต้น การสะสมไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) พบว่า พื้นที่ B มีการสะสมมากกว่าพื้นที่ A โดยพบมีการสะสมมากที่สุดในใบ ส่วนการสะสมซัลเฟอร์ (S) นั้นพบว่า พื้นที่ B มีการสะสมมากกว่าพื้นที่ A โดยพบมีการสะสมมากที่สุดในราก โดยเมื่อเปรียบเทียบในแต่ละโซนนั้น พบว่าคาร์บอน (C) และซัลเฟอร์ (S) พบมากสุดในโซนที่ 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 2 และ 1 ตามลำดับ ส่วนโพแทสเซียม (K) และฟอสฟอรัส (P) พบมากสุดในโซนที่ 3 รองลงมาเป็นโซนที่ 1 และ 2 ตามลำดับ สำหรับไนโตรเจน (N) พบมากสุดในโซนที่ 1 รองลงมาเป็นโซนที่ 3 และ 2 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ไม้แสมทะเลในพื้นที่โครงการแหลมผักเบี้ยฯ ที่ได้รับน้ำทิ้งในระบบบำบัดน้ำเสีย มีการสะสมธาตุอาหารพืชไว้ในส่วนต่างๆ สูงกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้รับน้ำทิ้ง จึงทำให้การเจริญเติบโตของต้นไม้ป่าชายเลนในบริเวณโครงการแหลมผักเบี้ยฯ มีเพิ่มสูงขึ้น

จากการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ คือ 1) ควรทำการศึกษาพันธุ์ไม้ชนิดอื่นในการบำบัดน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ ได้แก่ โกงกางใบใหญ่และโกงกางใบเล็ก เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการกรองหรือการบำบัดน้ำเสียชุมชน อันจะนำไปสู่การนำระบบแปลงพืชป่าชายเลนของโครงการฯ ไปปรับประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนต่อไป 2) ควรมีการทดลองปล่อยน้ำเสียชุมชนที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกันลงสู่พื้นที่ป่าชายเลนโดยตรง โดยไม่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ เพื่อทำให้ทราบถึงขีดความสามารถในการรองรับน้ำเสียชุมชนของระบบแปลงป่าชายเลนของโครงการฯ และ 3) ควรทำการศึกษามวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าชายเลนที่รองรับน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนของโครงการฯ เพราะการเจริญเติบโตของต้นไม้ป่าชายเลนในบริเวณโครงการฯ มีเพิ่มสูงขึ้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกพร บุญส่ง. 2549. **โครงการ "การใช้ป่าชายเลนปลูกในการบำบัดน้ำเสียชุมชน"**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

กรมควบคุมมลพิษ. 2559. **รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทยปี 2559**. บริษัทหัวใหญ่จำกัด, กรุงเทพฯ.

เทียมใจ คมกฤส. 2536. การปรับตัวทางโครงสร้างของไม้เบิกนำในป่าชายเลน. *ใน* **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 31.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ผุสดี สุขพิบูลย์. 2558. **การฟื้นฟูสภาพแวดล้อมบริเวณชายฝั่งจากการทับถมของตะกอนดินและความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลน บริเวณแหลม**

**ผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยวรรณ สายมนธ์. 2543. **ความสามารถของกล้าไม้โกงกางใบใหญ่ *Rhizophora mucronata* Lamk. และแสมทะเล *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนในดินป่าชายเลนที่มีโครงสร้างต่างกัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ลิลลี่ กาวีต๊ะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุรียา ตันติวิวัฒน์. 2552. **สรีรวิทยาของพืช**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วาณิชยา นิลวิเชียร. 2554. **การกระจายและความหลากชนิดของไม้ยืนต้นตามระดับความเค็มของดินในป่าชายเลน จังหวัดตราด**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาทินี สวนผกา, นันทวุฒิ สุนทรวิทย์ และวระวุฒิ ศรีปัญญา. 2558. การเติบโตและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้เสม็ดขาวในสวนป่าท่ากุ่มโนโบรุ อุเมดะ จังหวัดตราด. **วารสารวนศาสตร์** 34 (1): 57-64.

วิจารณ์ มีผล. 2553. การเก็บกักคาร์บอนของป่าชายเลนบริเวณพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง. **วารสารการจัดการป่าไม้** 4 (7): 29-44.

สนิท อักษรแก้ว. 2541. **ป่าชายเลนนิเวศวิทยาและการจัดการ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุวจี รักเจริญ, พสุธา สุนทรห้าว, วาทินี สวนผกา และวิจารณ์ มีผล. 2560. มูลค่าป่าชายเลนด้านการใช้ประโยชน์และการกักเก็บคาร์บอนในเขตกันชนพื้นที่สงวนชีวมณฑลระนอง. **วารสารวนศาสตร์** 36 (1): 58-67.

อรทัย จิตไทสง. 2555. **การศึกษาผลของน้ำทิ้งที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนต่อการเติบโตและชีพลักษณ์ของป่าชายเลนบริเวณโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมแหลมผักเบี้ยอันเนื่องมาจากพระราชดำริ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American Public Health Association, American Water work Association, and Water Pollution Control Federation. 2017. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. American Public Health Association, Washington, DC.

Association of Official Analytical Chemiss (AOAC). 2012. **Official Method of Analysis of AOAC Internation (19th ed.)**. Arlington, Virginia, USA: AOAC International.

Hastuti, E. D., S. Anggoro and R. Pribadi. 2012**.** The effects of environmental factors on the dynamic growth pattern of mangrove *Avicennia marina*. **Journal of Coastal Development**. 16 (1): 57-61.

Kongsangchai, C. 1998**. Forest Ecological Study of Mangrove Silviculture**. Ph.D. Thesis, Kyoto University.

Naidoo, G. 2008. Differential effects of nitrogen and phosphorus enrichment on growth of dwarf *Avicennia marina* mangroves. **Journal of Aquatic Botany**. 2182: 1-7.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# การประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลภาพถ่าย MODIS ของดาวเทียม Aqua บริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

# Application of Artificial Neural Network for Rainfall Amount Estimation from MODIS Image Data of Aqua Satellite over the Upper Northern Thailand

วิภาวี มั่นใจ
สมนิมิตร พุกงาม
ปิยพงษ์ ทองดีนอก
นฤมล แก้วจำปา

**Wipawee Manjai**
**Somnimirt Pukngam**
**Piyapong Tongdeenok***
**Naruemol Kaewjampa**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กทม. 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding author, E-mail: fforppt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 5 มีนาคม 2561 รับลงพิมพ์ 17 เมษายน 2561

## ABSTRACT

The objectives of this research were to estimate rainfall amount in northern of Thailand from the MODIS/Aqua satellite image data and Artificial Neural Network (ANN). The rainfall amount measurement from meteorological stations and six cloud properties from MODIS/Aqua satellite image including Brightness Temperature (BT), Cloud Top Pressure (CTP), Cloud Top Temperature (CTT), Cloud Optical Thickness (COT), Cloud Water Path (CWP) and Cloud Water Vapor (CWV) during January 2014 to December 2015 were used in simulation model. The data set of 2016 was used for testing model and model validation using root mean square error (RMSE) mean absolute error (MAE). and approximate percentage error (PE)

The results showed that the average rainfall amount were 1,231.31 mm. and 1,078.86 mm. in 2014 and 2015, respectively. The average rainfall amount from July to September was higher than December and January. The cloud properties including BT, CTP and CTT were low during May to September, while COT, CWP and CWV were high during May to October. The correlation between rainfall amount and cloud properties showed that CTP provided the highest correlation coefficient (r) of 0.90 followed by BT, CWP, CTT, CWV and COT with the r as 0.87, 0.86, 0.84, 0.84 and 0.83, respectively. Besides, BT provided highest correlation coefficient (r) of 0.91, while COT, CWP, CTT, CTP and CWV were 0.85, 0.82, 0.80, 0.79 and 0.76 respectively

during wet period. The estimation rainfall amount from ANN technique showed that r was 0.99 for both annual and wet period. The model validation for 2016 data set showed underestimated prediction with the measurement data. The annual model error showed the RMSE MAE and PE were 7.96 10.3 and 15.21, respectively. Moreover, the wet period also showed the RMSE MAE and PE were 7.57 5.96 and 36.17, respectively.

**Keywords:** ANN Model, Rainfall Amount, MODIS/Aqua, Upper Northern Thailand

## บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลภาพถ่าย MODIS ของดาวเทียม Aqua โดยใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ตรวจวัดจากสถานีอุตุนิยมวิทยาและคุณสมบัติของเมฆ 6 ปัจจัย จากข้อมูลภาพถ่าย MODIS ของดาวเทียม Aqua ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิส่องสว่าง (Brightness Temperature; BT) ความกดอากาศยอดเมฆ (Cloud Top Pressure; CTP) อุณหภูมิยอดเมฆ (Cloud Top Temperature; CTT) ความทึบแสง (Cloud Optical Thickness; COT) ของเหลวในเมฆ (Cloud Water Path; CWP) และไอน้ำ (Cloud Water Vapor; CWV) ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 มาใช้สำหรับการสร้างแบบจำลอง และใช้ข้อมูลปี พ.ศ. 2559 สำหรับการทดสอบความถูกต้องและการสอบเทียบความถูกต้องโดยใช้ค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error; MAE) และค่าความผิดพลาดโดยประมาณ (Approximate Percentage Error; PE)

ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 มีค่าเท่ากับ 1,231.31 และ 1,078.86 มม. ตามลำดับ โดยมีค่าสูงในระหว่างเดือนกรกฎาคม – กันยายน มีค่าต่ำในระหว่างเดือนธันวาคม - มกราคม และจากการศึกษาคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua พบว่า BT, CTP และ CTT มีค่าต่ำในระหว่างเดือนพฤษภาคม – กันยายน ส่วน COT, CWP และ CWV มีค่าสูงในระหว่างเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม ซึ่งสอดคล้องกับช่วงที่ปริมาณน้ำฝนมีค่าสูงในระหว่างเดือนนี้ ส่วนการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua รายปี พบว่า CTP มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนมากที่สุด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.90 รองลงมาคือ BT, CWP, CTT, CWV และ COT มีค่า เท่ากับ 0.87, 0.86, 0.84, 0.84 และ 0.83 ตามลำดับ สำหรับฤดูฝน พบว่า BT มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนมากที่สุด โดยมีค่า r เท่ากับ 0.91 รองลงมาคือ COT, CWP, CTT, CTP และ CWV มีค่าเท่ากับ 0.85, 0.82, 0.80, 0.79 และ 0.76 ตามลำดับ ส่วนการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง ANN รายปีและฤดูฝน พบว่า มีค่า r เท่ากับ 0.99 และ 0.99 ตามลำดับ การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่า (Underestimate) ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริง โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองรายปีจากวิธี RMSE MAE และ PE เท่ากับ 7.96 10.3 และ 15.21 ส่วนฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 7.57 5.96 และ 36.17 ตามลำดับ

**คำสำคัญ**: แบบจำลอง ANN ปริมาณน้ำฝน MODIS/Aqua ภาคเหนือตอนบน

## คำนำ

ปัจจุบันสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปจากอดีต ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ภัยธรรมชาติ เช่น ภัยแล้ง อุทกภัย ดินถล่ม เป็นต้น มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น ส่งผลกระทบต่อมนุษย์อย่างมหาศาล สร้างความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน โดยเฉพาะเหตุการณ์อุทกภัยและภัยแล้งที่เกิดขึ้นบ่อยครั้ง และมีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น ซึ่งสาเหตุสำคัญนั้นเกิดจากปริมาณน้ำฝนที่มีน้อยหรือมากเกินกว่าปกติ การลดมูลค่าความเสียหายที่เกิดขึ้น และป้องกันเหตุการณ์เหล่านี้ไม่ให้เกิดขึ้นหรือเกิดขึ้นน้อยลง สามารถทำได้จากการคาดการณ์และแจ้งเตือนล่วงหน้า เพื่อให้มีการเตรียมแผนการป้องกันสถานการณ์รุนแรงอย่างภัยพิบัติที่สามารถเกิดขึ้นตลอดเวลาและฉับพลันได้ โดยการตรวจวัดและคาดการณ์ปริมาณน้ำฝน สามารถที่ทำได้หลายวิธีการ เช่น การตรวจวัดปริมาณน้ำฝนจากเครื่องวัดน้ำฝน ระบบโทรมาตร เรดาร์ รวมทั้งภาพถ่ายจากดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา ที่สามารถนำมาใช้ในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝน และประยุกต์ใช้เป็นแนวทางด้านการจัดการลุ่มน้ำ

บริเวณภาคเหนือตอนบน เป็นพื้นที่แหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญของประเทศไทย และมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน ผืนป่าหนาแน่น มีขนาดพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ดังนั้น การเลือกใช้ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาที่สามารถถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่ได้เป็นบริเวณกว้าง สัญญาณรบกวนน้อย สามารถตรวจจับสัญญาณได้แม้ว่ามีปริมาณน้ำฝนน้อยและให้ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำสูง จึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม (จงกลนี, 2528) โดยในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ข้อมูลภาพ MODIS (MYD06) ดาวเทียม Aqua ที่มีวงโคจรครอบคลุมประเทศไทยและถ่ายภาพซ้ำในพื้นที่เดิมทุกวันในช่วงเวลาบ่ายตามเวลาประเทศไทย ซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาการตกของฝนในประเทศไทย (National Aeronautics and Space Administration; [NASA], 2014) มาใช้ประมาณปริมาณน้ำฝนจากคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS (MYD06) ด้วยแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) ซึ่งเป็นเทคนิคการทำเหมืองข้อมูล ที่สามารถจำลองพฤติกรรมทางกายภาพของระบบที่มีความซับซ้อนจากข้อมูลที่ป้อนให้เรียนรู้ คล้ายกับการทำงานของสมองมนุษย์ เป็นทางเลือกใหม่ในการควบคุมกระบวนการและใช้งานประยุกต์ได้หลากหลาย นิยมประยุกต์ใช้ ANNs สำหรับการพยากรณ์ หรือคาดการณ์ด้านอุทกวิทยาและอุตุนิยมวิทยามากที่สุด (ทวี, 2557) เช่น ฟาตา (2556) ที่ประยุกต์ใช้ ANN เพื่อประมาณปริมาณน้ำฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม FY-2E บริเวณประเทศไทย พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้จาก ANN มีความถูกต้องแม่นยำ โดยเฉพาะบริเวณภาคเหนือและมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดในระดับที่ยอมรับได้ทางอุตุนิยมวิทยา เป็นต้น โดยการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความผันแปรและความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนและสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua และเพื่อการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง ANNs ให้มีความถูกต้องมากที่สุด เพื่อประโยชน์ในการคาดการณ์และพยากรณ์เตือนภัยพิบัติล่วงหน้าได้

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การรวบรวมข้อมูล

1.1 ข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua ขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ (National Aeronautics and Space Administration; NASA) โดยได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์กรมหาชน) (Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (Public Organization); GISTDA) เป็นข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ. 2557 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ความละเอียดเชิงพื้นที่ 1 x 1 ตร.กม. ครอบคลุมบริเวณ 17.62 - 20.27 องศาเหนือ และ 97.30 - 101.20 องศาตะวันออก จำนวนเดือนละ 3 ภาพ รวมทั้งหมดจำนวน 108 ภาพ โดยดาวน์โหลดผลิตภัณฑ์ MODIS

กลุ่มข้อมูลเมฆ Level 2 (MYD06) ซึ่งประกอบด้วย อุณหภูมิส่องสว่าง (Brightness Temperature; BT) ความกดอากาศยอดเมฆ (Cloud Top Pressure; CTP) อุณหภูมิยอดเมฆ (Cloud Top Temperature; CTT) ความทึบแสง (Cloud Optical Thickness; COT) ของเหลวในเมฆ (Cloud Water Path; CWP) ไอน้ำ (Cloud Water Vapor; CWV) โดยเลือกเฉพาะพิกเซลที่ตรงกับสถานีวัดน้ำฝนทั้ง 17 สถานี พร้อมปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของภาพถ่ายดาวเทียม โดยวิธีการปรับแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เพื่อให้มีระบบพิกัดภูมิศาสตร์ที่ถูกต้องและลดความบิดเบี้ยวของภาพถ่ายดาวเทียม ผ่านโปรแกรม Envi 5.0

1.2 ข้อมูลสถานีตรวจวัดน้ำฝน และปริมาณน้ำฝนจากกรมอุตุนิยมวิทยาจำนวน 17 สถานี ครอบคลุมภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยเลือกใช้ข้อมูลเฉลี่ยรายวันในช่วงเวลาเดียวกันในขณะที่ดาวเทียม Aqua ทำการถ่ายภาพ และข้อมูลภูมิประเทศ ขอบเขตจังหวัด ครอบคลุมบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ประกอบด้วย 9 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดเชียงราย เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง ลำพูน น่าน แพร่ พะเยา และอุตรดิตถ์ ของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 มาตราส่วน 1:50,000 เพื่อกำหนดขอบเขตของพื้นที่ศึกษาด้วยโปรแกรมภูมิสารสนเทศ Arc GIS

## 2. การวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 การวิเคราะห์ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวัน รายปี ระหว่างเดือนมกราคม -ธันวาคม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - พ.ศ. 2558 และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2529 – พ.ศ. 2558) และวิเคราะห์ความผันแปรของสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua ทั้ง 6 ปัจจัย ประกอบด้วย BT, CTP, CTT, COT, CWP และ CWV ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2557 - พ.ศ. 2558

2.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝน (Y) กับคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua (X) โดยใช้วิธีการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression Analysis) และการวิเคราะห์การถดถอยไม่เชิงเส้น (Nonlinear Regression Analysis)

2.3 การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua โดยเลือกใช้ชุดข้อมูลคุณสมบัติของเมฆ ได้แก่ BT, CTP, CTT, COT, CWP และ CWV เฉลี่ยรายวันของทุกเดือน เพื่อสร้างสมการความสัมพันธ์กับข้อมูลตรวจวัดปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันในช่วงเวลาเดียวกัน โดยวิเคราะห์หาปริมาณน้ำฝน จากวิธีการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks; ANNs) โดยใช้ชุดข้อมูลปี พ.ศ 2557 – พ.ศ. 2558 สำหรับการฝึกสอนแบบจำลอง (Training Data Set) และชุดข้อมูลปี พ.ศ. 2559 สำหรับการทดสอบแบบจำลอง (Testing Data Set) เพื่อประมาณค่าปริมาณน้ำฝน

## 3. การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง เป็นการเปรียบเทียบความถูกต้องระหว่างปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลองกับปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริง โดยวิธีการคำนวณค่ารากของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (Root Mean Square Error; RMSE) (Barnston, 1992) ดังสมการที่ 1 วิธีการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (Mean Absolute Error; MAE) (Willmott and Matsuura, 2005) ดังสมการที่ 2 และค่าความคลาดเคลื่อนโดยประมาณ (Approximate Percentage Error; PE) ดังสมการที่ 3

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(Obs.-Est.)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|Obs.-Est.|}{n} \quad (2)$$

$$PE = \frac{|Obs.-Est.|}{n} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่ RMSE และ MAE คือ ความคลาดเคลื่อนที่ได้จากแบบจำลอง Obs คือ ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริง Est คือ ปริมาณน้ำฝนที่ประเมินได้จากแบบจำลอง และ n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

## ผลและวิจารณ์

### 1. ความผันแปรปริมาณน้ำฝนและคุณสมบัติของเมฆ จากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua

#### 1.1 ความผันแปรของปริมาณน้ำฝน

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี (พ.ศ. 2529 – พ.ศ. 2558) และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือน ปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 จากสถานีตรวจวัดปริมาณน้ำฝนภาคพื้นดินทั้งหมด 17 สถานี ในพื้นที่ 9 จังหวัดภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย พบว่า ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี มีค่าเท่ากับ 1,252.48 มม. มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนสิงหาคม มีค่าเท่ากับ 250.65 มม. เมื่อพิจารณาข้อมูลรายปี พบว่า ปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,231.31 มม. มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายเดือนสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 270.91 มม. แต่ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนรวมเพียง 1,078.86 มม. มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 193.52 มม. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี และปริมาณน้ำฝนรวมปี พ.ศ. 2557 แต่แนวโน้มใกล้เคียงกัน โดยเริ่มมีปริมาณน้ำฝนเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเดือนพฤษภาคม ลดลงเล็กน้อยในช่วงเดือนมิถุนายน เนื่องจากในช่วงเดือนนี้เป็นช่วงที่ฝนมีการตกทิ้งช่วง ทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่ลดน้อยลง แต่เพิ่มสูงขึ้นอีกครั้งในช่วงเดือนกรกฎาคม – กันยายน ซึ่งสอดคล้องกับ จตุพร (2555) ที่พบว่า ปริมาณน้ำฝนบริเวณลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีแนวโน้มทิศทางเดียวกันคือมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดอยู่ในช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม - กันยายน ทั้งนี้ เนื่องจากเป็นช่วงที่บริเวณภาคเหนือตอนบนได้รับอิทธิพลจากพายุหมุนเขตร้อนที่มักเกิดในช่วงเดือนกรกฎาคม – กันยายน เคลื่อนที่มาจากทะเลจีนใต้ (Dobby, 1967) และลมมรสุมทิศตะวันตกเฉียงใต้ รับอิทธิพลร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงพาดผ่านเข้ามาทำให้มีเมฆมากและฝนชุก แล้วจึงค่อยๆ ลดปริมาณลงในช่วงเดือนตุลาคม และพบว่า ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2558 มีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี และปริมาณน้ำฝนรวมของปี พ.ศ. 2557 (Figure 1) เนื่องจากปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่มีปรากฏการณ์เอลนีโญรุนแรง (World Meteorological Organization [WMO], 2015) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิผิวน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิอุ่นขึ้นบริเวณเส้นศูนย์สูตรทางมหาสมุทรแปซิฟิก ตั้งแต่ช่วงเดือนตุลาคม – ธันวาคม ของปลายปี พ.ศ. 2557 โดยมีความรุนแรงต่อเนื่องถึงช่วงเดือนพฤษภาคม - มิถุนายน หลังจากนั้นลดลงเล็กน้อยและเพิ่มกำลังแรงขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน (ชลาลัย, 2558) ซึ่งปรากฏการณ์เอลนีโญนี้ ส่งผลให้ปริมาณน้ำฝนมีปริมาณน้อยมาก จนเกิดภัยแล้งรุนแรงในช่วงครึ่งหลังของเดือนกรกฎาคม และปลายเดือนสิงหาคม ต่อเนื่องถึงสัปดาห์ที่สามของเดือนกันยายน ทำให้ขาดแคลนน้ำอุปโภคบริโภค โดยมีความแห้งแล้งรุนแรงเป็นบริเวณกว้างที่สุดคือ ภาคเหนือต่อภาคกลางทั้งหมด ตอนบนและด้านตะวันตกของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ฝั่งตะวันออกตอนบน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2558)

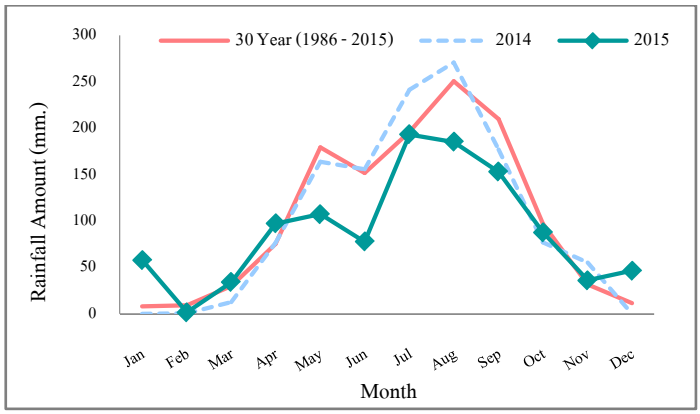



**Figure 1** Rainfall amount over the upper northern of Thailand during 1989 – 2015.

**1.2 ความผันแปรของคุณสมบัติเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua**

พบว่า BT, CTP และ CTT ของปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 มีค่าสูงสุด ต่ำสุดใกล้เคียงกัน มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน และผกผันกับปริมาณน้ำฝน คือ มีค่าสูงในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน และมีค่าต่ำในช่วงเดือนพฤษภาคม – กันยายน (Table 1) โดยสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่มีค่ามากในช่วงเดือนพฤษภาคม - กันยายน ทั้งนี้เนื่องจาก BT และ CTT ยิ่งมีค่าต่ำยิ่งส่งผลให้มีโอกาสเกิดการตกของฝนมาก จากกระบวนการควบแน่น (Condensation Mechanism) ภายในก้อนเมฆน้อย โดยเฉพาะอุณหภูมิยอดเมฆที่มีค่าต่ำกว่า 253 เคลวิน (Herman *et al*., 1997) และ CTP มีค่าลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับกลุ่มเมฆที่สามารถก่อตัวเป็นเมฆฝน ซึ่งส่วนมากเป็นเมฆในลักษณะแนวตั้ง เช่น คิวมูโลนิมบัส (Cumulonimbus) หรือคิวมูลัส (Cumulus) ที่เกิดจากการรวมตัวของไอน้ำกับของแข็งแขวนลอยในอากาศ (Arosal) พวกฝุ่นละออง เกลือ หรือแม้กระทั่งเกสรดอกไม้ ทำหน้าที่เป็น อนุภาคแกนกลาง (Condensation Nuclei) ให้เกิดควบแน่น และเกาะตัวกลายเป็นเมฆลอยสูงขึ้นไปพร้อมกับการลดลงของอุณหภูมิตามระดับความสูงที่เพิ่มมากขึ้น จากกระบวนการ Adiabatic Lape Rate โดยระดับความสูงเพิ่มขึ้นทุก 1,000 ม. จากพื้นดิน อุณหภูมิจะลดลง 10 องศาเซลเซียส และเมื่อเลยระดับควบแน่นที่ระดับความสูง 3,000 ม. อุณหภูมิจะลดลง 5 องศาเซลเซียส เมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น 1,000 ม. (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2553) ทำให้เกิดการก่อตัวของกลุ่มเมฆมากและมีโอกาสเกิดฝนตกมากเช่นกัน

**Table 1** Cloud properties from MODIS/Aqua satellite image during 2014 – 2015.

| 2015 | Unit | Year | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 2014 | | 2015 | |
| | | Max. | Min. | Max. | Min. |
| BT | K | 300.36 | 249.61 | 303.82 | 255.77 |
| CTP | hPa | 882.86 | 242.06 | 932.5 | 282.06 |
| CTT | K | 294.56 | 226.69 | 295.39 | 228.92 |
| COT | - | 32.01 | 4.41 | 25.02 | 5.66 |
| CWP | $g/m^2$ | 513.07 | 19.5 | 329.53 | 32.33 |
| CWV | mm. | 1.03 | 0.00 | 0.71 | 0.00 |

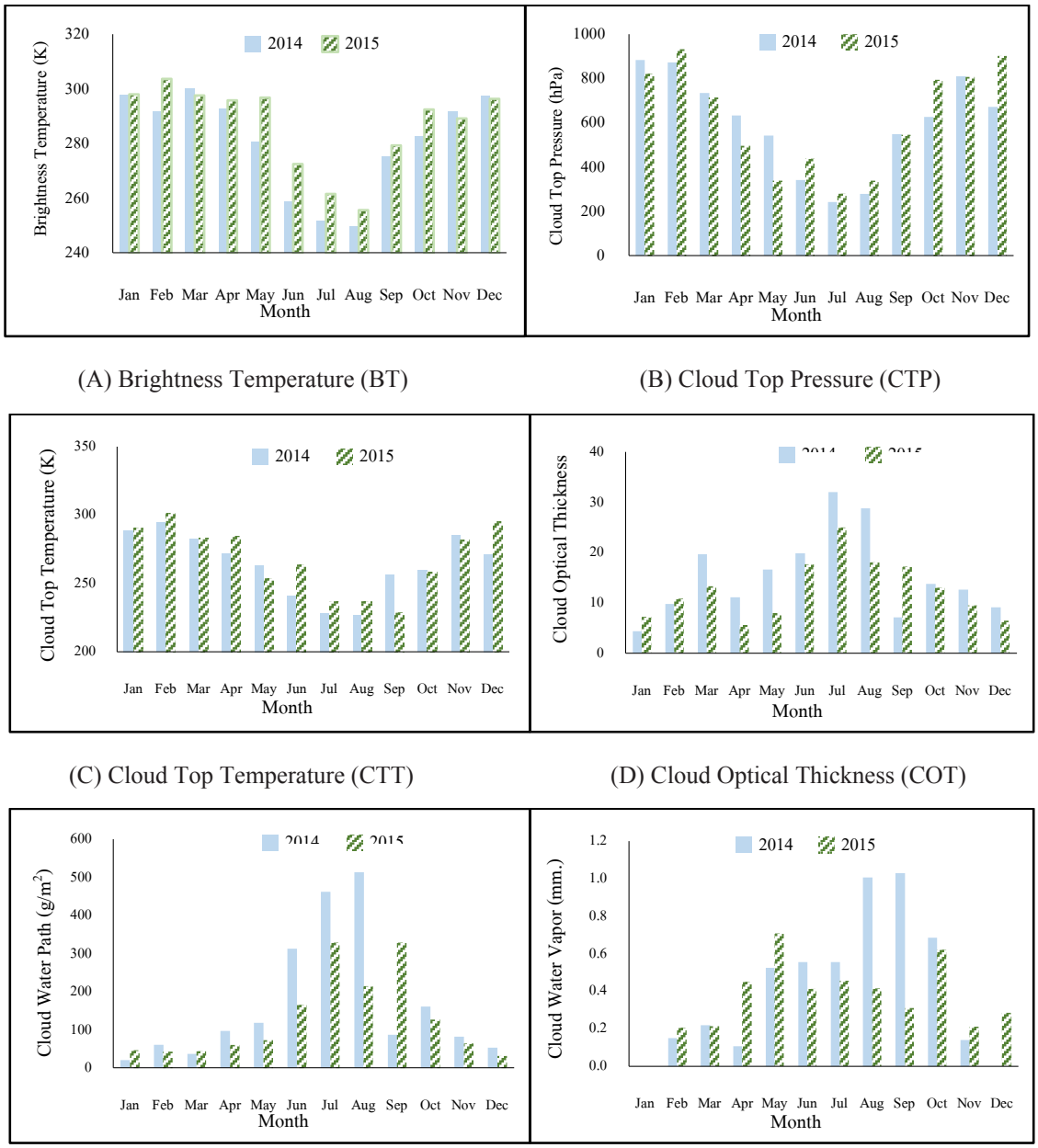
ส่วน COT, CWP และ CWV ของปี พ.ศ. 2557 และปี พ.ศ. 2558 พบว่า มีค่าสูงสุด ต่ำสุดใกล้เคียงกัน มีแนวโน้มตรงกันข้ามกับ BT, CTP และ CTT และแปรผันตามปริมาณน้ำฝน ซึ่งมีลักษณะที่มีค่าสูงในช่วงเดือนพฤษภาคม –ตุลาคม (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนที่มีมากในช่วงนี้และมีค่าต่ำอยู่ในช่วงเดือนพฤศจิกายน – เมษายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูแล้ง ทั้งนี้เนื่องจาก COT มีค่ามากนั้นหมายถึงมีความเข้มของเมฆมาก ทำให้แสงอาทิตย์ไม่สามารถผ่านชั้นความหนาของเมฆได้ (WMO, 2017) ซึ่งชั้นความหนาของเมฆที่มีมากสามารถพบในเมฆแนวตั้ง (Cumulonimbus) ที่เป็นกลุ่มเมฆที่มีโอกาสเกิดฝนตกมากและรุนแรง ส่วน CWP และ CWV เกิดกระบวนการควบแน่นของไอน้ำในอากาศและบริเวณโดยรอบกลายเป็นเมฆ พร้อมทั้งคายความร้อนแฝงออกมา ทำให้กลุ่มก้อนอากาศมีพลังงานความร้อนเพิ่มขึ้น และเมื่อมวลอากาศมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม ทำให้สามารถยกตัวสูงขึ้นในแนวดิ่งได้อย่างรวดเร็วและเนื่องจากยังมีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม จึงสามารถยกตัวต่อไปเรื่อย ๆ จนเกินระดับควบแน่น ส่งผลให้เกิดเมฆที่ก่อตัวในแนวตั้ง แต่ถ้ามีการยกตัวต่อไปก็จะมีอัตราการลดลงของอุณหภูมิเฉลี่ยตามระดับความสูงช้าลง (หทัย, 2558) มีผลต่อการรวมตัวของกลุ่มเมฆ ซึ่งหากมีปริมาณมากจะส่งผลทำให้มีปริมาณเมฆฝนบนท้องฟ้ามาก และมีโอกาสเกิดฝนตกมากเช่นกัน โดยปกติไอน้ำในอากาศจะมีค่าไม่เกินร้อยละ 4 แต่กลับมีอิทธิพลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศได้อย่างรุนแรง เนื่องจากไอน้ำในอากาศสามารถเปลี่ยนสถานะกลับไปกลับมาได้ ทั้งสามสถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ เพราะอุณหภูมิ ณ จุดควบแน่นและจุดเยือกแข็ง ไม่แตกต่างกันมาก การเปลี่ยนแปลงสถานะของน้ำอาศัยการดูดและคายพลังงาน ทำให้เกิดความร้อนแฝง ซึ่งเป็นกลไกในการขับเคลื่อนให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (พงษ์ศักดิ์, 2545) โดยไม่ปรากฏค่า CWV ในเดือนมกราคม เนื่องจากเป็นช่วงฤดูหนาว ท้องฟ้าโปร่ง มีปริมาณการปกคลุมของเมฆน้อย คิดเป็นเพียงร้อยละ 9.60-22.64 ของพื้นที่ภาคเหนือ (สุรัตน์ และคณะ, 2556) ซึ่งมีโอกาสทำให้ไม่พบกลุ่มเมฆในบริเวณที่ตรวจวัด (Figure 2)

## 2. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua พบว่า มีระดับความสัมพันธ์ของปริมาณน้ำฝนกับคุณสมบัติเมฆอยู่ในระดับสูง เนื่องจากได้ทำการคัดเลือกข้อมูลที่ใช้สำหรับวิเคราะห์และปรับแก้ (Calibration) ส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนออกจึงทำให้มีค่าความสัมพันธ์ที่สูง โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับ BT รายปีและช่วงฤดูฝน

พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.87 และ 0.91 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน เมื่อ BT ลดลงปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ เพ็ญพร(2552) ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในช่วงฤดูฝนสูงกว่ารายปี เนื่องจากในช่วงฤดูฝนจะมีปริมาณเมฆปกคลุมบนท้องฟ้ามาก เมื่อดาวเทียมทำการถ่ายภาพและแปรผลเป็นค่าอุณหภูมิความส่องสว่างของเมฆ ค่าที่ได้มี ค่าต่ำ ซึ่งหมายความว่า บริเวณนั้นมีโอกาสการเกิดฝนสูง แต่ค่าอุณหภูมิส่องสว่างรายปีที่มีช่วงฤดูแล้งรวมอยู่ด้วย เป็นช่วงที่มีเมฆน้อย ค่าอุณหภูมิความส่องสว่างที่ได้อาจเป็นค่าการสะท้อนจากวัตถุอื่นที่ไม่ได้มาจากเมฆ เช่น พื้นดิน แหล่งน้ำ พื้นที่ป่าเป็นต้น ซึ่งมีค่าอุณหภูมิส่องสว่างที่สูงกว่าเมฆฝน (กนกกร และกาญจนา, 2557)




(A) Brightness Temperature (BT)

(B) Cloud Top Pressure (CTP)

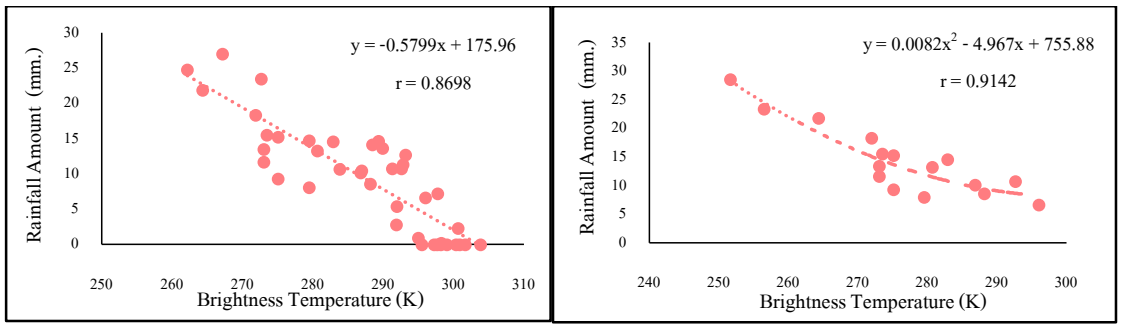
(C) Cloud Top Temperature (CTT)

(D) Cloud Optical Thickness (COT)

(E) Cloud Water Path (CWP)

(F) Cloud Water Vapor (CWV)

**Figure 2** Monthly histogram variation of cloud properties from MODIS/Aqua satellite image.

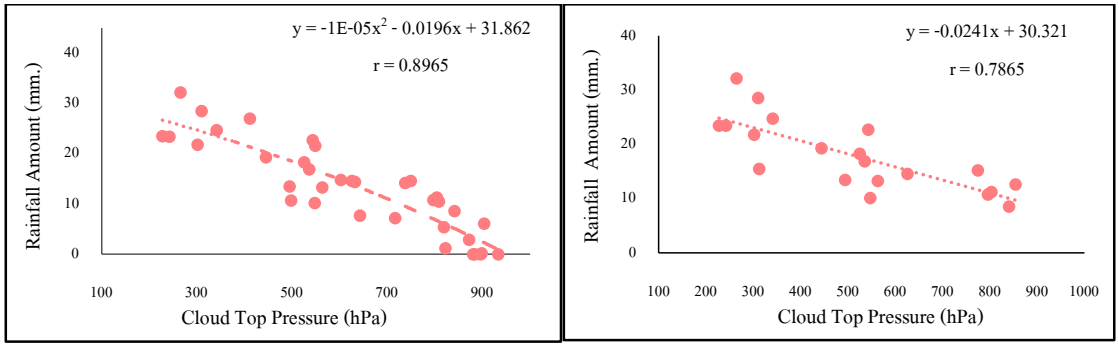



(A) Annual (B) Wet Period

**Figure 3** Relationship between rainfall amount and brightness temperature during 2014 – 2015.

**2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับ CTP รายปีและช่วงฤดูฝน**

พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.90 และ 0.79 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน เมื่อ CTP ลดลง ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น (Figure 4) ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในฤดูฝนมีค่าน้อยกว่ารายปี เนื่องจากช่วงฤดูฝนแม้จะมีค่าความกดอากาศต่ำปรากฏขึ้นบ่อยครั้ง แต่มีปัจจัยจากแนวลมมรสุมที่พัดพาเอาความชื้นมาปกคลุมพื้นที่ตลอดช่วงเวลา จึงมีโอกาสเกิดฝนตกได้ง่าย โดยฝนที่เกิดไม่ได้เกิดจากร่องความกดอากาศต่ำเพียงอย่างเดียว

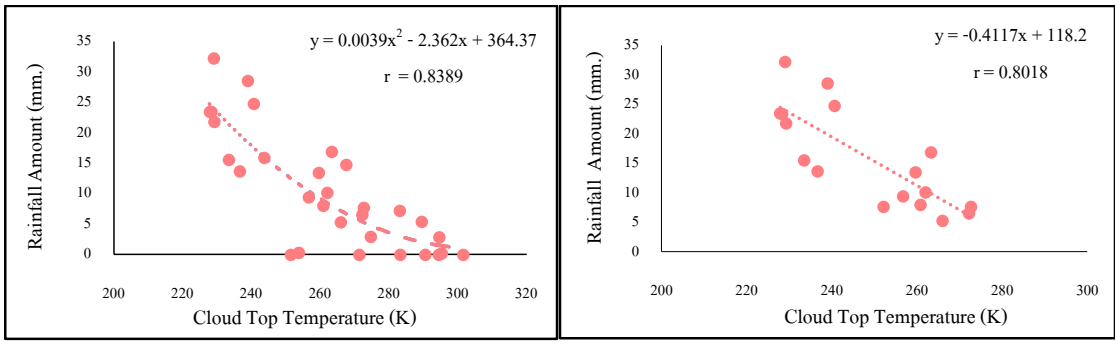



(A) Annual (B) Wet Period

**Figure 4** Relationship between rainfall Amount and cloud top pressure during 2014 – 2015.

**2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับ CTT รายปีและช่วงฤดูฝน**

พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.84 และ 0.81 ตามลำดับ โดยมีความสัมพันธ์แบบผกผันกัน เมื่อ CTT ลดลง ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มขึ้น (Figure 5) ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในฤดูฝนมีค่าน้อยกว่ารายปี เนื่องจากฝนในช่วงฤดูนี้เป็นฝนจากแนวลมมรสุมมากกว่าฝนแบบพาความร้อน (Convection) จากเมฆค่าอุณหภูมิที่ปรากฏจึงมีค่าต่ำกว่ารายปี (Seiki and Nakajima, 2014).

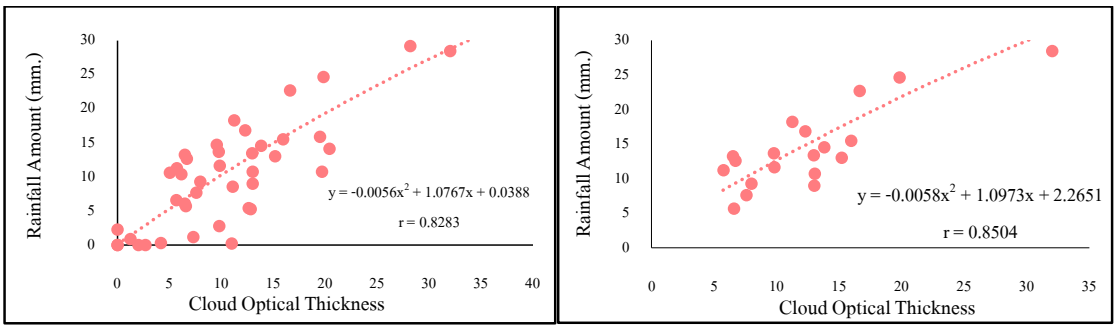



(A) Annual (B) Wet Period

**Figure 5** Relationship between rainfall amount and cloud top temperature during 2014 – 2015.

**2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับ COT รายปีและช่วงฤดูฝน**

พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.83 และ 0.85 ตามลำดับ โดย COT มีความสัมพันธ์แปรผันตามปริมาณน้ำฝน เมื่อ COT มีค่าเพิ่ม ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มมากขึ้นตาม (Figure 6) ทั้งนี้ พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ในฤดูฝนมีค่ามากกว่ารายปี เนื่องจากมีความทึบแสงสูง แสงอาทิตย์ไม่สามารถผ่านชั้นของเมฆที่หนาได้ ซึ่งเป็นกลุ่มของไอน้ำที่จับตัวกันแน่น จึงมีโอกาสเกิดเป็นฝนได้มากกว่ารายปีที่มีช่วงฤดูแล้งรวมอยู่ด้วย ซึ่งเป็นช่วงที่อากาศแห้ง ความชื้นน้อย

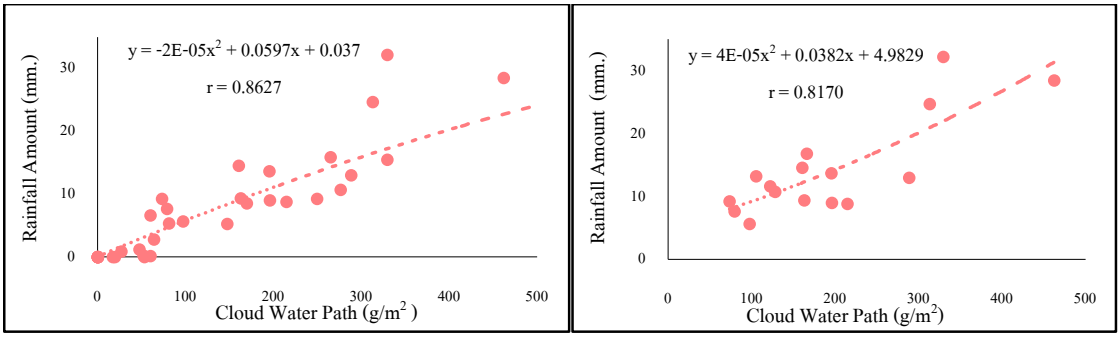



(A) Annual (B) Wet Period

**Figure 6** Relationship between rainfall amount and cloud optical thickness during 2014 – 2015.

**2.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับ CWP รายปีและช่วงฤดูฝน**

พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.86 และ 0.82 ตามลำดับ โดย CWP มีความสัมพันธ์แปรผันตามปริมาณน้ำฝน เมื่อ CWP มีค่าเพิ่ม ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มมากขึ้นตาม (Figure 7) ทั้งนี้ ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของฤดูฝนมีค่าน้อยกว่ารายปี เนื่องจากของเหลวในเมฆขึ้นอยู่กับระยะอนุภาคของเมฆ มีบทบาทสำคัญในการส่งผ่านพลังงานที่ก่อให้เกิดความร้อนแฝง เมื่อเมฆมีอนุภาคใหญ่ทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่มากขึ้นด้วย (Kniffka *et al*., 2014)

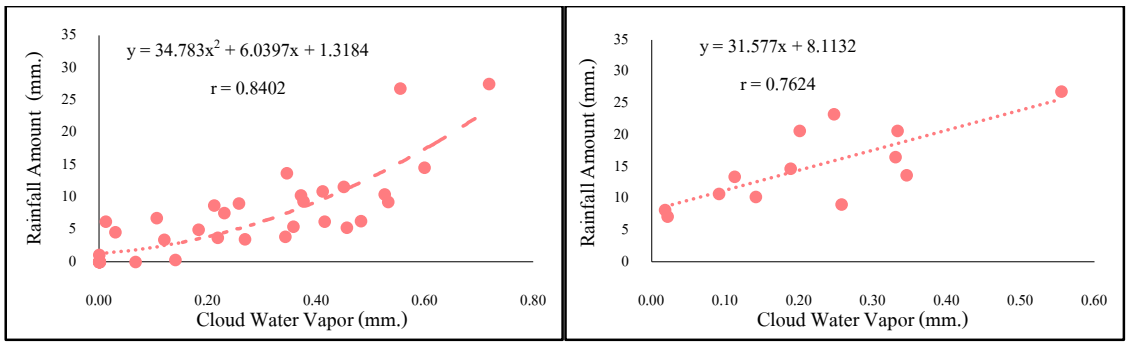



(A) Annual (B) Wet Period

**Figure 7** Relationship between rainfall and cloud water path during 2014 – 2015.

**2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับ CWV รายปีและช่วงฤดูฝน**

พบว่า มีความสัมพันธ์ในระดับสูง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.84 และ 0.76 ตามลำดับ โดย CWV มีความสัมพันธ์แปรผันตามปริมาณน้ำฝน เมื่อ CWV มีค่าเพิ่ม ปริมาณน้ำฝนจะเพิ่มมากขึ้นตาม (Figure 8) ทั้งนี้พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ของฤดูฝนมีค่าน้อยกว่ารายปี เนื่องจากฝนที่ตกเป็นฝนจากลมมรสุมและฝนแบบ Orographic ในพื้นที่ภาคเหนือที่มีภูเขาสูงสลับซับซ้อน ทำให้มีความผันผวนของสภาพอากาศ ฝนตกไม่เท่ากัน พื้นที่บางส่วนถูกภูเขาขวางการเคลื่อนตัวของเมฆ รวมตัวกันอยู่บริเวณหน้าเขาทำให้มีปริมาณฝนมาก ส่วนบริเวณด้านหลังเขากลับไม่มีปริมาณฝนน้อย หรืออาจจะไม่มีฝนเลน จึงทำให้ในรายปีมีค่า r ต่ำกว่า




(A) Annual (B) Wet Period

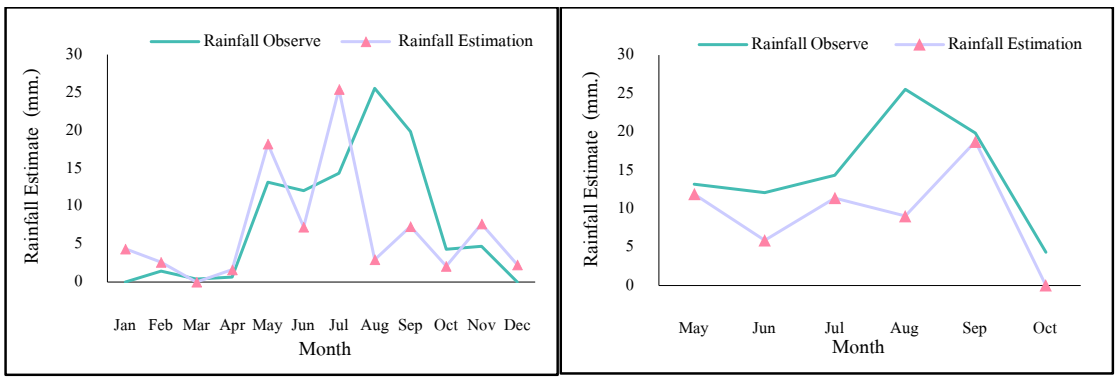
**Figure 8** Relationship between rainfall and cloud water vapor during 2014 – 2015.

## 3. การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua

การประยุกต์ใช้ข้อมูลปัจจัยคุณสมบัติของเมฆจากข้อมูลภาพ MODIS ดาวเทียม Aqua โดยการวิเคราะห์โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks; ANNs) ซึ่งมีโครงสร้างเป็น Node และเส้นเชื่อมโยง แต่ละ Node เมื่อพิจารณาการวางตัวของ Node จะแบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นข้อมูลนำเข้า (Input Layer) ชั้นซ่อนเร้น (Hidden Layer) และ ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ (Output Layer) ซึ่งในชั้นข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย Input Node จำนวน 6 Node เป็นชั้นที่นำเข้าคุณสมบัติของเมฆทั้ง 6 ปัจจัย ได้แก่ BT, CTP, CTT, COT, CWP และ CWV

ในแต่ละ Node คูณด้วยค่าถ่วงน้ำหนัก (Weight) ของแต่ละเส้นเชื่อม แล้วรวมเป็นผลรวมค่าสุดท้าย (Sum) และส่งออกค่าเหล่านี้ผ่าน Sigmoid Function โดยมีรูปแบบฟังก์ชัน $f(x)$ คือ $1/(1+e^{-x})$ ในชั้นซ่อนเร้น และส่งผลประมาณค่าไปยังชั้นข้อมูลผลลัพธ์

การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง ANNs พบว่า ปริมาณน้ำฝนรายปี โดยรวมแล้วมีค่าต่ำกว่า (Underestimate) ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริง มีค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันเริ่มสูงขึ้นในเดือนพฤษภาคม มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม ซึ่งได้รับอิทธิพลจากพายุโซนร้อน Mirinae เคลื่อนตัวเข้ามาปกคลุมภาคเหนือ รวมทั้งหย่อมความกดอากาศต่ำปกคลุมทางด้านตะวันตกของภาคเหนือร่วมด้วย ทำให้มีปริมาณน้ำฝนที่สูงมาก (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) และมีค่าค่อนข้างต่ำในช่วงเดือนสิงหาคม-ตุลาคม ซึ่งต่างจากปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริงที่มีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม ต่ำสุดในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม (Figure 9) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากร่องความกดอากาศต่ำกำลังแรงที่แผ่ลงมาจากประเทศจีนเกิดแนวปะทะอากาศ จึงทำให้ช่วงเดือนสิงหาคมมีโอกาสการเกิดฝนตกหนัก (Dobby, 1967) และมีความหนักเบาค่อนข้างสูง ส่งผลให้มีปริมาณน้ำฝนมาก ส่วนการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนพบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่า (Underestimate) ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริงเล็กน้อย โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายวันสูงสุดในเดือนกันยายน




(A) Annual (B) Wet Period

**Figure 9** Comparison between rainfall estimate and rainfall observe in annual and wet period.

การปรับแก้ความคลาดเคลื่อน พบว่า แบบจำลอง ANNs ที่ใช้ประมาณค่าปริมาณน้ำฝนรายปีและฤดูฝนในช่วงการเรียนรู้แบบจำลอง (Training) ของชุดข้อมูล ปี พ.ศ. 2557-2558 มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.9891 และ 0.9895 ตามลำดับ แต่พบว่าในการทดสอบแบบจำลอง (Testing) ของชุดข้อมูลปี พ.ศ. 2559 ระหว่างปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองและปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.42 และ 0.64 ตามลำดับ เนื่องจากเกิดการเรียนรู้มากเกินไป (Overfiting) แบบจำลองเรียนรู้รูปแบบของข้อมูลบางตัวที่มีลักษณะผิดปกติหรือข้อมูลที่มีสัญญาณรบกวน (Noisy Data) จึงทำให้โครงสร้างให้ผลลัพธ์ที่ดีในชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้ แต่ให้ผลลัพธ์ไม่ดีในข้อมูลสำหรับการทดสอบ เพราะชุดข้อมูลสำหรับการเรียนรู้มีแนวโน้มเริ่มลดลงและเริ่มคงที่ แต่ไม่ได้ให้แบบจำลองหยุดการเรียนรู้ (เสรี, 2544; โอม, 2550; นิรัติยา, 2551) เช่นเดียวกับ ฟาตา และปิยพงษ์ (2556) ที่ประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากแบบจำลอง ANN มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) สูงถึง 0.99 ในภาคตะวันออก เนื่องจากมีปริมาณข้อมูลที่น้อยเกินไป ซึ่งควรมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) อยู่ในช่วง 0.84 – 0.95 (Boger and Guterman, 1997)

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (Model Validation) โดยวิธี RMSE MAE และ PE พบว่า การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนบริเวณภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย มีความคลาดเคลื่อนในระดับปานกลาง ซึ่งถือว่าแบบจำลองสามารถประมาณค่าปริมาณน้ำฝนได้ใกล้เคียงกับค่าตรวจวัดจริง และสามารถใช้แบบจำลองได้ในระดับปานกลาง โดยในรายปีมีค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่าช่วงฤดูฝนเล็กน้อย มีค่า RMSE และ MAE และ PE เท่ากับ 7.96 10.3 และ 15.21 ตามลำดับ ส่วนช่วงฤดูฝนมีค่า RMSE MAE ต่ำกว่ารายปี เท่ากับ 7.57 และ 5.96 ตามลำดับ แต่มีค่า PE สูงกว่ารายปี เท่ากับ 36.17 ตามลำดับ ซึ่งถือเป็นความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ในทางอุตุนิยมวิทยา โดยมีค่า PE ไม่เกินร้อยละ 70 และไม่เกินร้อยละ 20 ที่เป็นเกณฑ์สูงสุด (ฟาตา, 2557; Kalnary, 2003) ทั้งนี้เนื่องจาก ช่วงฤดูฝนนั้นมีการตกของฝนและมีปริมาณเมฆที่ก่อตัวเป็นฝนมาก และฤดูฝนมีปัจจัยเสริมการเกิดฝนหลายปัจจัย เช่น ความชื้นในอากาศ แนวลมมรสุม กระบวนการควบแน่น ปริมาณฝุ่นละอองในอากาศ เป็นต้น จึงทำให้สมบัติของเมฆที่ได้จากภาพดาวเทียมมีผลต่อความสัมพันธ์ของแบบจำลอง ANN และทำให้การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนในช่วงฤดูฝนมีความสอดคล้องกับปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริงมากกว่ารายปี

## สรุป

ความผันแปรของปริมาณน้ำฝนและปัจจัยข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม MODIS/Aqua พบว่า ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2557 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1,231.31 มม. มีค่าสูงสุดในเดือนสิงหาคม เท่ากับ 270.91 มม. ส่วนปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,078.86 มม. มีค่าสูงสุดในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 193.52 มม. ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 30 ปี และปี พ.ศ. 2557 ความผันแปร ของ BT, CTP และ CTT มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันคือ มีค่าสูงในช่วงเดือนตุลาคม - เมษายน และมีค่าต่ำในช่วงเดือนพฤษภาคม – กันยายน ส่วน COT, CWP และCWV พบว่า มีค่าสูงในช่วงเดือนพฤษภาคม – ตุลาคม และมีค่าต่ำในช่วงเดือนพฤศจิกายน – เมษายน

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับสมบัติของเมฆจากภาพถ่ายดาวเทียม MODIS/Aqua ทั้ง 6 ปัจจัย ในรายปี พบว่า ปริมาณน้ำฝนกับ CTP มีความสัมพันธ์กันมากที่สุด มีค่า r เท่ากับ 0.90 รองลงมาคือ BT, CWP, CTT, CWV และ COT โดย มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.87, 0.86, 0.84, 0.84 และ 0.83 ตามลำดับ สำหรับฤดูฝน BT มีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนมากที่สุด โดยมีค่า r เท่ากับ 0.91 รองลงมาคือ COT, CWP, CTT, CTP และ CWV มีค่า r เท่ากับ 0.85, 0.82, 0.80, 0.79 และ 0.76 ตามลำดับ

การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมรายปีและช่วงฤดูฝน พบว่า แบบจำลองมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าปริมาณน้ำฝนได้ในระดับปานกลาง โดยมีค่า r เท่ากับ 0.99และ 0.99 ตามลำดับ และตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง พบว่า ปริมาณน้ำฝนที่ได้จากแบบจำลองมีค่าต่ำกว่า (Underestimation) ปริมาณน้ำฝนตรวจวัดจริง มีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในระดับปานกลาง โดยแบบจำลองรายปีมีค่าความคลาดเคลื่อนวิธี RMSE เท่ากับ 7.96 MAE เท่ากับ 10.3 และ PE เท่ากับ 15.21 ส่วนแบบจำลองในช่วงฤดูฝนมีค่า RMSE เท่ากับ 7.57 MAE เท่ากับ 5.96 และ PE เท่ากับ 36.17

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กนกกร สุขสบาย และกาญจนา นาคะภากร. 2557. การตรวจวัดพื้นที่เกิดไฟป่าด้วยช่วงคลื่นเทอร์มอลอินฟราเรด ของภาพดาวเทียมแลนด์เซต กรณีศึกษาอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 22 (4): 462-473.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2553. **General Metorogy**. แหล่งที่มา: http://hydro-1.net/08HYDRO/HD-10/102/General% 20Metorogy.pdf, 25 เมษายน 2560.

_____. 2558. **รายงานอุตุนิยมวิทยาเกษตร มกราคม 2558.** 19 หน้า.

_____. 2559. **รายงานอุตุนิยมวิทยาเกษตร กรกฎาคม 2559.** 26 หน้า.

จงกลนี วาณิชย์เสริมกุล. 2528. **การใช้ภาพถ่ายดาวเทียมอุตุนิยมวิทยาศึกษาทิศทางการเคลื่อนตัวและผลกระทบของพายุหมุนเขตร้อนในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จตุพร ผดุงกาญจน์. 2555. **ผลของปรากฏการณ์เอลนีโญและลานีญาต่อปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิอากาศและปริมาณน้ำท่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แตงเชิญ และคลองยัน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชลาลัย แจ่มผล. 2558. ปรากฏการณ์เอลนีโญ 2558/59. **วารสารอุตุนิยมวิทยา** 15 (3): 1-5.

ทวี ชัยพิมลผลิน. 2557. บทบาทของแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับงานวิจัยทางด้านภูมิศาสตร์ในประเทศไทย. **วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ** 17: 315-327.

นิรัติยา ใจเสียง. 2551. **การจำแนกสายพันธ์ข้าวจากองค์ประกอบสาระเหยในเมล็ดข้าวโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พงษ์ศักดิ์ อยู่หุ่น. 2545. **ความชื้น อุณหภูมิ และความเสถียรของบรรยากาศ**. แหล่งที่มา: http://conf.agi.nu.ac.th/webnewasp/ereading/101302/04.pdf, 29 เมษายน 2560.

เพ็ญพร นิ่มนวล. 2552. **การพัฒนาแบบจำลองสำหรับคำนวณปริมาณฝนจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมสำหรับประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ฟาตา มรรษทวี. 2557. **การประยุกต์ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมและภาพถ่ายดาวเทียม FY-2E ในการประเมินค่าปริมาณน้ำฝนในประเทศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. และปิยพงษ์ ทองดีนอก. 2556. การประมาณค่าปริมาณน้ำฝนโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียม FY-2E และแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมในประเทศไทย. **วารสารวนศาสตร์** 32 (พิเศษ): 238-247.

สุรัตน์ กำแพงแก้ว, ศิรินทรา อินทร์ถนอม, เสาวนีย์ ศรีชาย และวรธันย์ วิชาคุณ. 2556. การศึกษาข้อมูลสถิติการปกคลุมของเมฆในประเทศไทย. *ใน* **รายงานการประชุมวิชาการเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2556 ครั้งที่ 12**. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), นนทบุรี.

เสรี ศุภราทิตย์. 2544. **คู่มือการพยากรณ์น้ำโดยโครงข่ายประสาทเทียม**. สถาบันพัฒนาการชลประทาน, นนทบุรี.

หทัย เพลงวัฒนา. 2558. **เมฆและการเกิดเมฆ.** แหล่งที่มา: http://earthscience.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/19/2015/04, 19 เมษายน 2560.

โอม ไทย. 2550. **การประยุกต์แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการประเมินน้ำท่าในลุ่มน้ำย่อยของลุ่มน้ำปิงตอนบนที่ไม่มีสถานีวัดน้ำท่า.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Barnston, A. G. 1992. Correspondence among the correlation, RMSE, and Heidke forecast verification measures; Refinement of the Heidke Score. **Journal of Cell Science** 7: 699-709.

Boger, Z. and H. Guterman. 1997. **Knowledge Extraction from Artificial Neural Network Models**. IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference. Orlando, Florida.

Dobby, E. H. G. 1967. **Southeast Asia**. Hazell Watson & Winey Ltd, London.

Herman, A., V.B. Kumar, P.A. Arkin and J.V. Kousky. 1997. Objectively determined 10-day African rainfall estimates created for famine early warning systems. **Int. J. Rem.** 18 (10): 2147-2159.

National Aeronautics and Space Administration (NASA). 2014. **MODIS.** Available Source: https://modis.gsfc.nasa.gov/data, April 8, 2018.

Kalnary, E. 2003. **Atmospheric Modeling Data Assimilation and Predictability**. CambridgeUniversity Press, Cambridge.

Kniffka A., M. Stengel, M. Lockhoff, R. Bennartz and R. Hollmann. 2014. Characteristics of cloud liquid water path from SEVIRI onboard the Meteosat Second Generation 2 satellite for several cloud types. **Atmos. Meas. Tech.** 7 (4): 887–905.

Seiki, T. and T. Nakajima. 2014. Aerosol effects of the condensation process on a convective cloud simulation. **J. Atmos. Sci.** 71 (2): 833–853.

Willmott, C. J. and K. Matsuura. 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. **Journal of Climate Research** 30 (1): 79-82.

World Meteorological Organization (WMO). 2015. **El Nino/La Nina Update**. Available Source: http://www.wmo.int/pages/prog/wcp/wcasp/documents/WMO_ENSO_Nov15_Eng.pdf, April 16, 2017.

_____. 2017. **Optical Thickness**. Available Source: https://cloudatlas.wmo.int/optical-thickness.html, May 2, 2017.

นิพนธ์ต้นฉบับ

# มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าที่สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จังหวัดสุรินทร์

# Non-timber Forest Products Utilization Value at Nong Khoo Sivicultural Research Station, Surin Province

**ฐานันดร เพชรดี[1,2]** **Thanandorn Petchdee[1,2]**

**สันติ สุขสอาด[1*]** **Santi Suksard[1*]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักการอนุญาต กรมป่าไม้ ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพ 10900
Permission Bureau, Royal Forest Department, Ladyao, Chatuchak, Bangkok 10900
*Corresponding Author, E-mail: fforsss@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 7 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 8 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

The objectives of this study were socio-economic conditions and general information, the amount of non-timber forest products utilization, the value of non-timber forest products utilization, the processing and value added to non-timber forest products for commercial purposes of the villagers who lived in their communities nearby Nong Khoo Research Station. This research also studied about market trade of non-timber forest products at the Sonsongbai local community market. There were 3 sets of designed questionnaire for data collecting from 2 groups of 1) 300 households lived in their communities nearby Nong Khoo Research Station 2) and 4 main traders at Sonsongbai local community market. Statistical analysis were descriptive and quantitative such as frequency, percentage, minimum, maximum and mean.

The result of this study indicated that 73.00 percent of the sample villagers were female with their average age was 51.67 years, 49.33 percent graduated primary school and their major occupation were farmer of 57.33 percent. Average annual household income was 139,825.67 baht and 80.33 percent indebtedness. The average size of their landholding was 9.73 rai. They had received information about forest resources of 66.00 percent. Those who had knowledge about forest law related to non-timber forest products gathered in the national reserved forest at the high level of 54.33 percent. There were 11 types of non-timber forest products being gathered: firewood, bamboo, bamboo shoots, forest fruits, forest vegetables, mushroom, insects and products from insects, resin and gum, small animals and herbs. The total net annual value of their gathered was 4,393,714.09 baht, an average annual household income was 14,645.71 baht. Processing of non-timber forest products for commercial purpose had firewood processing to be charcoal and

sold for their family income. While forest product traders at Sonsongbai local community market were mainly operated on their own between 8.00 am to 5.00 pm. The non-timber forest products had sold consist of 41 categories for all seasonal.

**Keywords**: value, non-timber forest products, Nong Khoo sivicultural research station

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไป ปริมาณการใช้ประโยชน์ของป่า มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า การแปรรูปของป่าเพื่อการค้าของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู และศึกษาการตลาดของการค้าของป่าที่ตลาดชุมชนสนสองใบ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ทั้งหมด 3 ชุด เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) ราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จำนวน 300 ครัวเรือน และ 2) ผู้ประกอบการค้าของป่าที่ตลาดชุมชนสนสองใบ จำนวน 4 ราย และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในเชิงพรรณนาโดยใช้ค่าสถิติอย่างง่าย ได้แก่ ความถี่ ค่าร้อยละ ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และค่าเฉลี่ย

ผลการศึกษาพบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 73.00 มีอายุเฉลี่ย 51.67 ปี จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 49.33 มีอาชีพหลักเกษตรกรรม ร้อยละ 57.33 มีรายได้เฉลี่ย 139,825.67 บาท/ปี/ครัวเรือน และมีหนี้สิน ร้อยละ 80.33 มีที่ดินถือครองเฉลี่ย 9.73 ไร่ เคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ ร้อยละ 66.00 มีความรู้เกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ว่าด้วยการเก็บหาของป่าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 54.33 มีการเก็บหาของป่ามาใช้ประโยชน์ทั้งสิ้น 11 ประเภท ได้แก่ ไม้ฟืน ไม้ไผ่ หน่อไม้ ผลไม้ป่า พืชผักป่า เห็ด พืชกินหัว แมลงและผลผลิตจากแมลง ชันและยางไม้ สัตว์ขนาดเล็ก และสมุนไพร มีมูลค่าสุทธิทั้งหมดเท่ากับ 4,393,714.09 บาท/ปี เฉลี่ยต่อครัวเรือนละ 14,645.71 บาท/ปี การแปรรูปของป่าเพื่อการค้า พบว่า ราษฎรมีการนำไม้ฟืนที่เก็บหาได้มาแปรรูปเป็นถ่านไม้ เพื่อจำหน่าย ทำเป็นอุตสาหกรรมภายในครัวเรือน และในส่วนของผู้ประกอบการค้าของป่าที่ตลาดชุมชนสนสองใบส่วนใหญ่ประกอบกิจการคนเดียว ขายตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ของป่าที่นำมาจำหน่ายมีทั้งหมด 41 รายการ เป็นของป่าที่ออกตามฤดูกาล

**คำสำคัญ**: มูลค่า ของป่า สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู

## คำนำ

ปัจจุบันการเก็บหาของป่า (non-timber forest products: NTFPs) ของราษฎรเป็นเรื่องที่ยากลำบาก เนื่องจากมีการบังคับใช้กฎหมายที่เข้มงวด โดยเฉพาะในหลายพื้นที่ที่มิใช่ป่าชุมชน มักประสบปัญหา ความขัดแย้งระหว่างภาครัฐกับภาคประชาชน เมื่อความต้องการของราษฎรกับการทำงานของเจ้าหน้าที่ของรัฐสวนทางกัน ส่งผลให้เกิดปัญหาการบุกรุกป่าเพื่อขยายพื้นที่ทำกิน การลักลอบล่าสัตว์ป่า หรือแม้กระทั่งการเก็บหาของป่าโดยมิได้รับอนุญาต ทั้งนี้ยังมีพื้นที่ป่าที่มีระบบการจัดการป่าไม้ภายใต้หลักการการมีส่วนร่วมระหว่างภาครัฐกับภาคประชาชน โดยเปิดโอกาสให้ราษฎรสามารถเข้าไปเก็บหาของป่าได้โดยมีการกำหนดกฎกติกาภายใต้กรอบกฎหมาย ซึ่งกำหนดโดยเจ้าหน้าที่ของรัฐ ผู้นำชุมชน และการรวมกลุ่มของราษฎรในพื้นที่ เพื่อการบริหารจัดการให้มีการใช้ประโยชน์จากป่าได้อย่างยั่งยืน

สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จังหวัดสุรินทร์ ตั้งอยู่บนพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าฝั่งซ้ายห้วยกำโพด และ

ป่าสงวนแห่งชาติ ป่าฝั่งซ้ายห้วยทับทัน แปลงที่ 1 ภายใต้การดำเนินงานของกรมป่าไม้ (กรมป่าไม้, 2556) เป็นพื้นที่ตัวอย่างที่เปิดโอกาสให้ราษฎรสามารถเข้าไปใช้ประโยชน์จากการเก็บหาของป่าเพื่อการดำรงชีพและสร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือน โดยมีการกำหนดกฎกติกาภายใต้กรอบกฎหมาย ที่เป็นข้อตกลงระหว่างหัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู ผู้นำชุมชน และราษฎรในพื้นที่ ซึ่งผลผลิตของป่าที่นำมาใช้ประโยชน์มีหลากหลายชนิด และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันไป บริเวณของพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู ที่ติดกับถนนสายสุรินทร์ – สังขะ เป็นที่ตั้งของตลาดชุมชน มีการจัดจำหน่ายของป่าที่ราษฎรเก็บหาได้จากสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู รวมถึงจากพื้นที่ใกล้เคียง มีการบริหารจัดการโดยคณะกรรมการตลาดชุมชน ในอดีตตลาดค้าของป่าจะตั้งอยู่บริเวณไหล่ทาง ส่งผลให้ การสัญจรไปมาของรถในบริเวณดังกล่าวติดขัดและมักเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง ภายหลังจึงได้รับความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่จากหัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู ให้ย้ายตลาดมาอยู่ในบริเวณดังกล่าวจวบจนปัจจุบัน (จส.100, 2560) จากที่กล่าวมาของป่ามีบทบาทกับการใช้ชีวิตของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไป ปริมาณการใช้ประโยชน์และมูลค่าการใช้ประโยชน์ของของป่า การแปรรูปของป่าเพื่อการค้าของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จังหวัดสุรินทร์ และเพื่อศึกษาการตลาดของการค้าของป่าที่ตลาดชุมชนสนสองใบ ตำบลทับทัน อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ ทั้งนี้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผน บริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ให้มีความเหมาะสมเพียงพอต่อความต้องการของราษฎร และราษฎรสามารถนำของป่ามาใช้ประโยชน์ได้อย่างยั่งยืน ตลอดจนทำให้ราษฎรได้ตระหนักถึงคุณค่าและความสำคัญของป่าที่มีต่อการรักษาสมดุลทางระบบนิเวศธรรมชาติและการดำรงชีพของราษฎร

## อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ประกอบด้วย แบบสัมภาษณ์ กระดาษและอุปกรณ์เครื่องเขียน เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมอุปกรณ์ต่อพ่วง กล้องถ่ายรูป และเครื่องมือสื่อสาร

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ทำการศึกษาข้อมูลทุติยภูมิ (secondary data) โดยศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์และการใช้ประโยชน์จากของป่า รวมถึงทำการสำรวจสภาพพื้นที่และเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานโดยทั่วไป เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง โดยค้นคว้าจากเอกสารทางวิชาการ รวมถึงจากการสอบถามจากเจ้าหน้าที่ของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ใหญ่บ้าน คณะกรรมการตลาดชุมชน เป็นต้น

2. ข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) ได้จากการใช้แบบสัมภาษณ์ทั้งหมด 3 ชุด ที่ผ่านการตรวจความเหมาะสมของเนื้อหา และตรวจแก้ไขความเที่ยงตรงในเนื้อหาแล้ว มาใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล แบบสัมภาษณ์มี 3 ชุด ดังนี้ ชุดที่ 1 ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสภาพเศรษฐกิจและสังคม ข้อมูลปริมาณการใช้ประโยชน์ของป่าและมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า ชุดที่ 2 ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการแปรรูปของป่าเพื่อการค้า และชุดที่ 3 ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลการตลาดของการค้าของป่าที่ตลาดชุมชนสนสองใบ

### ขนาดของประชากรและการสุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรและการสุ่มตัวอย่างของราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จังหวัดสุรินทร์ รวม 8 ชุมชน ได้แก่ ชุมชนบ้านหนองคู ชุมชนบ้านโคกกระโดน ชุมชนบ้านตาโปง ชุมชนบ้านสหมิตร ชุมชนบ้านโคกยาง ชุมชนบ้านกระทม ชุมชนบ้านเลิศอรุณ และ ชุมชนบ้านขามพัฒนา เพื่อเก็บแบบสัมภาษณ์ชุดที่ 1 พบว่า มีจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่จริงรวม 1,038 ครัวเรือน (ข้อมูลจากการสัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้าน) ทำการคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม

โดยใช้หน่วยวิเคราะห์ระดับครัวเรือน ใช้สูตรของ Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างเท่ากับ 0.05 ได้ขนาดตัวอย่างในการศึกษา จำนวน 289 ครัวเรือน แต่ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างทั้งหมด 300 ครัวเรือน จากนั้นคำนวณหาจำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่ต้องการศึกษาในแต่ละชุมชน โดยใช้สูตรการกระจายตามสัดส่วน (proportional allocation) ได้จำนวนครัวเรือนที่ศึกษาแยกตามรายชื่อชุมชนดังนี้ 1) ชุมชนบ้านหนองคู จำนวน 33 ครัวเรือน 2) ชุมชนบ้านโคกกระโดน จำนวน 43 ครัวเรือน 3) ชุมชนบ้านตาโปงจำนวน 29 ครัวเรือน 4) ชุมชนบ้านสหมิตร 23 ครัวเรือน 5) ชุมชนบ้านโคกยาง จำนวน 14 ครัวเรือน 6) ชุมชนบ้านกระทม จำนวน 39 ครัวเรือน 7) ชุมชนบ้านเลิศอรุณ จำนวน 53 ครัวเรือน และ 8) ชุมชนบ้านขามพัฒนา จำนวน 66 ครัวเรือน เมื่อได้จำนวนครัวเรือนตัวอย่างที่ต้องการในแต่ละชุมชนแล้ว ผู้วิจัยจะสุ่มเลือกครัวเรือนที่จะสัมภาษณ์ด้วยวิธีการสุ่มแบบชั้นภูมิ (stratified random sampling) โดยการจับฉลากตามเลขที่บ้าน

2. ประชากรและการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการเก็บแบบสัมภาษณ์ชุดที่ 2 ทำการสัมภาษณ์ราษฎรกลุ่มตัวอย่างทุกรายที่ระบุว่ามีการแปรรูปของป่าเพื่อการค้าในแบบสัมภาษณ์ชุดที่ 1

3. ประชากรและการสุ่มตัวอย่างเพื่อทำการเก็บแบบสัมภาษณ์ชุดที่ 3 ทำการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการจำนวน 4 ราย ที่เป็นผู้ค้าประจำ จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นของตลาดชุมชนสนสองใบ

### การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพรรณนา (descriptive analysis) เป็นการอธิบายถึงสภาพทั่วไปด้านเศรษฐกิจและสังคม การใช้ประโยชน์ของป่า การแปรรูปของป่าและการค้าของป่า และการตลาดของการค้าของป่า โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติอย่างง่าย เช่น ค่าความถี่ (frequency) ค่าร้อยละ (percent) ค่าเฉลี่ย (average) ค่าสูงสุด (maximum) และค่าต่ำสุด (minimum)

2. การประเมินมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่าใช้มูลค่าตลาดในการประเมินค่าอยู่ในรูปของ “มูลค่าสุทธิ” (สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และ ศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์, 2541); (เจนจิรา และ สันติ, 2557) โดยมีรายละเอียดดังนี้

มูลค่าสุทธิ = มูลค่าของป่าที่หามาได้ – ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด

มูลค่าของป่าที่หามาได้ = (ปริมาณของป่าที่ใช้บริโภคในครัวเรือน × ราคาตลาด) + (ปริมาณของป่าที่ขาย × ราคาขาย)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมด = ค่าใช้จ่ายในการให้ได้มาซึ่งของป่าทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน + ค่าใช้จ่ายในการขายของป่าทั้งที่เป็นตัวเงินและไม่เป็นตัวเงิน

ค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงินและค่าใช้จ่ายที่ไม่เป็นตัวเงิน เป็นค่าใช้จ่ายที่จะต้องรวมเข้าในการประเมินมูลค่าสุทธิของมูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า สำหรับค่าใช้จ่ายที่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าจ้างแรงงาน (300 บาท/วัน) และค่าใช้จ่ายที่ไม่เป็นตัวเงิน ได้แก่ ค่าเสียโอกาสของราษฎรในครัวเรือน และค่าสึกหรอของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ ในส่วนของค่าสึกหรอของเครื่องมือหรืออุปกรณ์จะคิดในรูปของค่าสึกหรอของเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่อวัน (วุฒิพล, 2557)

## ผลและวิจารณ์

### ข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และข้อมูลทั่วไป

จากการศึกษาข้อมูลทางด้านเศรษฐกิจและสังคมและข้อมูลทั่วไปของราษฎรกลุ่มตัวอย่าง มีรายละเอียดดังนี้

เพศของราษฎร พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย กล่าวคือ เป็นเพศหญิง ร้อยละ 73.00 และเป็นเพศชาย ร้อยละ 27.00

อายุ พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างมีอายุเฉลี่ย 51.67 ปี โดยคนที่มีอายุมากที่สุด คือ 89 ปี และอายุน้อยที่สุด คือ 18 ปี ซึ่งช่วงอายุของราษฎรที่พบมากที่สุด คือ 51-60 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.33 รองลงมาคือ

ช่วงอายุมากกว่า 60 ปี, 41-50 ปี, 31-40 ปี และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 23.67, 23.67, 12.67 และ 7.67 ตามลำดับ

ระดับการศึกษา พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษา คิดเป็นร้อยละ 49.33 รองลงมาคือ ไม่ได้รับการศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช. ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ระดับปริญญาตรี ระดับอนุปริญญา/ปวส. และระดับปริญญาโท คิดเป็นร้อยละ 24.00, 14.00, 9.67, 2.00, 0.67 และ 0.33 ตามลำดับ

อาชีพหลัก พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม คิดเป็นร้อยละ 57.33 รองลงมาประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป อาชีพอื่น ๆ (แม่บ้าน เก็บของเก่า ขับรถรับจ้าง เย็บผ้า พนักงานบริษัท) อาชีพค้าขาย และข้าราชการ คิดเป็นร้อยละ 19.00, 11.00, 9.00 และ 3.67 ตามลำดับ

อาชีพรอง พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 57.33 มีอาชีพรอง และร้อยละ 42.67 ไม่มีอาชีพรอง

จำนวนสมาชิกในครัวเรือน พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างมีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4.25 คน โดยมีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมากที่สุด คือ 12 คน และน้อยที่สุด คือ 1 คน จำนวนสมาชิกในครัวเรือนที่พบมากที่สุด คือ 1-5 คน คิดเป็น ร้อยละ 75.00 รองลงมามีจำนวนสมาชิกในครัวเรือน 6-10 คน และตั้งแต่ 11 คน ขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 24.67 และ 0.33 ตามลำดับ

รายได้ในครัวเรือน พบว่า ครัวเรือนของราษฎรกลุ่มตัวอย่างมีรายได้เฉลี่ย 139,825.67 บาท/ปี โดยมีรายได้สูงสุด 1,344,000 บาท/ปี และรายได้ต่ำสุด 11,100 บาท/ปี โดยส่วนใหญ่มีรายได้ในครัวเรือนน้อยกว่า 100,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 53.33 รองลงมามีรายได้ในครัวเรือน 100,000 -200,000 บาท/ปี และมากกว่า 200,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 30.00 และ 16.67 ตามลำดับ

รายจ่ายในครัวเรือน พบว่า ครัวเรือนของราษฎรกลุ่มตัวอย่างมีรายจ่ายเฉลี่ย 103,881.85 บาท/ปี โดยมีรายจ่ายสูงสุด 1,200,000 บาท/ปี และรายจ่ายต่ำสุด 8,660 บาท/ปี โดยส่วนใหญ่มีรายจ่ายในครัวเรือนน้อยกว่า 100,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 90.00 รองลงมามีรายจ่ายในครัวเรือน 100,000-200,000 บาท/ปี และมากกว่า 200,000 บาท/ปี คิดเป็นร้อยละ 7.00 และ 3.00 ตามลำดับ

สภาวะทางการเงิน พบว่า ครัวเรือนของราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีหนี้สิน คิดเป็นร้อยละ 80.33 โดยทำการกู้ยืมจากกองทุนหมู่บ้าน และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร รองลงมารายได้พอดีกับรายจ่าย และมีเงินออม คิดเป็นร้อยละ 10.00 และ 9.67 ตามลำดับ

การถือครองที่ดิน พบว่า ครัวเรือนของราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีที่ดินเป็นของตนเอง คิดร้อยละ 98.67 โดยมีที่ดินถือครองเฉลี่ย 9.73 ไร่ มากที่สุด 46 ไร่ และน้อยที่สุด 0.125 ไร่ ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีที่ดิน 1-10 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.00 รองลงมามีที่ดินมากกว่า 10 ไร่ และมีน้อยกว่า 1 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 33.00 และ 15.67 ตามลำดับ และมีเพียงร้อยละ 1.33 ที่ไม่มีที่ดินถือครองเป็นของตนเอง

การรับรู้ข้อมูลข่าวสารความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ ร้อยละ 66.00 เคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ โดยรับข้อมูลข่าวสารผ่านหลายช่องทาง ได้แก่ เจ้าหน้าที่ป่าไม้ (สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู และวนอุทยานป่าสนหนองคู) ผู้นำชุมชน เพื่อนบ้าน โทรทัศน์ วิทยุ อินเตอร์เน็ต และหนังสือ และที่ไม่เคยได้รับข้อมูลข่าวสารความรู้เกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ คิดเป็นร้อยละ 34.00

ความรู้เกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ว่าด้วยการเก็บหาของป่าในพื้นที่ป่าสงวน พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนความรู้เกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ว่าด้วยการเก็บหาของป่าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติเฉลี่ย 7.53 คะแนน สูงสุด 10 คะแนน และต่ำสุด 3 คะแนน โดยราษฎรกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้ อยู่ในระดับสูง (8-10 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 54.33 รองลงมามีความความรู้

อยู่ในระดับปานกลาง (5-7 คะแนน) และอยู่ในระดับต่ำ (2-4 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 44.00 และ 1.67 ตามลำดับ

## ประเภท ปริมาณ และมูลค่าของป่าที่เก็บหา

จากการศึกษาพบว่าราษฎรมีการเก็บหาของป่ามาใช้ประโยชน์ทั้งสิ้น 11 ประเภท มีรายละเอียดดังนี้

**ไม้ฟืน** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 35.00 มีการเก็บหามาไม้ฟืนมีปริมาณทั้งหมด 1,322.57 ลบ.ม./ปี แบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 815.06 ลบ.ม./ปี และเพื่อจำหน่าย 507.51 ลบ.ม./ปี มีมูลค่า 846,444.16 บาท/ปี ชนิดไม้ที่ทำฟืน ได้แก่ ไม้อะราง ไม้ยางกราด ไม้กันเกรา ไม้กระถินณรงค์ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้หางนกยูงฝรั่ง ไม้กระบาก ไม้ลำดวน ไม้สะเดา ไม้พลับพลา ไม้แดง ไม้มะพอก ไม้มะค่าแต้ และไม้กระบก โดยสามารถเก็บหาไม้ฟืนได้ตลอดทั้งปี

**ไม้ไผ่** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 9.00 มีการเก็บหาไม้ไผ่ มีปริมาณทั้งหมด 229 ลำ/ปี เพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนเพียงอย่างเดียว มีมูลค่า 3,435.00 บาท/ปี ชนิดของไม้ไผ่ที่เก็บหา ได้แก่ ไม้ไผ่รวก และไม้ไผ่ป่า โดยสามารถเก็บหาไม้ไผ่ได้ตลอดปี

**หน่อไม้** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 23.33 มีการเก็บหาหน่อไม้มีปริมาณทั้งหมด 1,237.30 กก./ปี เพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนเพียงอย่างเดียว มีมูลค่า 49,492.00 บาท/ปี ชนิดของหน่อไม้ที่เก็บหา ได้แก่ หน่อไม้ไผ่ป่า และหน่อไม้ไผ่รวก โดยสามารถเก็บหาหน่อไม้ได้ในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง สิงหาคม

**ผลไม้ป่า** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 49.67 มีการเก็บหาผลไม้ป่ามีปริมาณทั้งหมด 34,501.08 กก./ปี แบ่งเป็นเพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 7,77.08 กก./ปี และเพื่อจำหน่าย 27,024.00 กก./ปี มีมูลค่า 1,380,043.20 บาท/ปี ชนิดของผลไม้ป่าที่เก็บ ได้แก่ ลูกคุย ลูกลำดวน ลูกนมควาย ลูกพะวา ลูกเงาะป่า คอแลน ลูกองุ่นป่า ลูกหว้า และมะหวด โดยสามารถเก็บหาผลไม้ป่าได้ช่วงเดือน มีนาคม ถึง ตุลาคม

**พืชผักป่า** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 43.33 มีการเก็บหาพืชผักป่า มีปริมาณทั้งหมด 4,059.00 กก./ปี แบ่งเป็นเพื่อประโยชน์ในครัวเรือน 3,523.00 กก./ปี และเพื่อจำหน่าย 536.00 กก./ปี มีมูลค่า 101,475.00 บาท/ปี ชนิดของพืชผักป่าที่เก็บหา ได้แก่ ผักกะแยง ผักเม็ก ผักติ้ว ผักสะเดา ใบชะมวง ใบบัวบก ผักกระโดน ผักถ่อน ดอกกระเจียวขาว ผักกุ่ม ผักอีฮีน ผักแว่น ผักอีทก ผักเฉือง ผักหวานป่า และผักอีนูน โดยสามารถเก็บหาพืชผักป่าได้ตลอดทั้งปี

**เห็ด** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 63.67 มีการเก็บหาเห็ด มีปริมาณทั้งหมด 32,646.08 กก./ปี แบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 16,200.38 กก./ปี และเพื่อจำหน่าย 16,445.70 กก./ปี มีมูลค่า 4,843,564.00 บาท/ปี ชนิดเห็ดที่เก็บหา ได้แก่ เห็ดระโงก (เห็ดระโงกแดง เหลือง และขาว) เห็ดเผาะ เห็ดผึ้งหวาน เห็ดผึ้งข้าว เห็ดผึ้งขม (ผึ้งยูคา) เห็ดถ่าน (เห็ดถ่านเล็กและใหญ่) เห็ดน้ำแป้ง เห็ดหน้าม่วง เห็ดโคน เห็ดเห็ดแดง เห็ดผึ้งนกยูง เห็ดตะไคล (เห็ดตะไคลขาวและเขียว) เห็ดหน้าเขียว เห็ดทราย เห็ดเกลือ เห็ดหน้าวัว และเห็ดปลวกไก่น้อย โดยสามารถเก็บหาเห็ดได้ในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง กลางเดือนตุลาคม

**พืชกินหัว** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 19.33 มีการเก็บหาพืชกินหัว มีปริมาณทั้งหมด 3,188.00 กก./ปี แบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 2,596.00 กก./ปี และเพื่อจำหน่าย 592.00 กก./ปี มีมูลค่า 158,484.00 บาท/ปี ชนิดพืชกินหัวที่เก็บหา ได้แก่ มันราก มันนก มันน้ำ และมันอีเดาะ โดยสามารถเก็บหาพืชกินหัวได้ในช่วงเดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม

**แมลงและผลผลิตจากแมลง** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 17.33 มีการเก็บหาแมลงและผลผลิตจากแมลง มีปริมาณทั้งหมด 1,116.00 กก./ปี แบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 389.00 กก./ปี และเพื่อจำหน่าย 727.00 กก./ปี มีมูลค่า 193,171.00 บาท/ปี ชนิดแมลงและผลผลิตจากแมลงที่เก็บหา ได้แก่ จิ้งโกร่ง แมงอีนูนใหญ่ แมงอีนูนเล็ก จิ้งหรีด ไข่มดแดง และแมงกระชอน โดยสามารถเก็บหาแมลงและผลผลิตจากแมลงได้ในช่วงเดือน มีนาคม ถึง มิถุนายน และกันยายน ถึง พฤศจิกายน

**ชันและยางไม้** พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 3.67 มีการเก็บหาชันและยางไม้ มีปริมาณทั้งหมด

197.20 กก./ปี เพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนเพียงอย่างเดียว มีมูลค่า 39,440.00 บาท/ปี ชนิดชันและยางไม้ที่เก็บหา ได้แก่ ไม้เกี๊ยะ (แก่นสนสองใบ) และขี้ไต้น้ำมันยางนา โดยสามารถเก็บหาชันและยางไม้ได้ตลอดปี

สัตว์ขนาดเล็ก พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 20.33 มีการจับสัตว์ขนาดเล็ก มีปริมาณทั้งหมด 3,291.79 กก./ปี แบ่งเป็นใช้ประโยชน์ในครัวเรือน 2,086.29 กก./ปี และเพื่อจำหน่าย 1,205.50 กก./ปี มีมูลค่า 430,470.80 บาท/ปี ชนิดสัตว์ขนาดเล็กที่หา ได้แก่ อึ่งอ่าง กบ และเขียด โดยสามารถหาสัตว์ขนาดเล็กได้ในช่วงเดือน พฤษภาคม ถึง กรกฎาคม

สมุนไพร พบว่า ราษฎรกลุ่มตัวอย่าง ร้อยละ 12.00 มีการเก็บหาสมุนไพร มีปริมาณทั้งหมด 279.60 กก./ปี เพื่อใช้ประโยชน์ในครัวเรือนเพียงเท่านั้น มีมูลค่า 36,670.00 บาท/ปี ชนิดสมุนไพรที่เก็บหา ได้แก่ หญ้ารีแพร์ ข่าต้น รากหวายขม เปลือกกระบก เปลือกพลับพลา ไมยราบ หญ้าพันงูขาว ใบย่านาง ปลาไหลเผือก กรุงเขมา รากลำดวน หญ้าแพรก รากหญ้าคา และรางจืด โดยสามารถเก็บหาสมุนไพรได้ตลอดทั้งปี

มูลค่าของป่าทั้ง 11 ประเภท ที่หามาได้ของราษฎรกลุ่มตัวอย่าง มีมูลค่าทั้งหมด 8,082,689.16 บาท/ปี

## มูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่า

มูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่าของราษฎรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 4,393,714.09 บาท/ปี หรือ 14,645.71 บาท/ปี/ครัวเรือน โดยคิดเป็นร้อยละ 10.47 ของรายได้เฉลี่ยรายปีต่อครัวเรือน โดยเห็ดมีมูลค่าสุทธิสูงสุด 3,438,919.01 บาท/ปี หรือคิดเป็น 11,463.06 บาท/ปี/ครัวเรือน และไม้ฟืนมีมูลค่าสุทธิต่ำสุด -659.95 บาท/ปี หรือคิดเป็น -1,752.73 บาท/ปี/ครัวเรือน โดยสาเหตุที่มีมูลค่าสุทธิติดลบเนื่องจากราษฎรสามารถเก็บหาไม้ฟืนได้เฉพาะไม้ที่แห้งตายเองตามธรรมชาติเท่านั้น จึงทำให้ปริมาณไม้ฟืนที่ราษฎรสามารถเก็บหาได้ต่อครั้งมีปริมาณน้อย และต้องใช้ระยะเวลาในการเก็บหานานกว่าจะได้ในปริมาณที่ต้องการ โดยมูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่าแต่ละชนิดสามารถได้ดัง Table 1 ทั้งนี้ เมื่อคิดมูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่าของประชากรในพื้นที่ศึกษาทั้ง 8 ชุมชน เท่ากับ 15,202,246.98 บาท/ปี

**Table 1** Net value of NTFPs utilization by the people.

| Type of NTFPs | Value of gathered NTFPs yearly (baht/year) | Cost of NTFPs gathering for utilization (baht/year) | Net value of NTFPs utilization (baht/year) | Net value of NTFPs utilization per household (baht/year) |
|---|---|---|---|---|
| - Firewood | 846,444.16 | 1,044,430.35 | -197,986.19 | -659.95 |
| - Bamboo | 3,435.00 | 3,524.78 | -89.78 | -0.30 |
| - Bamboo shoot | 49,492.00 | 21,124.05 | 28,367.95 | 94.56 |
| - Forest fruits | 1,380,043.20 | 729,405.45 | 650,637.75 | 2,168.79 |
| - Forest vegetables | 101,475.00 | 75,149.92 | 26,325.08 | 87.75 |
| - Mushroom | 4,843,564.00 | 1,404,644.99 | 3,438,919.01 | 11,463.06 |
| - Tuber crops | 158,484.00 | 117,387.90 | 41,096.10 | 136.99 |
| - Insects and products from insects | 193,171.00 | 142,329.90 | 50,841.10 | 169.47 |
| - Small wild animals | 430,470.80 | 129,142.85 | 301,327.95 | 1,004.43 |
| - Herbs | 36,670.00 | 19,728.29 | 16,941.71 | 56.47 |
| - Resin and gum | 39,440.00 | 2,106.59 | 37,333.41 | 124.44 |
| **Total** | 8,082,689.16 | 3,688,975.07 | 4,393,714.09 | 14,645.71 |

**ข้อมูลการแปรรูปของป่าเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อการค้า**

ราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จำนวน 20 ครัวเรือน มีการแปรรูปไม้ฟืนเป็นถ่านเพื่อการค้าเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน โดยราษฎรได้เรียนรู้วิธีการเผาถ่านมาจากบรรพบุรุษของตน เงินลงทุนเริ่มต้นเฉลี่ยครัวเรือนละประมาณ 3,100 บาท โดยเป็นค่าอุปกรณ์ในการเก็บหาไม้ฟืนและเผาถ่าน ได้แก่ มีดพร้า รถเข็น คราด กระสอบป่าน เข็มเย็บกระสอบ สำหรับวัตถุดิบไม้ฟืนที่ราษฎรนำมาแปรรูปเกือบทั้งหมดนั้นได้มาจากการเก็บหาด้วยตนเองในพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู และมีเพียงบางส่วนเท่านั้นที่มีการเก็บหาเพิ่มเติมด้วยตนเองในพื้นที่เกษตรกรรมของตน โดยไม้ฟืนที่ราษฎรนำมาเป็นวัตถุดิบในการแปรรูปส่วนใหญ่จะเป็นไม้ฟืนแห้ง เนื่องจากไม้ฟืนที่สามารถเก็บหาได้ในพื้นที่ป่าจะต้องเป็นไม้ที่แห้งตายแล้วเท่านั้น การเผาถ่านของราษฎร มี 2 วิธี คือ 1) เผาแบบเตาผีดินกลบ และ 2) เผาแบบเตาหลุม โดยราษฎรส่วนใหญ่เผาถ่านโดยเตาผีดินกลบ ปริมาณไม้ฟืนที่ใช้เป็นวัตถุดิบ 523.11 ลบ.ม./ปี ได้ถ่าน 392.00 ลบ.ม./ปี (1,117 กระสอบ) ราคาจำหน่าย 250-330 บาท/กระสอบ โดยมีการจำหน่าย 4 วิธี คือ 1) จำหน่ายด้วยตนเองในชุมชน 2) จำหน่ายในชุมชนของตนผ่านพ่อค้าคนกลางที่มารับซื้อ 3) จำหน่าย นอกชุมชนด้วยตนเอง และ 4) จำหน่ายนอกชุมชนผ่านพ่อค้าคนกลาง โดยแหล่งจำหน่ายนอกพื้นที่ชุมชนได้แก่ พื้นที่หมู่บ้านใกล้เคียง ร้านหมูกระทะ และร้านขายไก่ย่าง มูลค่าของถ่านที่จำหน่ายรวม 316,100 บาท/ปี

**การตลาดของการค้าของป่าที่ตลาดชุมชนสนสองใบ**

ตลาดชุมชนสนสองใบมีผู้ประกอบการค้าของป่าจำนวนไม่แน่นอน ประมาณ 4 -30 ราย โดยมีจำนวน 4 รายที่เป็นผู้ค้าประจำ โดยจะขายของป่าที่ออกตามฤดูกาล รวมถึงผลผลิตทางการเกษตรที่ซื้อมาหรือเก็บหาได้จากครัวเรือน ซึ่งผู้ประกอบการรายแรกได้เริ่มกิจการค้าของป่าเมื่อปี พ.ศ. 2557 ในขณะนั้นแผงค้าตลาดยังคงตั้งอยู่บริเวณไหล่ทาง การซื้อขายของป่าในบริเวณดังกล่าวจึงมักเกิดอุบัติเหตุบ่อยครั้ง ต่อมาในปี พ.ศ. 2559 ที่มีการย้ายตลาดเข้ามาอยู่บริเวณหน้าพื้นที่สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู จึงมีผู้ค้ารายอื่นๆ ทยอยเข้ามาเพิ่มเติม โดยผู้ประกอบการทั้ง 4 ราย จะขายของที่ตลาดแห่งนี้เป็นประจำทุกวันไม่มีวันหยุด ช่วงเวลาในการขายตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. ผู้ค้าจะต้องจ่ายค่าบำรุงแผงค้าเป็นเงิน 10 บาท โดยของป่าที่นำมาจำหน่ายมีทั้งหมด 41 รายการ ได้แก่ หน่อไม้ไผ่หวาน หน่อไม้ไผ่ป่า หน่อไม้ไผ่รวก ดอกกระเจียวขาว ดอกกระเจียวแดง ลูกผักสาบ ฯลฯ มีจุดเด่นที่คุณภาพ มีความหลากหลาย ราคาถูก และเป็นของป่าหายากสำหรับผู้คนในท้องถิ่นอื่น โดยมีรายได้ จากการขายของป่าประมาณ 2,000 บาท/วัน ปัญหาด้านการตลาดของผู้ประกอบการที่พบ 1) ผู้ประกอบการทุกรายประสบปัญหาด้านผลิตภัณฑ์ เนื่องจากของป่าบางชนิดมีอายุในการเก็บรักษาสั้นเน่าเสียง่าย ผู้ประกอบการมีแนวทางในการแก้ปัญหาโดยการนำไปแปรรูป เช่น เห็ดจะนำไปนึ่งแล้วนำไปแช่แข็งไว้เพื่อที่จะได้ยืดอายุในการเก็บรักษาไว้ให้นานขึ้น 2) ปัญหาในการจำหน่ายสินค้าไม่หมด โดยผู้ประกอบการมีแนวทางแก้ไขโดยการควบคุมปริมาณของป่าที่นำมาจำหน่ายให้เหมาะสมในแต่ละวัน และ 3) ปัญหาด้านการส่งเสริมการตลาด โดยผู้ประกอบการไม่สามารถลดราคาสินค้าได้ตามที่ลูกค้าต้องการ เนื่องจากของป่าบางชนิดมีต้นทุนที่สูงและผู้ประกอบการเองมีภาระค่าใช้จ่ายที่ต้องแบกรับ ผู้ประกอบการจึงมีวิธีการแก้ปัญหาโดยการหลีกเลี่ยงการลดราคาสินค้าแต่ใช้วิธีการแถมสินค้าแทน

## สรุป

ราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่มีอาณาเขตติดต่อกับสถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 73.00 มีอายุเฉลี่ย 51.67 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา ร้อยละ 49.33 ประกอบอาชีพหลักเกษตรกรรมและมีอาชีพรอง ร้อยละ 57.33 มีสมาชิกใน

ครัวเรือนเฉลี่ย 4.25 คน มีรายได้เฉลี่ย 139,825.67 บาท/ปี/ครัวเรือน และมีรายจ่ายเฉลี่ย 103,881.85 บาท/ปี/ครัวเรือน มีที่ดินถือครองเป็นของตนเอง ร้อยละ 98.67 มีที่ดินเฉลี่ย 9.73 ไร่/ครัวเรือน และเคยได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับทรัพยากรป่าไม้ผ่านหลายช่องทาง เช่น เจ้าหน้าที่ป่าไม้ ผู้นำชุมชน เพื่อนบ้าน ฯลฯ ร้อยละ 66.00 อย่างไรก็ตามราษฎรส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับกฎหมายป่าไม้ว่าด้วยการเก็บหาของป่าในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติอยู่ในระดับสูง (8-10 คะแนน) ร้อยละ 54.33

ราษฎรมีการนำของป่ามาใช้ประโยชน์ทั้งสิ้น 11 ประเภท ได้แก่ ไม้ฟืน ไม้ไผ่ หน่อไม้ ผลไม้ป่า พืชผักป่า เห็ด พืชกินหัว แมลงและผลผลิตจากแมลง ชันและยางไม้ สัตว์ขนาดเล็กและสมุนไพร มีมูลค่าทั้งหมด 8,082,689.16 บาท/ปี มูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่าของราษฎรกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 4,393,714.09 บาท/ปี หรือ 14,645.71 บาท/ปี/ครัวเรือน โดยคิดเป็นมูลค่าสุทธิจากการใช้ประโยชน์ของป่าของประชากรทุกครัวเรือนในพื้นที่ศึกษาทั้ง 8 ชุมชน เท่ากับ 15,202,246.98 บาท/ปี

ราษฎรจำนวน 20 ราย ที่มีการนำไม้ฟืนมาแปรรูปเป็นถ่านเพื่อการค้าเป็นอุตสาหกรรม ในครัวเรือนการเผาถ่าน มี 2 วิธี ได้แก่ 1) เผาแบบเตาผีดินกลบ และ 2) เผาแบบเตาอบดินเหนียว ซึ่งในรอบปีที่ผ่านมาราษฎรใช้ไม้ฟืนเป็นวัตถุดิบ 523.11 ลบ.ม./ปี ได้ถ่าน 392.00 ลบ.ม./ปี และมีมูลค่ารวม 316,100 บาท/ปี

ตลาดชุมชนสนสองใบมีผู้ประกอบการค้าของป่าประจำมี 4 ราย ที่เป็นผู้ค้าประจำ โดยจะขายของป่าที่ออกตามฤดูกาล รวมถึงผลผลิตทางการเกษตรที่ซื้อมาหรือเก็บหาได้จากครัวเรือน ขายตั้งแต่เวลา 8.00 น. ถึง 17.00 น. โดยของป่าที่นำมาจำหน่ายมีทั้งหมด 41 รายการ มีจุดเด่นที่คุณภาพ มีความหลากหลาย ราคาถูก และเป็นของป่าหายากสำหรับผู้คนในท้องถิ่นอื่น ผู้ประกอบการมีรายได้จากการขายของป่าประมาณ 2,000 บาท/วัน

จากการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาปริมาณการใช้ประโยชน์ของป่าซึ่งเป็นเรื่องของอุปสงค์ (demand) ทั้งนี้ หากมีการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการศึกษาเรื่องของกำลังการผลิตของของป่าแต่ละชนิดว่าในรอบปีของป่าแต่ละชนิดสามารถให้ผลผลิตเท่าใด ซึ่งเป็นเรื่องของอุปทาน (supply) โดยข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้หาค่าความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ด้านการเก็บหาของป่าในพื้นที่ได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง


กรมป่าไม้. 2556. **สถานีวนวัฒนวิจัยหนองคู**. แหล่งที่มา: http://forestinfo.forest.go.th/55/Dep_Detail.aspx?id=477, 9 เมษายน 2561.

จส.100. 2560. **ทำความรู้จัก! ชุมชนตัวอย่างขับขี่ปลอดภัย อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์**. แหล่งที่มา: http://www.js100.com/th/site/post_share/view/38564, 9 เมษายน 2561.

เจนจิรา พวงมาลี และ สันติ สุขสอาด. 2557. มูลค่าการใช้ประโยชน์ของป่า ในป่าชุมชนบ้านเขาเขียว ตำบลหัวเขา อำเภอเดิมบางนางบวช จังหวัดสุพรรณบุรี. **วารสารวนศาสตร์** 33 (1): 76-84.

วุฒิพล หัวเมืองแก้ว. 2557. **เศรษฐศาสตร์ทรัพยากรป่าไม้**. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์. 2541. **โครงการประเมินคุณค่าทรัพยากรในพื้นที่ป่าอนุรักษ์: กรณีศึกษาในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง**. สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และศูนย์วิจัยเศรษฐศาสตร์ประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Yamane, T. 1973. **Statistics: An Introductory Analysis**. 3rd ed. Harper International Edition, Tokyo.

**Thai J. For. 37 (2) : 108-117 (2018)** **วารสารวนศาสตร์ 37 (2) : 108-117 (2561)**

**นิพนธ์ต้นฉบับ**

# การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่

# Assessment of Forest Encroachment in the Lower Mae Cheam Watershed, Chiang Mai Province

**อาภาภรณ์ ทองเสงี่ยม*** **Arpaporn Thongsangiam***
**กาญจน์เขจร ชูชีพ** **Kankhajane Chuchip**
**รัชนี โพธิแท่น** **Rachanee Pothitan**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: arpaporn9th@gmail.com

รับต้นฉบับ 20 เมษายน 2561 รับลงพิมพ์ 31 พฤษภาคม 2561

## ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze the physical variables influencing forest encroachment and the risk assessment of forest encroachment in the lower Mae Cheam Watershed, Chiang Mai Province. To elaborate, the study will analyze the logistic regression based on remote sensing techniques and geographic information systems which result in the interpretation of aerial photos between 2002 and imageries from ThaiChote satellite and 2016 in order to identify 2 types of land use: forest areas and non-forest areas. Further, this study will evaluate the accuracy of the interpretation as well as the quality of translation results to be used to monitor forest changes occurring between 2002 and 2016 and analysis. Risk of forest intrusion by logistic regression analysis. To analyze the physical variables that influence forest encroachment and to develop risk maps for forest intrusion under GIS. The study indicates that there are 4 factors influencing forest encroachment, including distance from road, distance from community, slope and aspect. The study also shows that the low and very row risk factor of forest encroachment is covers 1,098.43 Square Kilometers or 56.99 percent of the study area, while the high risk and very high risk of forest encroachment mark at 164.01 Square Kilometers or 8.51 percent of the study area. Further, the sensitivity analysis of the ROC Curve model shows that the area under the curve was 74.2 percent which indicates that model provides the accuracy of prediction model provides that the overall accuracy of the prediction. Hence, the result of the study can be used to support the work in the relevant areas. In the planning of surveillance of areas prone to forest encroachment.

**Keywords:** Risk Area Assessment, Forest Encroachment, Lower Mae Cheam Watershed

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีจุดประสงค์ คือ เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรด้านกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกป่าและการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่ โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกด้วยเทคนิคการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการศึกษาด้วยวิธีการแปลตีความภาพถ่ายทางอากาศออร์โธสี พ.ศ. 2545 และ ภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต พ.ศ. 2559 เพื่อจำแนกการใช้ที่ดิน 2 ประเภท คือ พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ พร้อมตรวจสอบความถูกต้องของการแปลตีความและปรับปรุงคุณภาพของผลการแปลความเพื่อนำไปใช้ในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2559 และการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าโดยวิธีวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรด้านกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกป่าและจัดทำแผนที่ความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกพื้นที่ป่ามี 4 ปัจจัย ได้แก่ ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากชุมชน ความลาดชัน และทิศด้านลาด นอกจากนี้ ระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกอยู่ในระดับน้อยและน้อยมาก คิดเป็นพื้นที่รวม 1,098.43 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.99 ของพื้นที่ศึกษา ในขณะเดียวกัน ระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในระดับสูงและสูงมาก คิดเป็นพื้นที่รวม 164.01 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 8.51 ของพื้นที่ศึกษา ผลการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลองด้วย ROC Curve พบว่ามีค่าพื้นที่ใต้เส้นกราฟเท่ากับร้อยละ 74.2 ซึ่งถือว่าแบบจำลองนี้ให้ความถูกต้องโดยรวมของการทำนายอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปสนับสนุนการปฏิบัติงานในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ในการวางแผนเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกป่าต่อไปได้


**คำสำคัญ:** การประเมินพื้นที่เสี่ยง บุกรุกป่า ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

## คำนำ

นโยบายป่าไม้แห่งชาติปี พ.ศ. 2528 และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 และฉบับที่ 12 ได้กำหนดให้มีพื้นที่ป่าไม้ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40 ของพื้นที่ประเทศ หรือคิดเป็นพื้นที่ประมาณ 129 ล้านไร่ ซึ่งปัจจุบันมีพื้นที่ป่าไม้เหลืออยู่น้อยกว่านโยบายที่ได้กำหนดร้อยละ 10 คือ เหลือเพียงประมาณ 102 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 31.57 ของพื้นที่ประเทศ การลดลงของพื้นที่ป่าเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งของปัญหาภัยพิบัติทางธรรมชาติที่ประเทศไทยประสบ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาภัยแล้ง และปัญหาอุทกภัย นอกจากนี้ยังพบคนเข้าไปอาศัยในพื้นที่เขตป่าสงวนแห่งชาติ เขตอุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เขตห้ามล่าสัตว์ป่าและที่ดินสาธารณะอีกจำนวนมาก (คณะกรรมาธิการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2558)

การศึกษาครั้งนี้สนใจศึกษาในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่างเนื่องจากพื้นที่นี้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินหลากหลายประเภท ทั้งยังเป็นพื้นที่ที่ประกอบด้วยป่าสงวนแห่งชาติ จำนวน 978,915.34 ไร่ หรือร้อยละ 81.24 ของพื้นที่ และป่าอนุรักษ์ จำนวน 188,013.01 ไร่ หรือร้อยละ 15.60 ของพื้นที่ และพื้นที่นอกเขตป่าตามกฎหมายจำนวน 38,076.12 ไร่ หรือร้อยละ 3.16 ของพื้นที่ มีจำนวนครัวเรือนประมาณ 39,324 ครัวเรือน มีประชากร 83,521 คน ปัจจุบันมีพื้นที่ป่าไม้ถูกแผ้วถาง ทำลายเพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ ประมาณ 321,250 ไร่ หรือร้อยละ 26.66 ของพื้นที่ ทั้งนี้ สมนิมิตร และคณะ (2560) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่งาวฝั่งขวา จังหวัดลำปาง พบว่าปัจจัยแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ ที่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการบุกรุกที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ได้แก่ ระดับความสูง ความลาดชัน ระยะห่างจากเส้นทางถนน ระดับปัญหาการถือครองที่ดิน และป่าเบญจพรรณ ในขณะที่การศึกษาการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สาเหตุ และผล

กระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำสมุนตอนล่าง จังหวัดน่าน ของกัญจน์ชญา และจรัณธร (2557) พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยสาเหตุหลักมาจากการบุกรุกและจับจองพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตร โดยเฉพาะการทำไร่ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือ เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปรด้านกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกป่าและประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่โดยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติก ที่อาศัยเทคนิคการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยคาดหวังว่าผลการศึกษาที่พบจะสามารถนำไปประกอบการพิจารณาเพื่อหาแนวทาง สำหรับการจัดการปัญหาที่เกิดขึ้นได้

# อุปกรณ์และวิธีการ

## พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง มีเนื้อที่ประมาณ 1,929 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น1,205,029 ไร่ โดยมีพื้นที่อยู่บนลุ่มน้ำหลัก คือ ลุ่มน้ำแม่ปิง แม่น้ำแม่แจ่มให้น้ำร้อยละ 40 ของแม่น้ำปิง คิดเป็นร้อยละ 17 ของแม่น้ำเจ้าพระยา ลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงร้อยละ 70 ของพื้นที่ มีที่ราบเชิงเขาร้อยละ 20 ของพื้นที่ เป็นที่ราบร้อยละ 10 ของพื้นที่ ตามลำดับ (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2559) ซึ่งอยู่ในเขตการปกครองของอำเภอแม่แจ่ม อำเภอจอมทอง อำเภอฮอด จังหวัดเชียงใหม่ และอำเภอแม่สะเรียง อำเภอแม่ลาน้อย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ดัง Figure 1

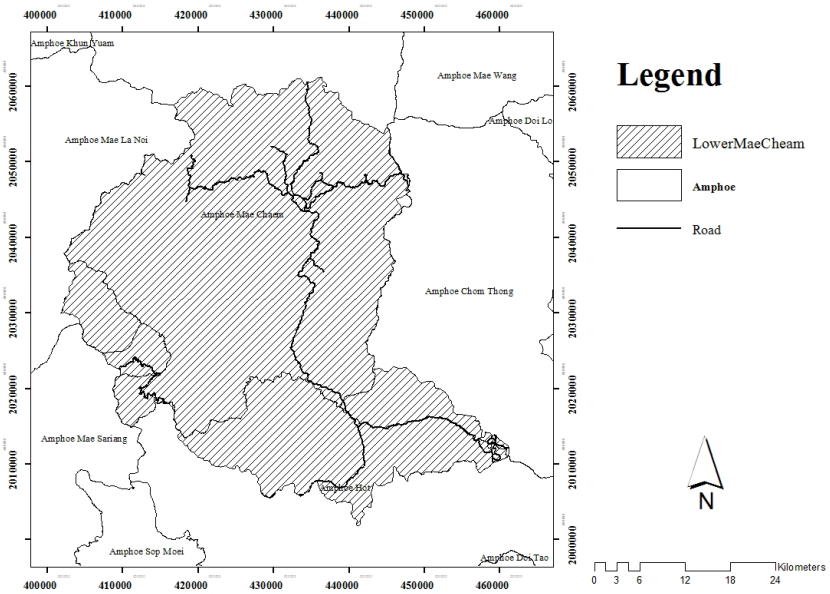



**Figure 1** Study area in the Lower Mae Cheam Watershed, Chiang Mai Province.

## การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน

จัดเตรียมข้อมูลการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายทางอากาศออร์โธสี ปี พ.ศ. 2545 และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ที่ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา บันทึกข้อมูลภาพเมื่อวันที่ 4, 9 และ 29 เดือนพฤษภาคม ปี พ.ศ. 2559 เพื่อแปลตีความและวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมจำแนกการใช้ที่ดินด้วยสายตา โดยใช้ปัจจัยทางด้านรูปร่าง ขนาด และความเข้มของโทนสีในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ในระดับมาตราส่วน 1: 25,000 ด้วยโปรแกรม (ArcGIS) โดยจำแนกการใช้ที่ดินเป็น 2 ประเภทหลัก คือ พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ พร้อมสร้างเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่

แล้วจึงตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (accuracy assessment) โดยการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified random sampling) ใช้จุดสำรวจขั้นต่ำ อ้างอิงหลักการ Binomial Probability Theory ตามแนวทางของ Congalton and Green (1998) ดังสมการที่ 1

$$n = \frac{z^2(p)(q)}{e^2} \quad (1)$$

โดย n = จำนวนจุดสำรวจ
p = เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวัง
e = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดโดยสุ่ม
q = เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ยอมรับได้ (1-p)
z = ค่าพื้นที่จากตารางโค้งปกติมาตรฐาน

การศึกษาครั้งนี้กำหนดระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ระดับนัยสำคัญ 0.05 มีค่าเท่ากับ 2 (1.96) ) และเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คาดหวังไว้ที่ร้อยละ 70 และยอมให้เกิดความผิดพลาดจากการสำรวจไม่เกินร้อยละ 10 นั่นคือ จำนวนจุดสำรวจที่ต้องใช้ในครั้งนี้เท่ากับ 84 จุด แล้วทำการปรับแก้ผลการแปลตีความหลังจากตรวจสอบความถูกต้องภาคสนาม มาแปลตีภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชตอีกครั้งเพื่อให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากที่สุด

## การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่ อาศัยการวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay analysis) ระหว่างข้อมูลการใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2545 กับ ข้อมูลการใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559

## การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้

ในการวิเคราะห์ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แบ่งขั้นตอน ดังนี้

1. จัดทำชั้นข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 8 ปัจจัย ตามที่พบจากการตรวจเอกสารงานวิจัยที่คล้ายคลึงกันของ ไกรรพ (2549) และ ธนวัฒน์ (2551) ประกอบด้วย ระดับชั้นความสูง ความลาดชัน ชุดดิน ทิศด้านลาด ระยะห่างจากถนน ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากแหล่งน้ำ และสถานภาพพื้นที่ (ป่าสงวนแห่งชาติป่าอนุรักษ์และพื้นที่นอกเขตป่าตามกฎหมายป่าไม้)

2. สุ่มจุดตัวอย่างในพื้นที่ศึกษา จำนวน 448 จุดให้ครอบคลุมและกระจายทั่วพื้นที่ ซึ่งขนาดตัวอย่างในการวิเคราะห์ logistic regression ต้องใช้ขนาดตัวอย่างเท่ากับ $n \geq 30\ p$ โดยที่ p คือ จำนวนตัวแปรทำนาย (กัลยา, 2546) โดยวิธีการเลือกตัวอย่างแบบแบ่งชั้นภูมิ (stratified sampling) ตามประเภทการใช้ที่ดิน คือ พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ แล้วจัดข้อมูลที่สุ่มได้ออกเป็น 2 ชุด คือข้อมูลร้อยละ 80 จำนวน 358 จุด นำมาศึกษาหาตัวแปรที่สามารถอธิบายการบุกรุกพื้นที่ป่าได้เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก ข้อมูลอีกร้อยละ 20 จำนวน 90 จุด นำมาประเมินความถูกต้องของแบบจำลอง

3. วิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเพื่อหาตัวแปรกายภาพที่มีอิทธิพลต่อสภาพการบุกรุกพื้นที่ป่า (เกิดเหตุการณ์บุกรุกป่ากับไม่เกิดเหตุการณ์บุกรุกป่า) ซึ่งฟังก์ชันโลจิสติกจะแสดงความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์บุกรุกป่า (Py) และความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์บุกรุกป่า (Qy) โดยมีฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรดังสมการที่ (2) และสมการที่ (3)

$$Py = \frac{e^z}{1+e^z} \quad (2)$$

$$Qy = \frac{1}{1+e^z} \quad (3)$$

เมื่อ Py = ความน่าจะเป็นของการเกิดเหตุการณ์บุกรุกป่า
Qy = ความน่าจะเป็นของการไม่เกิดเหตุการณ์บุกรุกป่า
$Z = \beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+...+\beta_nX_n$
$e$ = exponential function ($\cong 2.71828$)
X = ตัวแปรอิสระ
$\beta$ = ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร

เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระไม่เป็นรูปเชิงเส้น จึงต้องปรับให้มีความสัมพันธ์เชิงเส้นในรูปแบบของอัตราส่วนที่เรียกกว่า Odds Ratio (OR) ระหว่าง (Py) กับ (Qy) (กัลยา, 2546) ที่สามารถแสดงถึงโอกาสที่จะเกิดเหตุการณ์ป่าถูกบุกรุกเป็นกี่เท่าของโอกาสที่จะไม่เกิดเหตุการณ์ ดังสมการที่ 4

$$\text{Odds Ratio } (P_Y) = \frac{Py}{Qy} \quad (4)$$

การอยู่ในรูปสมการเชิงเส้นด้วยลอการิทึมธรรมชาติ (natural logarithm) ทำให้ได้ฟังก์ชัน logistic response (หรือเรียก logit) ซึ่งรูปแบบของตัวแปรตามจะมีความสัมพันธ์กับตัวแปรอิสระในรูปแบบเชิงเส้นได้ (กัลยา, 2546) ดังสมการที่ 5

$$\text{Logit } (P_Y) = \beta_0+\beta_1X_1+\beta_2X_2+\beta_3X_3+\beta_4X_4+\beta_5X_5+\beta_6X_6+\beta_7X_7+\beta_8X_8 \quad (5)$$

เมื่อ $X_1$ คือ ระดับชั้นความสูงของพื้นที่
$X_2$ คือ ชั้นความลาดชันของพื้นที่
$X_3$ คือ ชุดดิน
$X_4$ คือ ทิศด้านลาดของพื้นที่
$X_5$ คือ ระยะห่างจากถนน
$X_6$ คือ ระยะห่างจากชุมชน
$X_7$ คือ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ
$X_8$ คือ สถานภาพพื้นที่ตามกฎหมาย

ทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการที่ 5 ด้วยหลักการ Maximum Likelihood เมื่อได้ผลลัพธ์แล้วนำไปใช้ทำนายเหตุการณ์การเกิดบุกรุกป่า ($P_Y$) ในพื้นที่ศึกษาด้วยสมการที่ 2 ซึ่งมีค่าระหว่าง 0.00-1.00 หลังจากนั้นก็ทำการแบ่งช่วงค่าเพื่อเป็นการจำแนกระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุก 5 ระดับ คือ

ระดับความเสี่ยงน้อยมาก มีค่า (PY) = 0.00-0.20
ระดับความเสี่ยงน้อย มีค่า (PY) = 0.21-0.40
ระดับความเสี่ยงปานกลาง มีค่า (PY) = 0.41-0.60
ระดับความเสี่ยงสูง มีค่า (PY) = 0.61-0.80
ระดับความเสี่ยงสูงมาก มีค่า (PY) = 0.81-1.00

### การประเมินความเหมาะสมของสมการทำนาย

ในการทดสอบสมการประสิทธิภาพการพยากรณ์ของสมการ logit ($P_Y$) โดยใช้ Pseudo $R^2$ (Cox & Snell และ Nagelkerke $R^2$) โดยอาศัยการเปรียบเทียบผลการทำนายเหตุการณ์ที่ใช้ในการจัดทำแผนที่เสี่ยงการบุกรุกป่ากับข้อมูลจริง (ข้อมูลสังเกตการณ์ที่กันไว้ร้อยละ 20) ด้วยการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) แล้วแสดงผลเป็นค่า ROC Curve

## ผลและวิจารณ์

ในการศึกษาตัวแปรที่มีอิทธิพลการบุกรุกป่าและการประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกป่าในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่ มีผลการศึกษาดังนี้

### ผลการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต

ผลการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมไทยโชต ปี พ.ศ. 2559 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลตีความพบว่าผลการจำแนกข้อมูลภาพมีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) เท่ากับร้อยละ 83.33 และค่าสถิติแค็ปปา (Kappa coefficient ) เท่ากับ 0.61 แสดงดัง Table 1

**Table 1** Accuracy of data from detailed classification in the Lower Mae Cheam Watershed, ChiangMai Province.

| Image 2016 | Reference Data | | Total | User Accuracy (%) |
|---|---|---|---|---|
| | Non-forest | Forest | | |
| Non-forest | 19 | 3 | 22 | **86.36** |
| Forest | 11 | 51 | 62 | **82.25** |
| Total | 30 | 54 | 84 | |
| Producer Accuracy (%) | **63.33** | **94.44** | | |
| Overall accuracy (%) | | | **83.33** | |
| Kappa coefficient ($\hat{k}$) | | | **0.61** | |

## ผลการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่างปี พ.ศ. 2545 กับ ปี พ.ศ. 2559 ที่ใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลการใช้ที่ดินซึ่งที่จำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ แสดงผลดัง Table 2 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ 1,696.45 ตารางกิโลเมตร แต่ในปี พ.ศ. 2559 พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือ 1,414.05 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นอัตราการบุกรุกป่าเฉลี่ยปีเท่ากับ 20.17 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่พื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้เพิ่มขึ้นจากเดิมมีพื้นที่ 231.59 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 514.00 ตารางกิโลเมตรในปี พ.ศ.2559 โดยแปรเปลี่ยนเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยจากการขยายตัวของชุมชนและพื้นที่ทำกิน แสดงดัง Table 2

**Table 2** Land use change in the Lower Mae Cheam Watershed, Chiang Mai Province**.**

| Land use type | Year 2002 | | Year 2016 | | Annual rate | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | km² | % | km² | % | +-km² | % |
| **Forest area** | 1,696.46 | 87.99 | 1,414.05 | 73.34 | -20.17 | |
| **Non-forest area** | 231.59 | 12.01 | 514.00 | 26.66 | +20.17 | |
| **Total** | **1,928.05** | **100.00** | **1,928.05** | **100.00** | | |

## ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้

จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเพื่อหาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้ การศึกษานี้ พบว่า ค่า $R^2$ (Cox & Snell) มีค่าเท่ากับ 0.157 และค่า $R^2$ (Nagelkerke) มีค่าเท่ากับ 0.213 ซึ่งมีค่าต่ำกว่า 0.50 แต่เนื่องจากเป็นการพยากรณ์ เหตุการณ์ที่ข้อมูลทางกายภาพมีลักษณะเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของมนุษย์อันเป็นสิ่งที่คาดเดาได้ยากเมื่อเทียบกับการพยากรณ์กับกระบวนการทางกายภาพเพียงอย่างเดียว จึงถือได้ว่าเพียงพอที่จะอธิบายอิทธิพลของตัวแปรอิสระที่มีต่อตัวแปรตามได้ (สุวดี และ ชลทิชา, 2557) จากความสัมพันธ์ของตัวแปรกับพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุก สามารถสร้างฟังก์ชันเชิงเส้นของตัวแปรทำนายได้ ดังสมการที่ (6)

$$\text{Logit}(P_Y) = 0.785 + (0.330x_2) - (0.118x_4) - (0.292x_5) - (0.236x_6) \quad (6)$$

จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกจากการนำเข้า ปัจจัยแวดล้อมทั้งหมด 8 ปัจจัย พบว่า ปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อการถูกบุกรุกมีทั้งหมด 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ได้แก่ ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากถนน ความลาดชัน และทิศด้านลาด ดังรายละเอียดใน Table 3

**Table 3** Variables in the Equation.

| Variable | β | S.E. | Wald | df | p-value | Exp(β) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Slope_class ($X_2$) | 0.330 | 0.148 | 4.970 | 1.000 | 0.026* | 1.391 |
| Aspect ($X_4$) | -0.118 | 0.050 | 5.497 | 1.000 | 0.019* | 0.889 |
| Dist_Road ($X_5$) | -0.292 | 0.081 | 13.032 | 1.000 | 0.000* | 0.747 |
| Dist_village ($X_6$) | -0.236 | 0.062 | 14.695 | 1.000 | 0.000* | 0.790 |
| Constant | 0.785 | 0.480 | 2.683 | 1.000 | 0.101 | 2.193 |

**Remark**: *significant at level of 0.05

เมื่อนำสมการถดถอยโลจิสติกที่ได้มาใช้เป็นแบบจำลองเพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก ที่มีค่าความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 ที่แบ่งระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกป่าออก เป็น 5 ระดับ ดัง Table 4 และนำค่าที่คำนวณได้ไปสร้างข้อมูลเชิงภาพเป็นแผนที่เสี่ยง แสดงดัง Figure 2 สรุปได้ดังนี้

1. พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกน้อยมาก มีค่าความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0.00 – 0.20 มีพื้นที่ 541.77 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.11 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

2. พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกน้อย มีค่าความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0.21 – 0.40 มีพื้นที่ 556.66 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 28.88 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

3. พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกปานกลาง มีค่าความน่าจะเป็นอยู่ในช่วง 0.41 – 0.60 มีพื้นที่ 664.99 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 34.50 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

4. พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกสูง มีค่าความน่าจะเป็นในช่วง 0.61 – 0.80 มีพื้นที่ 163.69 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.49 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

5. พื้นที่ที่มีระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกสูงมาก มีค่าความน่าจะเป็นในช่วง 0.81 – 1.00 มีพื้นที่ 0.32 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง

อนึ่ง เนื้อที่รวมจากการวิเคราะห์ในปัจจัย ได้แปลงข้อมูลจากราสเตอร์ มาเป็นเวคเตอร์ ทำให้แนวขอบเขตของพื้นที่มีความคาดเคลื่อนตามลักษณะข้อมูล มีผลทำให้ขนาดพื้นที่รวมไม่เท่ากับเนื้อที่ของพื้นที่ศึกษาที่ระบุไว้ข้างต้น

อย่างไรก็ตาม วิธีการจำแนกระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าด้วยวิธีแบ่งช่วงค่าเท่ากัน (Equal inter classification) ให้ผลลัพธ์ไม่สมเหตุสมผลมากนัก หากเทียบกับ อัตราการบุกรุกป่าในระหว่างปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2559 เท่ากับ 20.17 ตารางกิโลเมตรต่อปี ดังนั้น ในการจำแนกระดับความเสี่ยงต่อการบุกรุกป่าควรพิจารณาเลือกใช้การจำแนกวิธีการอื่น เช่น Natural break หรือ Standard deviation และนำผลลัพธ์มาทดสอบความถูกต้องด้วยค่า ROC และเลือกใช้วิธีการที่ให้ค่า ROC สูงสุดมาใช้ในการจัดทำแผนที่เสี่ยงต่อการบุกรุกป่าในขั้นตอนสุดท้าย

**Table 4** Level of risk area in the Lower Mae Cheam Watershed, Chiang Mai Province.

| Level | Area | |
|---|---|---|
| | **km²** | **%** |
| Low risk | 541.77 | 28.11 |
| Relatively low risk | 556.66 | 28.88 |
| Moderate risk | 664.99 | 34.50 |
| Relatively high risk | 163.69 | 8.49 |
| High risk | 0.32 | 0.02 |
| **Total** | **1927.43** | **100.00** |

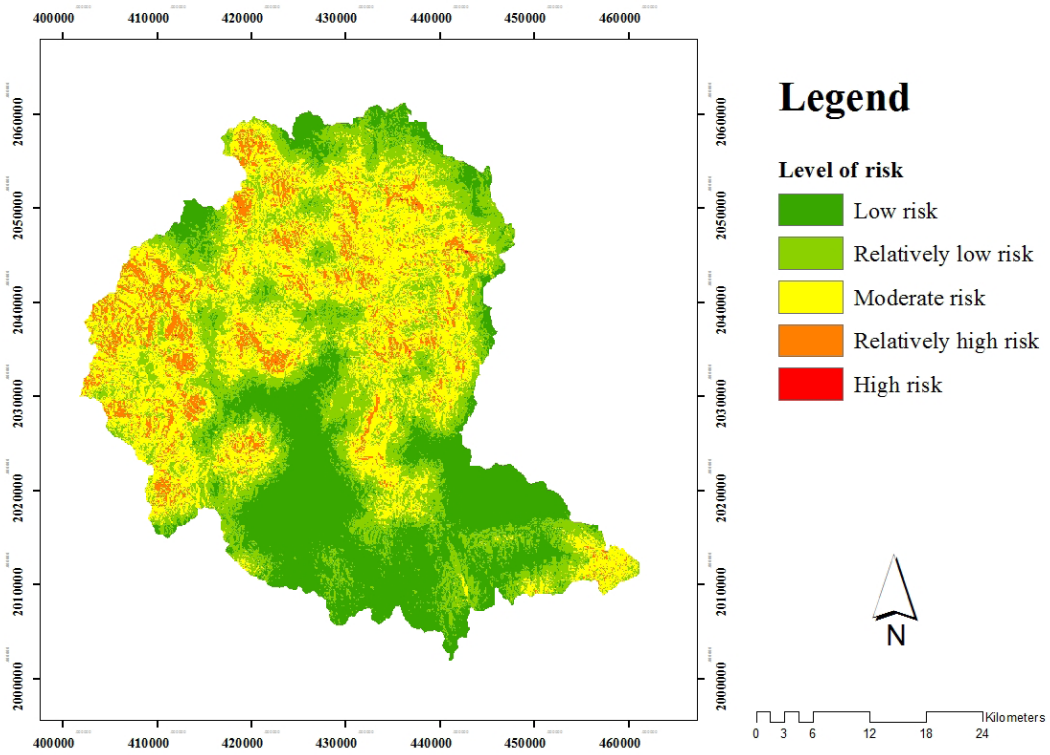



**Figure 2** Encroachment risk area map of Mae Cheam Watershed, Chiang Mai Province.

## การประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

จากการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity) ของแบบจำลอง โดยการนำผลการประเมินหาพื้นที่เสี่ยงการถูกบุกรุกและไม่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุก (เปรียบเทียบกับสภาพพื้นที่จริงที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม) พบว่า กราฟ ROC มีลักษณะเป็นเส้นโค้งชิดแกนตั้งมาก อยู่เหนือเส้นทแยงมุม โดยโค้งจากจุด (0, 0) ถึงจุด (1, 1) พื้นที่ใต้เส้น ROC ที่มีค่าร้อยละ 74.2 ถือว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นค่อนข้างมีความความแม่นยำให้ความถูกต้องโดยรวมของการทำนายอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี (Fawcett, 2004) ดัง Figure 3

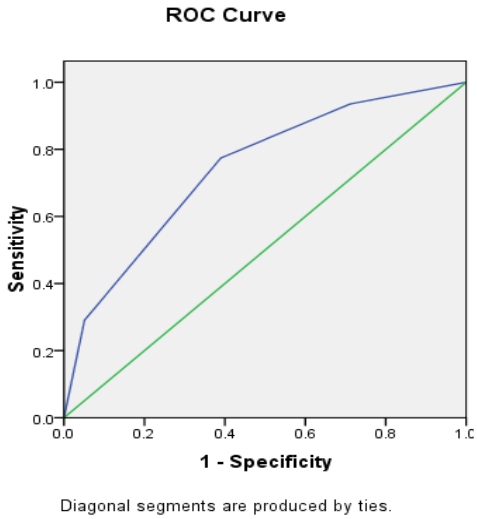



**Figure 3** Receiver Operating Characteristic (ROC Curve)

## สรุป

จากการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่มตอนล่าง จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลการใช้ที่ดินที่จำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ ระหว่างปี พ.ศ. 2545 และ พ.ศ. 2559 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ 1,696.45 ตารางกิโลเมตร แต่ในปี พ.ศ. 2559 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือ 1,414.05 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่พื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2545 ที่มีพื้นที่ 231.59 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 514.00 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2559 สาเหตุคำคัญของการลดลงของพื้นที่ป่าเกิดจากการขยายตัวของชุมชนและพื้นที่ทำกิน

จากการวิเคราะห์การถดถอยโลจิสติกเพื่อหาปัจจัยที่สามารถทำนายเหตุการณ์บุกรุกพื้นที่ป่า พบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการบุกรุกมี 4 ปัจจัย (ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %) คือ ระยะห่างจากชุมชน ระยะห่างจากถนน ความลาดชัน และทิศด้านลาด เมื่อนำสมการไปทำนายเหตุการณ์ พบว่า พื้นที่ระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกอยู่ในระดับน้อยและน้อยมาก คิดเป็นพื้นที่รวม 1,098.43 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.99 ของพื้นที่ศึกษา ในขณะเดียวกัน ระดับความเสี่ยงต่อการถูกบุกรุกในระดับสูงและสูงมาก คิดเป็นพื้นที่รวม 164.01 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 8.51 ของพื้นที่ศึกษา ผลการวิเคราะห์ความไวของแบบจำลอง ROC Curve พบว่ามีค่าพื้นที่ใต้เส้นกราฟเท่ากับร้อยละ 74.2 ซึ่งถือว่าแบบจำลองที่ได้นี้ให้ความถูกต้องโดยรวมของการทำนายอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปสนับสนุนการปฏิบัติงานในพื้นที่ที่เกี่ยวข้อง ในการวางแผนเฝ้าระวังพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกป่าต่อไปได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว และ จรัณธร บุญญานุภาพ. 2557. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สาเหตุ และผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำสมุนตอนล่าง จังหวัดน่าน. **วารสารวนศาสตร์** 33 (2): 131-148.

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. **การวิเคราะห์สถิติขั้นสูงด้วย SPSS for Windows**. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ไกรรพ พงศ์พิบูลเกียรติ. 2549. **การศึกษาการบุกรุกพื้นที่ต้นน้ำของลุ่มน้ำสาขาทะเลสาบสงขลา โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมาธิการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2558. **รายงานการศึกษาเรื่องการแก้ไขปัญหาที่ดินป่าไม้ของชาติ.** 30 หน้า.

ธนวัฒน์ ประไพ. 2551. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าอนุรักษ์และพื้นที่โดยรอบของอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สมนิมิตร พุกงาม, ประสงค์ สงวนธรรม และ สุภาภรณ์ ผ่องศาลา. 2560. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่งาวฝั่งขวา จังหวัดลำปาง**. วารสารวนศาสตร์** 36 (1): 123-128.

สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. 2559. **โครงการบริหารจัดการน้ำจังหวัดเชียงใหม่อำเภอแม่แจ่ม.** แหล่งที่มา: http://gis.chiangmai.go.th/index.php?name=infobase&themeID=4&pid=25&District_ID=3, 15 ธันวาคม 2559.

สุวดี นำพาเจริญ และ ชลทิชา จำรัสพร. 2557. **การวิเคราะห์สมการถดถอย การแปลความหมายค่า R-Square และการประเมินตัวแบบว่าเหมาะสมหรือไม่ (Regression Analysis: How Do I Interpret R-squared and Assess the Goodness-of-Fit?).** แปลจาก Jim Frost. **Regression Analysis: How Do I Interpret R-squared and Assess the Goodness-of-Fit?.** แหล่งที่มา: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=3086&read=true&count=true, 20 กุมภาพันธ์ 2561.

Congalton, R.G. and K.Green. 1998. **Assessing the accuracy of remotely sensed data:principles and practices.** Lewis, New York.

Fawcett, T. 2004. **ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers.** Available Source: http://binf.gmu.edu/mmasso/ROC101.pdf, February 21, 2018.

**Thai J. For. 37 (2) : 118-129 (2018)** **วารสารวนศาสตร์ 37 (2) : 118-129 (2561)**

**นิพนธ์ต้นฉบับ**

# อิทธิพลของกรรมวิธีการกรีดยางสำหรับไม้สนบนพื้นที่สูงต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของยางสนทางภาคเหนือของประเทศไทย

# Effects of Tapping Methods with Highland Pine Species on Physical and Chemical Properties of Oleoresin in Northern Part of Thailand

**จิราภา พลลุน** **Jirapa Ponlun**
**ไตรรัตน์ เนียมสุวรรณ*** **Trairat Neimsuwan***

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author; E-mail: ffortrn@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 4 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 12 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

The objective of this research was to study on suitability of tapping method in quantity and quality of oleoresin collected in January-May, 2017 at Intakin silvicultural research station, Chiang Mai province. The completely randomized design (CRD) was used with 3 factors. The first factor is pine species: *Pinus merkusii, Pinus kesiya, Pinus caribaea, Pinus oocarpa, Pinus tecunumanii* 30 years and *Pinus caribaea* 10 years. The second factor is tapping methods: the bark chipping method and the borehole method. The third factor is the stimulant formula: 0, 40% and 60% of $H_2SO_4$. After that the physical and chemical properties were tested.

The results indicated that the bark chipping method was a proper method for oleoresin tapping. The *Pinus merkusii* and *Pinus caribaea* were a suitable species for oleoresin tapping. The stimulants with 40% and 60% $H_2SO_4$ can increase oleoresin quantity. Oleoresin was sticky liquid, yellow and pungent odor, and its specific gravity was 1.08. The alpha pinene dominates all pine oleoresin except *Pinus tecunumanii* which was dominated by 3–carene.

**Keywords:** Borehole method, Oleoresin, Pine resin, Tapping method

## บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากรรมวิธีการเก็บยางสนที่เหมาะสมทั้งด้านปริมาณและคุณภาพเพื่อการนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่างๆ โดยทำการทดลองที่สถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งทำการเก็บยางสนตั้งแต่เดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี

ปัจจัยการทดลอง 3 ปัจจัย คือ 1) รูปแบบของต้นสน ได้แก่ สนสองใบ สนสามใบ สนโอคาร์ปา สนคาริเบีย สนเทคูนูมานี อายุ 30 ปี และสนคาริเบียอายุ 10 ปี 2) กรรมวิธีการเก็บยางสน ได้แก่ กรรมวิธีการกรีดเปลือกและวิธีการเจาะรู 3) การใช้สารกระตุ้น ได้แก่ ไม่ใส่สารกระตุ้น ใส่กรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 60 หลังจากนั้นทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของยางสน

ผลการศึกษาพบว่า กรรมวิธีการกรีดเปลือกให้ปริมาณยางสนมากกว่าการเจาะรู โดยชนิดสนที่ให้ปริมาณยางสนมากที่สุด คือ สนสองใบและสนคาริเบีย ตามลำดับ ในการใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกพบว่า ที่กรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 60 ส่งผลให้ยางสนมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนมีลักษณะเป็นของเหลว เหนียว มีสีเหลืองอำพัน และมีกลิ่นฉุน ค่าความถ่วงจำเพาะของยางสนแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 1.08 และองค์ประกอบหลักทางเคมีของยางสนที่พบมากที่สุด คือ สารอัลฟาไพนีน ยกเว้นยางสนเทคูนูมานีที่มีสารเดลต้าแครีนมากที่สุด

**คำสำคัญ:** ยางสน กรรมวิธีเก็บยางสน การกรีดเปลือก การเจาะรู

## คำนำ

ไม้จำพวกสน (Conifer) สามารถแบ่งออกเป็น 7 วงศ์ โดยวงศ์ใหญ่ที่สุด คือ วงศ์ Pinaceae มีจำนวน 9 สกุล ซึ่งมีการกระจายพันธุ์ในเขตหนาว เขตอบอุ่น (Temperate and sub-Temperate zone) และเขตร้อน (Tropical zone) ในประเทศไทยสามารถพบเพียงสน 2 ชนิด ในป่าธรรมชาติ คือ สนสองใบ และสนสามใบ ต่อมาในปี พ.ศ. 2514 ได้มีโครงการปรับปรุงพันธุ์ของไม้สน โดยเป็นการร่วมมือของกรมป่าไม้ของประเทศไทยและสำนักงานพัฒนาระหว่างประเทศเดนมาร์ก (Danish International Development Agency) ซึ่งเป็นความร่วมมือในระดับรัฐบาล ภายใต้โครงการนี้ได้มีการทดลองปลูกไม้สนที่มีถิ่นกำเนิดจากต่างประเทศ จากการทดลอง พบว่า ไม้สนต่างถิ่นที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่ทำการทดลองปลูกในประเทศไทยมีเพียง 3 ชนิด คือ สนคาริเบีย (*Pinus caribaea*) สนโอคาร์ปา (*Pinus oocarpa*) และสนเทคูนูมานี (*Pinus tecunumanii*) ดังนั้นในประเทศไทยมีไม้สนที่มีศักยภาพในการเจริญเติบโต 5 ชนิด ประกอบไปด้วย สนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา และสนสนเทคูนูมานี (คณิต, 2544; ประดิษฐ์, 2540; Khamyong *et al.*, 2014)

ไม้สนที่มีอยู่ในป่าธรรมชาติมีประโยชน์ในการอนุรักษ์หน้าดิน รักษาต้นน้ำลำธาร ช่วยลดการพังทลายของหน้าดิน ไม้สนมีความเหมาะสมในการทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ และใช้ทำไม้ประสานในงานไม้ทั่วไปได้ดี อีกทั้งยังนิยมใช้ไม้สนในอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ เนื่องจากมีเส้นใยยาว นอกจากนี้ยังมีการใช้ประโยชน์จากยางสน ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ น้ำมันสน และชันสน โดยน้ำมันสนนิยมใช้ในการทำน้ำหอมหรือสารแต่งกลิ่น และใช้เป็นตัวทำละลาย ส่วนชันสนนิยมใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษ เป็นสารเชื่อมเพื่อการยึดติดและทำให้เป็นมันเงา

กรรมวิธีเก็บยางสนในระยะแรกเริ่มจะใช้กรรมวิธีการกรีดเปลือก ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายรูปแบบ ได่แก่ วิธีการกรีดเปลือกของประเทศจีน (Chinese) วิธีการกรีดเปลือกของประเทศสหรัฐอเมริกา (American) วิธีการกรีดเปลือกของประเทศฝรั่งเศส (Hugues) วิธีการกรีดเปลือกของประเทศอินเดีย (Mazek) และวิธีการกรีดเปลือกของประเทศอินโดนีเซีย (Quarre) ซึ่งมีการใช้สารกระตุ้นเพื่อเพิ่มปริมาณยางสน โดยสารกระตุ้นที่มีความนิยมในอุตสาหกรรมมากที่สุด คือ กรดซัลฟูริก (Coppen and Hone, 1995; Rodrigues-Correa *et*

*al*., 2013) ต่อมาได้มีการพัฒนากรรมวิธีการเก็บยางสนโดยใช้กรรมวิธีการเจาะรู ซึ่งเป็นวิธีที่ทำลายต้นสนน้อยกว่าวิธีการกรีดเปลือก โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การเจาะรูต้นสนของประเทศอินเดีย และการเจาะรูต้นสนของประเทศอินโดนีเซีย (Sharma and Lekha, 2013) สำหรับกรรมวิธีเก็บยางสนในประเทศไทยโดยส่วนใหญ่จะใช้กรรมวิธีการกรีดเปลือกจากต้นสนสองใบ และมีการใช้ประโยชน์ยางสนในอุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมสารเคลือบผิว อุตสาหกรรมสี และอุตสาหกรรมเภสัช (วนิดา, 2530) ทางด้านการค้าระหว่างประเทศในปี พ.ศ. 2537-2538 ประเทศจีนมีกำลังการผลิตยางสนประมาณ 570,000 ตัน/ปี ส่วนประเทศบราซิลมีกำลังการผลิตยางสนประมาณ 65,000 ตัน/ปี ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 500 ดอลลาร์สหรัฐ/ตัน (Coppen and Hone, 1995) ในปี พ.ศ. 2549-2550 ประเทศบราซิลมีกำลังการผลิตยางสนประมาณ 106,000 ตัน/ปี ซึ่งมีมูลค่าการส่งออก 530 ดอลลาร์สหรัฐ/ตัน (Availability Reliability and Security, 2007) จะเห็นได้ว่า มูลค่าของยางสนมีค่ามากขึ้น เพราะฉะนั้นการส่งเสริมการใช้ไม้สนและยางสนในประเทศไทยจึงเป็นสิ่งที่ควรศึกษาต่อไป

การศึกษานี้เพื่อประเมินแนวทางการใช้ประโยชน์ของไม้สนและยางสนในเขตพื้นที่สูงทางภาคเหนือของประเทศไทย เพื่อเพิ่มมูลค่าในทางเศรษฐกิจ โดยที่ไม่ต้องทำการตัดไม้ทำลายป่า และช่วยอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ให้คงอยู่ดังเดิม

## อุปกรณ์และวิธีการ

### 1. การศึกษานี้ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ด้วย 3 ปัจจัย

ปัจจัยของรูปแบบต้นสน 6 รูปแบบ: สนสองใบ สนสามใบ สนโอคาร์ปา สนคาริเบีย สนเทคูนูมานี อายุ 30 ปี และสนคาริเบียอายุ 10 ปี ปัจจัยของกรรมวิธีการเก็บยางสน 2 วิธี: กรรมวิธีการกรีดเปลือกและวิธีการเจาะรู และปัจจัยการใช้สารกระตุ้น 3 รูปแบบ: ไม่ใส่สารกระตุ้น ใส่กรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 และใส่กรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 โดยทำการทดลองจำนวน 3 ซ้ำ (สภาวะละ 3 ต้น)

### 2. การเลือกพื้นที่ในการเก็บยางสน

เลือกพื้นที่ที่มีต้นสนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย สนโอคาร์ปา สนเทคูนูมานี อายุ 30 ปี และสนคาริเบียอายุ 10 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล ตำบลอินทขิล อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีพื้นที่ 1,392 ไร่ พิกัดเสาธง ละติจูดที่ 19.152980 ลองจิจูดที่ 98.952983 โดยทำการทดลองทั้งหมด 6 แปลง ดังนี้ แปลงที่ 1 คือ สนสองใบ แปลงที่ 2 คือ สนสามใบ แปลงที่ 3 คือ สนคาริเบีย แปลงที่ 4 คือ สนเทคูนูมานี แปลงที่ 5 คือ สนคาริเบียอายุ 10 ปี และแปลงที่ 6 คือ สนโอคาร์ปา แสดงดัง Figure 1 ซึ่งการทดลองครั้งนี้ทำการเก็บยางสนในช่วงเดือนมกราคม-พฤษภาคม พ.ศ.2560

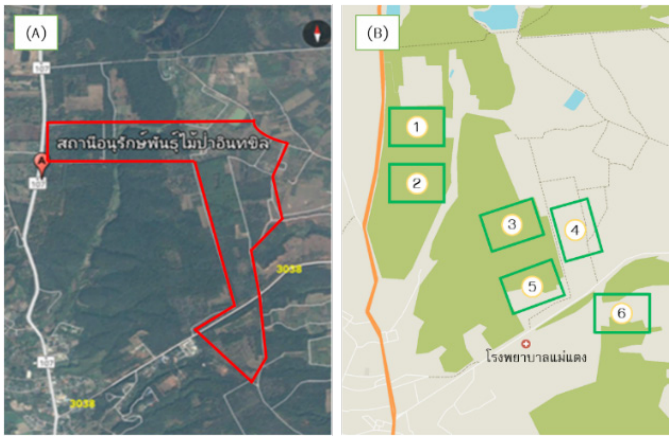



**Figure 1** Venue of study; A: Intakin silvicultural research station, Chiang Mai B: the position of pine species as 1: *Pinus merkusii* 2: *Pinus kesiya* 3: *Pinus caribaea* 4: *Pinus tecunumanii* 5: *Pinus caribaea* 10 years 6: *Pinus oocarpa*.

**3. การเลือกต้นสน**

เลือกต้นสนจำนวน 18 ต้น/ 1 แปลง โดยเลือกต้นที่มีลำต้นเปลาตรง ความสูงมากกว่า 10 เมตร เส้นรอบวงเพียงอก (Girth at Breast Height) มีขนาดประมาณ 120 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีการเข้าทำลายของแมลง และไม่ยืนต้นตาย หลังจากนั้นทำการวัดความสูง เส้นรอบวงเพียงอก ขนาดทรงพุ่ม และความหนาแน่นของทรงพุ่ม

**4. กรรมวิธีเก็บยางสน**

กรรมวิธีเก็บยางสนด้วยการกรีดเปลือกทำตามรูปแบบของประเทศสหรัฐอเมริกา แบบหน้าแคบ (A narrow face) ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และใช้ในอุตสาหกรรมเก็บยางสนในปัจจุบัน (Coppen and Hone, 1995; Rodrigues-Correa *et al*., 2013) โดยเลือกบริเวณที่จะทำการกรีดเปลือกทางด้านทิศตะวันออกของลำต้น บริเวณที่จะทำการกรีดต้องมีความสูงจากพื้นดิน 20 เซนติเมตร ซึ่งรอยแผลที่ถูกกรีดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีความกว้างประมาณ 10 เซนติเมตร และมีความสูงประมาณ 10 เซนติเมตร ทำการลอกเปลือกนอก เปลือกใน และแคมเบียม ออกตามลำดับ แสดงดัง Figure 2 (A) หลังจากนั้นทำการติดตั้งภาชนะรองรับยางสนด้วยถุงพลาสติกที่ทราบค่าน้ำหนักบริเวณด้านล่างของรอยแผลที่ทำการกรีด แสดงดัง Figure 2 (B) ต่อมาฉีดสารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกประมาณ 10 มล. โดยทำการฉีดทุกครั้งที่มีการเก็บยางสน จากนั้นทำการเก็บยางสนทุกๆ 3 วัน พร้อมทั้งทำการกรีดเปลือกบริเวณด้านบนของรอยแผลเพิ่มขึ้นครั้งละ 1 เซนติเมตร ทำซ้ำจำนวน 10 ครั้ง

การชั่งน้ำหนักยางสนที่ได้จากกรรมวิธีการกรีดเปลือก ทำการชั่งน้ำหนักถุงก่อนนำไปใช้รองรับยางสน จากนั้นนำยางสนพร้อมถุงบรรจุที่ทราบค่าน้ำหนักมาชั่ง และบันทึกค่า ทำการคำนวณหาน้ำหนักของยางสน ดังนี้

น้ำหนักยางสน (กรัม) = น้ำหนักยางสนพร้อมถุง (กรัม)-น้ำหนักถุง (กรัม) (1)

เมื่อได้ปริมาณยางสนของแต่ละต้นเป็นจำนวน 10 ครั้ง นำมารวมเป็นปริมาณยางสนในแต่ละต้น จากนั้นทำการหาค่าเฉลี่ยปริมาณยางสน โดยทำการเฉลี่ยด้วย 3 ต้น ตามจำนวนซ้ำของแต่ละสภาวะ

กรรมวิธีเก็บยางสนด้วยการเจาะรูเลือกใช้วิธีการของ Hadiyane *et al*. (2015) โดยการเลือกบริเวณที่จะทำการเจาะรูทางด้านทิศตะวันออกของลำต้น ซึ่งบริเวณที่ทำการเจาะรูต้องมีความสูงจากพื้นดิน 20 เซนติเมตร ขีดเส้นบริเวณพื้นที่ที่ได้ทำการเลือกด้วยชอล์กเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 5×5 เซนติเมตร เพื่อเป็นแนวในการลอกเปลือก จากนั้นทำการลอกเปลือกนอก เปลือกใน และแคมเบียม ออกตามลำดับ ทำการเจาะรูต้นสนโดยใช้สว่านมือหรือสว่านไฟฟ้า ที่มีดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร ทำการเจาะรูด้วยมุม 30 องศากับระนาบของเปลือก และมีความชัน 5-10 องศา เจาะรูให้ลึกลงไปในเนื้อไม้สนประมาณ 2-3 เซนติเมตร ต่อมาฉีดสารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกประมาณ 10 มล. บริเวณรูที่ทำการเจาะโดยทำการฉีดทุกครั้งที่มีการเก็บยางสน แสดงดัง Figure 2 (C) หลังจากนั้นใช้ค้อนตอกท่อพลาสติกเข้าไปในรูที่ได้ทำการเจาะไว้เพื่อเป็นแนวสำหรับการไหลของยางสน และนำถุงพลาสติกที่ทราบค่าน้ำหนักมาครอบบริเวณปลายท่อพร้อมทั้งทำการยึดให้แน่น ทำการเก็บยางสนทุกๆ 3 วัน พร้อมทั้งเปลี่ยนถุงสำหรับรองรับยางสนทุกครั้ง และทำการวัดปริมาณยางสนเช่นเดียวกับกรรมวิธีกรีดเปลือก

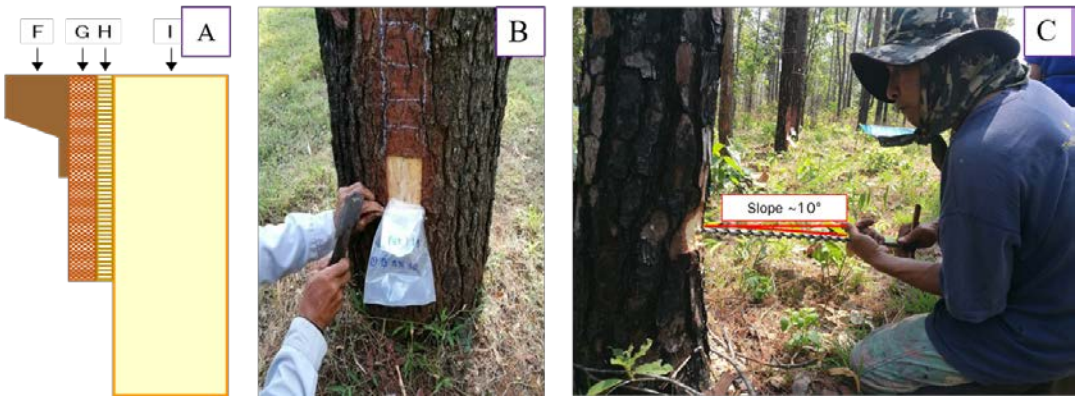



**Figure 2** The tapping method for oleoresin; A: bark structure (F: outer bark, G: inner bark, H: cambium, I: xylem), B: example of bark chipping method, C: example of borehole method.

**5. การทดสอบคุณสมบัติของยางสน**

การหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ขวดพิกนอร์มิเตอร์ (Pycnometer) ปริมาตร 25 มล. ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมชันสน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2550) และการทดสอบหาองค์ประกอบทางเคมีของยางสนวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทรกราฟี-แมสสเปคโทรมิเตอร์ (Gas Chromatograph-Mass Spectrometer, GCMS) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GCMS-QP2020, Kyoto, Japan คอลัมน์ชนิด HP5-5MS (30 เมตร หรือ 0.25 มิลลิเมตร) โดยแก๊สพาใช้แก๊สฮีเลียม ปริมาตรสารทดสอบที่ฉีด 1 ไมโครลิตร (Split ratio 50:1) อุณหภูมิของคอลัมน์เริ่มต้นจาก 60 องศาเซลเซียส (คงไว้ 10 นาที) ต่อมาเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 4 องศาเซลเซียส/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับ 220 องศาเซลเซียส (คงไว้ 10 นาที) จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิขึ้นในอัตรา 10 องศาเซลเซียส/นาที จนกระทั่งอุณหภูมิเท่ากับ 280 องศาเซลเซียส โดยทำการฉีดสารที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส (Missio *et al.*, 2015)

## ผลและวิจารณ์

**อิทธิพลของชนิดสน กรรมวิธีการเก็บและอายุต่อปริมาณยางสน**

การเก็บยางสนด้วยกรรมวิธีกรีดเปลือกโดยไม่มีการใส่สารกระตุ้น พบว่า ไม้สนที่ให้ปริมาณมากที่สุด คือ สนคาริเบีย ซึ่งให้ปริมาณยางสนเฉลี่ย 266.15 กรัม/ต้น รองลงมา คือ สนสองใบ และสนเทคูนูมานี ซึ่งให้ปริมาณยางสนเฉลี่ย 174.84 และ 174.74 กรัม/ต้น ไม้สนที่ให้ปริมาณยางสนน้อย คือ สนสามใบ และสนโอคาร์ปา ซึ่งให้ปริมาณยางสนเฉลี่ย 87.46 และ 64.22 กรัม/ต้น ซึ่งปริมาณยางสนของสนสองใบสอดคล้องกับงานวิจัยของ วนิดา และมยุรี (2535) โดยการทดลองมีปริมาณยางสน 285.10 กรัม/ต้น และสนสามใบให้ปริมาณยางสนน้อยเนื่องจากยางสนแห้งและแข็งเร็วเมื่อพิจารณาการใช้สารกระตุ้นที่ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับกรรมวิธีเก็บยางสน พบว่า สนสองใบที่ใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 ให้ปริมาณยางสนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 494.77 กรัม/ต้น อย่างไรก็ตามการใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 60 ร่วมกับกรรมวิธีการกรีดเปลือกล้วนส่งเสริมการให้ปริมาณยางสนทุกชนิด โดยกรดซัลฟูริกเป็นสารช่วยชะลอการแข็งตัวของยางสน ทำให้ยางสนไหลอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีผลทำให้บาดแผลจากการกรีดต้นสนลดความรุนแรงลง และการใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกส่งผลให้ปริมาณยางสนเพิ่มขึ้นประมาณ 2-3 เท่า (Rodrigues-Correa *et al.*, 2013; วนิดา 2530) ในส่วนของการเก็บยางสนด้วยกรรมวิธีเจาะรูที่ให้ปริมาณยางสนมาก คือ สนโอคาร์ปา สนสองใบ และสนคาริเบีย ซึ่งให้ปริมาณยางสนเฉลี่ย 72.41 28.20 และ 28.06

กรัม/ต้น ตามลำดับ ไม้สนที่ให้ปริมาณยางสนเฉลี่ยน้อย คือ สนเทคูนูมานี และสนสามใบ ซึ่งให้ปริมาณยางสนเฉลี่ย คือ 6.27 และ 5.81 กรัม/ต้น เมื่อพิจารณาการใช้สารกระตุ้นที่ความเข้มข้นต่างๆ ร่วมกับกรรมวิธีเก็บยางสนพบว่า สนสองใบที่ใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 60 ได้ปริมาณยางสนเฉลี่ยมากที่สุด คือ 368.63 กรัม/ต้น อย่างไรก็ตามการใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 60 ร่วมในกรรมวิธีการเจาะรูล้วนส่งเสริมการให้ปริมาณยางสนทุกชนิด แสดงดัง Table 1

การเก็บยางสนด้วยกรรมวิธีกรีดเปลือก พบว่า สนคาริเบียอายุมาก (30 ปี) ให้ปริมาณยางสนเฉลี่ย 266.15 กรัม/ต้น ซึ่งมากกว่าสนคาริเบียอายุน้อย (10 ปี) ซึ่งได้ปริมาณยางสนเฉลี่ยเพียง 176.84 กรัม/ต้น ในส่วนของการเก็บยางสนด้วยกรรมวิธีเจาะรู พบว่า ไม้สนคาริเบียที่มีอายุมาก (30 ปี) ให้ปริมาณยางสน 28.06 กรัม/ต้น มากกว่าสนอายุน้อย (10 ปี) ซึ่งได้ปริมาณยางสนเฉลี่ยเพียง 6.62 กรัม/ต้น แสดงดัง Table 2

เมื่อพิจารณาปริมาณยางสนจากสนชนิดต่างๆ ตามกรรมวิธีการกรีดเปลือกและการเจาะรู ที่ไม่ใส่สารกระตุ้น และใส่สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกร้อยละ 40 และ 60 ภายใต้สมมติฐานว่า ต้นสนให้ปริมาณยางสนที่แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญในแต่ละเดือน และทำการเก็บยางสน 8 เดือน/ปี เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณยางสนที่สามารถยอมรับได้ คือ 2 กิโลกรัม/ต้น/ปี (Coppen and Hone, 1995) พบว่า สนสองใบ และสนคาริเบียให้ปริมาณยางสนมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า สภาวะการทดลองที่แตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณยางสนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงดัง Figure 3 อย่างไรก็ตาม ฤดูกาลมีอิทธิพลต่อปริมาณยางสนโดยในฤดูร้อนจะให้ปริมาณยางสนมากกว่าฤดูหนาว และฤดูฝนตามลำดับ (วนิดา, 2530) จากกรรมวิธีการกรีดเปลือกไม้สนโดยไม่มีการใส่สารกระตุ้นพบว่า สนที่ให้ปริมาณยางสนมากที่สุด คือ สนคาริเบีย โดยให้ปริมาณยางสนมากกว่า 2 กิโลกรัม/ต้น/ปี ซึ่งสูงกว่าปริมาณยางสนต่อปีที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้น สนคาริเบียอายุ 30 ปี จึงมีความเหมาะสมสำหรับกรรมวิธีการกรีดเปลือก เพื่อนำยางสนไปใช้ประโยชน์ได้

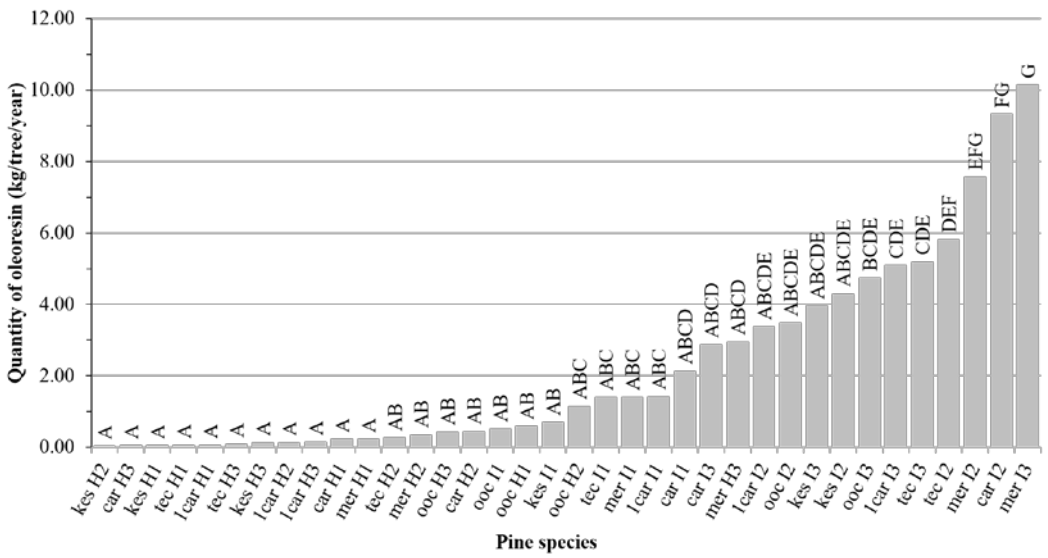



**Figure 3** Quantity of oleoresin; I: bark chipping method, H: borehole method, 1: None, 2: 40% $H_2SO_4$, 3: 60% $H_2SO_4$, mer: *P.merkusii*, kes: *P.kesiya*, car: *P.caribaea*, ooc: *P.oocarpa*, tec: P. *tecunumanii* and 1car: *P.caribaea* 10 years. Capital Letters (A-G) upper each bar indicates the statistic difference among interaction at $P < 0.05$.

**Table 1** Comparison of oleoresin quantity between various species, tapping method and stimulant formula of highland pine.

| Pine species | Stimulants formula with $H_2SO_4$ (%) | Quantity of oleoresin | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Bark chipping method | | | | Borehole method | | | |
| | | Mean (g/tree) | S.D. | Mean[a] (kg/tree/year) | S.D. | Mean (g/tree) | S.D. | Mean[a] (kg/tree/year) | S.D. |
| *P.merkusii* | None | 174.84 | 82.11 | 1.40 | 0.66 | 28.20 | 27.15 | 0.23 | 0.22 |
| | 40 | 945.54 | 526.01 | 7.56 | 4.21 | 44.07 | 33.39 | 0.35 | 0.27 |
| | 60 | 1268.25 | 956.97 | 10.15 | 7.66 | 368.63 | 250.02 | 2.95 | 2.00 |
| *P.kesiya* | None | 87.46 | 27.21 | 0.70 | 0.22 | 5.81 | 9.56 | 0.05 | 0.08 |
| | 40 | 536.87 | 354.63 | 4.29 | 2.84 | 3.88 | 1.55 | 0.03 | 0.01 |
| | 60 | 494.77 | 663.93 | 3.96 | 5.31 | 16.08 | 10.33 | 0.13 | 0.08 |
| *P.caribaea* | None | 266.15 | 159.42 | 2.13 | 1.28 | 28.06 | 41.55 | 0.22 | 0.33 |
| | 40 | 1164.93 | 476.09 | 9.32 | 3.81 | 54.71 | 79.45 | 0.44 | 0.64 |
| | 60 | 358.88 | 238.18 | 2.87 | 1.91 | 5.50 | 6.68 | 0.04 | 0.05 |
| *P.oocarpa* | None | 64.22 | 67.08 | 0.51 | 0.54 | 72.41 | 86.14 | 0.58 | 0.69 |
| | 40 | 434.95 | 376.12 | 3.48 | 3.01 | 143.20 | 81.68 | 1.15 | 0.65 |
| | 60 | 592.73 | 336.90 | 4.74 | 2.70 | 52.89 | 5.00 | 0.42 | 0.04 |
| *P.tecunumanii* | None | 174.74 | 209.66 | 1.40 | 1.68 | 6.27 | 10.86 | 0.05 | 0.09 |
| | 40 | 727.67 | 377.89 | 5.82 | 3.02 | 33.47 | 40.84 | 0.27 | 0.33 |
| | 60 | 648.93 | 27.03 | 5.19 | 0.22 | 10.78 | 10.70 | 0.09 | 0.09 |

**Remarks:** Tapping method takes place for 8 months of the year, during the winter and summer.

[a] : Under assumption that a pine tree provides the insignificantly different amount of oleoresin in each month.

**Table 2** Comparison of oleoresin quantity between various tapping method and stimulant formula of highland pine (Age comparison).

| Tapping method | Pine species | Stimulants formula with $H_2SO_4$ (%) | Quantity of oleoresin (kg/tree/year) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Mean (g/tree) | S.D. | Mean[a] (kg/tree/year) | S.D. |
| Bark chipping method | *P.caribaea* 30 years | None | 266.15 | 159.42 | 2.13 | 1.28 |
| | | 40 | 1164.93 | 476.09 | 9.32 | 3.81 |
| | | 60 | 358.88 | 238.18 | 2.87 | 1.91 |
| | *P.caribaea* 10 years | None | 176.84 | 46.42 | 1.41 | 0.37 |
| | | 40 | 421.83 | 180.44 | 3.37 | 1.44 |
| | | 60 | 637.06 | 425.48 | 5.10 | 3.40 |
| Borehole method | *P.caribaea* 30 years | None | 28.06 | 41.55 | 0.22 | 0.33 |
| | | 40 | 54.71 | 79.45 | 0.44 | 0.64 |
| | | 60 | 5.50 | 6.68 | 0.04 | 0.05 |
| | *P.caribaea* 10 years | None | 6.62 | 11.47 | 0.05 | 0.09 |
| | | 40 | 16.17 | 7.37 | 0.13 | 0.06 |
| | | 60 | 17.64 | 16.58 | 0.14 | 0.13 |

**Remarks:** Tapping method takes place for 8 months of the year, during the winter and summer.

[a] : Under assumption that a pine tree provides the insignificantly different amount of oleoresin in each month.

## อิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ต่อคุณสมบัติยางสน

คุณสมบัติทางกายภาพของยางสนที่ได้จากกรรมวิธีการกรีดเปลือกและการเจาะรูของสนชนิดต่างๆ ที่ไม่ใส่สารกระตุ้น และใส่สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 และ 60 ซึ่งพบว่า ยางสนมีลักษณะที่เหนียว มีสีเหลืองอำพัน และมีกลิ่นฉุน ความถ่วงจำเพาะของยางสนแต่ละชนิดมีค่าใกล้เคียงกันประมาณ 1.08 โดยค่าความถ่วงจำเพาะที่มากที่สุดของยางสนไม่ใส่สารกระตุ้น คือ สนสองใบ มีค่า 1.09 ที่สารกระตุ้นความเข้มข้นร้อยละ 40 ของสนคาริเบียมีค่าความถ่วงจำเพาะมากที่สุด คือ 1.13 และที่สารกระตุ้นความเข้มข้นร้อยละ 60 ของสนเทดูนูมานีมีค่ามากที่สุด คือ 1.11 เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ชนิดต้นสนและการใส่สารกระตุ้นที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าความถ่วงจำเพาะยางสนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงดัง Table 3

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าองค์ประกอบหลักทางเคมีของยางสนชนิดต่าง ๆ ที่ไม่มีการใส่สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริก คือ สารอัลฟาไพนีน (alpha-pinene) โลนิจิโฟลีน (longifolene) เดลต้าแครีน (3-carene) เบต้าไพนีน (β-pinene) ดีไลโมนีน (d-limonene) และแคมฟีน (camphene) ซึ่งสารเหล่านี้จัดเป็นสารจำพวกโมโนเทอร์ปีน (ประกอบด้วย 2 ไอโซปรีนซึ่งเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนจำพวกแอลคีน) และเสสควิเทอร์ปีน (ประกอบด้วย 3 ไอโซปรีน) ซึ่งนิยมใช้งานอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมเคมี เช่น การใช้เป็นตัวทำละลาย การทำน้ำหอม การทำยาฆ่าแมลง เป็นต้น อีกทั้งสารอัลฟาไพนีน และเบต้าไพนีนยังมีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านเชื้อราตามธรรมชาติอีกด้วย (Cheng *et al*., 2013; Matan and Ketsa, 2012) เมื่อพิจารณาการนำยางสนไปใช้ประโยชน์สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม ตามองค์ประกอบหลักทางเคมีของยางสนดังนี้ กลุ่ม

แรก คือ สนพื้นเมือง (สนสองใบ และสนสามใบ) มีปริมาณสารอัลฟาไพนีนมากที่สุด จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในการทำน้ำหอม ตัวทำละลาย และยาฆ่าแมลง กลุ่มที่สอง คือ สนต่างถิ่น (สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปา) มีปริมาณสารอัลฟาไพนีนมาก จึงเหมาะแก่การใช้ประโยชน์เช่นเดียวกันกับสนพื้นเมืองแต่จะด้อยกว่าในด้านของปริมาณ และกลุ่มที่สาม คือ สนต่างถิ่น (สนเทคูนูมานี) มีปริมาณสาร เดลต้าแครีนมากที่สุด ซึ่งมีความแตกต่างไปจากสนพื้นเมืองและสนต่างถิ่นชนิดอื่น จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในการทำสารกำจัดศัตรูพืช หรือยาฆ่าแมลง แสดงดัง Table 4 และ Figure 4 อย่างไรก็ตาม ยังมีที่พบในยางสนซึ่งมีปริมาณน้อยแต่สามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อเพิ่มมูลค่าได้ คือ สารจำพวกกรด (Pimaric acid, Palustric acid, Abietic acid, Octadecanoic acid) จะถูกใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เทียนไข สบู่ จาระบี ผงซักฟอก น้ำยาปรับผ้านุ่ม เป็นต้น (Goodger *et al*., 2007)

**Table 3** Comparison of physical propertie oleoresin obtained from various condition (species, tapping method and stimulant formula).

| Pine species | Stimulants formula with $H_2SO_4$ (%) | Specific gravity | S.D. | Appearance |
|---|---|---|---|---|
| *P.merkusii* | None | $1.09^{CDE}$ | 0.02 | Amber and pungent odor |
| | 40 | $1.05^{ABC}$ | 0.02 | |
| | 60 | $1.08^{CD}$ | 0.02 | |
| *P.kesiya* | None | $1.04^{AB}$ | 001 | |
| | 40 | $1.03^{A}$ | 0.02 | |
| | 60 | $1.05^{ABC}$ | 0.01 | |
| *P.caribaea* | None | $1.06^{ABCD}$ | 0.04 | |
| | 40 | $1.13^{EF}$ | 0.04 | |
| | 60 | $1.09^{ABC}$ | 0.02 | |
| *P.oocarpa* | None | $1.06^{ABC}$ | 0.02 | |
| | 40 | $1.05^{ABC}$ | 0.02 | |
| | 60 | $1.08^{BCD}$ | 0.03 | |
| *P.tecunumanii* | None | $1.08^{CDE}$ | 0.04 | |
| | 40 | $1.12^{F}$ | 0.02 | |
| | 60 | $1.11^{DEF}$ | 0.01 | |

**Remarks:** This experiment was assumed that season did not influence on oleoresin properties Capital Letters (A-F) upper each number indicates the statistic difference among interaction at $P < 0.05$.

**Table 4** Comparison of chemical properties oleoresin obtained from various species without stimulant.

| Pine species | Chemical component (percent by weight) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | α-pinene | longifolene | 3-carene | β-pinene | d-limonene | camphene |
| *P.merkusii* | 39.17 | - | 7.58 | 2.71 | 5.28 | 0.63 |
| *P.kesiya* | 35.61 | 4.46 | 2.40 | 0.61 | 2.46 | 1.73 |
| *P.caribaea* | 21.94 | 12.72 | 0.42 | 1.16 | - | 0.67 |
| *P.oocarpa* | 21.83 | 10.44 | 1.46 | 1.86 | 0.87 | 0.42 |
| *P.tecunumanii* | 6.69 | 7.58 | 15.99 | 1.40 | 0.78 | 0.78 |

**Remarks:** This experiment was assumed that season did not influence on oleoresin properties.

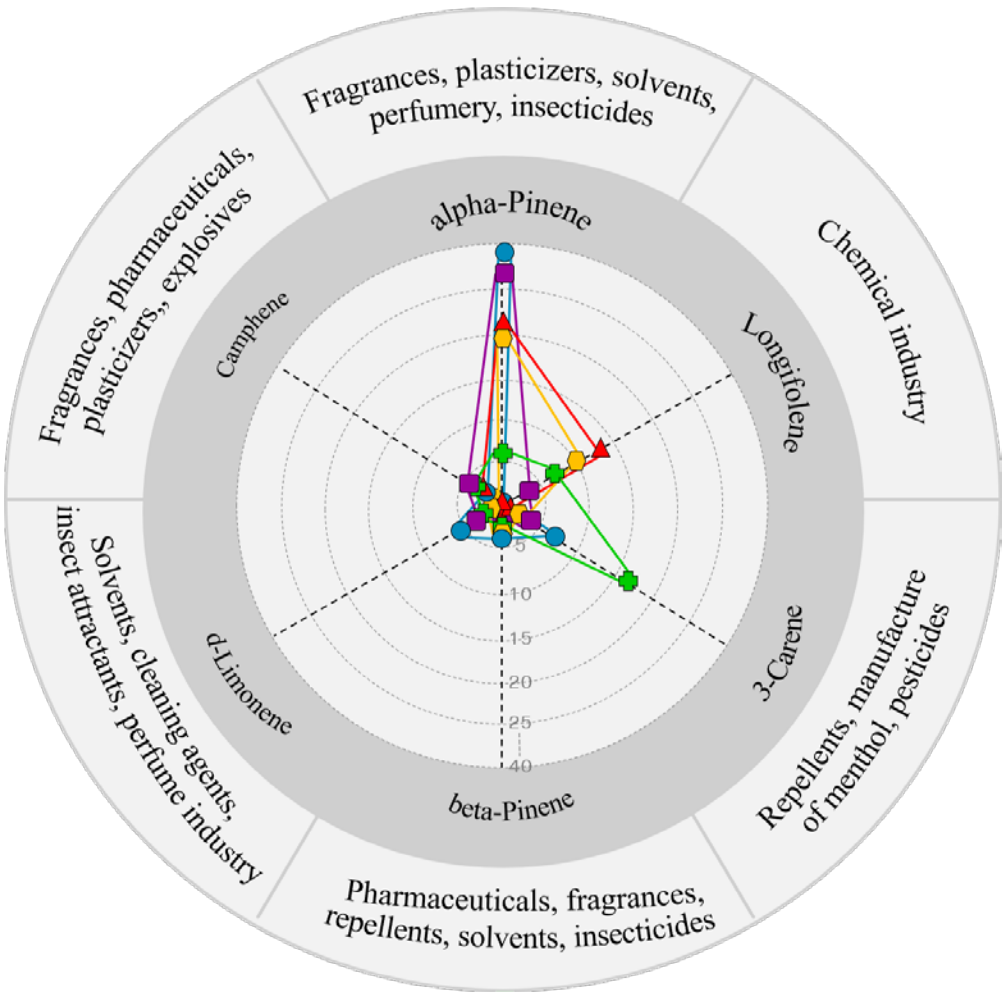



**Figure 4** The plausible of oleoresin colleced from various pine species (● *P.merkusii* ■ *P.kesiya* ▲ *P.caribaea* ⬢ *P.oocarpa* ■ *P.tecunumanii*).

## สรุป

1. กรรมวิธีเก็บยางสนที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด คือ การทำการเก็บยางสนสองใบที่มีอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป ด้วยกรรมวิธีการกรีดเปลือก โดยใช้สารกระตุ้นด้วยกรดซัลฟูริกความเข้มข้นร้อยละ 60

2. แนวทางการใช้ประโยชน์ยางสน ยางสนสองใบ สนสามใบ สนคาริเบีย และสนโอคาร์ปามีสารอัลฟาไพนีนมากที่สุด จึงเหมาะแก่การนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการทำน้ำหอมหรือสารแต่งกลิ่น ยกเว้นยางสนเทดูนูมานีที่มีสารเดลต้าแครีนมากสุดจึงเหมาะแก่การในไปใช้ประโยชน์ในด้านการทำสารกำจัดศัตรูพืช

## คำนิยม

ขอขอบคุณ คุณสมชาย นองเนือง หัวหน้าสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล คุณกิตติศักดิ์ จินดาวงศ์ มูลนิธิโครงการหลวง และภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

คณิต รัตนวัฒน์กุล. 2544. **การปรับปรุงพันธุ์ไม้สนในประเทศไทย Pine Improvement in Thailand.** ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการ, กรมป่าไม้.

ประดิษฐ์ หอมจีน. 2540. **การปลูกสร้างสวนป่าไม้สนในประเทศไทย**. ส่วนวนวัฒนวิจัยสำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

วนิดา สุบรรณเสณี. 2530. **การศึกษาอุตสาหกรรมยางสนในประเทศไทย**. สำนักงานเงินทุนหมุนเวียนค้นคว้าทดลองเกี่ยวกับป่าสน กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้.

วนิดา สุบรรณเสณี และ มยุรี ดวงเพชร. 2535. การเจาะยางสนแบบเปิดเปลือกโดยใช้กรดเร่ง. น.39-95. ใน **รายงานการวิจัยของป่าปีงบประมาณ 2535**. กรมป่าไม้, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2550. **มาตรฐานอุตสาหกรรมชันสน.** มอก. 480-2550.

Availability Reliability and Security, 2007. **Brazilian association of resin tapping industries**. Available Source: http://www.aresb.com.br/, April 17, 2018.

Cheng, S.S., C.Y. Lin, M.J. Chung, Y.H. LIU, C.G. Huang and S.T. Chang. 2013. Larvicidal activities of wood and leaf essential oils and ethanolic extracts from Cunninghamia konishii Hayata against the dengue mosquitoes. **Industrial Crops and Products** 47 (1): 310-315.

Coppen, J.J.W. and G.A. Hone. 1995. **Gum naval Stores: Turpentine and Rosin from Pine Resin**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Goodger, J., T.S. Choo and I. Woodrow. 2007. Ontogenetic and temporal trajectories of chemical defence in a cyanogenic eucalypt. **Oecologia** 153 (4): 799-808.

Khamyong, S., N. Anongrak and S. Sumanochitraporn. 2014. Role of a Pine (*Pinus kesiya*) Plantation on Water Storage in the Doi Tung Reforestation Royal Project, Chiang Rai Province, Northern Thailand. **Thai J. For.** 33 (3): 75-87.

Matan, N. and S. Ketsa. 2012. Effect of heat curing on antifungal activities of anise oil garlic oil against Aspergillus niger on rubberwood. **International Biodeterioration and Biodegradation** 75 (1): 150-157.

Missio, A.L., B.D. Mattos, P.H.G. Cademertor, T.V. Lourencon, J. Labidi and D.A. Gatto. 2015. The effect of oleoresin tapping on physical and chemical properties of *Pinus elliottii* wood. **Sci. For., Piracicaba** 43 (107): 721-732.

Rodrigues-Correa, K.C.S., J.C. Lima, and A.G. Fett-Neto. 2013. **Oleoresins from Pine: Production and Industrial Uses.** Plant Physiology Laboratory, Center for Biotechnology and Department of Botany, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil.

Sharma, K.R. and C. Lekha. 2013. Tapping of Pinus Roxburghii (Chir Pine) for Oleoresin in Himachal Pradesh India. **Advances in Forestry Letters (AFL)** 2 (3): 51-55.

Thai J. For. 37 (2) : 130-137 (2018) วารสารวนศาสตร์ 37 (2) : 130-137 (2561)

นิพนธ์ต้นฉบับ

# การอาบน้ำยาไม้ยางพาราตามกรรมวิธีจุ่มและทาโดยใช้สารคอปเปอร์แนปทีเนต และสารประกอบโบรอนเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของปลวก

# Rubberwood Lumber Preservation by Dipping and Brushing Treatments with Copper Naphthenate and Boron Compounds for Protection Against Termites

**ธิติ วานิชดิลกรัตน์[1]**
**ทรงกลด จารุสมบัติ[1]***
**ธีระ วีณิน[2]**

**Thiti Wanishdilokratn[1]**
**Songklod Jarusombuti[1]***
**Teera Veenin[2]**

[1] คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2] สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Forestry Alumni Association, Kasetsart University, Bangkok 10220, Thailand.
*Corresponding Author; E-mail: fforsoj@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 4 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 8 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

The aim of this research is to study on rubberwood lumber preservation by dipping and brushing treatments with copper naphthenate and boron compounds for protection against termites at Hat Wannakon Student Training Station, Prachuap Khiri Khan province. The experimental design was used with 1+2×2×4 factorials with the completely randomized treatment and 20 replicates. Control is rubberwood without treat. The first factor was boron compounds: dipping boron compound 10% treatment and not dipping. The second was preservative methods: dipping and brushing treatments. The third was copper naphthenate types: copper naphthenate with waterborne preservative 1%, copper naphthenate with waterborne preservative 2%, copper naphthenate with oil solvent 1% and copper naphthenate with oil solvent 2%. After treatments, the rubberwood samples were placed at the outdoor climate by graveyard testing method and evaluated damage area destroyed by termites on each samples during 3, 6 and 9 months.

The results revealed that the percentage of rubberwood damage area destroyed by termites from graveyard test in 3, 6 and 9 months. Boron compounds 10% and copper naphthenate 2% oil solvent preservative by dipping treatment had not any trace of destruction by termites. The most destroyed rubberwood was control condition which had damage areas of 4.15%, 21.45% and 42.70% on wood at three duration, respectively. The type of subterranean termites in this research was *Microcerotermes crassus* Snyder (Isoptera: Termitidae).

**Keywords:** Wood preservation, Copper naphthenate, Boron compounds, Graveyard test, Termites

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาการอาบน้ำยาไม้ยางพาราตามกรรมวิธีจุ่มและทาโดยใช้สารคอปเปอร์แนปทีเนต และสารประกอบโบรอนเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของปลวก ซึ่งทำการทดลองที่สถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์ หาดวนกร จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ โดยแผนการทดลองเป็นแฟคทอเรียล 1+2×2×4 จำนวน 20 ซ้ำ ซึ่งใช้การจัดทรีทเมนต์แบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยมีปัจจัยควบคุม คือ ไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านการอาบน้ำยา และมีปัจจัยในการทดลอง 3 ปัจจัย คือ 1. การใช้สารประกอบโบรอน ได้แก่ การอาบน้ำยาโบรอน 10% ด้วยวิธีการจุ่ม และไม่มีการอาบน้ำยาโบรอน 2. กรรมวิธีการอาบน้ำยาด้วยสารคอปเปอร์แนปทีเนต ได้แก่ การทา และการจุ่ม 3. ประเภทของการอาบน้ำยาด้วยสารคอปเปอร์แนปทีเนต ได้แก่ สารคอปเปอร์แนปทีเนต 1% ประเภทละลายน้ำ สารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำ สารคอปเปอร์แนปทีเนต 1% ประเภทละลายน้ำมัน และสารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำมัน จากนั้นนำไม้ยางพาราทั้งหมดไปทำการทดสอบแบบปักดิน ในแปลงทดลองกลางแจ้ง และประเมินผลเมื่อครบระยะเวลา 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน

ผลการศึกษาพบว่า ระยะเวลา 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน ปัจจัยของไม้ยางพาราที่ไม่มีการเข้าทำลายของปลวก คือ การอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน 10% กับสารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำมันด้วยวิธีการจุ่ม ส่วนปัจจัยที่มีการเข้าทำลายของปลวกมากที่สุดในระยะเวลา 3 เดือน 6 เดือน และ 9 เดือน คือ ปัจจัยที่ไม่มีการอาบน้ำยา ซึ่งมีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ 4.15 21.45 และ 42.70 ตามลำดับ และปลวกที่เข้าทำลายไม้ยางพาราเป็นปลวก *Microcerotermes crassus* Snyder วงศ์ Termitidae อันดับ Isoptera


**คำสำคัญ:** การอาบน้ำยาไม้ สารคอปเปอร์แนปทีเนต สารประกอบโบรอน การทดสอบแบบปักดิน ปลวก

## คำนำ

สถานการณ์ป่าไม้ในปัจจุบัน มีการใช้ประโยชน์จากไม้เพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ทรัพยากรป่าไม้เกิดความขาดแคลน โดยเฉพาะอย่างยิ่งไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติสูง เช่น ชิงชัน แดง สัก เป็นต้น ซึ่งเป็นไม้ที่มีราคาสูง จึงจำเป็นต้องมีการนำไม้ชนิดอื่นเข้ามาใช้ทดแทน โดยไม้ยางพารา จัดเป็นไม้เศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย และมีแนวโน้มในการปลูกต้นยางพาราเพิ่มมากขึ้น (โชติ และ ดำรง, 2513)

การนำไม้ยางพารามาใช้ประโยชน์ ส่วนใหญ่จะนำมาใช้ในงานเฟอร์นิเจอร์ หรืองานโครงสร้างภายใน จากคุณสมบัติของไม้ยางพาราซึ่งมีน้ำหนักเบา มีความแข็งแรงปานกลาง และแปรรูปได้ง่าย สามารถนำมาใช้ในงานโครงสร้างภายนอกได้ เช่น เสา ไม้พื้น รั้ว เป็นต้น แต่เนื่องจากไม้ยางพารา เป็นไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ เพราะมีปริมาณคาร์โบไฮเดรทสูง ทำให้เกิดการเข้าทำลายของแมลง เชื้อรา และศัตรูทำลายไม้อื่นๆ เป็นจำนวนมาก (ธีระ และคณะ, 2560) ดังนั้น จึงมีความจำเป็นต้องมีการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันปลวก ซึ่งเป็นศัตรูทำลายไม้ที่สร้างความเสียหายรุนแรงที่สุด การเลือกใช้สารเคมี ซึ่งนอกจากจะต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพ และความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแล้ว ยังต้องคำนึงถึงวิธีการใช้และต้นทุนด้วย

สารคอปเปอร์แนปทีเนต (Copper naphthenate) และสารประกอบโบรอน (Boron compounds) เป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของศัตรูทำลายไม้ มีวิธีการใช้งานที่ง่าย และสะดวก สามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องอัดน้ำยา ซึ่งกรรมวิธีในการอาบน้ำยาด้วยการจุ่มและทา เป็นวิธีการที่สามารถทำได้ทั่วไป ประหยัดเวลา และแรงงาน เพื่อเพิ่มอายุในการใช้งานของไม้ยางพาราให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น (Brient, 2014)

จากเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้มีการศึกษาแนวทางการใช้สารคอปเปอร์แนปทีเนตและสารคอปเปอร์แนปทีเนตร่วมกับสารประกอบโบรอน ด้วยวิธีการจุ่มและทาในการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวก

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การเตรียมวัตถุดิบ

เตรียมไม้ยางพาราขนาด 5×5×120 เซนติเมตร ที่มีความชื้น 12% จำนวน 340 ท่อน ทำการชั่งน้ำหนักไม้ด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง และบันทึกค่าน้ำหนัก ต่อมาเตรียมสารประกอบโบรอน 10% โดยผสมสารประกอบโบรอน 3 กิโลกรัม กับน้ำ 27 ลิตร หรืออัตราส่วน 1:9 และคนให้สารเป็นเนื้อเดียวกัน จากนั้นทำการเตรียมสารคอปเปอร์แนปทีเนตโดยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ 1. สารคอปเปอร์แนปทีเนต 1% ประเภทละลายน้ำ โดยทำการผสมสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำ 6 ลิตรกับน้ำ 24 ลิตร หรืออัตราส่วน 1:4 2. สารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำ โดยทำการผสมสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำ 12 ลิตรกับน้ำ 18 ลิตร หรืออัตราส่วน 2:3 3. สารคอปเปอร์แนปทีเนต 1% ประเภทละลายน้ำมัน โดยทำการผสมสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำมัน 3.75 ลิตรกับน้ำมันเบนซิน 26.25 ลิตร หรืออัตราส่วน 1:7 4. สารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำมัน โดยทำการผสมสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำมัน 6.5 ลิตรกับน้ำมันเบนซิน 19.5 ลิตร หรืออัตราส่วน 2:6 และคนให้สารเป็นเนื้อเดียวกัน

### การวางแผนการทดลอง

แผนการทดลองเป็นแฟคทอเรียล 1+2×2×4 จำนวน 20 ซ้ำ ซึ่งใช้การจัดทรีทเมนต์แบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แสดงดัง Table 1 แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan' s new multiple range test

**Table 1** Conditions of the experimental design.

| Condition | Treatment |
|---|---|
| QW1B00DI | Dipping with copper naphthenate waterborne 1% |
| QW2B00DI | Dipping with copper naphthenate waterborne 2% |
| QO1B00DI | Dipping with copper naphthenate oil-solvent 1% |
| QO2B00DI | Dipping with copper naphthenate oil-solvent 2% |
| QW1B00BR | Brushing with copper naphthenate waterborne 1% |
| QW2B00BR | Brushing with copper naphthenate waterborne 2% |
| QO1B00BR | Brushing with copper naphthenate oil-solvent 1% |
| QO2B00BR | Brushing with copper naphthenate oil-solvent 2% |
| QW1B10DI | Dipping with boron compounds 10% and dipping with copper naphthenate waterborne 1% |
| QW2B10DI | Dipping with boron compounds 10% and dipping with copper naphthenate waterborne 2% |
| QO1B10DI | Dipping with boron compounds 10% and dipping with copper naphthenate oil-solvent 1% |
| QO2B10DI | Dipping with boron compounds 10% and dipping with copper naphthenate oil-solvent 2% |
| QW1B10BR | Dipping with boron compounds 10% and Brushing with copper naphthenate waterborne 1% |
| QW2B10BR | Dipping with boron compounds 10% and Brushing with copper naphthenate waterborne 2% |
| QO1B10BR | Dipping with boron compounds 10% and Brushing with copper naphthenate oil-solvent 1% |
| QO2B10BR | Dipping with boron compounds 10% and Brushing with copper naphthenate oil-solvent 2% |
| CONTROL | Control |

**Remarks:** QW1 = copper naphthenate waterborne 1%, QW2 = copper naphthenate waterborne 2%,
QO1 = copper naphthenate oil-solvent 1%, QO2 = copper naphthenate oil-solvent 2%,
B00 = None boron, B10 = Dipping with boron compounds 10%,
DI = Dipping and BR = Brushing

## การทดลอง

**1. การจุ่มสารประกอบโบรอน 10%**

จุ่มไม้ยางพาราลงในสารประกอบโบรอน 10% ที่บรรจุอยู่ในภาชนะสำหรับจุ่มสารเป็นเวลา 10 นาที ต่อมานำมาผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาที ทำการชั่งน้ำหนักไม้ด้วยเครื่องชั่งทศนิยมสองตำแหน่ง และบันทึกค่าน้ำหนัก หลังจากนั้นนำไม้ยางพารามาอาบน้ำยาด้วยสารคอปเปอร์แนปทีเนต

**2. การจุ่มสารคอปเปอร์แนปทีเนต**

จุ่มไม้ยางพาราลงในสารคอปเปอร์แนปทีเนตของแต่ละปัจจัย ที่บรรจุอยู่ในภาชนะสำหรับจุ่มสารเป็นเวลา 3 นาที ต่อมานำมาผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำค้อนตอกแผ่นอลูมิเนียมที่มีหมายเลขกำกับด้วยตะปูที่ไม้ยางพารา โดยติดแผ่นอะลูมิเนียมให้มีระดับความสูงจากด้านโคนของไม้ยางพาราที่ต้องการปักประมาณ 100 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการค้นหา

**3. การทาสารคอปเปอร์แนปทีเนต**

ทาสารคอปเปอร์แนปทีเนตให้ทั่วบริเวณผิวหน้าไม้ทั้ง 6 ด้าน จำนวน 2 รอบ หลังจากการทาครั้งที่ 1 ให้ทำการผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 30 นาที แล้วจึงทาครั้งที่ 2 และทำการผึ่งให้แห้งอีกครั้งเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำค้อนตอกแผ่นอลูมิเนียมที่มีหมายเลขกำกับด้วยตะปูที่ไม้ยางพารา โดยติดแผ่นอะลูมิเนียมให้มีระดับความสูงจากด้านโคนของไม้ยางพาราที่ต้องการปักประมาณ 100 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการค้นหา

**4. การทดสอบแบบปักดิน**

เลือกพื้นที่กลางแจ้ง ขนาดประมาณ 19×16 เมตร ลักษณะดินเป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย จากสถานีฝึกนิสิตวนศาสตร์หาดวนกร อยู่ที่ ตำบลห้วยยาง อำเภอทับสะแก จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ต่อมาทำการกำหนดตำแหน่งในการปักไม้ลงในดิน โดยกำหนดตำแหน่งของแถวตามความยาว 20 แถว ในตำแหน่งที่ 1 - 20 แต่ละแถวมีระยะห่างประมาณ 1 เมตร และกำหนดตำแหน่งของแถวตามความกว้าง 17 แถว ในตำแหน่ง A – Q แต่ละแถวมีระยะห่างประมาณ 1 เมตร แสดงดัง Figure 1 ต่อมาขุดหลุมในตำแหน่งของพื้นที่ที่ได้ทำการเลือกให้มีขนาดประมาณ 5×5 เซนติเมตร และมีความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร จำนวน 340 หลุม จากนั้นนำไม้ยางพาราจำนวน 340 ท่อน ซึ่งประกอบด้วย ไม้ที่ได้ทำการอาบน้ำยาจำนวน 320 ท่อน และไม้ที่ไม่ได้ผ่านการอาบน้ำยาจำนวน 20 ท่อน มาปักตามตำแหน่งที่ได้ทำการขุดหลุมด้วยวิธีการสุ่ม

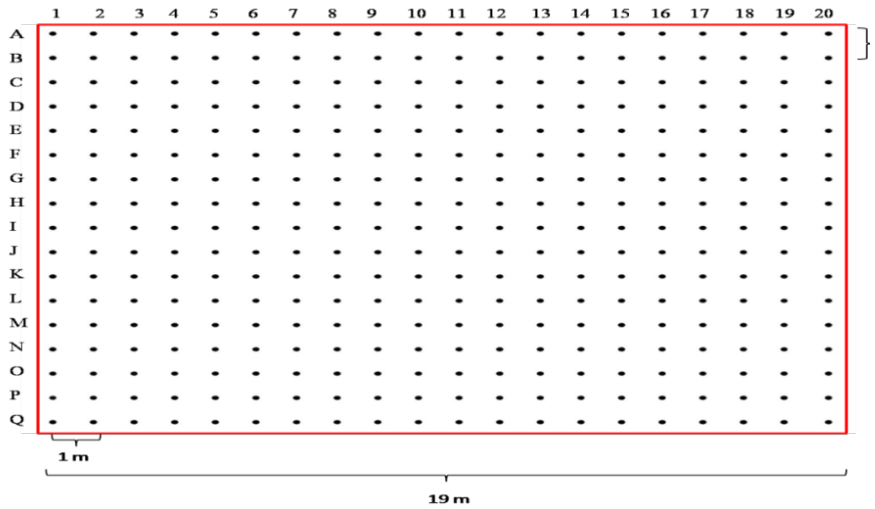



**Figure 1** Position for graveyard test.

**การประเมิน**

นำตารางแผ่นใส (Dot grid) ทาบลงผิวหน้าของไม้ยางพาราทั้ง 4 ด้าน แล้วนับจำนวนพื้นที่ผิวที่ถูกทำลาย ซึ่งทำการประเมิน 3 ครั้งแต่ละครั้งมีระยะห่างกัน 3 เดือน รวมระยะเวลาการเข้าทำลายของปลวก 9 เดือน ต่อมาคำนวณหาร้อยละพื้นที่ผิวไม้ที่ถูกทำลาย แสดงดังสมการ

$$\text{ร้อยละพื้นที่ผิวไม้ที่ถูกทำลาย} = \frac{\text{พื้นที่ผิวไม้ที่ถูกทำลาย} \times 100}{\text{พื้นที่ผิวไม้ทั้งหมด}}$$

การประเมินการเข้าทำลายของปลวกจากการทดสอบแบบปักดิน ได้ทำการดัดแปลงมาจากมาตรฐานของ AWPA E7-15 (American wood protection association standard, 2016) แสดงดัง Table 2

**Table 2** Apply evaluation Percentage of wood destroyed by termites from standard AWPA E7-15.

| Percentage (%) | Description | Evaluation |
|---|---|---|
| 0 | Sound | Excellent |
| 1 - 25 | Slight attack | Satisfaction |
| 26 - 50 | Moderate | Unacceptable |
| 51 - 75 | Severe attack | Unacceptable |
| 76 – 99 | Very Severe attack | Unacceptable |
| 100 | Failure | Unacceptable |

## ผลและวิจารณ์

การประเมินการเข้าทำลายของปลวกในไม้ยางพาราที่มีการอาบน้ำยาด้วยสารคอปเปอร์แนปทีเนตและสารคอปเปอร์แนปทีเนตร่วมกับสารประกอบโบรอน โดยทำการทดสอบแบบปักดินและมีการประเมินการเข้าทำลายของปลวกทุกๆ 3 เดือน ซึ่งเมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่า ไม้ยางพาราแต่ละปัจจัยมีการเข้าทำลายของปลวกที่แตกต่างกัน แสดงดัง Figure 2 โดยไม้ยางพาราที่มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ การอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน 10% กับสารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำมันด้วยวิธีการจุ่ม (QO2B10DI) ซึ่งไม่มีการเข้าทำลายของปลวก รองลงมา ไม้ยางพาราที่มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ 0.90 คือ การอาบน้ำยาด้วยสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำมัน 1% ด้วยวิธีการจุ่ม (QO1B00DI) และไม้ยางพาราที่มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยมากที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 42.70 คือ ไม้ยางพาราที่ไม่มีการอาบน้ำยา (CONTROL) รองลงมาไม้ยางพารามีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ 7.30 คือ การอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน 10% กับ สารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำมัน 1% ด้วยวิธีการจุ่ม (QO1B10DI)

เมื่อทำการทดลองเป็นระยะเวลา 9 เดือน พบว่า ไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะ QO2B10DI ไม่มีการเข้าทำลายของปลวก ส่วนไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะ QO1B00DI QW2B00DI QW2B10DI QW1B00DI QO1B00BR QO2B10BR QO2B00BR QW2B10BR QO2B00DI QW2B00BR QW1B00BR QW1B10BR QO1B10BR และ QW1B10DI มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ 0.90 1.05 1.05 1.15 1.25 1.25 1.70 1.80 2.15 2.45 2.75 2.90 4.55 และ 4.65 ตามลำดับ ซึ่งไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะดังกล่าวข้างต้นมีค่าเฉลี่ยของความเสียหายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะ QO1B10DI มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ 7.30 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเสียหายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะ QO2B10DI แต่มีค่าเฉลี่ยของความเสียหายแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติกับไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะ QO1B00DI, QW2B00DI, QW2B10DI, QW1B00DI, QO1B00BR, QO2B10BR, QO2B00BR, QW2B10BR, QO2B00DI, QW2B00BR, QW1B00BR, QW1B10BR, QO1B10BR และ QW1B10D ส่วนไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะที่ไม่มีการอาบน้ำยา มี

การเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ 42.70 มีค่าเฉลี่ยของความเสียหายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับไม้ยางพาราที่ทดลองด้วยสภาวะที่มีการอาบน้ำยาทั้งหมด แสดงดังTable 3 และมีการเรียงลำดับค่าเฉลี่ยร้อยละการเข้าทำลายของปลวกในไม้ยางพาราจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด แสดงดัง Figure 3

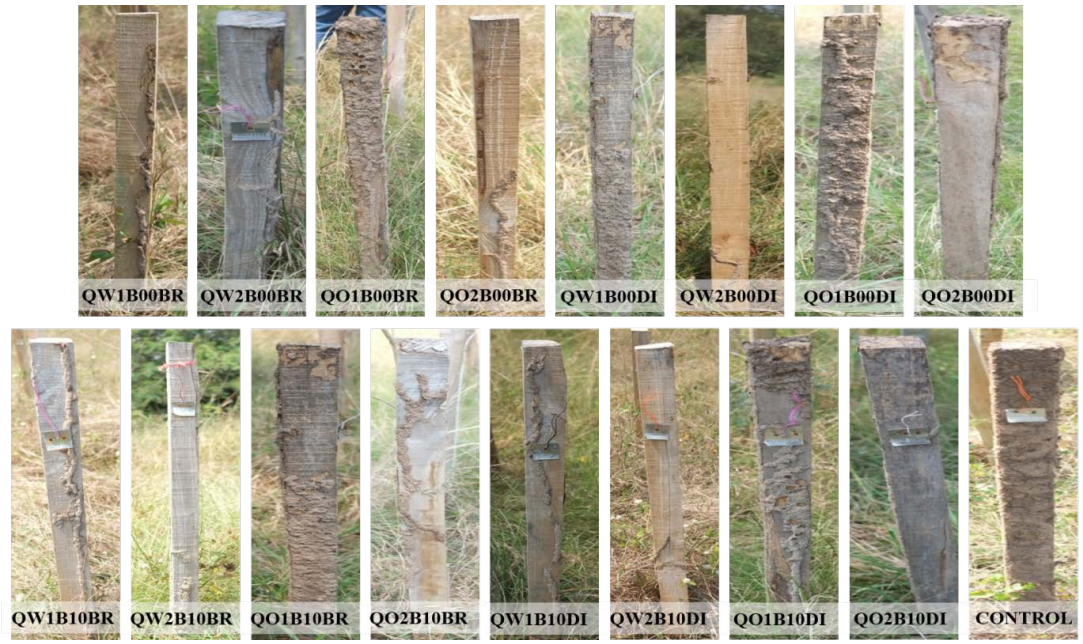



**Figure 2** Rubber wood destroyed by termites from graveyard test in 9 months.

**Table 3** Percentage of rubberwood destroyed by termites in 3, 6 and 9 months.

| Treatment | Percentage in 3 months (%) | Percentage in 6 months (%) | Percentage in 9 months (%) |
|---|---|---|---|
| QW1B00BR | 0 | 0 | 2.75$^{AB}$ |
| QW2B00BR | 0 | 0 | 2.45$^{AB}$ |
| QO1B00BR | 0 | 0 | 1.25$^{AB}$ |
| QO2B00BR | 0 | 0 | 1.70$^{AB}$ |
| QW1B00DI | 0 | 0 | 1.15$^{AB}$ |
| QW2B00DI | 0 | 0 | 1.05$^{AB}$ |
| QO1B00DI | 0 | 0 | 0.90$^{AB}$ |
| QO2B00DI | 0 | 0.15 | 2.15$^{AB}$ |
| QW1B10BR | 0 | 0 | 2.90$^{AB}$ |
| QW2B10BR | 0 | 0.50 | 1.80$^{AB}$ |
| QO1B10BR | 0 | 0 | 4.55$^{AB}$ |
| QO2B10BR | 0 | 0 | 1.25$^{AB}$ |
| QW1B10DI | 0 | 1.95 | 4.65$^{AB}$ |
| QW2B10DI | 0 | 0 | 1.05$^{AB}$ |
| QO1B10DI | 0 | 2.65 | 7.30$^{B}$ |
| QO2B10DI | 0 | 0 | 0$^{A}$ |
| CONTROL | 4.15 | 21.45 | 42.70$^{C}$ |

**Remark:** Capital Letters (A-C) upper each number indicates the statistic difference among interaction at $P < 0.05$

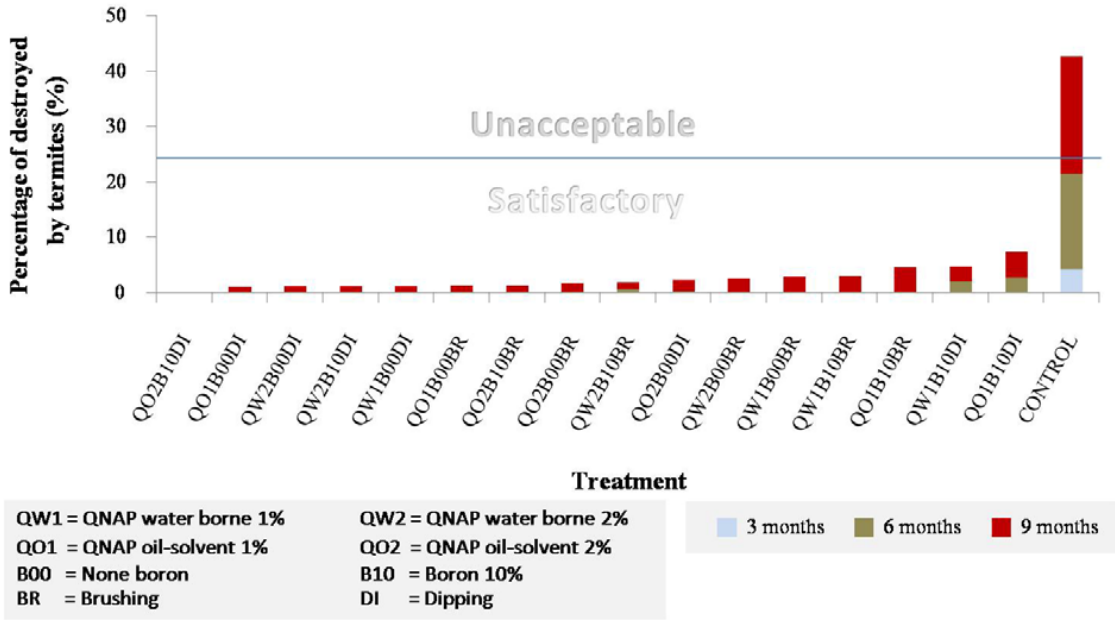



**Figure 3** Percentage of rubberwood destroyed by termites in 3, 6 and 9 months.

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างปลวกที่เข้าทำลายไม้ยางพาราในพื้นที่ที่ทำการทดสอบแบบปักดิน พบว่าเป็นปลวก *Microcerotermes crassus* Snyder วงศ์ Termitidae อันดับ Isoptera วรรณะทหาร ลำตัวสีครีมยาวประมาณ 6 มิลลิเมตรเมตร หัวมีลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า สีน้ำตาลอมเหลือง กรามเรียวยาว และโค้งเข้าด้านใน ซึ่งมีฟันขนาดเล็กเรียงตามความยาวของกราม ส่วนด้านหลังของอกปล้องแรกมีรูปร่างคล้ายอานม้า สีน้ำตาลอมเหลือง หนวดแบบเส้นด้าย และไม่มีตา (Su and Scheffrahn, 1998)

1. จากการทดลองการอาบน้ำยาไม้ยางพาราตามกรรมวิธีจุ่มและทาโดยใช้สารคอปเปอร์แนปทีเนตและสารประกอบโบรอนเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของปลวกในระยะเวลา 9 เดือนพบว่า ไม้ยางพาราที่มีการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน 10% กับสารคอปเปอร์แนปทีเนตมีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยร้อยละ4.49 ซึ่งมีความคล้ายคลึงกับการทดลองของเอกพงศ์ (2555) โดยผลการทดลองในการอาบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยสารประกอบโบรอนที่มีปริมาณสมมูลบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1.4 มีการเข้าทำลายของปลวกในระยะเวลา 12 เดือนเฉลี่ยร้อยละ 2 เนื่องจากการอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนจะสามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้

2. จากการทดลองการอาบน้ำยาไม้ยางพาราด้วยสารประกอบโบรอน 10% กับสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำมันด้วยวิธีการจุ่ม พบว่า มีการเข้าทำลายของปลวกในระยะเวลา 9 เดือนเฉลี่ยร้อยละ 2.59 ซึ่งใกล้เคียงกับการทดลองของ Ambuegey *et al.* (2016) ที่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการอาบน้ำยาไม้เซาท์เทิร์นเยลโลว์ ไพน์ (Southern yellow pine) ด้วยสารประกอบโบรอนกับสารคอปเปอร์แนปทีเนตประเภทละลายน้ำมัน โดยใช้ระยะเวลาในการจุ่มสารคอปเปอร์แนปทีเนต 1 นาที และใช้ระยะเวลาในการจุ่มสารประกอบโบรอน 10 นาที พบว่า ไม้ที่ได้ทำการทดลองมีการเข้าทำลายของปลวกร้อยละ 8.8 โดยผลการทดลองมีการเข้าทำลายของปลวกอยู่ในเกณฑ์ที่น้อย

## สรุป

1. การศึกษาอิทธิพลของสารคอปเปอร์แนปทีเนต และสารประกอบโบรอน 10% ในการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกจากการทดสอบแบบปักดินเป็นเวลา 9 เดือน พบว่า ปัจจัยที่มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ การอาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน 10% กับสารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำมันด้วยวิธีการจุ่ม (QO2B10DI) และปัจจัยที่มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยมากที่สุด คือ ปัจจัยที่ไม่มีการอาบน้ำยา (CONTROL)

2. การอาบน้ำยาสารประกอบโบรอน 10% ด้วยวิธีการจุ่ม มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยน้อยกว่าการไม่อาบน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอน เมื่อเปรียบเทียบประเภทของการอาบน้ำยาด้วยสารคอปเปอร์แนปทีเนต สามารถเรียงลำดับการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยจากน้อยที่สุดไปมากที่สุด คือ สารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำมัน สารคอปเปอร์แนปทีเนต 2% ประเภทละลายน้ำ สารคอปเปอร์แนปทีเนต 1% ประเภทละลายน้ำ และสารคอปเปอร์แนปทีเนต 1% ประเภทละลายน้ำมัน ตามลำดับ และการอาบน้ำยาสารคอปเปอร์แนปทีเนตด้วยวิธีการจุ่ม มีการเข้าทำลายของปลวกเฉลี่ยน้อยกว่าการอาบน้ำยาด้วยวิธีการทา

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง


โชติ รัถติประกร และ ดำรง ศรีอรัญ. 2513. **การใช้ประโยชน์ไม้ยางพารา**. ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีระ วีณิน, ทิพย์วิมล สุวรรณโณ และ ทรงกลด จารุสมบัติ. 2560. การศึกษาการอาบน้ำยาไม้ยางพาราเพื่อต้านทานไฟด้วยสารประกอบโบรอน. **วารสารวนศาสตร์** 36 (1) : 129-135.

เอกพงศ์ เพชรอาวุธ. 2555. **ประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินโดยใช้สารประกอบโบรอน.** ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Ambuegey, T.L., M.G. Sander and H.M. Barnes. 2016. **Evaluating the Efficacy of Borate/Copper Naphthenate Treatments for Protecting Southern Yellow Pine Posts**. Mississippi state university, San juan Puerto rico.

American wood protection association standard. 2016. **Standard field test for evaluation of wood preservatives to be used in ground contact (UC4A, UC4B, UC4C); stake test.** AWPA Technical committee, United state of America.

Brient, J. 2014. **Copper Naphthenate Treatment for Wood Crossties and Timbers**. Nisus Corporation 100 Nisus Drive Rockford, United state of America. Su, N.Y. and R.H. Scheffrahn. 1998. A review of subterranean termite control practices and prospect for integrated pest management programs. **Integrated Pest Management Reviews** 3: 1-13.

**Thai J. For. 37 (2) : 138-150 (2018)** **วารสารวนศาสตร์ 37 (2) : 138-150 (2561)**

**Short communications**

# การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

# Application of CA-Markov Model to Predict Land Use Changes in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province

**สุวิมล ต้นศิริ[1,2*]**
**วันชัย อรุณประภารัตน์[1]**
**วีระภาส คุณรัตนสิริ[1]**

**Suwimon Tonsiri[1,2*]**
**Wanchai Arunpraparut[1]**
**Weeraphart Khunrattanasiri[1]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand
[2] ส่วนภูมิสารสนเทศป่า สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Forest Geo-Info Division, Forest Land Management Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: Linla_la@hotmail.com

รับต้นฉบับ 18 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 18 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

The study is aimed to apply GeoInformatics technology for monitoring land use change between 1990-2001 and 2001-2012, and CA-Markov model was employed for predicting land use in 2023. The overall accuracy assessment of image classification was 92.00% and the Kappa statistics was ๐,๘๙๓.

The results of land use change between 1990-2001 shown that the area of perennial, urban, water bodies and other area were increased as 4.95%, 2.29%, 0.07%, 0.๐3% and 0.09%, respectively.In the meantime forest area was decreased 0.85% to be crop land orchard and perennial, respectively. While the land use change between 2001-2012 found that the orchard and perennial were still increased as 2.50% and 0.75%, respectively. The mostly forest area was changed 0.11% to be orchard, perennial and other area. The prediction of future land use pattern in 2023 based on transformation matrix between 2001-2012 found 7 land use classes as the forest area orchard perennial crop land urban water bodies and other area for 79.22% , 7.44%, 7.12%, 5.50%, 0.34%, ๐,๒๗% and 0.11%, respectively.

**Key words:** GeoInformatics, CA-Markov Model, Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ใช้ที่ดิน บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี และการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต โดยจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2533, 2544 และ 2555 จากข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM โดยอาศัยหลักการรู้จักวัตถุ (Object Recognition) จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และ พื้นที่อื่นๆ

ผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2533-2544 พื้นที่สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 36.85 17.03 0.52 0.23 และ 0.7 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 4.95 2.29 0.07 0.03 และ 0.09 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนพืชไร่และพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ลดลง 49.00 และ 6.34 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 6.58 และ 0.85 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ในช่วงปีนี้พื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพืชไร่ สวนผลไม้ และไม้ยืนต้น ขณะที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544-2555 พบว่า พื้นที่สวนผลไม้ และไม้ยืนต้นมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 18.64 และ 5.58 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 2.50 และ 0.75 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ส่วนพืชไร่และพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่ลดลง 22.45 และ 0.82 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 3.02 และ 0.11 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ โดยพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นสวนผลไม้ ไม้ยืนต้น และพื้นที่อื่นๆ และผลจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2566 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544-2555 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ในอนาคตมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง


**คำสำคัญ:** เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ แบบจำลอง CA-Markov เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว

## คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาด้านป่าไม้และสิ่งแวดล้อมอย่างมาก ซึ่งปรากฏให้เห็นในลักษณะความเสื่อมโทรมของทรัพยากรป่าไม้ โดยเมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อปลูกสร้างที่อยู่อาศัยและที่ดินทำกินสูงขึ้น มีส่วนทำให้ราษฎรเข้าไปบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ แผ้วถางป่าหรือเผาป่าทำไร่เลื่อนลอย นอกจากนี้ยังมีนายทุนที่ดินที่จ้างวานให้ราษฎรเข้าไปบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อจับจองที่ดินไว้ขาย ซึ่งเป็นผลให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่อง สัตว์ป่าและพรรณพืชหลายชนิดใกล้สูญพันธุ์

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว เป็นผืนป่าที่มีความสำคัญแห่งหนึ่งของประเทศไทยและเป็นป่าต้นน้ำลำธารที่สำคัญของภาคตะวันออก พื้นที่ประกอบด้วยส่วนที่เป็นภูเขาสูงชัน และส่วนที่เป็นพื้นราบและค่อนข้างราบทางตอนบนซึ่งต่อเนื่องกับเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน โดยภาพรวมแล้วพื้นที่บนภูเขายังคงสภาพของความเป็นป่าธรรมชาติอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าดิบแล้งซึ่งมีพื้นที่มากที่สุด พบป่าเบญจพรรณทางตะวันออกซึ่งมีเนื้อที่ไม่มากนัก บริเวณทางตอนบนของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์ประสบปัญหาอย่างมากในด้านการคุกคามต่อทรัพยากรธรรมชาติภายในพื้นที่ เช่น การล่าสัตว์ป่า การเก็บหาของป่า และการบุกรุกทำลายพื้นที่ป่าเพื่อเข้าทำเกษตรกรรมเป็นจำนวนมาก จึงทำให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาวประสบกับปัญหาการบุกรุกตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (กรมป่าไม้, 2545) แม้ว่าจะมีการลาดตระเวณของเจ้าหน้าที่จากหน่วยป้องกันรักษาและดูแลผืนป่าอย่างเข้มงวดแล้วก็ตาม (สมนิมิตร และคณะ, 2560) แต่ยังมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงไปในทางลบ เนื่องจากมีประชากรอาศัยโดยรอบต้องการพื้นที่ทำกินจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณขอบแนวเขตอยู่ตลอดเวลา

การศึกษาครั้งนี้ ได้นำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geoinformatics) ซึ่งประกอบด้วยเทคโนโลยีการสำรวจจากระยะไกล (Remote Sensing: RS) มาใช้ในการแปล วิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดิน และติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในอดีตถึงปัจจุบัน ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS ) สำหรับจัดทำฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายใต้ระบบ GIS แล้ววิเคราะห์คาดการณ์แนวโน้มรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-Markov บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี ซึ่งผลจากการศึกษาสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการวางแผนวิธีการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องและจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในระยะยาวได้อย่างเป็นระบบ

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ใช้ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 จากกรมแผนที่ทหาร ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธสี ปี พ.ศ. 2545 ของกรมพัฒนาที่ดิน ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5 ระบบ MSS ปี พ.ศ. 2533 (1990) และข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM ปี พ.ศ. 2544 (2001) และปี พ.ศ. 2555 (2012) Path 128 Row 51 ครอบคลุมพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี เครื่องระบุตำแหน่งบนพื้นผิวโลก และโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียม และโปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. การจัดเตรียมข้อมูลภาพดาวเทียม (Data Preparation) ใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ MSS บันทึกข้อมูลในปี พ.ศ. 2533 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2555 โดยเลือกแบนด์ 4 5 3 (R G B) ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธสี ปี พ.ศ. 2545 และข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ

2. การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) เพื่อปรับตำแหน่งของจุดภาพ (Pixel) ให้มีความถูกต้องตามตำแหน่งทางภาคพื้นดินในระบบ UTM WGS 1984 โซน 48 โดยการกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) ที่ปรากฏเด่นชัดบนข้อมูลภาพถ่ายออร์โธสีหรือจุดอ้างอิงจากภาคสนาม และควบคุมค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (RMSe) ไม่เกินควรเกิน 1 จุดภาพ (30 × 30 เมตร)

3. การปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพดาวเทียม (Image Enhancement) เพื่อเน้นรายละเอียดความชัดเจนของข้อมูลภาพดาวเทียม ภาพสีผสมเท็จของแบนด์ 4 5 3 (R G B) โดยเลือกใช้วิธีแบบ Linear Stretching มีรูปลักษณ์ที่ปรากฏขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงค่า Look Up Table ให้ได้ผลการเน้นภาพที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้ผู้แปลสามารถจำแนกประเภทข้อมูลด้วยสายตาได้ชัดเจนและง่ายยิ่งขึ้น (จรัณธร, 2546)

4. การแปล ตีความ และวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม (Image Interpretation) เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา (Visual Interpretation) โดยอาศัยหลักการรู้จักวัตถุ (Object Recognition) คือ สีและความเข้มของสี รูปร่าง ขนาด เนื้อภาพ ความสูงและเงา รูปแบบเฉพาะทาง ถิ่นที่ตั้ง และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (Lillesand., Kiefer, and Chipman, 2015) ในการศึกษาครั้งนี้ กำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และ พื้นที่อื่นๆ ตามหลักการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ของกองวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2542

5. การประเมินค่าความถูกต้อง (Accuracy Assessment) และตรวจสอบความถูกต้องในภาคสนาม (Classification Accuracy) โดยการสุ่มตัวอย่างของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบนข้อมูลภาพดาวเทียมกับผลการตรวจสอบภาคพื้นดิน (Congalton, 1991) โดยสร้างตารางประเมินความถูกต้อง เพื่อคำนวณความถูกต้องโดยรวม ด้วยวิธีการวิเคราะห์ตารางความคลาด

เคลื่อน (Error Matrix) และวิธีการวิเคราะห์ค่าดัชนีแคปป้า (Kappa Index) โดยสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$$\text{ค่าความถูกต้องทั้งหมด} = \frac{\text{ผลบวกของจำนวนตัวอย่างที่ถูกต้องของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน} \times 100}{\text{จำนวนตัวอย่างทั้งหมด}}$$

สำหรับค่าความถูกต้องของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{ค่าความถูกต้องของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน} = \frac{\text{จำนวนตัวอย่างที่ถูกต้อง} \times 100}{\text{จำนวนตัวอย่างที่ถูกต้องของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน}}$$

6. การจัดทำฐานข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยระบบ GIS เพื่อคำนวณพื้นที่แต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยอาศัยเทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay Operation) แบบ Union ของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงเวลา และวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงโดยวิธีการ Cross Tabulation เพื่อหาสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นหรือลดลง (สุพรรณี, 2546) และวิเคราะห์เมทริกซ์ของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 และปี พ.ศ. 2544-2555

7. การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV ดังนี้

7.1 คาดการณ์การณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 จากการวิเคราะห์เมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 โดยกำหนดสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Transitional Area) และความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท (Probability of Changing) นำไปวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov เพื่อการคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2555 แล้วเปรียบเทียบผลที่ได้จากแบบจำลองกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจริงในปี พ.ศ. 2555 จากข้อมูลภาพดาวเทียม

7.2 คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 นำผลจากการวิเคราะห์เมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2544-2555 และหาสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงและความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงแล้ววิเคราะห์ด้วยกระบวนการแบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2566 และทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2555-2566

7.3 คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี ด้วยแบบจำลอง Markov จากฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 และระหว่างปี พ.ศ. 2544-2555

## ผลและวิจารณ์

### 1. การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียม ปี พ.ศ. 2533 ปี พ.ศ. 2544 และปี พ.ศ. 2555 ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 744.83 ตร.กม. พบว่า มีรูปแบบประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 7 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ซึ่งในพื้นที่ศึกษาครอบคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด รองลงมาเป็นพืชไร่ และสวนผลไม้ ตามลำดับของทุกช่วงปีศึกษา รายละเอียดแสดงใน Table 1 และ Figure 1

**Table 1** Land Use Classification of Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province in 1990, 2001 and 2012.

Area: km² (%)

| Land use Classified | in 1990 | in 2001 | in 2012 |
|---|---|---|---|
| Forest Area (FOR) | 597.31 (80.19%) | 590.97 (79.34%) | 590.15 (79.23%) |
| Perennial (PER) | 4.07 (0.55%) | 21.11 (2.83%) | 39.75 (5.34%) |
| Orchard (ORD) | 10.33 (1.39%) | 47.18 (6.33%) | 52.76 (7.08%) |
| Crop Land (CRL) | 127.58 (17.13%) | 78.58 (10.55%) | 56.12 (7.54%) |
| Urban (URB)) | 0.34 (0.05%) | 0.86 (0.12%) | 0.84 (0.11%) |
| Water Bodies (WTB) | 1.75 (0.23%) | 1.98 (0.27%) | 1.98 (0.27%) |
| Other Area (OTH) | 3.45 (0.46%) | 4.15 (0.56%) | 3.23 (0.43%) |
| Total Area | | 744.83 (100%) | |

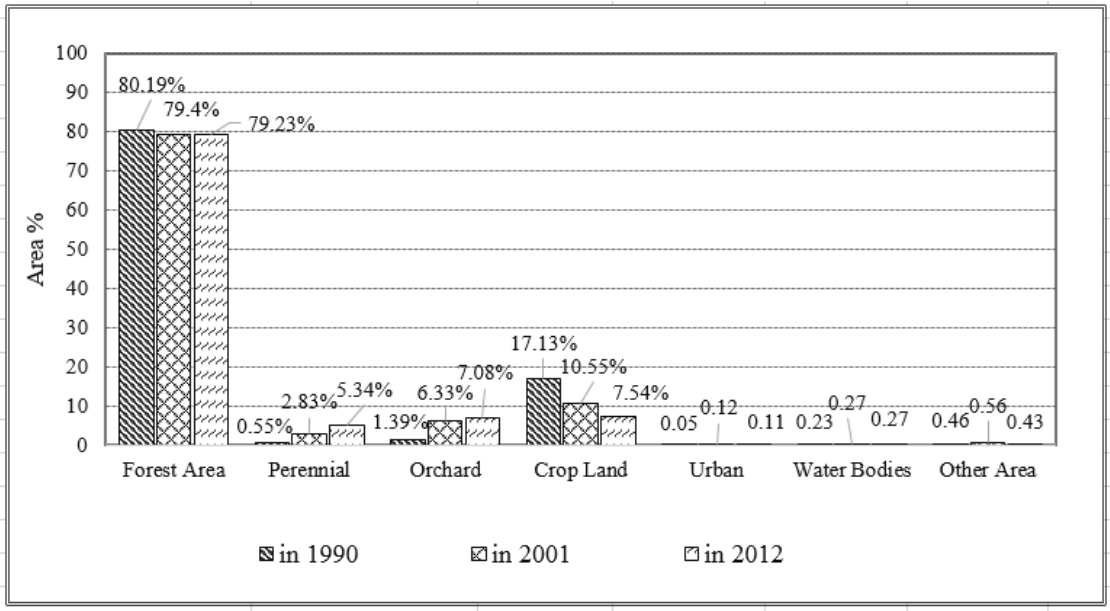



**Figure 1** The Existing Land use of Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province in 1990, 2001 and 2012.

## 2. การประเมินค่าความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

การตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Classification Accuracy) ที่ได้ทำการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียมกับผลการตรวจสอบสำรวจในภาคสนาม (Table 2) มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 92.00% และค่าดัชนีแคปป้า (Kappa Statistics) เท่ากับ 0.8993 กล่าวคือ การศึกษาครั้งนี้ ค่าความถูกต้องค่อนข้างสูง เนื่องจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบนข้อมูลภาพดาวเทียมกับข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงจากภาคสนาม เมื่อทำการจำแนกแล้วมีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันในรายละเอียดของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

**Table 2** Classification Accuracy report of Land Use using Landsat-TM Band 4:5:3 by visual interpretation.

| LU Classified | Reference Total | Sample Points Total | Number of Correct | Producers Accuracy (%) | Users Accuracy (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Forest Area | 47 | 47 | 47 | 100.00 | 100.00 |
| Perennial | 29 | 28 | 27 | 93.10 | 96.43 |
| Orchard | 30 | 22 | 21 | 70.00 | 95.45 |
| Crop Land | 26 | 30 | 25 | 96.15 | 83.33 |
| Urban | 3 | 3 | 3 | 100.00 | 100.00 |
| Water Bodies | 7 | 7 | 7 | 100.00 | 100.00 |
| Other Area | 8 | 13 | 8 | 100.00 | 61.54 |
| Total | 150 | 150 | 138 | - | - |

โดย ค่าความถูกต้องทั้งหมด = 92.00% และมีค่า Overall Kappa Statistics = 0.8993

### 3. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) ระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 แล้วจัดทำเมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลง หากพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงของ “พื้นที่ป่าไม้” เป็นหลักแล้ว พบว่า มีพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 61.98 ตร.กม. (หรือคิดเป็นร้อยละ 8.32 ของพื้นที่ทั้งหมด) ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนสภาพไปถึง 6.34 ตร.กม.หรือร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยถูกเปลี่ยนไปเป็น พืชไร่ สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ แหล่งน้ำ และ พื้นที่ชุมชน 3.59 1.38 1.05 0.21 0.07 และ 0.04 ตร.กม. ตามลำดับ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544-2555 พบว่า มีพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 32.35 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 4.34 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนสภาพไปถึง 0.82 ตร.กม. (หรือร้อยละ 0.11 ของพื้นที่ทั้งหมด) โดยถูกเปลี่ยนไปเป็น สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ 0.35 0.21 และ 0.26 ตร.กม ตามลำดับ รายละเอียดตาม Table 3 และ Figure 2

**Table 3** Land Use Change in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province between 1990-2001 and between 2001-2012.

Area: km² (%)

| Land Use Classified | between 1990-2001 | between 2001-2012 |
|---|---|---|
| Forest Area | -6.34 (-0.85%) | -0.82 (-0.11%) |
| Perennial | 17.04 (2.29%) | 18.64 (2.50%) |
| Orchard | 36.85 (4.95%) | 5.58 (0.75%) |
| Crop Land | -49.00 (-6.58%) | -22.45 (-3.02%) |
| Urban | 0.52 (0.07%) | -0.02 (-0.00%) |
| Water Bodies | 0.23 (0.03%) | 0.00 (0.00%) |
| Other Area | 0.7 (0.09%) | -0.92 (-0.12%) |

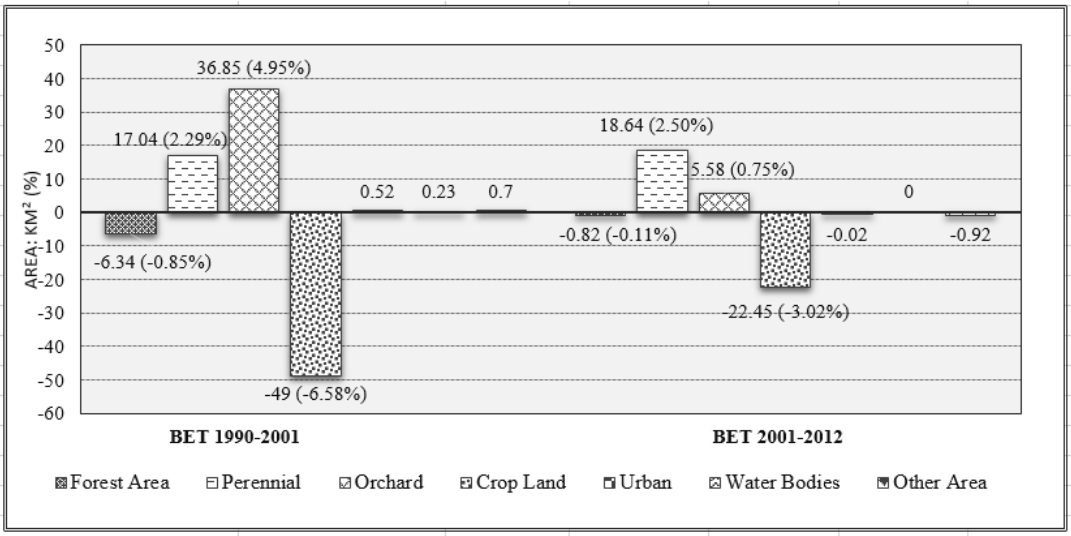



**Figure 2** Comparison of Land Use Change Map in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chantha-buri Province between 1990-2001 and between 2001-2012.

ผลจากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 และปี พ.ศ. 2544-2555 จะนำไปวิเคราะห์หาสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Transformation Matrix) ซึ่งได้ผลตาม Table 4-5 เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ CA-Markov

**Table 4** Transition probability matrix of Land Use Change between 1990-2001.

| From 1990 to 2001 in 1990 | in 2001 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **FOR** | **PER** | **ORD** | **CRP** | **URB** | **WTB** | **OTH** | **Total** |
| FOR | 0.9894 | 0.0018 | 0.0023 | 0.0060 | 0.0000 | 0.0001 | 0.0004 | 1.0000 |
| PER | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| ORD | 0.0000 | 0.0155 | 0.9342 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0503 | 1.0000 |
| CRP | 0.0000 | 0.1236 | 0.2797 | 0.5815 | 0.0038 | 0.0006 | 0.0108 | 1.0000 |
| URB | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| WTB | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| OTH | 0.0000 | 0.0174 | 0.1362 | 0.2319 | 0.0000 | 0.0232 | 0.5449 | 1.0000 |
| Total | 0.7934 | 0.0283 | 0.0633 | 0.1055 | 0.0012 | 0.0027 | 0.0056 | 1.0000 |

**Table 5** Transition probability matrix of Land Use Change between 2001-2012.

| From 2001 to 2012 in 2001 | in 2012 | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **FOR** | **PER** | **ORD** | **CRP** | **URB** | **WTB** | **OTH** | **Total** |
| FOR | 0.9986 | 0.0004 | 0.0006 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0004 | 1.0000 |
| PER | 0.0000 | 0.9654 | 0.0346 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| ORD | 0.0000 | 0.0354 | 0.9114 | 0.0532 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| CRP | 0.0000 | 0.2130 | 0.1045 | 0.6820 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0005 | 1.0000 |
| URB | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0233 | 0.9767 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| WTB | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 1.0000 | 0.0000 | 1.0000 |
| OTH | 0.0000 | 0.1807 | 0.1133 | 0.0000 | 0.0000 | 0.0000 | 0.7060 | 1.0000 |
| Total | 0.7923 | 0.0534 | 0.0708 | 0.0753 | 0.0011 | 0.0027 | 0.0043 | 1.0000 |

## 4. การวิเคราะห์คาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov

4.1 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 โดยการนำผลจาก Table 4 ไปวิเคราะห์ด้วยกระบวนการแบบจำลอง CA-Markov เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat ในปีเดียวกัน (Table 6) แล้วจัดทำเมตริกซ์ของการเปลี่ยนแปลง พบว่า มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความสอดคล้องตรงกันร้อยละ 92.26 สำหรับค่าประมาณการจากแบบจำลองที่ให้ค่าแตกต่างเมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าไม้เป็นหลักแล้ว พื้นที่ป่าไม้จากการคาดการณ์ลดลงนั้น แสดงว่า มีปัจจัยภายนอกที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 ทำให้ได้ผลแตกต่างจากสถานการณ์ที่เป็นจริง ดังจากสถานการณ์ของพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ความแตกต่างลดลงมาก เพราะถ้าหากปัจจัยภายนอก “คงที่” เหมือนเช่นระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 แล้วการคาดการณ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2555 จะต้องตรงกัน ส่วนในรอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจริงระหว่างปี พ.ศ. 2544-2555 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ลดลงเช่นกัน แสดงว่าในรอบปีนี้ปัจจัยภายนอกยังคงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยมากระตุ้นทำให้เกิดการบุกรุกพื้นที่ป่ามากขึ้น การบริหารงานการป้องกันควบคุมรักษาพื้นที่ป่าไม้ไม่เข้มงวด ไม่มีประสิทธิภาพ และอื่นๆ ดังนั้น การวางแผน การใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตวันข้างหน้าจำเป็นต้องมีการกำหนดแนวทางและเพิ่มมาตรการการป้องกัน เพื่อให้การรักษาพื้นที่ป่าไม้ไว้ พร้อมทั้งฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรมให้กลับคืนสภาพเพื่อยังประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ต่อไป

**Table 6** Comparison of Land Use in 2012 derived from Image Classification and CA-Markov Model.

Area: km² (%)

| Land Use Classified | From Imagery | From Model | Land Use Difference | |
|---|---|---|---|---|
| Forest Area | 590.15 (79.23%) | 587.40 (78.86%) | -2.75 | -0.37%) |
| Perennial | 39.75 (5.34%) | 31.59 (4.24%) | -8.16 | -1.10% |
| Orchard | 52.76 (7.08%) | 67.1 (9.01%) | 14.34 | 1.93% |
| Crop Land | 56.12 (7.54%) | 52.25 (7.02%) | -3.87 | -0.52% |
| Urban | 0.84 (0.11%) | 0.87 (0.12%) | 0.03 | 0.00% |
| Water Bodies | 1.98 (0.27%) | 2.09 (0.28%) | 0.11 | 0.01% |
| Other Area | 3.23 (0.43%) | 3.53 (0.47%) | 0.30 | 0.04% |
| Total Area | 744.83 (100%) | - | - | |

4.2 การคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2566 โดยการนำผลจาก Table 5 ไปวิเคราะห์ด้วยกระบวนการแบบจำลอง CA-Markov เป็นผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน อีก 11 ปี ข้างหน้า พบว่าในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย พื้นที่ป่าไม้ สวนผลไม้ ไม้ยืนต้น พืชไร่ พื้นที่อื่นๆ แหล่งน้ำ และพื้นที่ชุมชน มีเนื้อที่ประมาณ 590.04 55.45 53.04 40.98 2.50 1.98 และ 0.84 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 79.22 7.44 7.12 5.50 0.34 0.27 และร้อยละ 0.11 ตามลำดับ (Figure 3)

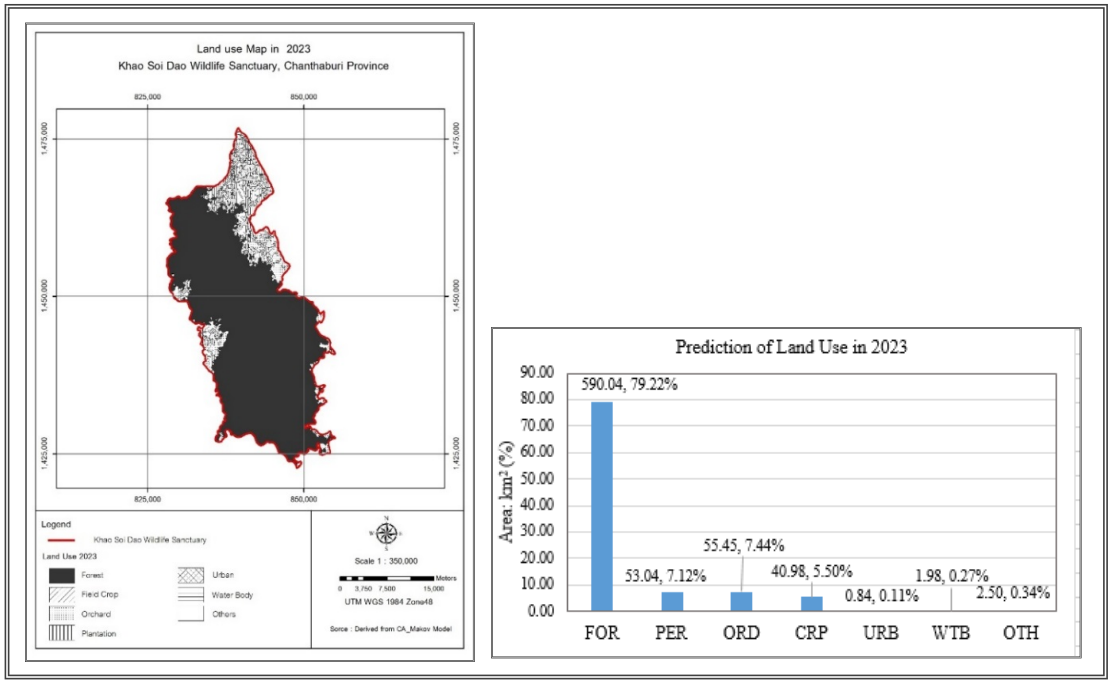



**Figure 3** Predicted Land Use Map in 2023 derived from CA-Markov Model, Khao Soi Dao WLS, Chanthaburi Province.

การคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2555-2566 มีแนวโน้มของพื้นที่ป่าไม้ พืชไร่ พื้นที่อื่นๆ ลดลง 0.11 15.14 และ 0.73 ตร.กม. ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 0.01 2.03 และ 0.1 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ ในขณะที่ไม้ยืนต้น และสวนผลไม้มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 13.29 และ 2.69 ตร.กม. ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 1.78 และ 0.36 ของพื้นที่ทั้งหมด ตามลำดับ (Table 7) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไม้ยืนต้นและสวนผลไม้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่ป่าไม้ พืชไร่ และพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ลดลงตามลำดับ

**Table 7** Land Use Change between 2012-2023 between Land Use in 2012 derived from Image & from CA-Markov Model; in Khao Soi Dao Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province**.**

| Land Use Classified | in 2012 | in 2023 | Land Use Change |
|---|---|---|---|
| Forest Area | 590.15 (79.23%) | 590.04 (79.22%) | -0.11 (-0.01%) |
| Perennial | 39.75 (5.34%) | 53.04 (7.12%) | 13.29 (1.78%) |
| Orchard | 52.76 (7.08%) | 55.45 (7.44%) | 2.69 (0.36%) |
| Crop Land | 56.12 (7.54%) | 40.98 (5.50%) | -15.14 (-2.03%) |
| Urban | 0.84 (0.11%) | 0.84 (0.11%) | 0.00 (0.00%) |
| Water Bodies | 1.98 (0.27%) | 1.98 (0.27%) | 0.00 (0.00%) |
| Other Area | 3.23 (0.43%) | 2.50 (0.34%) | -0.73 (-0.10%) |
| **Total Area** | **744.83 (100%)** | **-** | |

4.3 การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว ด้วยแบบจำลอง CA-Markov จากฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงระหว่างปี พ.ศ. 2533-2544 และ ปี พ.ศ. 2544-2555 ผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2566 (Table 8 and Figure 4) เมื่อเปรียบเทียบผลการคาดการณ์จะพบว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มจะลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งสองฐานแต่การเปลี่ยนแปลงจากฐานปี พ.ศ. 2544-2555 จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงลดลงน้อยกว่าฐานปี พ.ศ. 2533-2544 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าช่วงปี พ.ศ. 2544-2555 การบริหารจัดการด้านการอนุรักษ์ป้องกันพื้นที่ป่าไม้มีมาตรการที่เข้มงวดและมีประสิทธิภาพมากกว่าในช่วงแรก แต่อย่างไรก็ตามการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตวันข้างหน้าจำเป็นต้องมีการกำหนดแนวทางและเพิ่มมาตรการการป้องกันให้เข้มงวดมากกว่านี้ เพื่อการสงวนรักษาพื้นที่ป่าไม้ พร้อมทั้งฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรมให้กลับคืนสภาพเพื่อยังประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ต่อไป

**Table 8** Comparison of Prediction Land Use in 2023 based on 1990-2001 and 2001 by CA-Markov.

| Prediction in 2023 | FOR | PER | ORD | CRP | URB | WTB | OTH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Based on 1990-2001 | 0.7767 | 0.0554 | 0.1084 | 0.0503 | 0.0019 | 0.0032 | 0.0041 |
| Based on 2001-2012 | 0.7911 | 0.0719 | 0.0746 | 0.0553 | 0.0011 | 0.0027 | 0.0035 |

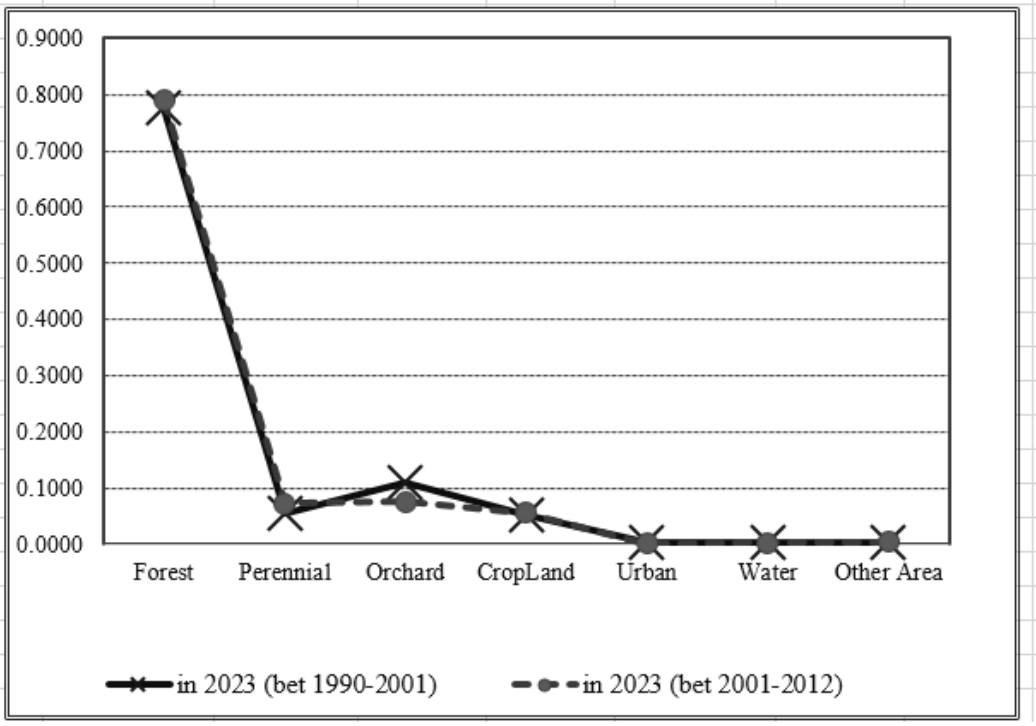



**Figure 4** Trend of Land Use in 2023 by using CA-Markov Model.

## สรุป

ผลการจำแนกและการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียม บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี ในปี พ.ศ. 2533 2544 และ 2555 พบว่า มีรูปแบบประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 7 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ สำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2533-2544 มีพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 61.98 ตร.กม. (หรือคิดเป็นร้อยละ 8.32 ของพื้นที่ทั้งหมด) ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนสภาพไปถึง 6.34 ตร.กม.หรือร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544-2555 พบว่า มีพื้นที่ที่ถูกเปลี่ยนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 32.35 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 4.34 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนสภาพไปถึง 0.82 ตร.กม. (หรือร้อยละ 0.11 ของพื้นที่ทั้งหมด) และผลจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2566 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov แล้ววิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2555-2566 พบว่า พื้นที่ป่าไม้ พืชไร่ และพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ลดลง ในขณะที่พื้นที่ปลูกไม้ยืนต้นและสวนผลไม้จะมีเนื้อที่เพิ่มขึ้น การเปรียบเทียบผลการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2566 จากฐานการเปลี่ยนแปลงปี พ.ศ. 2533-2544 และฐานการเปลี่ยนแปลงปี พ.ศ. 2544-2555 พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีแนวโน้มจะลดลงอย่างต่อเนื่องทั้งสองฐาน แต่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากฐานปี พ.ศ. 2544-2555 จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้ลดลงน้อยกว่าฐานการเปลี่ยนแปลงปี พ.ศ. 2533-2544 ทั้งนี้ ปัจจัยภายนอกเอื้อหรือทำให้สถานการณ์ของพื้นที่ป่าไม้ดีขึ้น การบริหารจัดการด้านการอนุรักษ์ป้องกันพื้นที่ป่าไม้มีวิธีการและมาตรการที่เข้มงวดอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น หรือสภาพเศรษฐกิจดีขึ้น คนมีกินมีใช้ เป็นต้น จึง

เป็นเหตุทำให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้น้อยลง แต่อย่างไรก็ตามการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตวันข้างหน้าจำเป็นต้องมีการกำหนดแนวทาง แผนงาน และเพิ่มมาตรการการป้องกันให้เข้มงวดมากกว่านี้ เพื่อการสงวนรักษาพื้นที่ป่าไม้ให้คงสภาพมีความสมบูรณ์ยั่งยืนต่อไป การศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ คือ

**1. ข้อเสนอะแนะจากการผลการศึกษา**

1.1 ข้อจำกัดในการแปลภาพดาวเทียมในแต่ละปี เกิดจากการบันทึกข้อมูลต่างช่วงเวลา ทำให้ไม่สามารถตรวจสอบความถูกต้องภาคพื้นดินได้ ทำให้มีโอกาสในการเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกประเภทพื้นที่ได้

1.2 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล มีการแปลงข้อมูลระหว่างข้อมูลที่เป็นเวคเตอร์ (vector) และราสเตอร์ (raster) อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ เนื่องจากข้อมูลเวคเตอร์มีเส้นขอบเขตที่มีลักษณะราบเรียบสม่ำเสมอตามลักษณะพื้นที่จริง เมื่อแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์ที่มี ลักษณะเป็นกริด เส้นขอบเขตจะมีลักษณะเป็นเส้นหยักไปตามขนาดของจุดภาพ (pixel) ดังนั้นอาจ ทำให้พื้นที่บางส่วนหายไป ทำให้พื้นที่การศึกษาคลาดเคลื่อน ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบข้อมูลทุกครั้งในการวิเคราะห์ แต่ละขั้นตอน เพื่อหาจุดผิดพลาดและแก้ไขให้ถูกต้องก่อนดำเนินการในขั้นต่อไป

1.3 การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำปัจจัยด้านการใช้ที่ดินมาใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินเท่านั้น ดังนั้นหากมีการนำปัจจัยด้านอื่นๆ เช่น ด้านกายภาพ ด้านเศรษฐกิจและสังคม เข้ามาร่วม ในการวิเคราะห์ด้วย จะทำให้แบบจำลองที่ออกมามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

**2. ข้อเสนอแนะต่อการการกำหนดนโยบาย มาตรการ และแนวทางในการจัดการพื้นที่**

2.1 จากผลการวิจัย พบว่าพื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างต่อเนื่องในทุกช่วงปี ดังนั้นควรมีมาตรการในการป้องกันการขยายตัวของการใช้ประโยชน์ที่ดินของประชาชน โดยอาจมีการจัดตั้งหน่วยพิทักษ์อุทยาน เพิ่มขึ้นในบริเวณที่คาดว่าจะถูกบุกรุก

2.2 ควรมีการให้ความรู้ทางด้านวิชาการแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี เกี่ยวกับประโยชน์และโทษหากพื้นที่ป่าไม้ลดลง

2.3 ควรมีการปลูกฝังให้ประชาชนรักหวงแหนและตระหนักในคุณค่าและความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้

2.4 หน่วยงานรัฐควรจัดทำโครงการเพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ทั้งทางตรงและอ้อม เช่น โครงการปลูกป่าหรือการจัดตั้งป่าชุมชน เพื่อให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการดูแล รักษา พื้นที่ป่าไม้

## คำนิยม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงต่อ ท่าน ผศ.ดร.สมบูรณ์ กีรติประยูร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่ให้ความอนุเคราะห์คำปรึกษาด้านแบบจำลอง CA-MARKOV

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2545. **โครงการศึกษาการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อสำรวจตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว จังหวัดจันทบุรี**. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

จรัณธร บุญญานุภาพ. 2546. **การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล**. ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

สุพรรณี ทักษิณสัมพันธ์. 2546. **การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการวางแผนจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม บริเวณลุ่มน้ำโดยรอบเขตอุทยานแห่งชาติภูพาน**

**จังหวัดสกลนคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สมนิมิตร พุกงาม, ประสงค์ สงวนธรรม และ สุภาภรณ์ ผ่องศาลา. 2560. การวิเคราะห์ความเสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าแม่งาวฝั่งขวา จังหวัดลำปาง. **วารสารวนศาสตร์** 36 (1):123-128

Congalton, R.G., 1991. A review of assessing the accuracy of classifications of remotely sensed data. **Remote Sensing of the Environment,** 37 (1), 35-46.

Thomas Lillesand, Ralph W. Kiefer and Jonathan Chipman. 2015. **Remote Sensing and Image Interpretation, 7th Edition**. John Wiley & Sons, New York.

Short communications

# การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

# Assessment of Land Suitability by Using GeoInformatics Technology in Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima Province

**เกศินี นงโพธิ์[1, 2*]**
**วันชัย อรุณประภารัตน์[1]**
**วีระภาส คุณรัตนสิริ[1]**

**Kesinee Nongpho[1, 2*]**
**Wanchai Arunpraparut[1]**
**Weeraphart Khunrattanasiri[1]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
[2]กองเทคโนโลยีทำแผนที่ กรมที่ดิน ปากเกร็ด นนทบุรี 11120
Bureau of Mapping Technology, Department of Land, Pak Kret, Nonthaburi, 11120 Thailand
*Corresponding Author, E-mail: Kesinee.dia@gmail.com

รับต้นฉบับ 7 พฤษภาคม 2561 รับลงพิมพ์ 8 มิถุนายน 2561

## ABSTRACT

The objective of the study was to assess the suitability of land use in Wang Nam Khiao district, Nakhon Ratchasima province, which the criteria of land suitability was followed FAO in 1983. The Geoinformatics technology was applied for the physical of soil and the land use classification was derived from Satellite imageries in 2013.

The total area can be classified into 8 land use categories: forest area, perennial, orchard, crop land, paddy field, urban, water bodies and other area. The percentage is 53.36, 3.07, 3.79, 27.04, 2.11, 4.74, 0.96 and 4.91 km$^2$ respectively. The overall accuracy assessment of image classification was about 85% and the Kappa coefficient of ٠,^242.

The land suitability classes in the study were classified into 4 levels which consisted of highly suitable with 120.29 km$^2$ (11.30%), moderately suitable 220.73 km$^2$ (20.74%), Marginal suitable 304.59 km$^2$ (28.62%) and non-suitable about 418.59 km$^2$ (39.33%).

**Keywords**: Land Suitability, Geoinformatics

## บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ด้วยข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต ปี พ.ศ. 2556 โดยจำแนกออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้

พืชไร่ นาข้าว พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ และประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินตามหลักเกณฑ์ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ

ผลการจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียมปี พ.ศ. 2556 ซึ่งในพื้นที่ศึกษาครอบคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด รองลงมาเป็นพืชไร่ และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ โดยมีเนื้อที่ 567.87 ตร.กม. (53.36%) 287.81 ตร.กม. (27.04%) และ 52.30 ตร.กม. (4.91%) และผลการประเมินความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีเท่ากับร้อยละ 85 และค่าสถิติแคปป้า เท่ากับ 0.8242 การประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถจำแนกระดับความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก 120.29 ตร.กม. (11.30%) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง 220.73 ตร.กม. (20.74%) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย 304.59 ตร.กม. (28.62%) และพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมหรือเหมาะสมต่อพื้นที่ป่าไม้เท่านั้น 418.58 ตร.กม. (39.33%)

**คำสำคัญ**: การประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดิน เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

## คำนำ

ทรัพยากรที่ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในการดำรงชีวิตของมนุษย์ และเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญของเกษตรกรรมในประเทศไทย ซึ่งจากการเพิ่มขึ้นของประชากร การพัฒนาเศรษฐกิจที่มุ่งการเจริญเติบโต ประกอบกับความต้องการใช้ที่ดินเพื่อใช้ในกิจกรรมทางเศรษฐกิจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เช่น การพัฒนาเมือง เขตอุตสาหกรรม เป็นต้น ดังนั้นปัญหาที่เกิดขึ้นในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้งในเรื่องคุณภาพดินเสื่อมโทรมการใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมกับศักยภาพของพื้นที่ ทำให้ผลผลิตต่อพื้นที่ไม่คุ้มการลงทุน รวมถึงปัญหาการกระจายการถือครองที่ดิน ซึ่งส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อเกษตรกร ชุมชน และประเทศ

อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาด และเนินเขาสลับกัน พื้นที่บางส่วนที่ติดกับเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ทับลาน และป่าสงวนแห่งชาติ ป่าเขาภูหลวง และเนื่องจากสภาพพื้นที่ของอำเภอวังน้ำเขียวมีพื้นที่ป่าไม้และภูเขา จึงทำให้พื้นที่อำเภอวังน้ำเขียวนั้นยังคงมีความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติอยู่มาก ประชาชนส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม การทำเกษตรกรรมส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นการเกษตรเชิงเดี่ยวที่มีการปลูกอย่างต่อเนื่องขาดมาตรการในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้คุณภาพของดินเสื่อมโทรมและขาดความอุดมสมบูรณ์ลงในระยะเวลาอันสั้น เมื่อพื้นที่เกษตรกรรมเสื่อมโทรมเกษตรกรจึงหาพื้นที่ใหม่ที่มีความอุดมสมบูรณ์มากกว่า โดยการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ (กัญจน์ชญา และจรัญธร, 2557) ทั้งที่พื้นที่ดังกล่าวควรที่จะกำหนดให้เป็นพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์เพื่อเป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำลำธาร การหาแนวทางในการดำเนินการเพื่ออนุรักษ์ฟื้นฟูทรัพยากรดินให้เป็นปัจจัยพื้นฐานของการพัฒนาที่ยั่งยืน จะต้องให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์และฟื้นฟูทรัพยากรธรรมชาติ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงการจัดการทรัพยากรดินที่เหมาะสมให้มีความสอดคล้องกับลักษณะกายภาพของพื้นที่ จึงได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (สุระ, 2534) ในการประเมินสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินและวิเคราะห์หาพื้นที่ที่ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ (อดิศักดิ์, 2544) ในเขตอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งสามารถนำผลการศึกษาไปใช้ประกอบการพิจารณาตัดสินใจ และหาแนวทางการอนุรักษ์ การพัฒนาพื้นที่ให้เหมาะสมต่อไป

## อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต รายละเอียดภาพ 15 เมตร Scenes 031719, 031722, 031726 ถ่ายเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2556 และ Scenes 032123, 032127 ถ่ายเมื่อวันที่ 20 กุมภาพันธ์ 2556 ข้อมูลชุดดิน จังหวัดนครราชสีมา ข้อมูลแสดงแนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ ข้อมูลแสดงแนวเขตอุทยานแห่งชาติ ข้อมูลขอบเขตการปกครอง โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพดาวเทียม และโปรแกรมสำเร็จรูประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary Data) ที่เกี่ยวกับการประเมินความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากหนังสือ เอกสาร งานวิจัย และข้อมูลจากหน่วยงานราชการ ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย ข้อมูลแนวเขตป่าสงวนแห่งชาติ ข้อมูลแนวเขตป่าไม้ (อุทยานแห่งชาติ) ข้อมูลภาพถ่ายออร์โธสี ปี พ.ศ. 2545 ของกรมพัฒนาที่ดิน และข้อมูลชุดดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2541) พร้อมทั้งสำรวจในภาคสนามเบื้องต้น เพื่อให้เข้าใจถึงสภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจริงอันจะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ ของอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

2. การประมวลผลและการจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต

2.1 การปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ของข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต ปี พ.ศ. 2556 ให้ถูกต้องโดยใช้จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ได้สำรวจจากภาคสนามด้วยอุปกรณ์ GPS และข้อมูลภาพถ่ายออร์โธสี เป็นจุดอ้างอิง ได้ใช้วิธีการประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Resampling) และมีค่าเฉลี่ยของความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดิน (RMSerror) ไม่เกินหนึ่งจุดภาพ หรือ 15 เมตร โดยใช้พื้นหลักฐาน WGS 1984 ระบบพิกัด UTM โซน 47

2.2 การเน้นภาพ (Image Enhancementt) จะทำการเน้นภาพเชิงคลื่น (Spectral enhancement) โดยเลือก Band 4, 2, และ 3 (สีแดง, เขียว, น้ำเงิน) เป็นภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite) พบว่า พื้นที่ป่าไม้เป็นสีแดงเข้ม พื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าไม้เป็นสีเขียวอ่อนถึงสีขาว พื้นที่แหล่งน้ำเป็นสีน้ำเงินเข้ม เพื่อช่วยในการแปลตีความ เพื่อการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

2.3 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสายตา (Visual Interpretation) โดยอาศัยหลักการรู้จักวัตถุ (Objective Recognition) ประกอบด้วย ความเข้มของสีและสี เนื้อของภาพ รูปร่าง ขนาด ความสูง และเงา ถิ่นที่ตั้ง รูปแบบเฉพาะทาง และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (Lillesand, *et al.*, 2008) โดยกำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินตามแนวทางของกรมพัฒนาที่ดิน (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2552) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ และประเมินค่าความถูกต้องของข้อมูลภาพดาวเทียมในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Accuracy Assessment)

3. จัดทำฐานข้อมูลสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พร้อมปรับแก้ข้อมูล (Updated) (แก้ว และสุภัค, 2536) ให้ถูกต้องตามความเป็นจริง

4. การวิเคราะห์เพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้

กำหนดชั้นระดับความเหมาะสมของที่ดินตามหลักเกณฑ์ขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1983) ในพื้นที่ศึกษาการประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินกำหนดตามคุณลักษณะของดิน (เนื้อดิน, โครงสร้างของดิน, การระบายน้ำของดิน) จำแนกชั้นสมรรถนะดิน (Land Capability: LC) ออกเป็น 8 Capability Classes (Table 1) การเสี่ยงในการทำให้เกิดความเสียหายกับดินหรือข้อจำกัดในการใช้ที่ดินจะมีมากขึ้นจากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 8 แต่ละชั้นจะบอกเป็นตัวเลขโรมัน คือ I, II, III, IV, V,

VI, VII, VIII และโดยที่ดินชั้นที่ I ถึง IV มีการจัดการที่ดีสามารถปลูกไม้ยืนต้น ป่าไม้ ปลูกพืชทั่วไปที่ต้องการการไถพรวน หรือใช้ทำทุ่งหญ้าได้ ดินชั้นที่ V, VI และ VII เหมาะสำหรับปลูกพืชที่ขึ้นอยู่เดิมในบริเวณนั้นๆ และดินบางแห่งอยู่ในชั้นที่ V และ VI สามารถจะนำมาใช้ปลูกพืชพิเศษบางอย่างได้ เช่น ผลไม้ ไม้ประดับ พืชไร่ หรือผัก ดินในชั้นที่ VIII ไม่สามารถให้ผลตอบแทนต่อการจัดการเพื่อปลูกพืชต่างๆ แต่ใช้ประโยชน์ที่ดินประเภททุ่งหญ้า และไม้ยืนต้น ต้องมีการปรับปรุงดินก่อน

ในส่วนของการประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Suitability Assessment) เพื่อการป่าไม้ในครั้งนี้ ได้ประยุกต์ใช้ปัจจัยและเกณฑ์ตามวิธีการประเมินคุณภาพที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2535) ได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ ข้อมูลชุดดิน และชั้นสมรรถนะที่ดิน ประเมินความเหมาะสมของที่ดินโดยจัดกลุ่มของที่ดินตามความสามารถและข้อจำกัดของการใช้ประโยชน์ และวิเคราะห์ร่วมกับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการประเมินความเหมาะสมที่ดินสำหรับการปลูกพืช ได้จำแนกความเหมาะสมของที่ดินออก 4 ระดับ ได้แก่ มีความเหมาะสมมาก (S1) มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) มีความเหมาะสมน้อย (S3) และไม่มีความเหมาะสม (N)

**Table 1** Land Capability Classes (LC) Soil Conservation Service.

| LC Classes | Description |
|---|---|
| Class I | soils have slight limitations that restrict their use. |
| Class II | soils have moderate limitations that restrict the choice of plants or that require moderate conservation practices. |
| Class III | soils have severe limitations that restrict the choice of plants or that require special conservation practices, or both. |
| Class IV | soils have very severe limitations that restrict the choice of plants or that require very careful management, or both. |
| Class V | soils are subject to little or no erosion but have other limitations, impractical to remove, that restrict their use mainly to pasture, rangeland, forestland, or wildlife habitat. |
| Class VI | soils have severe limitations that make them generally unsuitable for cultivation and that restrict their use mainly to pasture, rangeland, forestland, or wildlife habitat. |
| Class VII | soils have very severe limitations that make them unsuitable for cultivation and that restrict their use mainly to grazing, forestland, or wildlife habitat. |
| Class VIII | Soils and miscellaneous areas have limitations that preclude commercial plant production and that restrict their use to recreational purposes, wildlife habitat, watershed, or esthetic purposes. |

Source: Land Use Planning Division, 1992

## ผลและวิจารณ์

### 1. การจำแนกสภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต ปี พ.ศ. 2556 ในบริเวณอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ครอบคลุมพื้นที่ 1,064.20 ตร.กม. พบว่า มีรูปแบบประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 8 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ซึ่งในพื้นที่ศึกษาครอบคลุมด้วยพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด รองลงมาเป็นพืชไร่ และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ โดยมีเนื้อที่ 567.87 ตร.กม (53.36%) 287.81 ตร.กม (27.04%) และ 52.30 ตร.กม (4.91%) ตามลำดับ รายละเอียดแสดงใน Table 2 และ Figure 1

**Table 2** The Existing of Land Use in 2013, Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima Province.

| Land Use Classification | km² | % |
|---|---|---|
| Forest Area | 567.87 | 53.36 |
| Perennial | 32.71 | 3.07 |
| Orchard | 40.37 | 3.79 |
| Crop Land | 287.81 | 27.04 |
| Paddy Field | 22.46 | 2.11 |
| Urban | 50.45 | 4.74 |
| Water Bodies | 10.23 | 0.96 |
| Other Area | 52.30 | 4.91 |
| **Total Area** | **1,064.20** | **100.00** |

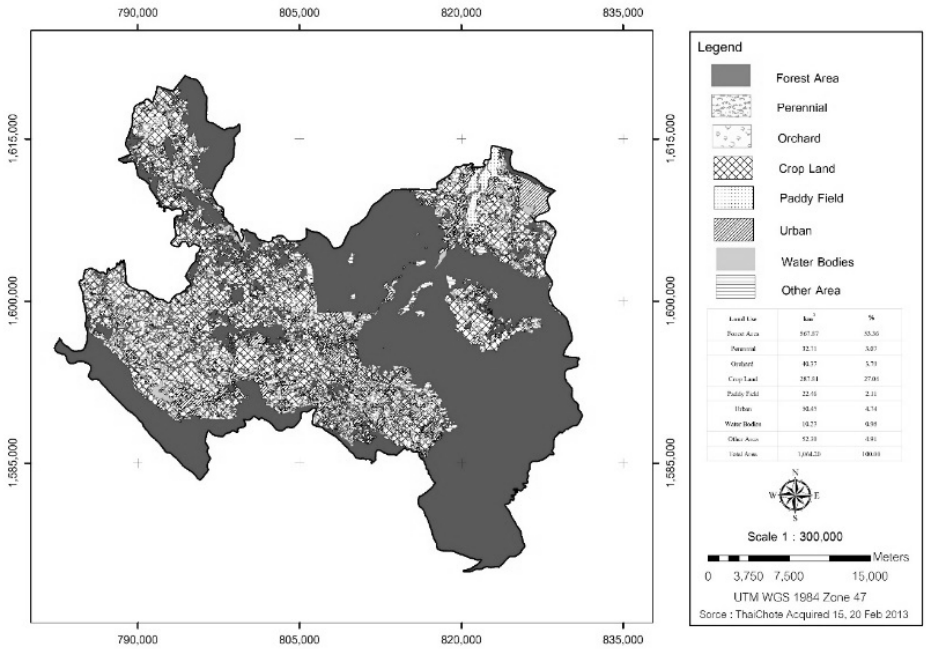



**Figure 1** Distribution of Land Use in 2013, Wang Nam Khiao district, Nakhon Ratchasima Province.

**การประเมินค่าความถูกต้อง (Accuracy Assessment)**

โดยการเปรียบเทียบผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบนภาพดาวเทียมกับข้อมูลภาคสนามด้วยเครื่องมือ GPS แล้วคำนวณหาค่าความถูกต้องด้วยวิธี Accuracy Metric ค่าความถูกต้องที่ได้เท่ากับ 85 % และค่าสถิติแคปป้า (Kappa coefficient) เท่ากับ 0.8242 เนื่องจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบนภาพดาวเทียมกับข้อมูลที่ใช้จากภาคสนาม มีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกันในรายละเอียดของแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Table 3)

**Table 3** Classification Accuracy report of Land Use using Theos imageries Band 4:2:3.

| LU Classified | Reference Total | Sample Points Total | Number of Correct | Producers Accuracy (%) | Users Accuracy (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Forest Area | 6 | 6 | 6 | 100 | 100 |
| Paddy Field | 17 | 20 | 16 | 94.12 | 80 |
| Crop Land | 11 | 10 | 9 | 81.82 | 90 |
| Perennial | 11 | 10 | 8 | 72.73 | 80 |
| Orchard | 9 | 10 | 7 | 77.78 | 70 |
| Urban | 10 | 10 | 10 | 100 | 100 |
| Water Bodies | 5 | 6 | 5 | 100 | 83.33 |
| Other Area | 11 | 8 | 7 | 63.64 | 87.5 |
| **Total Area** | **80** | **80** | **68** | **-** | **-** |

**Note :** Overall Accuracy = 85.00% and Kappa coefficient = 0.8242

## 2. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำแนกชั้นสมรรถนะที่ดิน (Land Capability Classes: LC) ในพื้นที่ศึกษา ได้กำหนดการจำแนกตามหลักการของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 6 ชั้น มีรายละเอียดดังนี้

2.1 การจำแนกชั้นสมรรถนะของการใช้ประโยชน์ที่ดินได้แก่ Class I, Class II และ Class III เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก Class IV เป็นพื้นที่รกร้าง หรือเป็นทุ่งหญ้า สามารถเพาะปลูกพืชได้บางประเภทตามลักษณะดินของพื้นที่นั้นๆ และ Class V, Class VI เป็นชั้นที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก สำหรับ Class I การระบายน้ำได้ดี มีความอุดมสมบูรณ์สูง มีความสามารถในการอุ้มน้ำสูงความจับยึดธาตุอาหารดี มีเนื้อที่ 120.29 ตร.กม. หรือร้อยละ 11.30 ของพื้นที่ทั้งหมด, Class II มีการระบายน้ำได้ดีปานกลาง เป็นเนื้อดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกในธรรมชาติ มีเนื้อที่ 215.05 ตร.กม. หรือร้อยละ 20.21 ของพื้นที่ทั้งหมด Class III มีความลาดชันปานกลาง 5–10 % เป็นดินตื้น การระบายน้ำได้ดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีเนื้อที่ 5.68 ตร.กม. หรือร้อยละ 0.53 ของพื้นที่ทั้งหมด, Class IV มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีข้อจำกัดเรื่องการระบายน้ำของดิน พื้นที่ลาดชันน้อยกว่า 25 % มีเนื้อที่ 304.59 ตร.กม. หรือร้อยละ 28.62 ของพื้นที่ทั้งหมด, Class V เป็นดินตื้นถึงชั้นก้อนกรวด ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดแคลนน้ำ เกิดการชะล้างพังทลายสูญเสียหน้าดินได้ง่าย ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง มีเนื้อที่ 101.83 ตร.กม. หรือร้อยละ 9.57 ของพื้นที่ทั้งหมด และ Class VI เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนที่มีความลาดชันมากกว่า 35 % สภาพพื้นที่มีความลาดชันสูง มีเนื้อที่ 316.76 ตร.กม. หรือร้อยละ 29.77 ของพื้นที่ทั้งหมด (Table 4 และ Figure 2)

**Table 4** Land Capability of Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima Province.

| LC Class | km² (%) | Description |
|---|---|---|
| Class I | 120.29 (11.30%) | Deep well drained level lands with high water holding capacity, good response of crops to fertilizers, irrigated by a permanent irrigation system |
| Class II | 215.05 (20.21%) | Soils in this class provide the farm operator less latitude in the choice of either crops or management practices The soil is suitable for cultivate in natural and moderate drainage. |
| Class III | 5.68 (0.53%) | Moderately steep slope (5–10%), high erosion hazard, very slow water permeability, shallow depth band restricted root zone, low water holding capacity, low fertility, moderate |
| Class IV | 304.59 (28.62%) | Moderate response of crops to fertilizers and restricted drainage. Steep sloppy lands <25% slope |
| Class V | 101.83 (9.57%) | Very severe limitations which restrict their use to limited grazing, woodland, or wild life. Improvement of pasture is not possible due to physical limitations and high erosion hazard |
| Class VI | 316.76 (29.77%) | Soils of this class are not useful for any kind of crop production. Their use is restricted to recreation, wildlife, and aesthetic purposes (slope complex) |

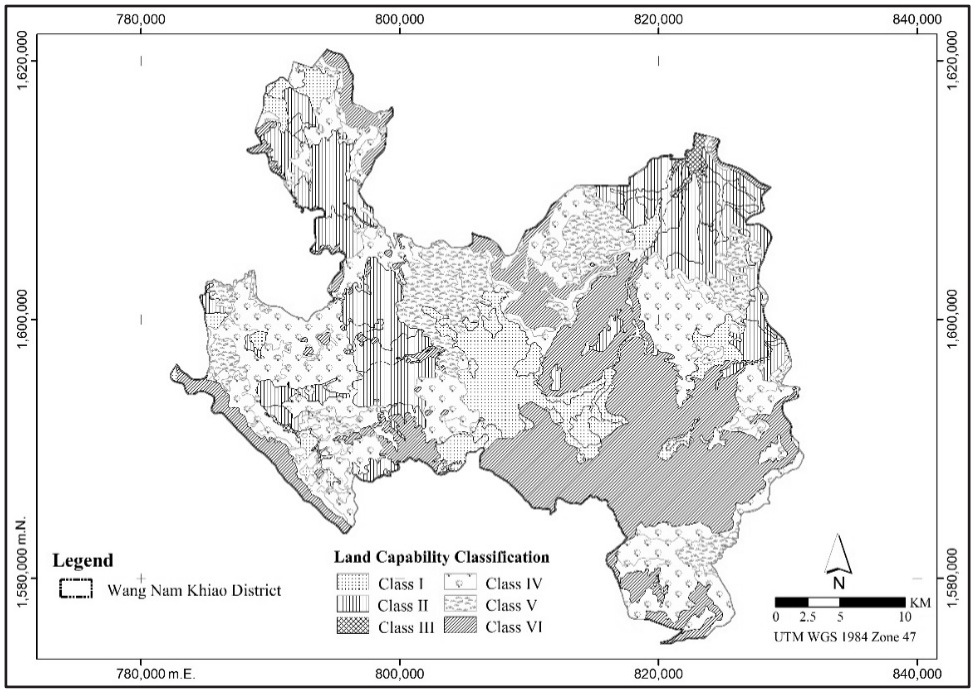



**Figure 2** Land Capability Classification of Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima province.

2.2 การประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ ในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Suitability: LS) ได้ 4 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก (S1) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลาง (S2) พื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย (S3) และพื้นที่ที่ไม่ความเหมาะสม (N) สำหรับพื้นที่ที่ไม่เหมาะสม เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ เท่านั้น ซึ่งพบว่ามีเนื้อที่รวมทั้งหมด 418.59 ตร.กม. หรือร้อยละ 39.33 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งประกอบพื้นที่ป่าไม้และพื้นที่การเกษตรอื่นๆ มีเนื้อที่ 310.90 และ 107.69 ตร.กม. ซึ่งพื้นที่บางส่วนคาดว่าเป็นพื้นที่ที่มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ เพื่อการเกษตรกรรมและอื่นๆ ส่วนพื้นที่ที่เหลือเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินตามความเหมาะสมเล็กน้อยถึงความเหมาะสมมาก ประกอบด้วยพื้นที่ที่เหมาะต่อการการปลูกพืช มีเนื้อที่รวม 645.61 ตร.กม. หรือร้อยละ 60.67 ของพื้นที่ทั้งหมด (Table 5 และ Figure 3)

**Table 5** Land Suitability Order of Wang Nam Khiao District, Nakhon Ratchasima Province.

| Land Suitability Order | Area (km².) | % |
|---|---|---|
| Highly suitable (S1) | 120.29 | 11.30 |
| Moderately suitable (S2) | 220.73 | 20.74 |
| Marginally suitable (S3) | 304.59 | 28.62 |
| Not suitable (N) | 418.59 | 39.33 |
| **Total Area** | **1,064.20** | **100.00** |

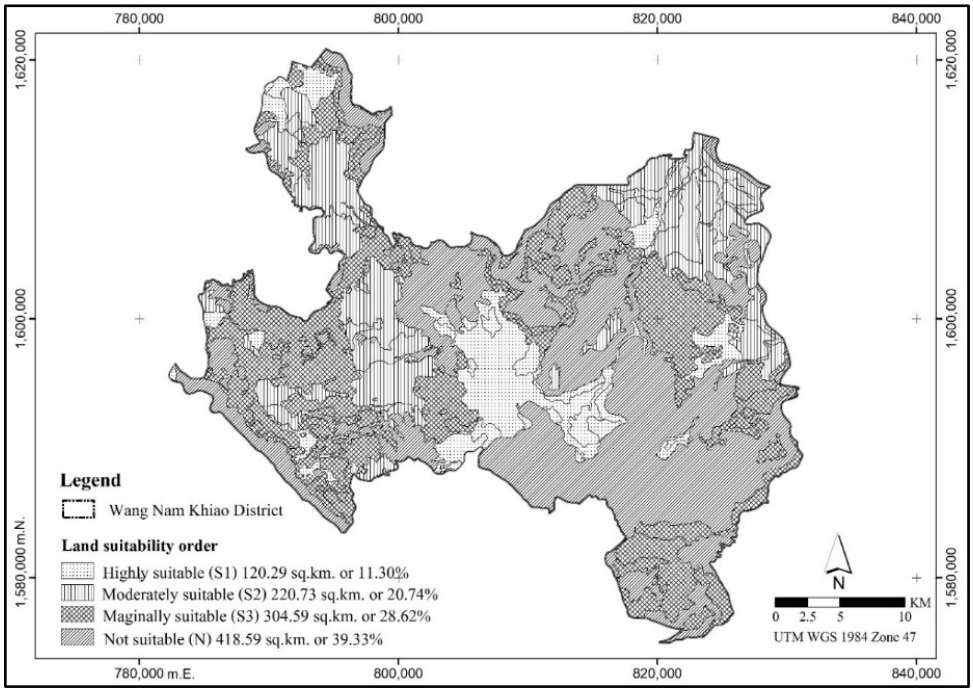



**Figure 3** Land Suitability Order in Wang Nam Khiao District.

2.3 การประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียม โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) พบว่า สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษาตามระดับความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด (Highly Suitable) มีเนื้อที่ 120.29 ตร.กม. หรือร้อยละ 11.30 ของพื้นที่ทั้งหมด, พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินปานกลาง (Moderately Suitable) มีเนื้อที่ 220.73 หรือร้อยละ 20.74 ของพื้นที่ทั้งหมด, พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินเล็กน้อย (Marginally Suitable) มีเนื้อที่ 304.59 ตร.กม. หรือร้อยละ 28.62 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ที่มีระดับความไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินมีเนื้อที่ 418.59 ตร.กม. หรือร้อยละ 39.33 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งพื้นที่ในระดับนี้พื้นที่ป่าไม้ถูกเปลี่ยนไปใช้ทำประโยชน์ด้านเกษตรกรรมและอื่นๆ มีเนื้อที่ 107.69 ตร.กม. หรือร้อยละ 10.12 ของพื้นที่ทั้งหมด (Table 6)

**Table 6** Land Use Classification in 2013 and Land Suitability Order of Wang Nam Khiao district.

| Land Use in 2013 | Land Suitability order Area: km² (%) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Highly** | **Moderately** | **Marginally** | **Not suitable** |
| Forest Area | 34.79 | 54.01 | 168.17 | 310.90 |
| Perennial | 5.86 | 11.84 | 8.55 | 6.46 |
| Orchard | 9.48 | 5.64 | 13.64 | 11.61 |
| Crop Land | 45.77 | 96.47 | 88.57 | 57.00 |
| Paddy Field | 1.13 | 19.27 | 1.45 | 0.61 |
| Urban | 11.53 | 17.10 | 9.39 | 12.43 |
| Water Bodies | 2.02 | 3.39 | 2.77 | 2.05 |
| Other Area | 9.71 | 13.01 | 12.05 | 17.53 |
| | **120.29 (11.30%)** | **220.73 (20.74%)** | **304.59 (28.62%)** | **418.59 (39.33%)** |
| **Total Area** | **1,064.20 (100%)** | | | |

อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีพื้นที่เป็นเขตป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด 435.87 ตร.กม. มีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 เป็นพื้นที่ป่าไม้ 181.57 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 41.66 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด พื้นที่ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และพื้นที่อื่นๆ 254.30 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 58.32 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) กับระดับความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในระบบ GIS พบว่า พื้นที่ที่มีระดับความไม่เหมาะสมต่อการป่าไม้(มีการทำประโยชน์ด้านการเกษตรกรรมและอื่นๆ) มีเนื้อที่ 45.51 ตร.กม. หรือร้อยละ 10.32 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด กล่าวคือในพื้นที่ที่เป็นเขตป่าสงวนแห่งชาติมีข้อกำหนดการทำประโยชน์ คือเพื่อการอนุรักษ์ สงวน และรักษาทรัพยากรป่าไม้ เพื่อทำประโยชน์ในเกษตรกรรมและด้านการเศรษฐกิจ อย่างไรก็ตาม พื้นที่ในส่วนของการอนุรักษ์หากมีการเปลี่ยนแปลงของสภาพป่าไม้เห็นควรปลูกป่าทดแทนด้วยพันธุ์ไม้ที่ใกล้เคียงกับสภาพป่าดั้งเดิม และพัฒนาพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเพื่อฟื้นฟูสภาพป่าไม้ให้ดีขึ้น

ส่วนในเขตอุทยานแห่งชาติมีเนื้อที่ทั้งหมด 462.48 ตร.กม. มีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินปี

พ.ศ. 2556 เป็นพื้นที่ป่าไม้ 350.49 ตร.กม.คิดเป็นร้อยละ 75.78 ของพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติทั้งหมด พื้นที่ที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และพื้นที่อื่นๆ 111.99 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 24.22 ของพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติทั้งหมด เมื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) กับระดับความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในระบบ GIS พบว่าพื้นที่ที่มีระดับความไม่เหมาะสมต่อการป่าไม้ (มีการทำประโยชน์ด้านการเกษตรกรรมและอื่นๆ) มีเนื้อที่ 56.39 ตร.กม. หรือร้อยละ 12.19 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติทั้งหมด ในส่วนของพื้นที่อุทยานแห่งชาติจะถูกกำหนดเป็นพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์สภาพพื้นที่ป่าไม้ให้คงอยู่ เนื่องจากสภาพพื้นที่มีความลาดชันสูงมากกว่า 30 % ไม่เหมาะสมต่อการปลูกพืชทุกชนิด หากพื้นที่ถูกทำลายจนเสื่อมสภาพด้วยสาเหตุต่างๆ ซึ่งจำเป็น ต้องฟื้นฟูให้คืนสู่สภาพธรรมชาติดั้งเดิม อาจปล่อยไว้ให้มีการฟื้นฟูตามธรรมชาติ หรือมีการปกป้องพื้นที่อุทยานแห่งชาติตามความเหมาะสมแล้วปล่อยให้ธรรมชาติมีการฟื้นฟูตามปกติ รายละเอียดตาม Table 7, 8 และ 9 และ Figure 4

**Table 7** Land Suitability for Forestry of Wang Nam Khiao district.

Area: km² (%)

| Land Suitability Order | National Reserved Forest | National Park |
|---|---|---|
| Highly suitable (S1) | 31.71 (2.98%) | 39.02 (3.67%) |
| Moderately suitable (S2) | 112.57 (10.58%) | 48.29 (4.54%) |
| Marginally suitable (S3) | 158.93 (14.93%) | 103.96 (9.77%) |
| Not suitable (N) | 132.66 (12.47%) | 271.21 (25.48%) |
| **Total Area** | **435.87 (40.96%)** | **462.48 (43.46%)** |

**Table 8** Land Suitability for National Reserved Forest.

Area: km² (%)

| Land Use | S1 | S2 | S3 | N | Total Area |
|---|---|---|---|---|---|
| Forest Area | 8.69 | 25.94 | 59.78 | 87.16 | 181.57 |
| Perennial | 1.68 | 3.86 | 5.98 | 2.86 | 14.38 |
| Orchard | 2.29 | 4.37 | 10.67 | 1.91 | 19.24 |
| Crop Land | 14.48 | 61.95 | 63.70 | 28.94 | 169.07 |
| Paddy Field | 0.13 | 1.76 | 1.37 | 0.22 | 3.48 |
| Urban | 1.99 | 5.08 | 6.68 | 3.75 | 17.50 |
| Water Bodies | 0.64 | 1.63 | 2.17 | 0.24 | 4.68 |
| Other Area | 1.80 | 7.98 | 8.58 | 7.59 | 25.95 |
| **Total Area** | **31.70 (2.98%)** | **112.57 (10.58%)** | **158.93 (14.93%)** | **132.67 (12.47%)** | **435.87 (40.96%)** |

**Table 9** Land Suitability for National Park.

Area: km² (%)

| Land Use | S1 | S2 | S3 | N | Total Area |
|---|---|---|---|---|---|
| Forest Area | 22.09 | 23.04 | 90.54 | 214.82 | 350.49 |
| Perennial | 1.56 | 2.84 | 1.55 | 3.33 | 9.28 |
| Orchard | 1.89 | 0.22 | 0.27 | 9.27 | 11.65 |
| Crop Land | 9.41 | 9.71 | 9.93 | 25.13 | 54.18 |
| Paddy Field | 0.27 | 2.9 | - | 0.31 | 3.48 |
| Urban | 1.8 | 7.05 | 0.81 | 7.9 | 17.56 |
| Water Bodies | 0.8 | 1.03 | 0.02 | 1.66 | 3.51 |
| Other Area | 1.2 | 1.49 | 0.85 | 8.79 | 12.33 |
| **Total Area** | **39.02 (3.67%)** | **48.28 (4.54%)** | **103.97 (9.77%)** | **271.21 (25.48%)** | **462.48 (43.46%)** |

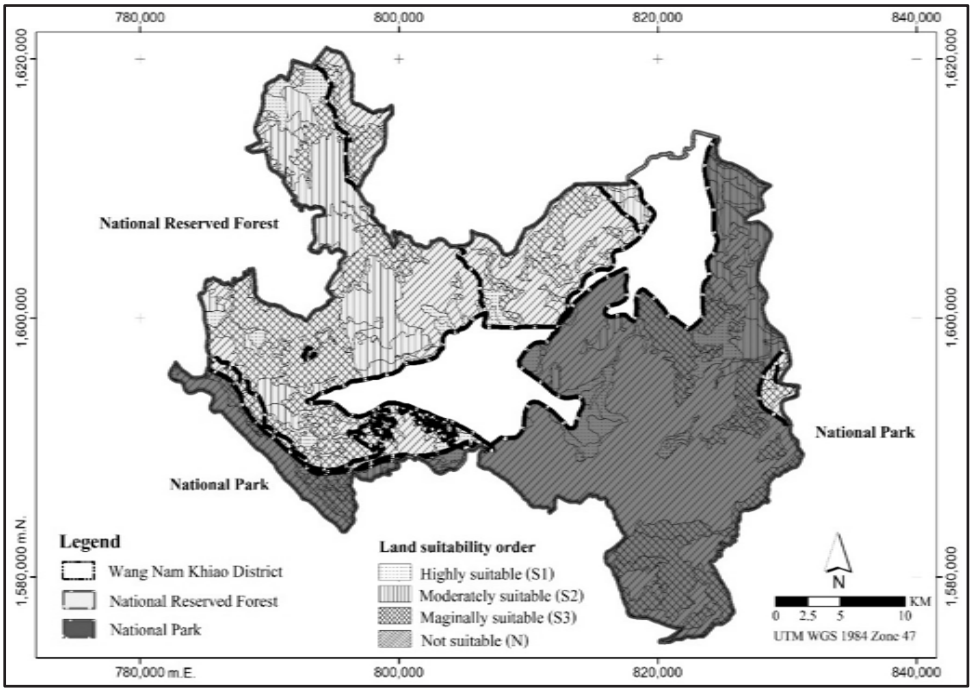



**Figure 4** Land Suitability in National Reserved Forest and National Park.

## สรุป

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพดาวเทียมไทยโชต แบนด์ 4 2 3 ปี พ.ศ. 2556 โดยการแปลด้วยสายตา สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 8 ประเภท พื้นที่ป่าไม้ ไม้ยืนต้น สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว พื้นที่ชุมชน แหล่งน้ำ และพื้นที่อื่นๆ ตามลำดับ และผลการประเมินความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีเท่ากับร้อยละ 85 และค่า Kappa coefficient เท่ากับ 0.8242

จากผลการศึกษา การประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่อำเภอวังน้ำเขียว

จังหวัดนครราชสีมา ได้จำแนกออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้ พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมมากต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีเนื้อที่รวม 120.29 ตร.กม. หรือร้อยละ 11.30 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีการทำประโยชน์ที่ดินประเภทพืชไร่มากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชน และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ ตามลำดับ พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมปานกลาง มีเนื้อที่รวม 220.73 ตร.กม. หรือร้อยละ 20.74 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีการทำประโยชน์ที่ดินประเภทพืชไร่มากที่สุด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ นาข้าว และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ ตามลำดับ พื้นที่ที่มีระดับความเหมาะสมน้อย มีเนื้อที่รวม 304.59 ตร.กม. หรือร้อยละ 28.62 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ป่าไม้มากที่สุด รองลงมาเป็นการทำประโยชน์ที่ดินประเภทพืชไร่ ไม้ยืนต้น และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นๆ ตามลำดับ และพื้นที่ที่มีระดับความไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีเนื้อที่รวม 418.59 ตร.กม. หรือร้อยละ 39.33 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่ส่วนใหญ่ควรเป็นพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด เนื่องจากเป็นที่ตั้งของพื้นที่ป่าอนุรักษ์ มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 30 ชั้นดินไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ที่อยู่อาศัย และอื่นๆ

การประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ ในเขตป่าสงวนแห่งชาติ ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 435.87 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ป่าไม้ 181.57 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 41.66 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด พื้นที่ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และพื้นที่อื่นๆ 254.30 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 58.32 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด สามารถจัดระดับความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในระบบ GIS พบว่า พื้นที่ที่มีระดับความไม่เหมาะสมต่อการทำประโยชน์ด้านการป่าไม้ มีเนื้อที่ 45.51 ตร.กม. หรือร้อยละ 10.32 ของพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมด

การประเมินความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการป่าไม้ ในเขตอุทยานแห่งชาติ ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 462.48 ตร.กม. ในปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ป่าไม้ 350.49 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 75.78 ของพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติทั้งหมด พื้นที่ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ชุมชน และพื้นที่อื่นๆ 111.99 ตร.กม. หรือคิดเป็นร้อยละ 24.22 ของพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติทั้งหมด สามารถจัดระดับความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในระบบ GIS พบว่า พื้นที่ที่มีระดับความไม่เหมาะสมต่อการทำประโยชน์ด้านการป่าไม้ มีเนื้อที่ 56.39 ตร.กม. หรือร้อยละ 12.19 ของพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติทั้งหมด

การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เหมาะสมในพื้นที่ศึกษาที่พบในพื้นที่ป่าไม้ ส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นที่อยู่อาศัยรีสอร์ท ส่วนพื้นที่ที่เกษตรกรรม เกษตรกรยังคงดำเนินการในรูปแบบเดิม ยังขาดความรู้ ควรให้มีเจ้าหน้าที่ให้คำแนะนำส่งเสริมด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงสุด ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินง่าย เผชิญปัญหาภาวะภัยแล้ง และปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมอื่นๆ การศึกษาครั้งนี้เป็นการนำเทคโนโลยีและวิธีการทางด้านการจัดการกับข้อมูลมาใช้อย่างเป็นระบบ และนำไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ ตามวัตถุประสงค์ หรือนำไปใช้เพื่อการปรับปรุงแก้ไขการใช้พื้นที่ให้มีความเหมาะสมมากขึ้น

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2535. **คู่มือการประเมินคุณภาพที่ดิน (Qualitative Land Evaluations) สำหรับพืชเศรษฐกิจ.** เอกสารทางวิชาการ ฉบับที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2552. **คู่มือการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน.** กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2541. **คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของไทย**

เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 422. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว และ จรัณธร บุญญานุภาพ. 2557. การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง สาเหตุ และผลกระทบของการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำสมุนตอนล่าง จังหวัดน่าน. **วารสารวนศาสตร์** 33 (2): 131-148.

แก้ว นวลฉวี และ สุภัค วงษ์ปาน. 2536. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, น. 253-270. ใน **การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สุระ พัฒเนเกียรติ. 2534. **หลักเบื้องต้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม**. สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

อดิศักดิ์ เพชรจรัส. 2544. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มน้ำคลองกุย อำเภอกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO),1983. **Guidelines: Land Evaluation for Rainfed Agriculture**, FAO soils bulletin no. 52, Rome.

Lillesand, T.M., R.W. Kiefer and J.W. Chipman. 2008. **Remote Sensing and Image Interpretation**. Sixth Edition. John Wiley & Sons. New York.

# คำแนะนำสำหรับผู้เขียนวารสารวนศาสตร์

## (http://frc.forest.ku.ac.th)

**วารสารวนศาสตร์** เป็นวารสารทางวิชาการป่าไม้ จัดทำโดยศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำหนดพิมพ์เผยแพร่ทุก 6 เดือน (ปีละ 2 ฉบับ) วัตถุประสงค์เพื่อพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยทางป่าไม้สาขาต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยวารสารนี้มีการเผยแพร่ไปยังห้องสมุดของสถาบันและหน่วยงานต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศ

**การส่งต้นฉบับ** ต้นฉบับต้องไม่เคยลงตีพิมพ์และไม่ได้อยู่ระหว่างกระบวนการพิจารณาลงตีพิมพ์ในวารสารหรือสิ่งตีพิมพ์อื่นใด ผลงานจัดอยู่ในงานเขียนประเภทหนึ่ง ดังต่อไปนี้ **(1) นิพนธ์ต้นฉบับ (original article)** เป็นการเสนอผลงานวิจัยแบบสมบูรณ์ที่ผู้เขียนได้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง **(2) short communications** เป็นงานวิจัยที่น่าสนใจหรือการค้นพบสิ่งใหม่แต่มีเนื้อหาสมบูรณ์น้อยกว่า และ **(3) บทความ (review article)** เป็นบทความทางวิชาการที่นำเสนอสาระซึ่งผ่านการวิเคราะห์หรือประมวลจากการตรวจเอกสาร ทั้งนี้เรื่องที่เป็นนิพนธ์ต้นฉบับ และ short communications จะได้รับพิจารณาให้ลงตีพิมพ์ก่อนเรื่องที่เป็นบทความ

## การเตรียมต้นฉบับ

### ต้นฉบับ

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทย ควรมีการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่างๆ อย่างถี่ถ้วนก่อนนำเสนอ ความยาวไม่เกิน 12 หน้า กระดาษ A4 (ไม่รวมหน้าแรก)

### การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 14 สำหรับภาษาไทย และ Time New Roman ขนาด 10 สำหรับภาษาอังกฤษ
2. หัวข้อหลัก เช่น คำนำ อุปกรณ์และวิธีการ ฯลฯ ใช้อักษรตัวหนาและจัดกึ่งกลางหน้า ถ้าเรื่องที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษ หัวข้อหลักใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เช่น **ABSTRACT INTRODUCTION** เป็นต้น
3. หัวข้อย่อย ใช้อักษรตัวหนาและจัดชิดซ้าย
4. ใส่หมายเลขหน้าข้างขวาบน
5. ใส่หมายเลขบรรทัด (เริ่มแต่ละหน้าใหม่)

### รายละเอียดของเนื้อหา

**หน้าแรก** (Title page) *เป็นหน้าที่แยกออกจากเนื้อหาอื่นๆ* ประกอบด้วย

1. **ชื่อเรื่อง** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ให้ระบุชื่อเรื่องทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ควรกระชับและตรงกับเนื้อเรื่อง จัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ
2. **ชื่อผู้เขียน** เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ใช้ชื่อเต็มทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ไม่ต้องระบุเพศ ยศ ตำแหน่ง
3. **สถานที่ทำงานของผู้เขียน** ให้ระบุสถานที่ทำงานและที่อยู่ของผู้เขียนทุกท่านทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พร้อมระบุที่อยู่ที่ติดต่อได้ของผู้เขียนหลัก (corresponding author) พร้อมเบอร์โทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail address

**เนื้อหา** ประกอบด้วยหัวข้อหลัก ดังนี้

1. **บทคัดย่อ** สรุปสาระสำคัญของผลงานไว้โดยครบถ้วน และมีความยาวไม่เกิน 300 คำ เรื่องที่เขียนเป็นภาษาไทย ต้องมีบทคัดย่อเป็นภาษาอังกฤษ **(ABSTRACT)** ด้วย (ภาษาอังกฤษก่อนและตามด้วยภาษาไทย) ให้ระบุ Keywords จำนวนไม่เกิน 5 คำไว้ในตอนท้ายบทคัดย่อภาษาอังกฤษด้วย
2. **คำนำ** อธิบายความสำคัญของปัญหา การตรวจเอกสาร (literature review) เฉพาะส่วนที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยเท่านั้น และวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ในกรณีงานวิจัยทางสังคมศาสตร์อาจเพิ่มเติมขอบเขตการวิจัย กรอบแนวคิดการวิจัย และสมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)
3. **อุปกรณ์และวิธีการ** เขียนให้รัดกุม ไม่พรรณนาวิธีการวิเคราะห์ ใช้วิธีการอ้างอิงชื่อหรือองค์กร เช่น ใช้ตามวิธีของ AOAC (1990)
4. **ผลและวิจารณ์** ผลการทดลองและวิจารณ์ผลเขียนรวมกัน
5. **สรุป** ให้ยกใจความสำคัญที่ได้จากการวิจัยรวมถึงการวิจารณ์ผลที่ได้จากการวิจัย
6. **คำนิยม** (ถ้ามี) ไม่ควรเกิน 50 คำ
7. **เอกสารและสิ่งอ้างอิง** หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิง เขียนเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ยึดตามคู่มือวิทยานิพนธ์ สายวิทยาศาสตร์ ปีล่าสุดของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถดาวน์โหลดได้ที่www.grad.ku.ac.th/thesis/template_ss.php ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ในคู่มือดังกล่าว
   7.1 การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ name-and-year system
   7.2 การเรียงลำดับเอกสารเรียงอ้างอิงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน เอกสารภาษาไทยและตามด้วยเอกสารภาษาอังกฤษ เอกสารทั้งหมดที่ถูกอ้างอิงในเนื้อหาต้องปรากฏในรายการเอกสารและสิ่งอ้างอิง
   7.3 การเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิงที่เป็นภาษาต่างประเทศ ชื่อผู้เขียนให้เขียนนามสกุลก่อนและตามด้วยชื่ออื่นๆ ซึ่งย่อเฉพาะอักษรตัวแรก
   7.4 ตัวอย่างการเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิง

## หนังสือ และตำรา

Kramer, P. J. and T. T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, Inc., New York.

## วารสาร

Kongsom, C. and I. A. Munn. 2003. Optimum rotation of Eucalyptus camaldulensis plantations in Thailand based on financial return and risk. Thai J. For. 22 (1): 29-35.

## รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ

Nikles, D. G. 1993. Breeding methods for production of interspecific hybrids in clonal selection and mass propagation programmes in the tropics and subtropics, pp. 218-252. In J. Davidson, ed. Regional Symposium on Recent Advances in Mass Clonal Multiplication of Forest Trees for Plantation Programmes. December 1-8, 1992. FAO/UN, Bogor.

**ข้อมูลสารสนเทศจากแหล่งข้อมูลอิเลคทรอนิกส์**

Sillery, B. 1998. Urban rain forest: An African jungle come to life on New York's west side. Popular Sci. Available source: http://www.epnet.com/hosttrial/ligin.htm, March 27, 1998.

8. **ภาพ (Figure) และตาราง (Table) ต้องมีเนื้อหาและคำอธิบายเป็นภาษาอังกฤษ** ไม่ควรมีมากนัก ให้แสดงเฉพาะข้อมูลที่สำคัญและจำเป็น และ**ขอให้แยกไฟล์ภาพและตารางออกจากเนื้อหา** ในกรณีภาพที่เป็นกราฟหรือภาพถ่ายขอให้ส่งต้นฉบับตัวจริงมาด้วย

## การแจ้งจำนงผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน

ผู้เขียนต้องแจ้งจำนงถึงความต้องการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาบทความจำนวน 3 ท่าน โดยลงรายละเอียดในแบบเสนอต้นฉบับ

## ข้อแนะนำในการใช้ภาษา

1. ใช้คำศัพท์ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถานและประกาศของราชบัณฑิตยสถาน
2. การใช้ศัพท์บัญญัติทางวิชาการ ควรใช้ควบคู่กับศัพท์ภาษาอังกฤษ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
3. การเขียนชื่อเฉพาะหรือคำแปลจากภาษาต่างประเทศ ควรพิมพ์ภาษาเดิมของชื่อนั้นๆ ไว้ในวงเล็บ ในครั้งแรกที่ปรากฏในเอกสาร
4. ไม่ควรใช้ภาษาต่างประเทศในกรณีที่มีภาษาไทยอยู่แล้ว
5. รักษาความสม่ำเสมอในการใช้คำศัพท์และตัวย่อ โดยตลอดทั้งบทความ

## กระบวนการพิจารณาบทความ

การพิจารณากลั่นกรองบทความ (peer review) ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการ เพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวนศาสตร์ รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (referee) ในแต่ละสาขาทำการพิจารณากลั่นกรอง (peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้ทรงคุณวุฒิจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าวและส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอบรับ (accept) หรือ (reject) บทความ ปกติการพิจารณาทบทวนบทความใช้เวลาประมาณ 3 เดือน นับจากวันที่ส่งบทความ หากเกินกว่ากำหนดนี้ผู้ประพันธ์สามารถสอบถามมายังกองบรรณาธิการเพื่อทราบความเหตุผลได้

**บทความที่ถูกปฏิเสธ (rejected manuscripts)** ทางกองบรรณาธิการจะส่งคืนเอกสารทั้งหมดรวมถึงข้อคิดเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิให้กับผู้ประพันธ์ เพื่อเป็นประโยชน์ในการปรับปรุงและส่งผลงานไปตีพิมพ์ยังวารสารอื่นๆ ที่มีความเหมาะสม

**บทความที่ได้รับการยอมรับ (accept manuscripts)** ทางกองบรรณาธิการจะส่งร่างบทความสำหรับตีพิมพ์ให้กับผู้ประพันธ์เพื่อพิสูจน์ความถูกต้อง (corrected proof) จากนั้นผู้ประพันธ์จะได้รับแจ้งกำหนดเวลาการตีพิมพ์บทความนั้น

## การส่งต้นฉบับ

ผู้เสนอจัดส่งต้นฉบับ (manuscript) 4 ชุด และแบบเสนอต้นฉบับ (submission form) 1 ชุด พร้อมส่งไฟล์ต้นฉบับโดยบันทึกข้อมูลลงแผ่น CD ในรูป Microsoft Office Word 2003/2007/XP File สามารถดาวน์โหลดแบบฟอร์มได้ที่ http://www.tjf.forest.ku.ac.th ส่งมาที่ กองบรรณาธิการวารสารวนศาสตร์ ศูนย์วิจัยป่าไม้ ชั้น 5 อาคารวนศาสตร์ 72 ปี คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900 หรือที่ ตู้ ปณ. 1018 ปณฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

**หมายเหตุ** 1. เอกสารที่มีการเตรียมต้นฉบับไม่ถูกต้องตามข้อแนะนำจะไม่ได้รับการพิจารณา

2. ทางวารสารฯ ขอสงวนสิทธิ์ที่จะไม่คืนเอกสารข้างต้นให้ผู้เขียนไม่ว่ากรณีใดๆ



# รายนามผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาต้นฉบับ
# วารสารวนศาสตร์ คณะวนศาสตร์ ปีที่ 37 (ฉบับที่ 1-2) ประจำปี 2561
## ก. ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมหาวิทยาลัย

| ชื่อ | หน่วยงาน | สังกัด |
|---|---|---|
| 1. ดร.นาวี หนุนอนันต์ | คณะวิทยาศาสตร์ | มหาวิทยาลัยสงลานครินทร์ |
| 2. ผศ.ดร.ณัฐดนัย ลิขิตตระการ | คณะผลิตกรรมการเกษตร | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 3. ดร.วินัย สมประสงค์ | สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช | กรมวิชาการเกษตร |
| 4. ดร.ภานุมาศ จันทร์สุวรรณ | | องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เทคโนธานี |
| 5. ผศ.ดร.บุญธิดา ม่วงศรีเมืองดี | | มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 6. ดร.พันธนา ตอเงิน | คณะวิทยาศาสตร์ | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย |
| 7. นางสาวิตรี ปราโมช ณ อยุธยา | ศูนย์เชี่ยวชาญนวัตกรรมเกษตรสร้างสรรค์ | สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย |
| 8. รศ.ดร.เสาวลักษณ์ พงษ์ไพจิตร | คณะวิทยาศาสตร์ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 9. ผศ.ดร. เชิดศักดิ์ ทัพใหญ่ | คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 10. ดร.วรดลต์ แจ่มจำรูญ | สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช | กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช |
| 11. นางอำไพ พรลีแสงสุวรรณ | สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ | กรมป่าไม้ |
| 12. รศ.ดร.สันต์ เกตุปราณีต | | นักวิชาการอิสระ |
| 13. รศ.ดร.ดุสิต เวชกิจ | สาขาส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ | มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช |
| 14. นางนันทนา บุณยานันต์ | | สำนักจัดการป่าชุมชน |
| 15. ผศ.ดร.ปิยะกาญจน์ เที้ยธิทรัพย์ | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 16. ผศ.ดร.คมสัน คีรีวงศ์วัฒนา | คณะอักษรศาสตร์ | มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 17. ดร.นฤมล ภานุนำภา | สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ | กรมป่าไม้ |
| 18. นางลักษมี สุทธิวิไลรัตน์ | ศูนย์วิจัยพลังงานจากป่าไม้ จ.สระบุรี | กรมป่าไม้ |
| 19. ผศ.ยุทธนา มหัจฉริยวงศ์ | | สมาคมที่ปรึกษาวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย |
| 20. ดร.ณัฐสุรางค์ ปุคคละนันทน์ | สถาบันวิจัยและพัฒนา | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ |

| ชื่อ | หน่วยงาน | สังกัด |
|---|---|---|
| 21. นายนพพร นนทภา | คณะเภสัชศาสตร์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 22. ผศ.ดร.แหลมไทย อายานอก | คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ |
| 23. รศ.ดร.อุทิศ กุฎอินทร์ | | นักวิชาการอิสระ |
| 24. ผศ.ดร.วิชญ์ภาส สังพาลี | คณะผลิตกรรมการเกษตร | มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ |
| 25. รศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง | คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม | มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ |
| 26. นายชิงชัย วิริยะบัญชา | สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช | กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช |
| 27. นางสาววาทินี ทองเชตุ | สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ | กรมป่าไม้ |
| 28. ดร.ปณิดา กาจีนะ | คณะเกษตรศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 29. ผศ.ดร.รังสรรค์ เกตุอ๊อต | คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 30. รศ.ดร.ทรงกต ทศานนท์ | สาขาการรับรู้ระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 31. รศ.ดร.เสวียน เปรมประสิทธิ์ | คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 32. รศ.ดร.สามัคคี บุณยะวัฒน์ | | นักวิชาการอิสระ |
| 33. รศ.ดร.สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์ | | นักวิชาการอิสระ |
| 34. รศ.ดร.สุวิทย์ อ๋องสมหวัง | สาขาการรับรู้ระยะไกล สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 35. รศ.ดร.สุระ พัฒนเกียรติ | คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ | มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 36. รศ.ดร.จรัณธร บุณญานุภาพ | คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 37. ดร. อัจฉริยะ โชติขันธ์ | คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี |
| 38. ดร.วิศนีย์ ยิ่งประเสริฐ | สาขาเทคโนโลยีไม้ | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี |
| 39. รศ.ดร.ธีระ วีฉิน | | นักวิชาการอิสระ |
| 40. นายวรธรรม อุ่นจิตติชัย | สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ | กรมป่าไม้ |
| 41. น.ส.ปิยะวดี บัวจงกล | กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ | กรมป่าไม้ |
| 42. นายวัลยุทธ เฟื่องวิวัฒน์ | กลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ | กรมป่าไม้ |
| 43. นางชญานี จันทรประภา | สำนักฟื้นฟูและพัฒนาพื้นที่อนุรักษ์ | กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช |
| 44. รศ.ดร.ชาลี นาวานุเคราะห์ | สถาบันวิจัยและพัฒนา | มหาวิทยาลัยนครพนม |

## ข. ผู้ทรงคุณวุฒิภายในมหาวิทยาลัย

| | ชื่อ | หน่วยงาน | สังกัด |
|---|---|---|---|
| 1. | ผศ.ดร.วาทินี สวนผกา | คณะวนศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. | ดร.นิสา เหล็กสูงเนิน | คณะวนศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. | ดร.ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง | คณะวนศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 4. | ผศ.ดร.กอบศักดิ์ วันธงไชย | คณะวนศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 5. | รศ.ดร.ดวงใจ ศุขเฉลิม | คณะวนศาสตร์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |

# ใบสมัคร
# สมาชิกวารสารวนศาสตร์

**วารสารวนศาสตร์** เป็นเอกสารทางวิชาการของคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีกำหนดออกปีละ 2 ครั้ง ในเดือนมิถุนายน และเดือนธันวาคม ค่าสมัครเป็นสมาชิกปีละ 200 บาท (รวมค่าส่งภายใน ประเทศ)

✂.....

*กรุณากรอกข้อความลงในแบบฟอร์มนี้*

**ชื่อ-สกุล** .....

**ที่อยู่** .....

.....

**รหัสไปรษณีย์** .....

อัตราค่าสมาชิก "วารสารวนศาสตร์"

- ❍ อัตราค่าสมาชิกวารสารราย 2 ปี จำนวนเงิน 400 บาท (4 ฉบับ)
- ❍ อัตราค่าสมาชิกวารสารราย 3 ปี จำนวนเงิน 600 บาท (6 ฉบับ)
- ❍ อัตราค่าสมาชิกวารสารราย 5 ปี จำนวนเงิน 1,000 บาท (10 ฉบับ)

การส่งเงินค่าสมัครสมาชิก

1. **เงินสด** (กรณีสมัครด้วยตัวเอง)
2. **โอนเงินธนาคารทหารไทย จำกัด (มหาชน)** สาขามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
   ชื่อบัญชี : ศูนย์วิจัยป่าไม้ (FRC) คณะวนศาสตร์ มก. บัญชีเงินฝากออมทรัพย์ เลขที่บัญชี 069-2-50360-0
   (พร้อมแฟกซ์สำเนาใบโอนเงินพร้อมใบสมัครสมาชิกมาที่ งานวารสาร โทรสาร 02-579-1977
   หรือ 02-942-8899)
3. **สั่งจ่ายธนาณัติ** หัวหน้ากองบรรณาธิการวารสารวนศาสตร์
   ตู้ ปณ. 1018 ปณฝ. เกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10903

**สอบถามรายละเอียดการสมัคร**เพิ่มเติมได้ที่
ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2561-4761, 0-2942-8899

ลงชื่อ.....ผู้สมัคร
(.....)
...../...../.....