นิพนธ์ต้นฉบับ

การบรรเทาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า รอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี

Mitigation on People-Elephant Conflicts around Salakpra Wildlife Sanctuary, Kanchanaburi Province

พิชฎารัตน์ พรมเหลา[1,2]
นริศ ภูมิภาคพันธ์[1*]
นิตยา เมี้ยนมิตร[1]

Pichadarat Promlao[1,2]
Naris Bhumpakphan[1*]
Nittaya Mianmit[1]

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

รับต้นฉบับ 12 ตุลาคม 2561 รับแก้ไข 14 พฤศจิกายน 2561 รับลงพิมพ์ 30 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

The objectives of this study were to investigate risk area of people-elephant conflicts around Salakpra Wildlife Sanctuary, Kanchanaburi Province and to estimate the cost of the farmers to pay for insurance by calculation of the annual premium payment for cost of agricultural production to help solve the problem of cost of damage, the crops were destroyed by elephants (*Elephas maximus*). It also reduced the costs of government spending on elephant damage. The researcher hopes that the actuarial insurance mechanism will be useful to mitigate people-elephant conflicts.

The study of risk areas determined the physical factors affecting the area selection of elephants and analyzed risk areas by overlay techniques. People-elephant conflict risk area was found within 5 kilometers from boundary of Salakpra Wildlife Sanctuary. The total of buffer area was covered 883 km^2. There were 3 levels of risk area, low risk was 287.65 km^2 (32.58%), medium risk was 191.28 km^2 (21.66%) and high risk was 404.07 km^2 (45.76%), respectively.

The study estimated the cost of the farmer to pay for insurance by interviewed farmers affected by elephants in two villages around Salakpra Wildlife Sanctuary. The cost of agricultural production was used to calculate the premiums. The annual premium payment for cost of agricultural production of rice, cassava, maize, sugar cane, rubber, fruit tree and others were 1,769.94, 496.63, 532.66, 1,990.40, 230.08, 287.55 and 5.76 baht/rai, respectively.

Keywords: Elephant, Conflicts, Mitigation, Annual premium payment, Salakpra Wildlife Sanctuary

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบความเสี่ยงต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า ในพื้นที่แนวกันชนระยะ 5 กิโลเมตรรอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ และประมาณค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรต้องจ่ายในการประกันภัย โดยการคำนวณอัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่า (*Elephas maximus*) เข้าทำลาย เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาค่าเสียหายที่ถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร และช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการเยียวยาความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า โดยคณะผู้วิจัยมั่นใจว่าระบบการประกันภัยพืชผลทางการเกษตรสามารถเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยในการการบรรเทาปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่าลงได้

พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า รอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จากการใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay techniques) ปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่ของช้างป่า พบว่า ในระยะ 5 กิโลเมตรจากแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ คิดเป็นพื้นที่ทั้งหมด 883 ตารางกิโลเมตร มีพื้นที่เสี่ยงต่อการต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า แบ่งเป็น 3 ระดับ ดังนี้ พื้นที่เสี่ยงน้อย 287.65 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เสี่ยงปานกลาง 191.28 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เสี่ยงมาก 404.07 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 32.58, 21.66 และ 45.76 ตามลำดับ

การประมาณค่าใช้จ่ายที่เกษตรกรต้องจ่ายในการประกันภัย จากการสัมภาษณ์เกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากช้างป่า ใน 2 หมู่บ้านรอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ เพื่อนำมาคำนวณค่าเบี้ยประกันภัยรายปี พบว่า ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย ยางพารา ไม้ผล และอื่นๆ มีอัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลรายปี เท่ากับ 1,769.94, 496.63, 532.66, 1,990.40, 230.08, 287.55 และ 5.76 บาทต่อไร่

คำสำคัญ: ช้าง ความขัดแย้ง การบรรเทาความขัดแย้ง อัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ

คำนำ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี เป็นพื้นที่หนึ่งที่ประสบกับปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า เนื่องจากพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระมีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงและสลับซับซ้อน (Sukmasuang *et al*., 2013) จึงมีศักยภาพต่ำในการเป็นที่อยู่อาศัยและพื้นที่หากินของช้างป่า (Ansuchote, 2008) พื้นที่ที่เหมาะสมคือพื้นที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ มีความสูงและความลาดชันต่ำ (%) มีไม่มากนัก (Sukmasuang, 1993; Kanchanasakha *et al*., 2010; Lekagul and McNeely, 1988) จากการสร้างเขื่อนศรีนครินทร์ ในปี พ.ศ. 2516 ทำให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ ได้เพิกถอนพื้นที่บางส่วนเพื่อประโยชน์ในการก่อสร้างและใช้เป็นที่สำหรับอพยพราษฎรจากบริเวณน้ำท่วม (Camilla, 2013) ส่งผลให้เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระถูกโอบล้อมด้วยชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม เกิดปัญหาบุกรุกพื้นที่ทำกิน (Sripha *et al*., 2013) แย่งชิงพื้นที่ราบริมแม่น้ำ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำ แหล่งอาหาร และที่อยู่อาศัยของช้างป่าไป กอปรกับการที่จำนวนประชากรช้างป่าเพิ่มขึ้น จากปี พ.ศ. 2530 ที่พบเพียง 20-35 ตัว เพิ่มเป็น 181 ตัว ในปี พ.ศ. 2555 (Prempree, 2012; Youngpoy, 2012) และคาดว่าในปัจจุบันมีจำนวนมากถึง 300 ตัว ทำให้เกิดการเสียสมดุลของพื้นที่ เนื่องจากประชากรช้างป่าเพิ่มมากกว่าความสามารถของพื้นที่รองรับได้ (Bhumpakphan, 2014) ส่งผลให้ช้างป่าออกมานอกพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระมากขึ้น จากการที่ช้างป่ามีอุปนิสัยออกหากินเป็นวงรอบ เดินหากินวงกว้าง (roaming) ไม่อยู่เป็นหลักแหล่งและวนกลับมาซ้ำที่เดิม (roaming pattern) เมื่อพื้นที่หากินเดิมของช้างป่าถูกประชาชนเข้าไปทำการเกษตร ซึ่งพืชอาหารทุกชนิด

ของมนุษย์เป็นอาหารของช้างด้วยเช่นกัน (Ansuchote, 2008) จึงถูกช้างกินพืชผลทางการเกษตรทำให้ประชาชนขาดรายได้และสูญเสียโอกาส เพราะไม่สามารถขายพืชผลทางการเกษตรได้ ประชาชนได้รับความเดือดร้อน ทำให้เกิดเป็นความขัดแย้งที่รุนแรง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระจัดการเพื่อป้องกันไม่ให้ช้างป่าเข้าไปในพื้นที่ชุมชน ด้วยเงินงบประมาณปี พ.ศ. 2553-2560 จำนวนไม่น้อยกว่า 28 ล้านบาท เช่น การจัดการเพิ่มแหล่งน้ำและแหล่งอาหารให้แก่ช้างป่าภายในพื้นที่ใจกลางของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า การสร้างรั้วไฟฟ้าและขุดคูป้องกัน (Sukmasuang *et al*., 2013) หรือแม้แต่กองทุนช่วยเหลืออาหารช้างป่าแห่งประเทศไทย เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรที่ถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร (Phiphat and Suksard, 2014) ยังไม่สามารถช่วยลดปัญหาความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างประชาชนกับช้างป่าลงได้ ขณะที่ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีนได้นำหลักการประกันภัยมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาความขัดแย้งระหว่างเกษตรกรกับช้างป่า (Chen, 2012) โดยการให้เกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากช้างป่าทำประกันพืชผลทางการเกษตร สามารถช่วยแก้ไขปัญหาค่าเสียหายที่ถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร และช่วยลดภาระค่าใช้จ่ายของภาครัฐในการเยียวยาความเสียหายที่เกิดจากช้างป่าอีกด้วย

จากผลความสำเร็จในการบรรเทาปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่าในประเทศจีน ทำให้ผู้วิจัยสนใจนำหลักการประกันภัยพืชผลมาใช้เพื่อเป็นแนวทางหนึ่งในการบรรเทาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า รอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ จังหวัดกาญจนบุรี นำไปสู่การศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้ (1) เพื่อศึกษาความเสี่ยงของพื้นที่รอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า (2) เพื่อประมาณค่าใช้จ่ายของเกษตรกรที่ต้องจ่ายในการประกันภัย โดยการคำนวณอัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าเข้ามาทำลาย ผลจากศึกษานำไปสู่ความเป็นไปได้ในการนำหลักประกันภัยพืชผลมาใช้ โดยผู้วิจัยหวังว่าการประกันภัยพืชผลทางการเกษตรจะเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยในการชดเชยเพื่อบรรเทาผลความเสียหายและลดปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่าในพื้นที่

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาเรื่องความเสี่ยงของพื้นที่รอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า ในพื้นที่แนวกันชนรอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ ระยะ 5 กิโลเมตร ตามผลการศึกษาของ (Prempree, 2012) พบว่า ช้างป่าออกหากินนอกพื้นที่แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระมีระยะทางไม่เกิน 5 กิโลเมตร

การศึกษาเพื่อประมาณค่าใช้จ่ายของเกษตรกรที่ต้องจ่ายในการประกันภัย โดยการคำนวณอัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าเข้าทำลาย มีพื้นที่ศึกษาบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม หมู่บ้านท่ากะทิ หมู่ที่ 6 ตำบลช่องสะเดา อำเภอเมือง และหมู่บ้านทุ่งนา หมู่ 4 ตำบลหนองเป็ด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี

พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกช้างป่าเข้ารบกวน

1. กำหนดปัจจัยทางกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่ของช้างป่า โดยในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำเอาปัจจัยแวดล้อมด้านกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่ของช้างป่าตามที่มีผู้ศึกษาไว้มาพิจารณาปรับใช้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์ช้างป่า ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ มี 5 ปัจจัย ประกอบด้วย การใช้ประโยชน์ที่ดิน ระยะห่างจากแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ ระยะห่างจากแหล่งน้ำ โดยกำหนดให้มีระยะห่างไม่เกิน 5 กิโลเมตร จากแนวเขตพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ความสูงจากระดับน้ำทะเล และความลาดชันของพื้นที่ (%)(Chokcharoen, 2012; Siripon *et al*., 2014)

2. กำหนดความเสี่ยงของปัจจัยแวดล้อมด้านกายภาพที่มีอิทธิพลต่อการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่ของช้างป่า ดังนี้ ปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ พื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่ชุมชน (Siripon *et al*, 2014) ระยะห่างจากแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ และระยะห่างจากแหล่งน้ำ ไม่เกิน 2,000 เมตร >2,000-3,500 เมตร และ >3,500-5,000 เมตร (Prempree, 2012; Siripon *et al*, 2014) ความสูงจากระดับน้ำทะเล ไม่เกิน 600 เมตร >600-800 เมตร และมากกว่า 800 เมตร ความลาดชันของพื้นที่ (%) 0-8, >8-17 และมากกว่า 17 (Kanchanasakha *et al.*, 2010) ดัง Table 1

3. กำหนดค่าน้ำหนักคะแนนของปัจจัย (weighting) และค่าคะแนนระดับของปัจจัย (rating) โดยผู้วิจัยได้กำหนดค่าน้ำหนักให้มีค่าตั้งแต่ 1-5 คะแนน คะแนนสูงสุดเท่ากับ 5 หมายถึงปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่ของช้างป่ามากที่สุด และกำหนดค่าคะแนนให้มีค่าตั้งแต่ 1-3 คะแนน คะแนนสูงสุดเท่ากับ 3 หมายถึงมีความเหมาะสมที่สุดต่อการเลือกใช้ประโยชน์พื้นที่ของช้างป่า ดัง Table 1

4. วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกช้างป่ารบกวน โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (overlay techniques) ปัจจัยทางกายภาพทั้ง 5 ปัจจัย นำมาวิเคราะห์โดยใช้สมการเส้นตรงเพื่อจัดแบ่งระดับความเสี่ยง โดยใช้ค่าน้ำหนักคะแนนของปัจจัย (weighting) และค่าคะแนนระดับของปัจจัย (rating) มาคำนวณค่าคะแนนรวม (total suitability score) ดังสมการที่ประวิทย์ได้แนะนำไว้ (Chanchaeng, 2010) ดังนี้

$$S = (R_1W_1) + (R_2W_2) + (R_3W_3) + \ldots + (R_nW_n)$$

เมื่อ S = ค่าคะแนนระดับความเสี่ยง

W_{1-n} = ค่าน้ำหนักคะแนนของปัจจัยที่ 1 - n

R_{1-n} = ค่าคะแนนระดับของปัจจัยที่ 1 – n

สามารถจัดระดับความเสี่ยงได้ 3 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงน้อย พื้นที่เสี่ยงปานกลาง และพื้นที่เสี่ยงมาก โดยแต่ละระดับความเสี่ยงมีช่วงของค่าคะแนนระดับความเสี่ยง ดัง Table 2

Table 1 Layer and weighting for analyzing risk area to elephant intrusion.

Layer	Class	Rating	Weighting
1. Land use	1.1 Forest	3	5
	1.2 Agricultural land	2	
	1.3 Urban land	1	
2. Distance from conservation area (meter)	2.1 0-2,000	3	4
	2.2 >2,000-3,500	2	
	2.3 >3,500-5,000	1	
3. Distance from water resource (meter)	3.1 0-2,000	3	3
	3.2 >2,000-3,500	2	
	3.3 >3,500-5,000	1	
4. Altitude (meter)	4.1 ≤600	3	2
	4.2 >600-800	2	
	4.3 >800	1	
5. Slope (%)	5.1 0-8	3	1
	5.2 >8-17	2	
	5.3 >17	1	

Table 2 Level of risk area to elephant intrusion.

Risk level	Risk range
Low	15-25
Medium	>25-35
High	>35-45

การประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าเข้ามาทำลาย

1. สัมภาษณ์หัวหน้าครอบครัวเกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากช้างป่า ซึ่งมีพื้นที่เกษตรกรรมอยู่ในพื้นที่หมู่บ้านที่ตนอาศัยอยู่ ได้แก่ หมู่บ้านท่ากะทิ หมู่ที่ 6 ตำบลช่องสะเดา อำเภอเมือง และหมู่บ้านทุ่งนา หมู่ 4 ตำบลหนองเป็ด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี โดยใช้แนวคำถามและแบบบันทึกข้อมูล

2. คำนวณหาค่าเบี้ยประกันพืชผลรายปี ของการประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตร กรณีที่พืชผลได้รับผลกระทบจากช้างป่าแบ่งเป็นพืชสวน ได้แก่ ไม้ผลและพืชผัก เช่น มะละกอ ฝรั่ง มะขาม พริก ถั่วฝักยาว และพืชไร่ ได้แก่ ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และยางพารา เป็นต้น โดยใช้สูตรการคำนวณหาอัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยจากสมการตามที่วิชิตและวีณาเสนอไว้ (Lorchirachunoonkul and Chaisilaparungruang, 2003) ดังนี้

เบี้ยประกันภัยสุทธิ (บาท/ไร่)
= อัตราความเสียหาย × อัตราความรุนแรงของความเสียหาย

เบี้ยประกันภัย (บาท/ไร่)
= เบี้ยประกันภัยสุทธิ / (1-ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ)

2.1 กรณีพืชไร่ กำหนดให้

อัตราความเสียหาย
= พื้นที่เสียหาย (ไร่) / พื้นที่เพาะปลูกทั้งหมด (ไร่)

อัตราความรุนแรงของความเสียหาย
= เงินค่าเสียหายที่ชดเชยให้เกษตรกร (บาท/ไร่) × ความน่าจะเป็นของพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ

2.2 กรณีพืชสวนและยางพารา กำหนดให้

อัตราความเสียหาย
= พื้นที่เสียหาย (ต้น) / พื้นที่เพาะปลูก (ต้น)

อัตราความรุนแรงของความเสียหาย
= เงินค่าเสียหายที่ชดเชยให้เกษตรกร (บาท/ต้น) × ความน่าจะเป็นของพื้นที่ที่จะได้รับผลกระทบ

เนื่องจากการประกันภัยต้นทุนผลผลิตทางการเกษตร คือการให้ความคุ้มครองเงินทุนที่ใช้จ่ายไปในการเพาะปลูก ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายต้นฤดูและค่าใช้จ่ายระหว่างฤดู ได้แก่ ค่าแรง ค่าพันธุ์พืช และค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา เช่น ค่าปุ๋ย ค่ายาปราบศัตรูพืชและวัชพืช ค่าน้ำมัน ค่าเช่าที่ดิน ค่าอุปกรณ์การเกษตร ดังนั้น เงินทุนที่ใช้จ่ายในการเพาะปลูกจึงเป็นเงินที่ชดเชยให้แก่เกษตรกร และกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ มีค่าเท่ากับร้อยละ 5 ของเบี้ยประกัน นอกจากนี้ เนื่องจากพื้นที่โดยรอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระมีความน่าจะเป็นที่จะได้รับผลกระทบจากช้างป่าแตกต่างกันออกไป ผู้วิจัยจึงกำหนดให้พื้นที่เสี่ยงมากมีความเสี่ยงมากกว่าพื้นที่เสี่ยงปานกลาง 3 เท่า และพื้นที่เสี่ยงปานกลางมีความเสี่ยงมากกว่าพื้นที่เสี่ยงน้อย 2 เท่า กล่าวคือ ถ้าให้ q คือ ความน่าจะเป็นของพื้นที่ต่อการถูกช้างป่าเข้ารบกวน

$$3q + 2q + q = 6q = 1$$

$$q = 0.167$$

ดังนั้น ความน่าจะเป็นของพื้นที่เสี่ยงมาก ปานกลาง และเสี่ยงน้อย ต่อการถูกช้างป่ารบกวนพื้นที่เท่ากับ 0.33, 0.25 และ 0.167 ตามลำดับ

ผลและวิจารณ์

พื้นที่เสี่ยงต่อการถูกช้างป่าเข้ารบกวน

จากพื้นที่ศึกษาขนาด 883 ตารางกิโลเมตร พบว่ามีพื้นที่เหมาะสมน้อย ปานกลาง และมาก ต่อการใช้ประโยชน์ของช้างป่า เท่ากับ 7.17 (0.81%), 285.14 (32.29%) และ 590.69 (66.90%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ส่วนใหญ่รอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระเป็นพื้นที่เหมาะสมมากต่อการอยู่อาศัยของช้างป่า แต่ถูกเปลี่ยนเป็นที่ตั้งของชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้มีความเสี่ยงที่จะถูกช้างป่าเข้ารบกวนพื้นที่ เกิดเป็นปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่าได้ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการอยู่อาศัยของช้างป่า คือพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า เมื่อพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ พบว่ามีแนวเขาสูงพาดผ่านช่วงตอนบนซึ่งอยู่ในเขตตำบลหนองรี ตำบลเขาโจด ตำบลหนองปรือ และตำบลสมเด็จเจริญ ทำให้ช้างป่าไม่สามารถกระจายไปยังพื้นที่ดังกล่าวได้ ในการศึกษานี้จึงพิจารณาให้พื้นที่ในเขตตำบลหนองรี ตำบลเขาโจด ตำบลหนองปรือ และตำบลสมเด็จเจริญ เป็นพื้นที่เสี่ยงน้อยต่อการถูกช้างป่าเข้ารบกวน ทำให้สามารถจัดระดับความเสี่ยงของพื้นที่ต่อการถูกช้างป่าเข้ารบกวนได้ดังนี้ พื้นที่เสี่ยงน้อย ปานกลาง และมาก เท่ากับ 287.65 (32.58%), 191.28 (21.66%) และ 404.07 (45.76%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ดัง Figure 1

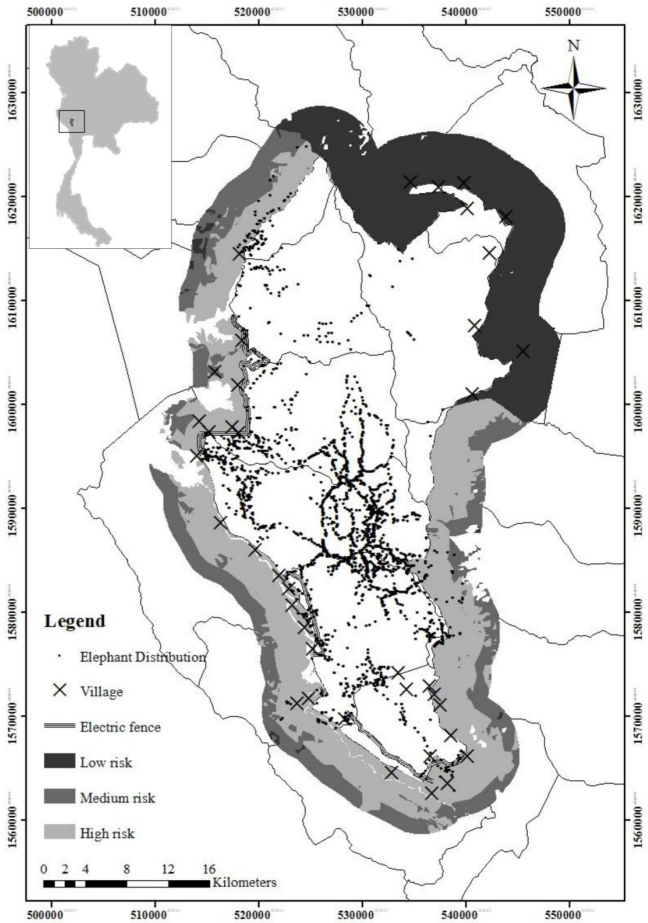


Figure 1 Risk area map to people-elephant conflict.

การประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าเข้ามาทำลาย

1. ข้อมูลทั่วไป

ผลการศึกษา มีเกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร จำนวนทั้งสิ้น 101 ครัวเรือน เป็นชายร้อยละ 64.36 และหญิงร้อยละ 35.64 มีอายุเฉลี่ย 55 ปี ร้อยละ 61.11 จบการศึกษาในระดับประถมศึกษา รองลงมาคือ มัธยมปลาย, มัธยมต้น และปวช./ปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 19.44, 16.67 และ 2.78 ตามลำดับ ประกอบอาชีพเกษตรกรรมมาแล้วโดยเฉลี่ย 15 ปี ส่วนใหญ่มีพื้นที่ทำกินเป็นของตนเอง คิดเป็นร้อยละ 86.11 แบ่งเป็นที่ดินที่มีเอกสารสิทธิที่ดิน คือ โฉนดที่ดิน เพียงร้อยละ 19.44 นอกจากนั้นเป็นที่ดินที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ที่ดิน ได้แก่ ภบท.5 และ ภบท.6 คิดเป็นร้อยละ 61.11 และ 5.56 ตามลำดับ

2. อัตราความเสียหายของพืชผลทางการเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากช้างป่า

จากการศึกษา พบว่า เกษตรกรผู้ได้รับผลกระทบจากช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร มีพื้นที่เกษตรกรรมทั้งสิ้น 2,556.05 ไร่ แบ่งเป็น พืชไร่ ร้อยละ 87 และพืชสวน ร้อยละ 13 มีต้นทุนในการผลิตพืชผลทางการเกษตร ได้แก่ ค่าแรง ค่าพันธุ์พืช และค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา เช่น ค่าปุ๋ย ค่ายาปราบศัตรูพืช และวัชพืช ค่าน้ำมันสำปะหลัง ค่าเช่าที่ดิน และค่าอุปกรณ์การเกษตร ดัง Table 3

Table 3 Cost of Agriculture.

Crop	Area (Rai)	Cost of Agriculture
Rice	12.50	14,012.00
Cassava	604.25	5,161.21
Sugar cane	560.00	6,969.33
Maize	1,022.50	9,806.36
Rubber	12.00	20,983.33
Fruit	288.80	18,224.75
Others	56.00	6,739.64
Total	2,556.05	81,896.62

พื้นที่เกษตรกรรมขนาด 2,556.05 ไร่ มีพืชไร่ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด ได้รับความเสียหายจากการถูกช้างป่าทำลาย 531 ไร่ พบว่าอ้อย คือชนิดที่มีอัตราความเสียหายมากที่สุด รองลงมาคือ ข้าว มันสำปะหลัง และข้าวโพด ตามลำดับ ดัง Table 4 ในขณะที่ยางพาราและพืชสวน ได้รับผลกระทบจากช้างป่าทำลาย ตายไปจำนวน 1,666 ต้น ไม้ผล ได้แก่ มะละกอ มะนาว มะกรูด ฝรั่ง มะขาม และกล้วย มีอัตราความเสียหายมากที่สุด รองลงมาคือ ยางพาราและพืชผัก เช่น พริก ตามลำดับ ดัง Table 5

Table 4 Ratio of crop mortality.

Crop	Damage (Rai)	Ratio of crop mortality (%)
Rice	3.00	24.00
Cassava	136.00	22.51
Maize	170.25	16.65
Sugar cane	221.75	39.60

Table 5 Ratio of tree mortality.

Tree	Damage (Tree)	Ratio of crop mortality (%)
Rubber	20	2.08
Fruit	1,373	2.11
Others	273	0.16

จากการศึกษา พบว่า อ้อย มีอัตราความเสียหายมากที่สุด เนื่องจากเป็นชนิดที่ช้างเลือกกินมากที่สุด แต่อ้อยมีราคาดี โดยมีโรงงานน้ำตาลอยู่ในอำเภอใกล้เคียง ส่งผลให้เกษตรกรเลือกปลูกอ้อย แม้จะเสี่ยงต่อการถูกช้างป่าเข้าทำลาย โดยป้องกันช้างป่าด้วยการทำแนวรั้วไฟฟ้า หรือขุดคูล้อมรอบพื้นที่เกษตรกรรม ควบคู่ไปกับการเฝ้าระวัง ในส่วนของข้าว พบว่ามีอัตราความเสียหายรองจากอ้อย เนื่องจากข้าวได้รับความเสียหายมากเป็นผลมาจากไม่มีการเฝ้าระวังหรือทำแนวป้องกันช้างป่า ส่งผลให้อัตราความเสียหายมีค่ามากกว่ามันสำปะหลัง ที่แม้ว่ามีพื้นที่ปลูกมากกว่าและช้างป่าเข้ารบกวนบ่อยครั้ง แต่เกษตรกรมีการเฝ้าระวังป้องกันช้างป่า จึงเป็นการช่วยลดอัตราความเสียหายลงได้ โดยส่วนใหญ่เกษตรกรอาศัยอยู่ในพื้นที่เกษตรกรรม จึงง่ายต่อการเฝ้าระวังและป้องกันผลกระทบจากช้างป่า ในส่วนของข้าวโพด มีอัตราความเสียหายน้อยที่สุด เนื่องจากพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดมักอยู่ตามแนวถนน ซึ่งใกล้กับแนวรั้วไฟฟ้าของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ ในขณะเดียวกัน พบว่า ณ จุดสุดเขตของหมู่บ้านทุ่งนา ในช่วงระยะเวลาที่ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูล แนวรั้วไฟฟ้าในบริเวณดังกล่าวชำรุดเสียหาย จึงกลายเป็นจุดที่ช้างป่าสามารถออกมาได้ บริเวณดังกล่าวอยู่ใกล้กับพื้นที่สวนของเกษตรกร ส่งผลให้พืชสวนได้รับผลกระทบจากช้างป่าเป็นจำนวนมาก แต่อัตราความเสียหายของพืชสวนน้อย เนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยคิดความเสียหายเฉพาะต้นที่ตาย ไม่คิดต้นที่ได้รับความเสียหายอื่นๆ เพราะเป็นการเก็บข้อมูลอัตราความเสียหาย เพื่อนำไปคำนวณหาเบี้ยประกันต้นทุนการผลผลิตพืชผลทางการเกษตร ดังนั้นจึงนับเฉพาะต้นที่ตาย เพื่อจ่ายเงินชดเชยสำหรับการปลูกใหม่

3. อัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยรายปี

จากการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า พบว่า หมู่บ้านท่ากะทิ หมู่ที่ 6 ตำบลช่องสะเดา อำเภอเมือง และหมู่บ้านทุ่งนา หมู่ 4 ตำบลหนองเป็ด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี อยู่ในเขตพื้นที่ที่มีความเสี่ยงมาก ดังนั้นเมื่อนำความน่าจะเป็นของพื้นที่เสี่ยงจะได้รับผลกระทบจากช้างป่ามาคูณกับผลรวมของจำนวนเงินค่าเสียหายที่ชดเชยให้เกษตรกร ทำให้ได้ค่าอัตราความรุนแรงของความเสียหายและอัตราความเสียหายของพืชไร่ ได้แก่ ข้าว อ้อย มันสำปะหลัง และข้าวโพด ดัง Table 6 และค่าอัตราความรุนแรงของความเสียหายและอัตราความเสียหายของพืชสวนและยางพารา ดัง Table 7 โดยผลการศึกษาอัตราเบี้ยประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรรายปี พบว่า ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย ยางพารา ไม้ผล และอื่นๆ เท่ากับ 1,769.94, 496.63, 532.66, 1,990.40, 230.08, 287.55 และ 5.76 บาทต่อไร่ ตามลำดับ

Table 6 The annual premium payment for crop.

List	Rice	Cassava	Maize	Sugar cane
Compensation (bath/rai)	14,012.00	4,192.40	6,078.21	9,550.34
Ratio of crop mortality (%)	24.00	22.51	16.65	39.60
Cost of damage (bath/rai)	7,006.00	2,096.20	3,039.11	4,775.17
Insurance premium (bath/rai)	1,769.94	496.63	532.66	1,990.40

Table 7 The annual premium payment for tree.

List	Rubber	Fruit	Others
Compensation (bath/tree)	262.29	114.92	2.25
Ratio of crop mortality (%)	2.08	2.11	0.16
Cost of damage (bath/tree)	131.15	57.46	1.12
Insurance premium (bath/rai)	230.08	287.55	5.76

4. ความเต็มใจของเกษตรกรต่อการทำประกันภัย

จากการสอบถามเกษตรกร ในหมู่บ้านท่ากะทิ หมู่ 6 ตำบลช่องสะเดา อำเภอเมือง และหมู่บ้านทุ่งนา หมู่ 4 ตำบลหนองเป็ด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 101 ครัวเรือน เกี่ยวกับความเต็มใจในการทำประกันภัยต้นทุนผลผลิตทางการเกษตร กรณีถูกช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร พบว่า

4.1 เกษตรกรไม่ทำประกันภัย คิดเป็นร้อยละ 51.06 เนื่องจากร้อยละ 58.33 สามารถป้องกันช้างป่ารบกวนพื้นที่เกษตรกรรมได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การเฝ้าระวัง การทำแนวรั้วไฟฟ้าล้อมรอบพื้นที่เกษตรกรรม เป็นต้น ร้อยละ 8.33 ผลกระทบที่เกิดจากช้างป่าไม่รุนแรง มีความถี่น้อยที่ช้างป่าเข้าถึงพื้นที่เกษตรกรรมเดิม การประกันภัยอาจเป็นการเพิ่มภาระเนื่องจากต้องจ่ายค่าเบี้ยประกันทุกปี แต่รายได้ในแต่ละปีไม่แน่นอน เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระควรเป็นผู้รับผิดชอบกรณีที่ช้างออกมาทำลายพืชผลทางการเกษตรของเกษตรกร และร้อยละ 4.17 เปลี่ยนพืชที่ปลูก เป็นชนิดที่ช้างไม่ชอบกิน และไม่ทราบหลักการประกันภัย เนื่องจากไม่มีผู้แนะนำ ในขณะที่เกษตร ร้อยละ 29.79 ไม่แน่ใจในการทำประกันภัย เนื่องจากต้องการทราบเงื่อนไขของการประกันภัยก่อนการตัดสินใจ

4.2 เกษตรกรทำประกันภัยร้อยละ 19.15 โดยเต็มใจที่จะจ่ายเบี้ยประกันภัยรายปีเฉลี่ย 188 บาทต่อไร่ เมื่อพิจารณาจากผลการศึกษาอัตราเบี้ยประกันภัยรายปี พบว่า ความเต็มใจที่จะจ่ายเบี้ยประกันภัยของเกษตรกรไม่เพียงพอต่อค่าเบี้ยประกันภัยรายปี ดังนั้นหากดำเนินการแก้ไขปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่าโดยใช้หลักการประกันภัย จำเป็นต้องดำเนินการหาแนวทางการจ่ายเบี้ยประกันภัย โดยรัฐบาลอาจมีส่วนช่วยในการจ่ายเบี้ยประกันภัย ตามผลการศึกษาในพื้นที่ (Shanyong Nature Reserve) ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน (Chen, 2012) ในการประกันภัยยางพาราที่ได้รับความเสียหายจากช้างป่า ซึ่งเกิดจากการร่วมมือกันของรัฐบาลจีน บริษัทประกันภัย และเกษตรกร โดยเบี้ยประกันภัยส่วนหนึ่งเกษตรกรรับผิดชอบจ่าย ร่วมกับเงินซึ่งนักท่องเที่ยวจ่ายเพื่อเข้าชมช้างป่า จากการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ที่หุบช้างป่าในพื้นที่ Mengyang Nature Reserve เพื่อสนับสนุนการอนุรักษ์ช้างป่าในสิบสองปันนา และช่วยเหลือเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างป่า

สรุป

การศึกษาพื้นที่แนวกันชน 5 กิโลเมตรรอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ พื้นที่ศึกษา 883 ตารางกิโลเมตร มีความเสี่ยงที่จะเกิดเป็นปัญหาความ

ขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า แบ่งได้ 3 ระดับ คือ พื้นที่เสี่ยงน้อย 287.65 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เสี่ยงปานกลาง 191.28 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่เสี่ยงมาก 404.07 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 32.58, 21.66 และ 45.76 ตามลำดับ แผนที่แสดงพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า ช่วยในการจัดการพื้นที่เพื่อป้องกันและลดผลกระทบที่เกิดจากช้างป่าเข้าทำลายพืชผลทางการเกษตร พื้นที่เสี่ยงน้อยไม่ได้รับผลกระทบจากช้างป่า ควรมีการควบคุมไม่ให้ประชากรช้างเข้าถึงพื้นที่ ในขณะที่พื้นที่เสี่ยงมากและเสี่ยงปานกลาง จำเป็นต้องมีการจัดการเพื่อลดความเสียหายที่เกิดจากช้างป่า โดยการป้องกันช้างป่าออกนอกพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เช่น การทำรั้วไฟฟ้าร่วมกับคูกันช้าง ต้องมีการดูแล ปรับปรุงและซ่อมแซมอย่างสม่ำเสมอ การจัดชุดลาดตระเวนไล่ต้อนช้างป่า พร้อมกับการเก็บข้อมูลการออกนอกพื้นที่ของช้างป่าอย่างต่อเนื่อง เพื่อปรับปรุงคูกันช้างและรั้วไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ (Dongmanee *et al*, 2017) และการทำแนวเชื่อมต่อป่า (corridor) เพื่อเพิ่มถิ่นที่อยู่อาศัยและแหล่งน้ำ แหล่งอาหารให้แก่ช้างป่า ร่วมกับการทำประกันภัยพืชผลทางการเกษตรเพื่อช่วยเยียวยาเกษตรกรที่ได้รับผลกระทบจากช้างป่าทำลายพืชผลทางการเกษตร

การศึกษาอัตราการจ่ายเบี้ยประกันภัยต้นทุนการผลิตพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าเข้าทำลาย พบว่า ข้าว มันสำปะหลัง ข้าวโพด อ้อย ยางพารา ไม้ผล (มะละกอ มะนาว มะกรูด ฝรั่ง มะขาม และกล้วย) และอื่นๆ เท่ากับ 1,769.94, 496.63, 532.66, 1,990.40, 230.08, 287.55 และ 5.76 บาทต่อไร่ตามลำดับ จากการสอบถามเกษตรกร ในหมู่บ้านท่ากะทิ หมู่ 6 ตำบลช่องสะเดา อำเภอเมือง และหมู่บ้านทุ่งนา หมู่ 4 ตำบลหนองเป็ด อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 101 ครัวเรือน พบว่า เกษตรกรประมาณ ร้อยละ 19 สนใจทำประกันภัย ขณะที่เกษตรกรประมาณร้อยละ 51 ไม่คิดทำประกันภัย และประมาณร้อยละ 30 ยังไม่แน่ใจ ดังนั้นหากนำกลไกการประกันภัยมาใช้จำเป็นต้องสร้างความเข้าใจ และมีความชัดเจนของประโยชน์ที่เกษตรกรจะได้รับเมื่อพืชผลการเกษตรได้รับความเสียหายจากช้างป่า

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ

1. ประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้แก่ประชาชนเกี่ยวระบบประกันภัยพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าทำลาย เพื่อสร้างการยอมรับให้แก่ประชาชนในการจ่ายเบี้ยประกันภัย

2. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ และกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช ควรเข้ามามีบทบาทในการผลักดันให้มีการใช้ระบบประกันภัยพืชผลทางการเกษตร เพื่อลดภาระในการเยียวยาความเสียหายจากช้างป่า เช่น ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน เกษตรกรจ่ายเบี้ยประกันภัย บริษัทประกันภัยจ่ายค่าชดเชยให้แก่เกษตรกรที่ทำประกันภัยพืชผลการเกษตรที่ได้รับผลกระทบจากช้างป่า เจ้าหน้าที่รัฐมีหน้าที่รับผิดชอบดูแลช้างป่าและป้องกันปัญหาที่เกิดจากช้างป่า

3. ติดตามการกระจายของช้างป่า และผลกระทบที่เกิดภายนอกเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ รวมถึงการซ่อมบำรุง แก้ไขจุดบ่องพร่องของแนวป้องกันอย่างสม่ำเสมอ

4. นำผลการศึกษาไปปรับใช้ในเรื่องการประกันภัยพืชผลทางการเกษตรที่ถูกช้างป่าทำลาย เพื่อเป็นโครงการนำร่องในการบรรเทาปัญหาความขัดแย้งระหว่างประชาชนกับช้างป่า

คำนิยม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าสลักพระ นายวสันต์ สุนจิรัตน์ กำนันตำบลช่องสะเดา อำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี และเกษตรกรที่อนุเคราะห์ข้อมูล การอำนวยความสะดวกในการศึกษาวิจัย และขอขอบพระคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ที่อนุเคราะห์ทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนบัณฑิตศึกษา ประจำปี 2560

REFERENCES

Ansuchote, N. 2008. **The Study of Human-Elephant Conflict Alleviation: A Case Study of Tumbon Wangdong, Amphoe Muang, Kanchanaburi.** M.S. Thesis, Mahidol University.

Bhumpakphan, N. 2014. Elephant Solution. *In* **Proceedings of Elephant Situation and Solution**. 12 November 2014. Forestry Research Center, Bangkok.

Camilla, M. 2013. **Investigating the role of land beside the south-east boundary of Salakpra WS for the conservation of elephants, other wildlife and the ecosystem integrity of the conservation area.** Elephant Conservation Network, Thailand.

Chanchaeng, P. 2010. **Drought Risk Area Assessment in Kamphaeng Saen District, Nakhon Pathom Province Using Geographic Information System.** M.S. Thesis, National Institute of Development Administration.

Chen, S. 2012. **Mitigating People-elephant Conflict in Xishuangbanna, China**. M.S. Thesis, National University of Singapore.

Chokcharoen, R. 2012. **Ecology of Asian Elephant (*Elephas maximus* Linnaeus, 1758) in Phu Wua Wildlife Sanctuary, Bueng Kan Province.** M.S. Thesis, Kasetsart University.

Dongmanee, N., R. Sukmasuang, R. Potitan and S. Sariman. 2017. Opinions of People on Human and Elephant Conflict Problem Solution by Moat around Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province. **Thai Journal of Forestry** 36 (2): 107-118.

Kanchanasakha, B., S. Thunhikorn, S. Vinitpornsawan, U. Prayoon and K. Faengbubpha. 2010. **Status of Large Mammals in Thailand.** Wildlife Research Division Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Thailand.

Lekagul, B. and J.A. McNeely. 1988. **Mammals of Thailand, 2nd ed**. Kurusapha Ladprow Press Bangkok, Thailand.

Lorchirachunoonkul, V. and W. Chaisilaparungruang. 2003. Crop Production Cost Insurance in Thailand. **Journal of Research Methodology** 16 (4): 563-602.

Phiphat, P. and S. Suksard. 2014. People Opinions on Thailand's Wild Elephant Food Security Fund (TEFS): A Case Study of Khlong Khrua Wai Chalerm Pra Kiet Wildlife Sanctuary, Chanthaburi Province. **Thai Journal of Forestry** 33 (2): 113-122.

Prempree, P. 2012. **Elephant Situation in Salakpra Wildlife Sanctuary**. Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Thailand.

Siripon, S., Y. Trisurat, and R. Sukmasuang. 2014. Impact of land use change on wild elephant habitat in Salakpra Wildlife Sanctuary, Kanchanaburi province. **Journal of Wildlife in Thailand** 21 (1): 138-149.

Sripha, J., P. Tongdeenok and S. Tantanasarit. 2013. Factors affecting people participation in forest resource conservation in Salakpra Wildlife Sanctuary, Kanchanaburi Province. **Thai Journal of Forestry** 32 (2): 80-88.

Sukmasuang, R. 1993. **Ecology of Asian Elephant (*Elephas maximus* Linnaeus, 1758) in Huay Kha Khaeng Wildlife Sanctuary**

Changwat Uthai Thani and Tak. M.S. Thesis, Kasetsart University.

Sukmasuang, R., N. Bhumpakphan, N. Thongtip and W. Arunpraparat. 2013. Strategic plan for elephant conservation and mitigation of their problems in Thailand, pp. 43-44. *In* **Proceedings of the 34th Thailand wildlife seminar**. 19-20 December 2013. Kasetsart University, Bangkok.

Youngpoy, N. 2012. **Population and Activities of Wild Elephant (*Elephas maximas*) in Salakpra Wildlife Sanctuary, Kanchanaburi Province, Thailand**. M.S. Thesis, Mahidol University.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ชนิดอาหารเทียมที่เหมาะสมเพื่อการเพาะเลี้ยงมดแดง

Suitable Artificial Food for Weaver Ant Farming (*Oecophylla smaragdina* Fabricius)

ทิพากร ภูสาคร[1,2]
เดชา วิวัฒน์วิทยา[1]*
วัฒนชัย ตาเสน[1]

Tipakhon Phusakhon
Decha Wiwatwitaya*
Wattanachai Tasen

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
[2]สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: ffordew@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 6 พฤศจิกายน 2561 รับแก้ไข 26 พฤศจิกายน 2561 รับลงพิมพ์ 3 มกราคม 2562

ABSTRACT

The weaver ant (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) is an important edible commercial insect of Thailand. Weaver ant farming has been increasing its popularity among local people. Artificial food supply is one of the most important factors for the weaver ant farming because it is convenient for the close-system farming. This study aimed to optimize the appropriate artificial food formula for weaver ant farming. Therefore, six artificial food formulas were provided to the weaver ant colonies, namely pork-jelly, fish-jelly, cricket-jelly, pork-flour, fish-flour, and cricket-flour. We compared the number of workers feeding on each diet for 60 minutes in laboratory as well as under natural conditions. We further compared the survival rate of ant broods and pupae among the six diets in laboratory. The workers from both laboratory and natural colonies consumed mostly the artificial food made from cricket-jelly and fish-jelly. This was because these jellies had attractive smell and due their soft consistency they were easily manipulated by the workers. In laboratory conditions, a huge number of workers was immediately attracted to the feeding sites. In contrast, only small number of workers could be found at the feeding site under natural conditions. The number of workers feeding momentary differed significantly between the natural and laboratory sites $P<0.05$. The highest survival rates of ant broods (88.33%) and pupae (99.72%) were in the group fed by the cricket-jelly formula.

Keywords: Weaver ant, Artificial food, Edible insect, Ant farming.

บทคัดย่อ

มดแดง (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) เป็นแมลงกินได้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในประเทศไทย ทำให้ประชาชนเกิดความสนใจในการเพาะเลี้ยงเพิ่มมากขึ้น การเพาะเลี้ยงมดแดงจำเป็นต้องคำนึงถึงหลายเรื่อง รวมถึงอาหารสำหรับเลี้ยงมดแดง อาหารเทียมจึงมีความสำคัญในการเพาะเลี้ยงมดแดง เพื่อต้องการทราบสูตรอาหารเทียมที่ดีสำหรับการเพาะเลี้ยงมดแดง จึงได้สร้างอาหารเทียมขึ้นมาทั้งสิ้น 6 สูตร โดยแบ่งออกเป็นอาหารวุ้น 3 สูตร ได้แก่ อาหารวุ้นสูตรหมู อาหารวุ้นสูตรปลา อาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีด และอาหารแป้ง 3 สูตร ได้แก่ อาหารแป้งสูตรหมู อาหารแป้งสูตรปลา อาหารแป้งสูตรจิ้งหรีด โดยทดลองให้อาหารเทียมกับมดงานในธรรมชาติและห้องปฏิบัติการ รวมทั้งเลี้ยงตัวอ่อนของมดแดงด้วยอาหารเทียมทั้ง 6 สูตร การศึกษาพบว่าอาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีด และอาหารวุ้นสูตรปลา มีมดงานเข้ากินมากกว่าอาหารสูตรอื่น ทั้งในพื้นที่ธรรมชาติและห้องปฏิบัติการ เนื่องจากกลิ่น การละลายของวุ้น และความนิ่มของเนื้อวุ้น การเข้ากินอาหารของมดแดงในธรรมชาติเป็นการค่อยๆ เข้ากินแตกต่างกับในห้องปฏิบัติการคือมดแดงเข้ากินทันทีเมื่อเริ่มให้อาหาร เมื่อเปรียบเทียบพบว่ามดงานเข้ากินอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการมากกว่าในธรรมชาติ การเข้ากินอาหารเทียมแต่ละช่วงเวลาของมดงานทั้งสองพื้นที่พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ ตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีดมีอัตราการรอดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 88.33 ตัวอ่อนทุกระยะรอดตายมากกว่าร้อยละ 80 และระยะดักแด้รอดตายมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 99.72

คำสำคัญ: มดแดง อาหารเทียม แมลงกินได้ การเพาะเลี้ยงมด

คำนำ

มดแดง (*Oecophylla smaragdina* Fabricius) เป็นมดในวงศ์ย่อย Formicinae ซึ่งมีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมากในประเทศไทย ไข่หรือตัวอ่อนมีราคาค่อนข้างสูง ปกติกิโลกรัมละ 200-500 บาท แต่ช่วงนอกฤดูกาลราคาสูงถึงกิโลกรัมละ 700-900 บาท (ทีนิวส์, 2560) จึงเป็นแรงจูงใจทำให้เกษตรกรหันมาเลี้ยงมดแดงมากขึ้น แต่การเพาะเลี้ยงยังขาดประสิทธิภาพเนื่องจากยังขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับมดแดงหลายด้าน โดยเฉพาะเรื่องอาหาร มดเป็นแมลงตัวห้ำ (predators) และกินซากสัตว์ที่ตายแล้ว (scavengers) (Lokkers, 1990; Shattuck, 1999) อาหารของมดส่วนใหญ่เป็นแมลงรวมทั้งมดด้วยกันและสัตว์ขาปล้อง (arthropod) (Shattuck, 1999) เช่น กิ้งกือ ตะขาบ แมงมุม อาหารเหล่านี้ไม่ใช่อาหารหลักมดงาน แต่เป็นอาหารหลักของตัวหนอนที่อยู่ในรัง ซึ่งมดงานจะกินอาหารนี้เข้าไป จากนั้นจะสำรอกอาหารที่กินเข้าไปออกมาเป็นของเหลวให้ตัวหนอนกิน และราชินี (เดชา, 2552) นอกจากนี้มดแดงยังเลี้ยงเพลี้ย เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยหอย เพลี้ยแป้ง ฯลฯ และหนอนผีเสื้อไว้ตามใบไม้ใกล้ๆ รัง หรือเลี้ยงไว้ภายในรังเพื่อใช้น้ำหวาน (honeydew) เป็นอาหารเสริมสำหรับตัวอ่อนและมดงาน (Shattuck, 1999; Marcela *et al*., 2012) และยังพบอีกว่ามดแดงสามารถกินน้ำหวานจากพืชบางชนิด (วิษณุรักษ์, 2550) ด้วยความหลากหลายของอาหารที่มดกินดังกล่าวข้างต้น และเพื่อง่ายสำหรับการให้อาหารแก่มดแดงหากมีการสร้างฟาร์มมดแดง จึงได้เกิดแนวคิดในการสร้างอาหารเทียมสำหรับใช้เลี้ยงมดแดง ซึ่งอาหารเทียมในการศึกษาครั้งนี้หมายถึงอาหารสำหรับเลี้ยงมดแดงที่ทำจากวัตถุดิบธรรมชาติ เช่น หมู ปลา จิ้งหรีด โดยการสร้างอาหารสูตรต่างๆ สำหรับทดลองเลี้ยงมดแดงว่าอาหารสูตรใดมีความเหมาะสมที่จะใช้ในการเลี้ยงมากที่สุด ซึ่งสูตรอาหารจะเน้นที่วัตถุดิบหาได้ง่ายและมีราคาถูกเพราะหากเกษตรกรนำไปเลี้ยงมดแดงจะได้เป็นการช่วยลดต้นทุน และส่งเสริมให้มีการเพาะเลี้ยงมากขึ้นในรายที่มีทุนน้อย

ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จะช่วยสนับสนุนให้การเพาะเลี้ยงมดแดงมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ดำเนินการศึกษาการเข้ากินอาหารเทียมของมดแดงในสภาพธรรมชาติในสวนมะม่วง อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา และดำเนินการศึกษาการเข้ากินอาหารเทียมและการเลี้ยงตัวอ่อนของมดแดงในระบบปิด ณ ห้องปฏิบัติการกีฏวิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์

1. การเตรียมอาหารเทียม

1.1 การเตรียมอาหารวุ้น มีขั้นตอนดังนี้ นำผงวุ้น 5 กรัมละลายในน้ำปริมาณ 200 มิลลิลิตร จากนั้นต้มให้เดือดแล้วปล่อยให้อุ่น นำหมูที่ปั่นละเอียด 5 กรัม ผสมกับน้ำผึ้ง 62 มิลลิลิตร วิตามิน 1 กรัม เกลือแร่ 1 กรัม ตีให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน เสร็จแล้วนำส่วนผสมที่ได้มาผสมรวมกับวุ้นที่เตรียมไว้คนให้เข้ากันจนเป็นสารละลายวุ้น แล้วเทลงในกล่องพลาสติกสำหรับเก็บอาหารและแช่ตู้เย็น อาหารเทียมวุ้นทั้ง 3 สูตร มีขั้นตอนการทำเหมือนกัน

1.2 การเตรียมอาหารแป้ง มีขั้นตอนดังนี้ นำแป้งอเนกประสงค์สำหรับทำขนม 20 กรัม ผสมกับหมูที่ปั่นเป็นผงละเอียด 5 กรัม น้ำผึ้ง 62 มิลลิลิตร วิตามิน 1 กรัม เกลือแร่ 1 กรัม ตีให้เข้ากันจนเป็นเนื้อเดียวกัน นำมาเทในกล่องพลาสติกสำหรับเก็บอาหาร จากนั้นนำไปแช่ตู้เย็น อาหารเทียมแป้งทั้ง 3 สูตร มีขั้นตอนการทำเหมือนกัน

2. การทดลอง

2.1 การทดลองในสภาพธรรมชาติ ดำเนินการโดยนำอาหารแต่ละสูตร (รวมทั้งหมด 6 สูตร) สูตรละ 1 กรัม ไปวางตามทางเดินหาอาหารของมดแดง โดยวางทุกสูตรห่างกันประมาณ 2.5 เซนติเมตร นับเป็นหนึ่งจุด เพื่อให้มดแดงเลือกเข้ากินอาหารทั้ง 6 สูตร ทำการศึกษาการให้อาหารเทียมในช่วงเช้าเวลา 9.00 - 12.00 และช่วงบ่ายเวลา 13.30 – 16.00 ในวันที่ท้องฟ้าโปร่ง โดยช่วงเช้าวางทั้งหมด 5 จุด และช่วงบ่ายวางทั้งหมด 5 จุดเช่นกัน

2.2 การทดลองในระบบปิด ดำเนินการโดยนำอาหารในแต่ละสูตร รวมทั้งหมด 6 สูตร สูตรละ 1 กรัม ไปวางบริเวณรังเทียม โดยวางทุกสูตรห่างกันประมาณ 2.5 เซนติเมตร เพื่อให้มดแดงเลือกเข้ากินอาหารทั้ง 6 สูตร

2.3 การทดลองเลี้ยงตัวอ่อนเพื่อหาสูตรอาหารที่เหมาะสม ทำการทดลองสูตรละ 2 ตัวอย่าง รวมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง โดยเลี้ยงตัวหนอนมดแดงจำนวน 30 ตัว กับมดงานจำนวน 50 ตัว เพื่อให้ดูแลหนอน เลี้ยงในหลอดทดลองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร ยาว 18 เซนติเมตร ในถาดขนาด 28 × 30 × 5 เซนติเมตร ให้อาหารวันละ 1 กรัม และน้ำสะอาด บันทึกข้อมูลทุกวัน เป็นเวลา 1 เดือน

บันทึกข้อมูลการเข้ากินอาหารเทียมของมดแดงหลังจากวางอาหาร 0 นาที 5 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที และ 60 นาที จำนวนตัว ความเร็วที่เข้ากินอาหาร พร้อมสังเกตพฤติกรรมของมดงานต่อความชอบกินอาหารแต่ละสูตร ทำการบันทึกข้อมูลเหมือนกันทั้งในสภาพธรรมชาติและห้องปฏิบัติการ และบันทึกข้อมูลจำนวนตัวหนอนและระยะการเจริญเติบโตของตัวหนอน

วิเคราะห์ข้อมูล Two – way Anova โดยใช้ R-program 3.5.0

ผลและวิจารณ์

การตอบสนองต่ออาหารเทียมของมดแดง

การเข้ากินอาหารเทียมในธรรมชาติของมดแดง

สูตรอาหารที่พบมดแดงเข้ากินมากที่สุดจากสูตรอาหารทั้ง 6 สูตร คือ อาหารวุ้นสูตรปลา รองลงมาเป็นอาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีด อาหารแป้งสูตรปลา อาหารแป้งสูตรจิ้งหรีด อาหารวุ้นสูตรหมู และอาหารแป้งสูตรหมู เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารวุ้นกับอาหารแป้ง

พบว่ามดแดงเข้ากินอาหารวุ้นดีกว่าอาหารแป้ง เนื่องจากอาหารสูตรวุ้นหลังจากเริ่มวางจะค่อยๆ ละลาย มดแดงซึ่งมีปากแบบกัดกิน (chewing type) (Lokkers 1990 ; Holdobler and Wilson, 1977) และสามารถกินอาหารที่เป็นของเหลวได้ดีและอาหารสูตรวุ้นยังง่ายต่อการกัดเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อขนกลับไปยังรัง ขณะที่อาหารสูตรแป้งหลังจากเริ่มวางพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปแป้งเริ่มจับตัวแข็งจนมดงานไม่สามารถกัดอาหารเทียมเป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อขนอาหารเหล่านั้นกลับไปยังรังเพื่อเลี้ยงตัวอ่อนได้ เป็นผลทำให้มดงานกินและกัดอาหารสูตรวุ้นเป็นชิ้นเล็กหมดก่อนอาหารสูตรแป้ง ขณะที่ตามรายงานของ Gassa *et al.* (2014) กล่าวถึงการใช้อาหารแป้งเลี้ยงมดแดงในแปลงโกโก้สามารถเพิ่มจำนวนมดงานในอาณาจักรได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ตามพบว่ามดแดงตอบสนองต่ออาหารเทียมที่ทำจากวุ้นดีกว่าอาหารเทียมที่ทำจากแป้ง

สูตรอาหารเทียมที่มีปลาเป็นส่วนผสมมดงานเข้ากินมากกว่าสูตรอาหารเทียมที่มีจิ้งหรีดและหมูเป็นส่วนผสม เนื่องจากอาหารเทียมสูตรที่มีปลาเป็นส่วนผสมมีกลิ่นโดดเด่นกว่า อาหารเทียมสูตรที่มีจิ้งหรีดและหมูเป็นส่วนผสม อาจทำให้มดได้กลิ่นและตอบสนองต่ออาหารเทียมที่มีปลาเป็นส่วนผสมเร็วกว่าสูตรอาหารเทียมแบบอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lokkers (1990) กล่าวว่าอาหารที่มดแดงเลือกกินมีผลมาจากเรื่องกลิ่นและความสามารถในการละลายของอาหาร

การเข้ากินอาหารเทียมของมดในอาหารวุ้นสูตรหมู พบว่าช่วงเริ่มต้นวางอาหารมีมดงานเข้ากินจำนวนหนึ่งก่อนที่จำนวนมดงานจะค่อยๆ ลดลง ขณะที่อาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีดและอาหารวุ้นสูตรปลามีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกัน คือจำนวนการเข้ากินของมดงานน้อยช่วงเริ่มวางอาหาร หลังจากนั้นจำนวนมดงานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ขณะที่อาหารเทียมที่ทำจากแป้งทั้ง 3 สูตร คืออาหารแป้งสูตรหมู อาหารแป้งสูตรจิ้งหรีด และอาหารแป้งสูตรปลา มีจำนวนการเข้ากินอาหารไปในทิศทางที่คล้ายกัน คือ จำนวนมดงานที่เข้ากินอาหารเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงอย่างนี้ไปเรื่อยๆ ตั้งแต่เริ่มวางอาหารไปจนถึงหลังจากวางอาหารไปแล้ว 60 นาที (Figure 1)

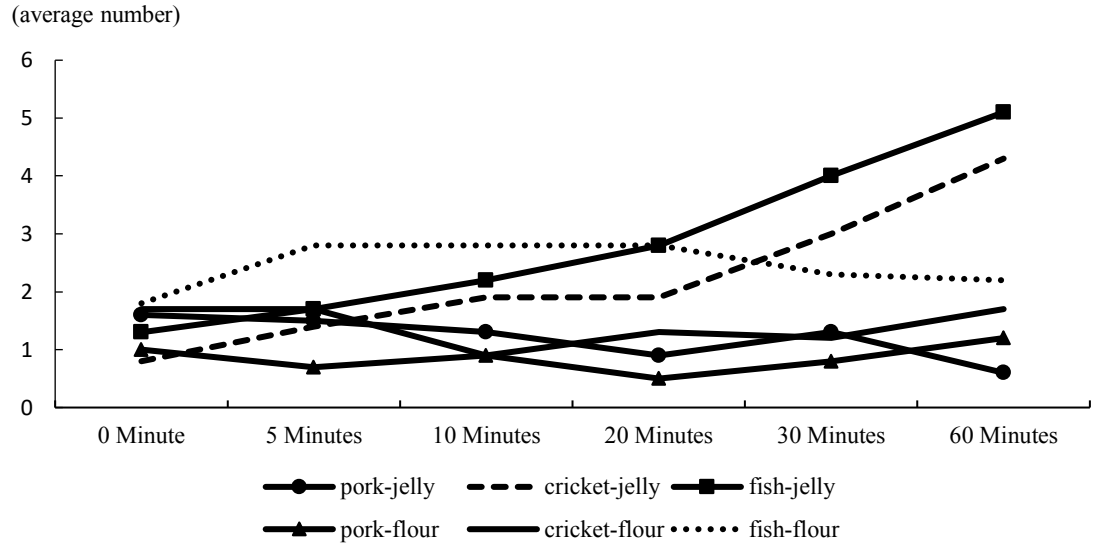


Figure 1 Average number of workers preferring the different formulae of artificial food in natural condition in the 60 minutes observation.

จากการศึกษาพฤติกรรมการเข้ากินอาหารเทียมของมดงานในธรรมชาติ พบว่าช่วงเวลาที่มดเข้ากินอาหารมากที่สุดคือ หลังจากวางอาหารเทียม 60 นาที พบจำนวน 152 ตัว คิดเป็นร้อยละ 22.91 รองลงมาคือ หลังจากวางอาหารเทียม 30 20 10 5 0 นาที และเริ่มต้นวางอาหารเทียม พบจำนวน 126 102 100 98 และ

82 ตัวตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 19.12 15.48 15.17 14.87 และ 12.44 ตามลำดับ (Figure 2) เมื่อเปรียบเทียบการเข้ากินอาหารเทียมแต่ละช่วงเวลาของมดงานพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P>0.05

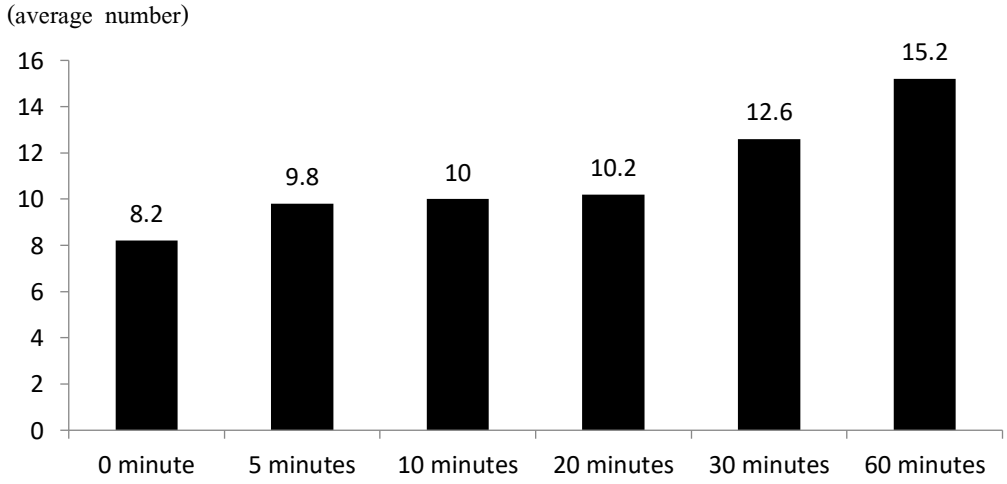


Figure 2 Average number of workers preferring the artificial food in natural condition in the 60 minutes observation.

การเข้ากินอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการของมดแดง

สูตรอาหารที่พบมดแดงเข้ากินมากที่สุดจากสูตรอาหารทั้ง 6 สูตร คือ อาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีด รองลงมาเป็นอาหารวุ้นสูตรปลา อาหารวุ้นสูตรหมู อาหารแป้งสูตรปลา อาหารแป้งสูตรจิ้งหรีด และอาหารแป้งสูตรหมู เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอาหารวุ้นกับอาหารแป้ง พบว่ามดแดงเข้ากินอาหารวุ้นดีกว่าอาหารแป้ง เช่นเดียวกับที่พบในธรรมชาติ

การทดสอบอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการ พบว่ามดงานขนอาหารวุ้นสูตรต่างๆ อย่างรวดเร็ว กลับไปยังรัง ขณะที่อาหารสูตรแป้งหลังจากเริ่มวางพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปแป้งเริ่มจับตัวแข็งจนมดงานไม่สามารถกัดอาหารเทียมเป็นชิ้นเล็กๆ เป็นผลทำให้มดงานกินและกัดอาหารสูตรวุ้นเป็นชิ้นเล็กหมดก่อนอาหารสูตรแป้ง โดยอาหารวุ้นที่หมดเร็วสุดคือ อาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีด อาหารวุ้นสูตรปลา และอาหารวุ้นสูตรหมูตามลำดับ

ซึ่งสูตรอาหารเทียมที่มีจิ้งหรีดเป็นส่วนผสมมดงานเข้ากินมากกว่าสูตรอาหารเทียมที่มีปลาและหมูเป็นส่วนผสม เนื่องจากอาหารเทียมสูตรที่มีจิ้งหรีดเป็นส่วนผสมสามารถละลายได้ดีกว่า อาหารเทียมสูตรที่มีปลาและหมูเป็นส่วนผสม อาจทำให้มดกินเทียมที่มีจิ้งหรีดเป็นส่วนผสมได้สะดวกกว่าอาหารเทียมแบบอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Lokkers (1990) กล่าวว่าอาหารที่มดแดงเลือกกินมีผลมาจากเรื่องกลิ่นและความสามารถในการละลายของอาหาร

การเข้ากินอาหารเทียมของมดในอาหารวุ้นสูตรหมู พบว่าช่วงเริ่มต้นวางอาหารมีมดงานเข้ากินจำนวนหนึ่งและจำนวนค่อนข้างคงที่ก่อนที่จำนวนมดงานจะลดลงอย่างชัดเจนหลังจากวางอาหารไปแล้ว 60 นาที ขณะที่อาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีดจำนวนการเข้ากินของมดงานน้อยช่วงเริ่มวางอาหาร หลังจากนั้นจำนวนมดงานเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และอาหารวุ้นสูตรปลา จำนวนมดงานที่เข้ากินค่อนข้างคงที่ ขณะที่อาหารเทียมที่ทำจากแป้งทั้ง 3 สูตร คือ อาหารแป้งสูตรหมู อาหารแป้งสูตรจิ้งหรีด และอาหารแป้งสูตรปลา มีจำนวนการเข้ากินอาหารไปในทิศทางที่คล้ายกัน คือ จำนวนมดงานที่เข้ากินอาหารเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงไปเรื่อยๆ และหลังจากวางอาหารไปแล้ว 60 นาที จำนวนมดงานเริ่มลดลงอย่างเห็นได้ชัด (Figure 3)

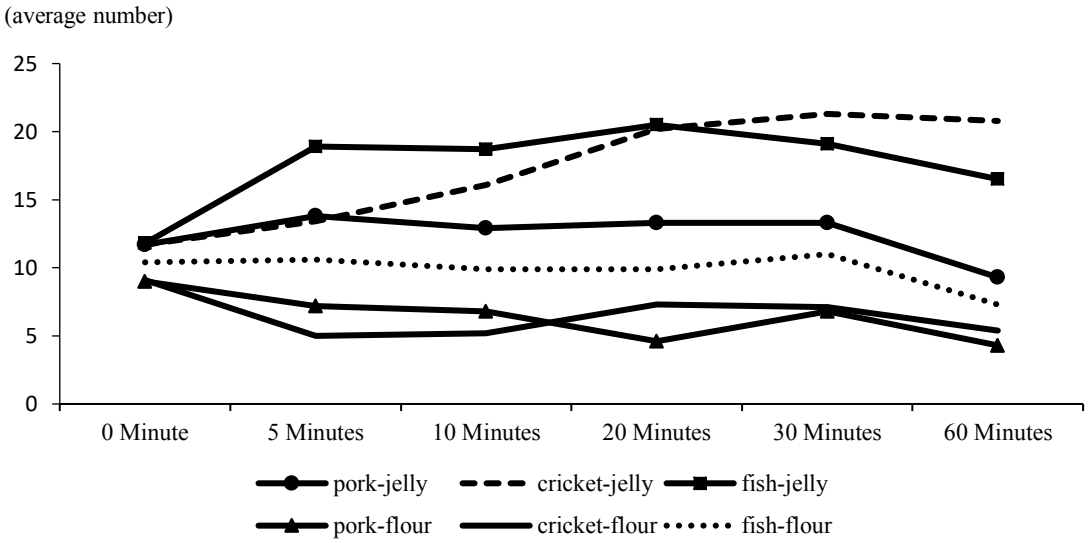


Figure 3 Average number of workers preferring the different formulae of artificial food in laboratory condition in 60 minutes observation.

จากการศึกษาพฤติกรรมการเข้ากินอาหารเทียมของมดงานในห้องปฏิบัติการ พบว่าช่วงเวลาที่มดเข้ากินอาหารมากที่สุดคือ หลังจากวางอาหารเทียม 30 นาที พบจำนวนรวม 786 ตัว คิดเป็นร้อยละ 18.71 รองลงมาคือ หลังจากวางอาหารเทียม 20 10 5 0 นาที และ 60 นาที พบจำนวน 758 696 689 637 และ 636 ตัว ตามลำดับ คิดเป็นร้อย 18.04 16.56 16.40 15.16 และ 15.14 ตามลำดับ (Figure 4) เมื่อเปรียบเทียบการเข้ากินอาหารเทียมแต่ละช่วงเวลาของมดงานพบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ P>0.05

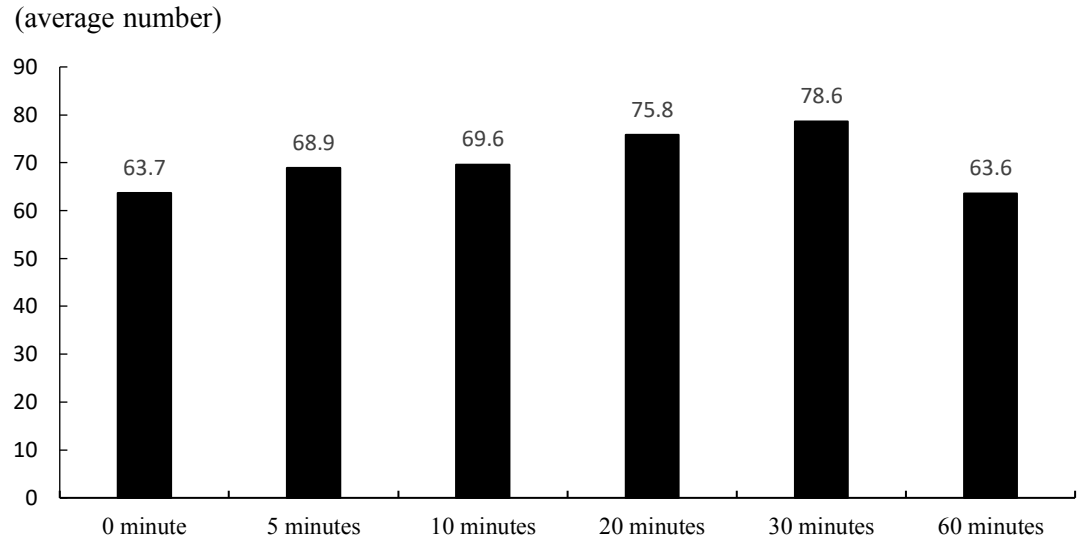


Figure 4 Average number of weaver ant preferring the artificial food in laboratory condition in 60 minutes observation.

เปรียบเทียบการเข้ากินอาหารเทียมของมดแดงระหว่างสภาพธรรมชาติกับห้องปฏิบัติการ

การเข้ากินอาหารของมดงานในธรรมชาติและในห้องปฏิบัติการ เมื่อทำการทดลองจำนวน 10 ซ้ำ ทั้งพื้นที่ธรรมชาติและห้องปฏิบัติการพบว่าในพื้นที่ธรรมชาติอาหารแต่ละสูตรในแต่ละการทดลอง จำนวนการเข้ากินอาหารแตกต่างกันอย่างชัดเจน เนื่องจากในธรรมชาติซึ่งเป็นพื้นที่แปลงมะม่วงมีแหล่งอาหารตามธรรมชาติ เช่น แมลงต่างๆ ตามรายงานของ Lokkers (1990) ที่กล่าวถึงอาหารหลักของมดแดงคือ ปลวก มดผึ้ง และตั๊กแตน รวมไปถึงไส้เดือน และสัตว์ข้อปล้องอื่นๆ เช่น กิ้งกือและแมงมุม ขณะที่มดงานในห้องปฏิบัติการไม่มีแหล่งอาหารอื่นๆ และถูกจำกัดพื้นที่อยู่อาศัยและหาอาหาร จึงพบการกินอาหารเทียมสูตรต่างๆ เป็นอาหารหลัก (Figure 5) และพบว่าอาหารวุ้นสูตรต่างๆ ทั้งในธรรมชาติและห้องปฏิบัติการมดแดงกินหมดก่อนอาหารแป้งสูตรต่างๆ เมื่อเปรียบเทียบการเข้ากินอาหารเทียมแต่ละช่วงเวลาของมดงานพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$

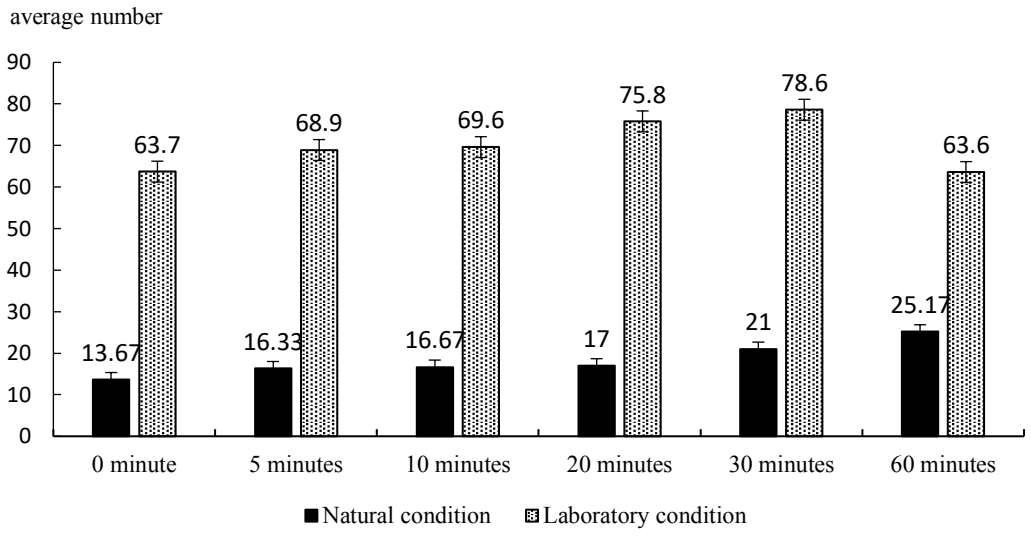


Figure 5 Comparison of average number of weaver ant preferring the artificial food between natural and laboratory conditions.

อาหารเทียมกับการเจริญเติบโตของตัวอ่อนมดแดง

อัตราการรอดตายของตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีดมีมากที่สุด โดยอัตราการรอดตายเฉลี่ย 26.5 ตัว คิดเป็นร้อยละ 88.33 รองลงมาคือ อาหารวุ้นสูตรปลา อาหารวุ้นสูตรหมู อาหารแป้งสูตรหมู อาหารแป้งสูตรปลาและอาหารแป้งสูตรจิ้งหรีด 25.5 23.5 22 21.5 และ 21.5 ตัวตามลำดับ คิดเป็นร้อยละ 85 78.33 73.33 71.67 และ 71.67 ตามลำดับ (Table 1 and Figure 6) เมื่อเปรียบเทียบการรอดตายของตัวอ่อนที่กินอาหารทั้ง 6 สูตร พบว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P>0.05$ แต่เมื่อเปรียบเทียบการรอดตายของตัวอ่อนที่กินอาหารวุ้นกับอาหารแป้ง พบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ $P<0.05$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอาหารวุ้นทั้ง 3 สูตรมดงานเข้ากินดีกว่าอาหารแป้งทั้ง 3 สูตร สอดคล้องกับผลการศึกษาการเข้ากินอาหารของมดงานทั้ง 6 สูตร ที่มดงานเลือกเข้ากินอาหารวุ้นมากกว่า

แม้ว่าในสวนโกโก้ประชากรมดงานที่กินอาหารสูตรแป้งสามารถเพิ่มจำนวนประชากรได้ดีตามการศึกษาของ Gassa *et al* (2014) แต่ในการศึกษาครั้งนี้พบอาหารสูตรวุ้นสามารถเลี้ยงมดงานและตัวอ่อนได้ดีกว่าอาหารสูตรแป้ง เนื่องมาจากอาหารวุ้นมีความอ่อนนุ่ม

มากกว่าอาหารแป้งที่เมื่อสัมผัสกับอาหารแล้วเริ่มแข็งตัว มดงานกัดอาหารสูตรวุ้นได้ง่ายกว่า ดังนั้นสูตรอาหารที่เหมาะสมในการเลี้ยงมดแดงคืออาหารวุ้นสูตรต่างๆ

Table 1 Average absolute survival and percentual survival rate of ant broods fed by six different formulae of artificial food

Artificial food formula	Average absolute survival	Percentual survival rate
pork-jelly	23.5	78.33
fish-jelly	25.5	85.00
cricket-jelly	26.5	88.33
pork-flour	22	73.33
fish-flour	21.5	71.67
cricket-flour	21.5	71.67

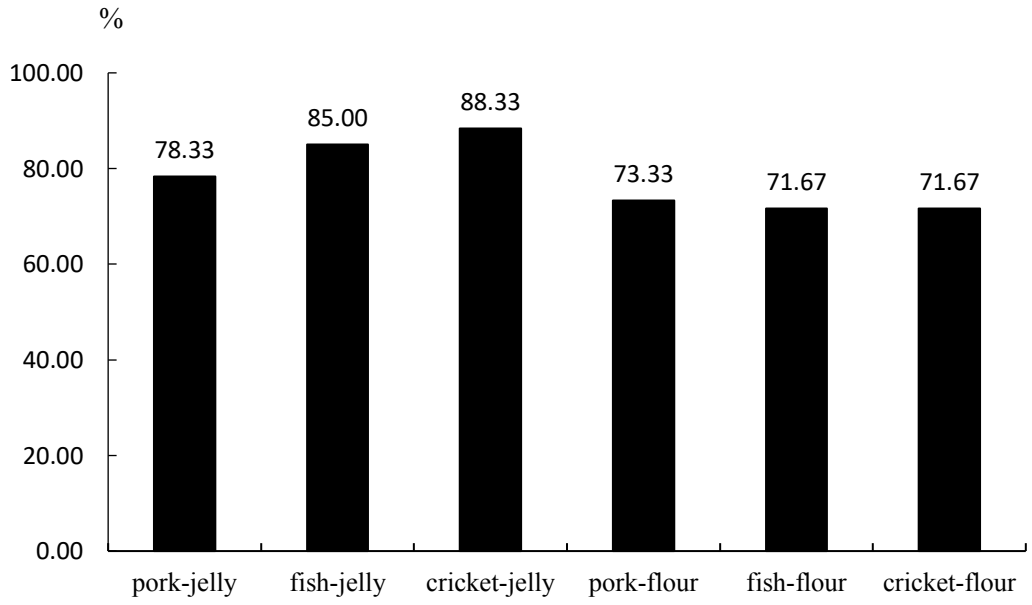


Figure 6 Percentage of ant broods survival rate fed by different formulae of artificial food.

การรอดตายของตัวอ่อนในแต่ละช่วงอายุ พบว่าตัวอ่อนทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 80 จากตัวอ่อนทั้งหมด 360 ตัว ลอกคราบเป็นหนอนระยะ 2 จำนวน 304 ตัว คิดอัตราการรอดตายเป็นร้อยละ 88.44 หนอนระยะ 1 ตายมากที่สุดจำนวน 56 ตัว เนื่องมาจากการปรับตัวของตัวหนอนและมดงานที่เริ่มใส่ลงในหลอดแก้วเพื่อเลี้ยง รวมทั้งการเข้ากินอาหารของมดงานที่นำมาจากธรรมชาติในช่วงสองถึงสามวันแรก มดงานอยู่ในช่วงปรับตัวและยังกินอาหารน้อย หนอนระยะที่ 2 จำนวน 304 ตัว ลอกคราบเป็นหนอนระยะ 3 จำนวน 294 ตัว คิดอัตราการรอดตายเป็นร้อยละ 97.22 หนอนระยะ 2 ตายจำนวน 10 ตัว หนอนระยะที่ 3 จำนวน 294 ตัว ลอกคราบเป็นหนอนระยะ 4 จำนวน 286 ตัว คิดอัตราการรอดตายเป็นร้อยละ 97.78 หนอนระยะ 3 ตายจำนวน 8 ตัว หนอนระยะที่ 4 จำนวน 286 ตัว ลอกคราบเป็นดักแด้ จำนวน 282 ตัว คิดอัตราการรอดตายเป็นร้อยละ

98.89 หนอนระยะ 4 ตายจำนวน 4 ตัว ดักแด้จำนวน 282 ตัว ลอกคราบเป็นมดงานจำนวน 281 ตัว คิดอัตราการรอดตายเป็นร้อยละ 99.72 ดักแด้ ตายจำนวน 1 ตัว การตายของหนอนระยะ 2 3 4 ค่อนข้างน้อย และพบการตายน้อยที่สุดคือระยะดักแด้ซึ่งเป็นระยะที่มดงานดูแลให้ความชื้นอย่างเดียว ซึ่งระยะที่ตายของดักแด้มักเกิดจากการพิการของดักแด้ (Table 2 and Figure 7)

Table 2 Ant broods each stage and ant broods each stage die.

Artificial food formula	larva 1	larva 1 (die)	larva 2	larva 2 (die)	larva 3	larva 3 (die)	larva 4	larva 4 (die)	pupae	pupae (die)	worker
pork-jelly	30	3	27	1	26	2	24	1	23	0	23
pork-jelly	30	5	25	0	25	1	24	0	24	0	24
fish-jelly	30	2	28	0	28	1	27	1	26	0	26
fish-jelly	30	4	26	0	26	1	25	0	25	0	25
cricket-jelly	30	3	27	1	26	1	25	0	25	0	25
cricket-jelly	30	1	29	1	28	0	28	0	28	0	28
pork-flour	30	7	23	0	23	0	23	0	23	0	23
pork-flour	30	6	24	2	22	1	21	0	21	0	21
fish-flour	30	7	23	2	21	0	21	0	21	0	21
fish-flour	30	7	23	1	22	0	22	0	22	0	22
cricket-flour	30	6	24	0	24	1	23	1	22	0	22
cricket-flour	30	5	25	2	23	0	23	1	22	1	21
Total	360	56	304	10	294	8	286	4	282	1	281

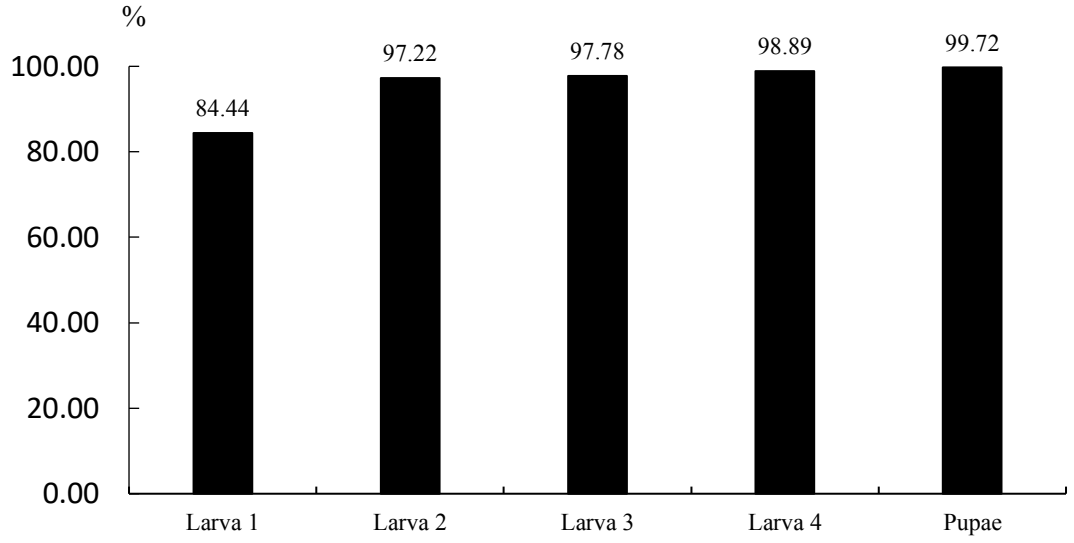


Figure 7 Percentage of weaver ant brood survival rate

เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าอัตราการตายของตัวอ่อนจำนวนไม่มาก ขณะที่อัตราการรอดตายมีมากกว่าร้อยละ 80 ทั้งนี้การรอดตายของตัวอ่อนนอกจากเรื่องของน้ำและอาหารแล้ว การดูแลจากมดงานก็เป็นสิ่งสำคัญ ถ้าจำนวนมดงานเพียงพอต่อจำนวนตัวอ่อน คือ มดงานหนึ่งตัวต่อตัวอ่อนหนึ่งตัว หรือมดงานมากกว่าหนึ่งตัวต่อตัวอ่อนหนึ่งตัว รวมถึงจำเป็นต้องมีมดงานขนาดใหญ่กับมดงานขนาดเล็กหรือที่เรียกกันว่ามดพยาบาล การดูแลตัวอ่อนของมดงานจะมีประสิทธิภาพ ถ้าจำนวนมดงานสัดส่วนน้อยกว่าจำนวนตัวอ่อน จะทำให้ประสิทธิภาพการดูแลตัวอ่อนของมดงานลดลง

อายุของตัวอ่อนในแต่ละระยะในการเลี้ยงตัวอ่อนมดแดงด้วยอาหารวุ้นและอาหารแป้งทั้ง 6 สูตร พบว่าอายุของตัวอ่อนใกล้เคียงกัน คือ หนอนระยะหนึ่งอายุตั้งแต่เริ่มเลี้ยงในหลอดก่อนก่อนลอกคราบเป็นหนอนระยะ 2 อายุ 3-4 วัน หนอนระยะ 2 ก่อนลอกคราบเป็นหนอนระยะ 3 อายุ 4-6 วัน หนอนระยะ 3 ก่อนลอกคราบเป็นหนอนระยะ 4 อายุ 5-7 วัน หนอนระยะ 4 ก่อนลอกคราบเป็นดักแด้ อายุ 5-7 วัน ดักแด้ก่อนลอกคราบเป็นมดงาน อายุ 10-14 วัน อายุตั้งแต่ระยะตัวอ่อนจนถึงตัวเต็มวัยอยู่ที่ 27-38 วัน สอดคล้องกับรายงานอายุของตัวอ่อนของเดชา (2552) และทิพากร (2557)

สรุป

การเข้ากินอาหารเทียมในธรรมชาติของมดแดง พบว่า มดงานเข้ากินอาหารสูตรวุ้นมากกว่าอาหารสูตรแป้ง โดยสูตรอาหารเทียมที่มีปลาเป็นส่วนผสมมดงานเข้ากินมากกว่าสูตรอาหารเทียมที่มีจิ้งหรีดและหมู การเข้ากินอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการของมดแดงพบว่ามดงานเข้ากินอาหารสูตรวุ้นมากกว่าอาหารสูตรแป้ง และสูตรอาหารเทียมที่มีจิ้งหรีดเป็นส่วนผสมมดงานเข้ากินมากกว่าสูตรอาหารเทียมที่มีปลาและหมูช่วงเวลาที่มดงานเข้ากินอาหารในธรรมชาติ มดงานค่อยๆ เข้ากินอาหารเทียม และพบเข้ากินเพิ่มมากขึ้นเมื่อเวลาผ่านไป ขณะที่ช่วงเวลาที่มดงานเข้ากินอาหารในห้องปฏิบัติการ มดงานเข้ากินอาหารทันทีเมื่อเริ่มให้อาหาร เปรียบเทียบการเข้ากินอาหารระหว่างธรรมชาติกับห้องปฏิบัติการของมดแดงในแต่ละช่วงเวลาพบมดงานกินอาหารเทียมในห้องปฏิบัติการมากกว่าในธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบการเข้ากินอาหารเทียมแต่ละช่วงเวลาของมดงานพบว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P<0.05$ อัตราการรอดตายของตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารเทียม พบว่าตัวอ่อนที่เลี้ยงด้วยอาหารวุ้นสูตรจิ้งหรีดมากที่สุด อัตราการรอดตายเฉลี่ย 26.5 คิดเป็นร้อยละ 88.33 และการรอดตายของตัวอ่อนในแต่ละช่วงอายุ พบว่าตัวอ่อนทั้งหมดมากกว่าร้อยละ 80 และระยะที่รอดตายมากที่สุด คือ ระยะดักแด้ คิดเป็นร้อยละ 99.72

คำนิยม

ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่สนับสนุนการวิจัย โดยมอบทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย ประเภททุนบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2560

REFERENCE

Gassa, A., T. Abdullah, A. Fatahuddin and M. Junaid. 2014. Formulation of artificial diet to increase population distribution and aggressive behavior of Weaver Ant (*Oecophylla Smaragdina* F.) for controling Cocoa Pod Borer (*Conopomorpha Cramerella* Sn.). **Academic Research International** 5 (5): 1-10.

Hölldobler B. and E.D. Wilson 1977. These social insect use their own larvae as shuttles to weave leaves into large nest in the rain forests of Africa and Asia. Their behavior is coordinated by complex chemical stimuli. **Scientific American**. 1: 146-154.

Lokkers, C. 1990. **Colony Dynamics of the Green Tree Ant (*Oecophylla smaragdina* Fab.) in a Seasonal Tropical Climate.** Ph.D. Thesis, James Cook University.

Marcela, P., A. A. Hassan, A.T. Nurit and K. Thevan. 2012. Colony structure of the weaver ant, *Oecophylla smaragdina* (Fabricius) (Hymenoptera: Formicidae). **Sociaobiology** 59: 1-10.

Phusakhon, T. 2014. **Lay eggs and ant broods of Weaver ant growth**. Bachelor senior project, Kasetsart University. Bangkok.

Shattuck, S.O. 1999. **Australian ants**. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.

Vachirapunya, P. 2017. **Weaver ant broods are local food.** Tnews. Page 7.

Wiwatwitaya, D. 2009. **Weaver ant life**. Forest Biology Department, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความเหมาะสมของถิ่นอาศัยบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อการฟื้นฟูจระเข้น้ำจืด (*Crocodylus siamensis)*

Habitat Suitability of Upper Huai Palan Suea Reservoir, Phu Chong Nayoi National Park, Ubon Ratchathani Province for Siamese Crocodile (*Crocodylus siamensis)* Restoration

ณัฐกานต์ คำสีม่วง[1,2]
นริศ ภูมิภาคพันธ์[1*]
รองลาภ สุขมาสรวง[1]

Nuttakan Khumseemuang[1,2]
Naris Bhumpakphan[1*]
Ronglarp Sukmasuang[1]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
[2]กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Department of National Parks Wildlife and Plant Conservation, Chatuchak, Bangkok, 10900 Thailand
[*]Corresponding Author, E-mail: ffornrb@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 26 พฤศจิกายน 2561 รับแก้ไข 7 ธันวาคม 2561 รับลงพิมพ์ 11 ธันวาคม 2561

ABSTRACT

The study on habitat suitability of Siamese crocodile (*Crocodylus siamensis*) was carried out at Upper Huai Palan suea Reservoir, Phu Chong Nayoi National Park during October 2015 to September 2016. The objective were to investigate species diversity of bird and mammal which were potential preys for Siamese crocodile. Based on camera trapping technique, direct observed, tracks and signs identification were applied for data collection. Habitat suitability factors related to crocodile were evaluated.

The results reflected that several species of wildlife for Siamese crocodile preys, there were at least 18 mammals which were composed of golden jackal with its relative abundance (RA) 13.4%, Eurasian wild boar 4.1%, rat 3.3%, Indochinese ground squirrel 2.5% and large Indian civet 2.5%, respectively. The available birds for crocodile preys were found at least 29 species, namely greater coucal with its RA 100%, jungle fowl 83.3% and oriental darter 83.3%, respectively. The birds with high density were composed of whistling - duck, oriental darter and cotton teal. The fish preys for crocodile were found at least 14 species. Abundance of prey species could be supporting for crocodile survival when comparing to adult crocodile consumed for each 3 kg/time. On the environment condition, drawndown areas had low slope gradient (0 - 30 degrees) and appearing scattered around the reservoir. Including the shoal area for crocodile nesting was

at the mid part of the reservoir. While existing lean lumbers were suitable for sunbathing. Water depth was available for crocodile living throughout the year. The knowledge gains from this study could be applied for restoration and conservation the Siamese crocodile in this National Park and other potential Protected Areas in Thailand.

Keywords : Siamese crocodile, *Crocodylus siamensis*, Habitat suitability, Reservoir, Phu Chong Nayoi National Park

บทคัดย่อ

ผลการศึกษาพบสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีโอกาสเป็นเหยื่อจระเข้ 18 ชนิด มีค่าความมากมายสัมพัทธ์มากที่สุด คือ หมาจิ้งจอก ร้อยละ13.4 หมูป่าร้อยละ 4.1 หนูร้อยละ 3.3 กระจ้อนร้อยละ 2.5 และชะมดแผงหางปล้องร้อยละ 2.5 พบนกที่สามารถเป็นเหยื่อของจระเข้ 29 ชนิด นกที่มีร้อยละความชุกชุมมากที่สุด คือ นกกะปูดใหญ่ ร้อยละ100 ไก่ป่า ร้อยละ83.3 และนกอ้ายงั่วร้อยละ 83.3 นกที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ เป็ดแดง นกอ้ายงั่ว และ เป็ดคับแค พบปลาน้ำจืดที่เป็นเหยื่อจระเข้อย่างน้อย 14 ชนิด ประเมินได้ว่าความมากมายของเหยื่อเพียงพอต่อการอยู่รอดของจระเข้ เมื่อเทียบกับการกินอาหารของจระเข้โตเต็มวัย ประมาณ 3 กิโลกรัม/ครั้ง ด้านสภาพปัจจัยแวดล้อม สภาพพื้นที่ลาดชันบริเวณชายตลิ่งมีความลาดชันต่ำ (0 – 30 องศา) ปรากฏกระจายอยู่รอบอ่างเก็บน้ำ และมีพื้นที่สันดอนบริเวณกลางอ่างเก็บน้ำ ซึ่งมีความเหมาะสมต่อการสร้างรังวางไข่ของจระเข้ และมีขอนไม้ล้มขนาดใหญ่เหมาะสมต่อการใช้เป็นที่การอาบแดดของจระเข้ ระดับความลึกของน้ำมีความเหมาะสมต่อการอาศัยของจระเข้ตลอดทั้งปี ความรู้ที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูประชากรจระเข้น้ำจืดในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย และพื้นที่อนุรักษ์แห่งอื่น ๆ ที่เหมาะสมของประเทศไทยต่อไป

คำสำคัญ : จระเข้น้ำจืด *Crocodylus siamensis* ความเหมาะสมของถิ่นอาศัย อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย

คำนำ

จระเข้เป็นสัตว์เลื้อยคลานที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในบรรดาสัตว์เลื้อยคลานยุคปัจจุบัน ประเทศไทยพบจระเข้ จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ จระเข้น้ำเค็ม (*Crocodylus porosus*) พบตามแหล่งน้ำเค็มและน้ำกร่อยตามปากแม่น้ำใหญ่ เช่น แม่น้ำตาปี จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตะโขง (*Tomistoma schlegelii*) พบตามแหล่งน้ำในป่าพรุทางภาคใต้ เช่น ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส และจระเข้น้ำจืด (*Crocodylus siamensis*) ซึ่งในอดีตเคยพบมากที่สุดกระจายอยู่ทั่วทุกภาคในประเทศไทยตามแหล่งน้ำจืด แม่น้ำ หนองและบึงขนาดใหญ่ จระเข้น้ำจืดเป็นชนิดที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ในระดับโลก การล่าจระเข้น้ำจืดในอดีตเกิดจากทัศนคติในด้านลบที่มีต่อจระเข้ เพื่อขจัดภัยที่อาจก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้คนและสัตว์เลี้ยง ซึ่งมีการล่าที่อยู่ในวงจำกัด ไม่กระทบกระเทือนประชากรในธรรมชาติมากนัก จนเมื่อความต้องการบริโภคเนื้อจระเข้และอุตสาหกรรมเครื่องหนังจากหนังจระเข้ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย นำไปสู่การล่ามากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับต่อความต้องการของตลาด ส่งผลกระทบต่อปริมาณจระเข้น้ำจืดในธรรมชาติที่ลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว จนอยู่ในภาวะใกล้สูญพันธุ์ไปจากธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีสาเหตุมาจากปัจจัยคุกคามอื่นๆ เช่น ถิ่นที่อยู่อาศัยถูกทำลาย การล่าเพื่อสะสมไข่ การล่าเพื่อประกอบกิจการฟาร์ม การตายที่เกิดจากเครื่องมือ

หาปลา ปัจจุบัน พบจระเข้น้ำจืดตามแหล่งน้ำธรรมชาติในพื้นที่ป่าอนุรักษ์เพียง 8 แห่งเท่านั้น ในขณะที่มีอยู่ในฟาร์มเลี้ยงเป็นจำนวนหลายเท่าตัว Ross (1998) ได้กล่าวว่า ประเทศไทยมีการป้องกันพื้นที่ที่ดี การฟื้นฟูประชากรให้ตั้งตัวในพื้นที่อนุรักษ์จึงมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ดังนั้น การฟื้นฟูประชากรจระเข้น้ำจืดในธรรมชาติจึงถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญสูงสุดในการอนุรักษ์

ด้วยความสำคัญของจระเข้น้ำจืดดังกล่าว ในปี 2557 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดม ได้จัดทำโครงการปล่อยจระเข้คืนถิ่น เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดม ซึ่งเป็นพื้นที่อนุรักษ์ที่มีประชากรจระเข้น้ำจืดอาศัยอยู่ในธรรมชาติ เพื่อฟื้นฟูประชากรในถิ่นอาศัยที่มีอยู่เดิมและปรับปรุงถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าให้เกิดความสมดุล โดยได้รับการสนับสนุนจระเข้น้ำจืดจาก รอ.นพ.ปัญญา ยังประภากร บริษัท จระเข้ทองการเกษตร (ประเทศไทย) จำนวน 10 ตัว เป็นตัวผู้ 4 ตัว และตัวเมีย 6 ตัว ต่อมาได้เกิดกระแสการคัดค้านและต่อต้านจากกลุ่มราษฎรบางส่วนในพื้นที่ โครงการดังกล่าวจึงถูกชะลอการดำเนินการออกไป การสำรวจพื้นที่อนุรักษ์แหล่งอื่นที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งมีพื้นที่เป้าหมายของการศึกษาอยู่ที่บริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย ว่ามีความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งฟื้นฟูประชากรจระเข้ในธรรมชาติหรือไม่ จึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมาก ทั้งนี้ เพื่อรองรับการดำเนินการภายใต้โครงการปล่อยจระเข้คืนถิ่น ณ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดมที่ไม่ประสบผลสำเร็จ ให้สามารถดำเนินการต่อไปได้

การศึกษาวิจัยเพื่อรวบรวมข้อมูลความหลากชนิดของสัตว์ป่า บริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ซึ่งเป็นอ่างเก็บน้ำระบบปิดมีลำห้วยไหลลงสู่ตอนล่างที่ไม่ได้มีน้ำไหลตลอดทั้งปี โดยเฉพาะชนิดเหยื่อที่เป็นอาหารของจระเข้น้ำจืดจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะเป็นการพัฒนาองค์ความรู้ในพื้นที่สำหรับประกอบการวางแผนจัดการความหลากหลายทางชีวภาพ วิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ต่อประโยชน์ในการเป็นแหล่งฟื้นฟูประชากรและอนุรักษ์พันธุ์จระเข้น้ำจืดในธรรมชาติ รวมถึงการจัดการท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ ซึ่งเป็นกิจกรรมในการใช้ทรัพยากรชีวภาพด้านสัตว์ป่า ยังนำไปสู่การเสริมสร้างกระบวนการเรียนรู้ ให้ตระหนักและเห็นคุณค่าความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ (Pengsombut and Nonthathron, 2016) การสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่ประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง ลดกิจกรรมการใช้ประโยชน์จากป่า เช่น การเก็บหาของป่า การล่าสัตว์ป่า ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการดำรงชีวิตของสัตว์ป่า ทำให้สภาพความเหมาะสมของถิ่นอาศัยลดลง (Polphan *et al.*, 2010) จะก่อให้เกิดประโยชน์ด้านการคุ้มครองและดูแลรักษาป่าอนุรักษ์ โดยกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชนท้องถิ่นต่อไปทั้งปัจจุบันและอนาคต สอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันกับโครงการจัดการผืนป่าอนุรักษ์สามเหลี่ยมมรกตเพื่อส่งเสริมความร่วมมือในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพข้ามเขตแดนระหว่างประเทศไทย กัมพูชา และสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ จึงเป็นประโยชน์ต่อการฟื้นฟูประชากรจระเข้น้ำจืดในผืนป่าผาแต้ม ทั้งอุทยานแห่งชาติภูจองนายอย และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดม รวมทั้งสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ต่อการวางแผนอนุรักษ์และฟื้นฟูประชากรจระเข้น้ำจืด ในภาพรวมของประเทศไทยในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

การดำเนินการสำรวจเก็บรวบรวมข้อมูลด้านพรรณพืชและสัตว์ป่า ในพื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ไม่สามารถใช้วิธีการสำรวจแบบวางแปลงสำรวจได้ เนื่องจากพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นสมรภูมิรบเก่าช่องบกยังมีกับระเบิดหลงเหลืออยู่ในพื้นที่เป็นจำนวนมาก ในแต่ละปีมีผู้ที่เสียชีวิตจากการเหยียบกับระเบิดเนื่องจากเข้าไปเก็บหาของป่าในพื้นที่หลายราย การดำเนินการสำรวจจึงต้องเป็นไปภายใต้หลักความปลอดภัยของฝ่ายความมั่นคงในพื้นที่ จึงมีวิธีดำเนินการสำรวจตามความเหมาะสมภายใต้ข้อจำกัดประเด็นศึกษามีดังนี้

ศึกษาการใช้ประโยชน์พื้นที่อาศัยของสัตว์ป่าเพื่อประเมินความเหมาะสมชนิดเหยื่อจระเข้น้ำจืด

1. ศึกษาความมากมายของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยประยุกต์ใช้เทคนิคสำรวจสัตว์ป่าด้วยการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่า (camera trap) ติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่า จำนวน 3 ตัว (จำนวน 3 trap.night/วัน) บริเวณที่พบร่องรอย ตามทางด่าน และแหล่งดินโป่งที่คาดว่าสัตว์น่าจะเดินผ่าน กำหนดให้แต่ละจุดตั้งกล้องมีระยะห่างระหว่างจุด 1 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาติดตั้งกล้องแต่ละจุด 30 วัน จากนั้นจึงนำกล้องไปติดตั้งตำแหน่งอื่นในบริเวณที่ปลอดภัยจากกับระเบิด ให้กระจายทั่วบริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน เพื่อเพิ่มโอกาสการพบสัตว์ป่าชนิดต่าง ๆ บันทึกชนิดและจำนวนครั้งที่พบ ระยะเวลาศึกษา 12 เดือน รวม 927 กับดักคืน และความมากมายสัมพัทธ์ (relative abundance) จากเปอร์เซ็นต์ความสำเร็จในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่า (camera trap) ในแต่ละเดือน จากสูตร

$$\text{relative abundance (\%)} = \frac{\text{trap success}}{\text{trap . night}} \times 100$$

เมื่อ trap success = จำนวนภาพที่ถ่ายภาพสัตว์ได้

trapnight = จำนวนกล้องดักถ่ายภาพ × จำนวนวันทั้งหมด

2. การศึกษานก ทำการศึกษาเดือนละ 4 วัน แบ่งช่วงระยะเวลาการสำรวจออกเป็น 2 ครั้ง/วันสำรวจ คือ ช่วงเช้า เวลา 06.00-09.00 น. และช่วงเย็นเวลา 15.00-18.00 น. บนระยะทาง 2 กิโลเมตร (Jornburom *et al*., 2010; Bibby *et al*., 1998) ใช้วิธีสำรวจแบบ Belt transect (Sutherland, 1996) กำหนดให้ช่วงรัศมีของการสำรวจแต่ละข้างซ้ายและขวาอยู่ที่ข้างละ 20 เมตร การสำรวจในอ่างเก็บน้ำจะดำเนินการโดยใช้เรือสำรวจวางแนวเส้นสำรวจทั่วพื้นที่อ่างเก็บน้ำทั้งตอนบน ตอนกลาง ตอนท้าย ของอ่างเก็บน้ำและตามแนวร่องห้วย ซึ่งกำหนดระยะห่างระหว่างเส้นสำรวจแต่ละเส้นให้ห่างกันประมาณ 100 เมตร ทั้งนี้ เส้นสำรวจที่กำหนดไม่ได้เป็นเส้นสำรวจที่ถาวร แต่จะเปลี่ยนไปตามสภาพภูมิอากาศและความเร็วลม บันทึกชนิดและจำนวนตัวทั้งที่พบเห็นโดยตรงและจากการจำแนกเสียงร้องบนเส้นทาง ในส่วนของการสำรวจบนบก กระทำโดยการเดินเท้าไปตามเส้นทางที่มีอยู่แล้วเป็นหลัก บันทึกชนิดและจำนวนตัวทั้งที่พบเห็นโดยตรงและจากการจำแนกเสียงร้องบนเส้นทางเช่นเดียวกัน จำแนกชนิดนกที่เป็นเหยื่อจระเข้ ออกจากชนิดนกทั้งหมดที่สำรวจพบ โดยใช้หลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้คือ มีแหล่งหากินอยู่ในอ่างเก็บน้ำหรือริมอ่างเก็บน้ำ มีแหล่งอาศัยหลบนอนอยู่ตามพุ่มไม้ พงหญ้า หรือพืชลอยน้ำในอ่างเก็บน้ำหรือริมอ่างเก็บน้ำ และมีเหยื่อหลักเป็นปลา สำหรับชนิดนกที่มีลักษณะพฤติกรรมนอกเหนือจากหลักเกณฑ์ดังกล่าว ให้จัดอยู่ในชนิดนกที่ไม่ใช่เหยื่อจระเข้ เนื่องจากไม่มีกิจกรรมที่มีความสัมพันธ์กับถิ่นอาศัยของจระเข้

3. ศึกษาชนิดปลาน้ำจืดบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน จากปลาที่ชาวบ้านจับได้ด้วยการใช้เบ็ดตกปลาและการวางตาข่าย จำแนกชนิดปลาโดยใช้ชื่อสัตวศาสตร์ตามเอกสารของ Wittayanon (2003) วัดขนาด ถ่ายภาพ และชั่งน้ำหนัก หาความหลากหลายของชนิดปลา (diversity index) ตามวิธี Shannon Weiner's index

ศึกษาสภาพนิเวศและการประเมินความเหมาะสมของถิ่นอาศัยของจระเข้น้ำจืด

1. ศึกษาสังคมพืชที่ปรากฏ บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ด้วยการนั่งเรือสำรวจโดยรอบพื้นที่อ่างเก็บน้ำ

2. วัดระดับความลึกของน้ำในอ่างเก็บน้ำเป็นรายเดือน โดยการติดตั้งไม้วัดระดับน้ำบริเวณส่วนที่กว้างที่สุดของอ่างเก็บน้ำ จำนวน 8 จุด เพื่อเป็นตัวแทนแต่ละระดับความลึกและเป็นตัวแทนของพื้นผิวใต้ท้องน้ำที่แตกต่างกัน ตามแนวทิศตะวันออก – ตะวันตก บันทึกพิกัดตำแหน่งของไม้วัดระดับน้ำทั้ง 8 จุด ด้วยเครื่องระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (GPS-receiver)

เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนในหนึ่งรอบปี แล้วนำมาประเมินระดับคะแนนของระดับน้ำที่เหมาะสมต่อการเป็นถิ่นอาศัยของจระเข้ในแต่ละเดือน พร้อมทั้งนำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนประจำปี พ.ศ. 2558 และ พ.ศ. 2559 จากข้อมูลทุติยภูมิของศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง กรมชลประทาน

3. สุ่มเลือกตัวแทนของตลิ่งจากตลิ่งทั้งหมดที่ปรากฏโดยรอบอ่างเก็บน้ำ และประเมินระดับความลาดชันของตลิ่งตามวิธีการศึกษาของ Chitchamnong (2016)

4. สำรวจบริเวณพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของจระเข้ในหนึ่งรอบปี ได้แก่ พื้นที่สำหรับอาบแดด พื้นที่สำหรับการสร้างรังวางไข่ และพื้นที่หลบภัย



Figure 1 Study site in Upper Huai Palan Suea Reservoir, Phu Chong Nayoi National Park

ผลและวิจารณ์

ประเมินความเหมาะสมชนิดเหยื่อของจระเข้น้ำจืด

1. ประเมินความมากมายสัมพัทธ์ (relative abundance) ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่มีโอกาสเป็นเหยื่อจระเข้ จากความสำเร็จในการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่า (camera trap) จำนวน 3 ตัว ในระยะเวลาศึกษา 12 เดือน รวม 927 กับดักคืน พบสัตว์ป่าทั้งสิ้น 42 ชนิด เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 18 ชนิด นก 23 ชนิด และสัตว์เลื้อยคลาน 2 ชนิด ค่าความมากมายสัมพัทธ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม 18 ชนิด เรียงตามร้อยละความมากมายสัมพัทธ์ ได้แก่ หมาจิ้งจอก (*Canis aureus* ; 13.5%) หมูป่า (*Sus scrofa* ; 4.1%) หนู (*Rattus* sp. ; 3.3%) กระจ้อน (*Menetes berdmorei* ; 2.5%) ชะมดแผงหางปล้อง (*Viverra zibetha* ; 2.5%) อีเห็นข้างลาย (*Paradoxurus hermaphroditus* ; 2.5%) กระรอกหลากสี (*Callosciurus finlaysoni* ; 1.5%) ชะมดแผงสันหลังดำ (*Viverra megaspila* ; 1.4%) ลิงกังเหนือ (*Macaca leonina* ; 1.2%) กระจง (*Tragulus javanicus* ; 0.9%) เก้ง (*Muntiacus muntjak* ; 0.6%) แมวดาว (*Prionailurus bengalensis* ; 0.4%) หมูหริ่ง (*Arctonyx collaris* ; 0.2%) กระแตเหนือ (*Tupaia belangeri* ; 0.1%) อ้นกลาง (*Rhizomys pruinosus* ; 0.1%) หมาไม้ (*Martes flavigula*; 0.1%) นากใหญ่ขนเรียบ (*Lutrogale perspicillata*; 0.1%) และกวางป่า (*Rusa unicolor* ; 0.1%) ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาร้อยละความมากมายสัมพัทธ์เป็นรายเดือน พบว่าเดือนที่มีค่าความมากมายสัมพัทธ์มากที่สุด 5 ลำดับแรก คือ เดือนกันยายน (115.7) เดือนกุมภาพันธ์ (78.9) เดือนมกราคม (41.7) เดือนพฤศจิกายน (33.9) และเดือนกรกฎาคม (28.2) ตามลำดับ (Figure 2) ค่าความมากมายสัมพัทธ์มากที่สุด ในช่วงเดือนกันยายนเปรียบเทียบเป็นช่วงหน้าฝน ค่าความมากมายสัมพัทธ์ที่สูงอาจเป็นผลมาจากพฤติกรรมการรวมกลุ่มของสัตว์ป่า (aggregation behavior) เพื่อเพิ่มโอกาสในการหาแหล่ง

อาหารและเพื่อป้องกันอันตรายร่วมกัน ทำให้ความถี่ในการปรากฏของสัตว์ป่ามีมากขึ้น เมื่อการปรากฏสัมพันธ์กับตำแหน่งการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่า จึงเพิ่มโอกาสให้พบสัตว์ป่าได้มาก

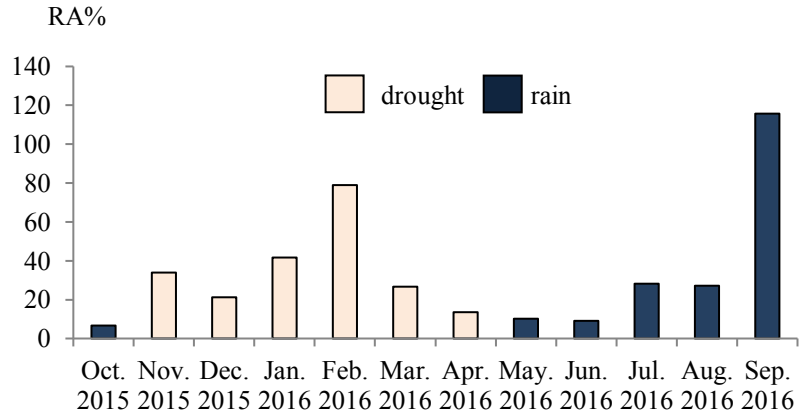


Figure 2 relative abundance of mammal comparison between drought and rain

จากการประเมินค่าความมากมายสัมพัทธ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่สำรวจพบจากการติดตั้งกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่า ทำให้ทราบว่าในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน มีสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอย่างน้อย 18 ชนิด ใช้ประโยชน์กระจายครอบคลุมบริเวณโดยรอบของอ่างเก็บน้ำตลอดระยะเวลา 1 ปี มีโอกาสเป็นเหยื่อของจระเข้ จากกิจกรรมที่สัมพันธ์กับแหล่งน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของ Chitchamnong (2016) จากตัวอย่างกองมูลของจระเข้น้ำจืด ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน พบว่าเหยื่อของจระเข้ เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมถึง ร้อยละ21.05

2. การสำรวจประชากรนกแบบ Belt transect (Sutherland, 1996) พบนกที่ใช้พื้นที่บริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนทั้งหมด 131 ชนิด เมื่อประเมินชนิดนกที่มีสามารถเป็นเหยื่อของจระเข้ เนื่องจากมีกิจกรรมที่สัมพันธ์กับแหล่งน้ำ เช่น แหล่งหากิน แหล่งอาศัยหลบนอน พบว่ามีนกจำนวน 29 ชนิด ที่เป็นเหยื่อของจระเข้ได้ เรียงตามค่าร้อยละความชุกชุม 5 ลำดับแรก ได้แก่ นกกะปูดใหญ่ (*Centropus sinensis* ; 100) ไก่ป่า (*Gallus gallus* ; 83.3) นกอ้ายงั่ว (*Anhinga melanogaster* ; 83.3) เหยี่ยวปลาใหญ่หัวเทา (*Ichthyophaga ichthyaetus* ; 75) และนกแต้วแล้วธรรมดา (*Pitta moluccensis* ; 75) ความหนาแน่นของนกมากที่สุดในเดือนมกราคม นกที่พบมากที่สุด คือ เป็ดแดง (*Dendrocygna javanica*) รองลงมาคือ นกอ้ายงั่ว (*Anhinga melanogaster*) เป็ดคับแค (*Nettapus coromandelianus*) นกกะเต็นอกขาว (*Halcyon smyrnensis*) นกกะเต็นหัวดำ (*Halcyon pileata*) เป็ดผีเล็ก (*Tachybaptus ruficollis*) และนกกวัก (*Amaurornis phoenicurus*) ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลของนกแต่ละชนิดที่สำรวจพบรายเดือน มาหาค่าความหนาแน่น (Density) ทั้งกรณีที่พบชนิดนกในแถบความกว้างของเส้นสำรวจที่กำหนด (ข้างละ 20 เมตร) และกรณีที่พบนอกแถบความกว้างของเส้นสำรวจ พบว่า ความหนาแน่นของนกมีมากที่สุดในเดือนมกราคม มีค่าความหนาแน่นในแถบเส้นสำรวจอยู่ที่ 7,970 ตัว ต่อตารางกิโลเมตร และค่าความหนาแน่นนอกแถบเส้นสำรวจอยู่ที่ 11,927 ตัว ต่อตารางกิโลเมตร โดยชนิดนกที่พบมากที่สุดคือ เป็ดแดง รองลงมาคือ นกอ้ายงั่ว เป็ดคับแค กะเต็นอกขาว (*Halcyon smyrnensis*) กะเต็นหัวดำ (*Halcyon pileata*) เป็ดผีเล็ก (*Tachybaptus ruficollis*) และนกกวัก (*Amaurornis phoenicurus*) ตามลำดับ เดือนที่มีค่าความหนาแน่นของนกรองลงมา ได้แก่ เดือนเมษายน เดือนธันวาคม

และเดือนพฤษภาคม จากการศึกษาพบว่า ความหนาแน่นของนกที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละเดือน มีความสัมพันธ์กับช่วงฤดูกาล อธิบายได้ว่าช่วงฤดูกาลอพยพของนกมีผลทำให้พบนกในพื้นที่ศึกษามากขึ้น ค่าความหนาแน่นของนกจึงมีค่ามากกว่าช่วงเดือนที่ไม่ใช่ฤดูกาลอพยพ (Figure 3) และเมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาของ Chitchamnong (2016) จากตัวอย่างกองมูลของจระเข้น้ำจืดในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน พบว่าเหยื่อของจระเข้ เป็นนกร้อยละ 2.63

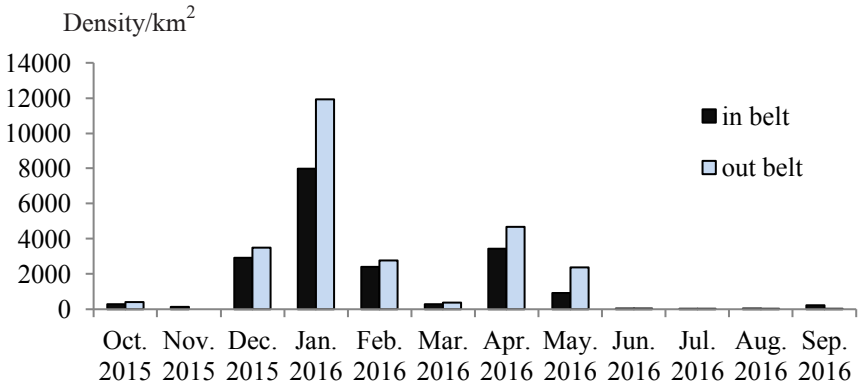


Figure 3 Density of Birds from belt transect survey

3. ผลการศึกษาปลาน้ำจืดบริเวณอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ด้วยข้อมูลจากปลาที่ชาวบ้านจับได้โดยการใช้เบ็ดตกปลาและการวางตาข่าย พบปลาทั้งหมด 14 ชนิด ชนิดที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ปลาบู่ทราย (*Oxyeleotris marmorata*) จำนวน 228 ตัว ปลานิล จำนวน 179 ตัว (*Oreochromis niloticus*) ปลาซิวควายแถบดำ (*Rasbora paviei*) จำนวน 116 ตัว ปลาช่อน (*Channa striata*) จำนวน 89 ตัว และปลาไน (*Cyprinus carpio*) จำนวน 42 ตัว ตามลำดับ และพบสัตว์น้ำอื่นๆ 1 ชนิด คือ กุ้งก้ามกราม (*Macrobrachium rosenbergii*) จำนวน 1 ตัว เมื่อรวมค่าน้ำหนักปลาแต่ละชนิดที่สำรวจพบแยกเป็นรายเดือน พบว่าเดือนที่มีค่าน้ำหนักปลารวมมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เดือนเมษายน (60 กิโลกรัม) เดือนมีนาคม (52.8 กิโลกรัม) เดือนธันวาคม (43.5 กิโลกรัม) เดือนพฤศจิกายน (38.3 กิโลกรัม) และเดือนมกราคม (22.5 กิโลกรัม) ค่าน้ำหนักปลารวมพบมากที่สุดในช่วงหน้าแล้ง เนื่องจากปริมาณน้ำที่น้อยจึงทำให้จับปลาได้ง่าย ทั้งยังเพิ่มโอกาสให้จระเข้จับปลาได้ง่ายขึ้น เปรียบเทียบผลการศึกษาของ Chitchamnong (2016) จากตัวอย่างกองมูลของจระเข้น้ำจืด ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน พบว่าเหยื่อหลักของจระเข้เป็นปลาถึง ร้อยละ 52.63

Simpson (2006) ได้รายงานผลการศึกษาประเภทเหยื่อจากกองมูลของจระเข้น้ำจืดในประเทศกัมพูชา พบว่า จระเข้กินปลาน้ำจืดเป็นชนิดเหยื่อหลัก สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก ปู งู และแมลง และจากการศึกษากองมูลจระเข้น้ำจืดในกัมพูชาของ Sam *et al*. (2015) พบว่าจระเข้กินปลา ร้อยละ30.9 สัตว์เลื้อยคลาน ร้อยละ 29.6 สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังจำพวกปู แมงป่อง แมลงปีกแข็งร้อยละ 11.5 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ร้อยละ 4.9 และนกร้อยละ 3.0 แสดงให้เห็นว่าจระเข้กินเหยื่อได้หลากหลายประเภท จระเข้ 1 ตัว กินอาหารประมาณร้อยละ 3 ของน้ำหนักตัว หรือประมาณ 3 กิโลกรัม/ครั้ง และสามารถอยู่ได้โดยไม่ต้องกินอาหาร ประมาณ 3 เดือน (Yangprapakorn, 2014) นอกจากนี้ Simpson (2006) ได้ศึกษาการกินอาหารของจระเข้ในสถานที่เลี้ยงต่อหนึ่งสัปดาห์ พบว่า จระเข้ขนาดความยาว 50 เซนติเมตร กินอาหารอยู่ที่ร้อยละ 25 ต่อน้ำหนักตัว หรือประมาณ

150 กรัม จระเข้ขนาดความยาว 1 เมตร จะกินอาหารอยู่ที่ ร้อยละ15 ต่อน้ำหนักตัว หรือประมาณ 500 กรัม จระเข้ขนาดความยาว มากกว่า 2 เมตร จะกินอาหารอยู่ที่ ร้อยละ10 ต่อน้ำหนักตัว หรือประมาณ 3,000 กรัม เมื่อนำมาเปรียบเทียบความมากมายของสัตว์ที่เข้ามาใช้ประโยชน์ในพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย จังหวัดอุบลราชธานี ประกอบไปด้วยสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก และปลา ที่มีความมากมายสัมพัทธ์แตกต่างกันในแต่ละเดือนขึ้นอยู่กับการปรากฏและสภาพปัจจัยแวดล้อมที่เหมาะสมต่อสัตว์ชนิดนั้น พบว่า ต่างมีโอกาสเป็นเหยื่อของจระเข้ขณะที่ลงมาหากินใกล้กับแหล่งน้ำหรือใช้พื้นที่บริเวณริมฝั่งทำกิจกรรมต่างๆ และมีความเหมาะสมเพียงพอต่อการล่าเหยื่อของจระเข้หนึ่งครั้ง

สภาพนิเวศและความเหมาะสมของถิ่นอาศัยของจระเข้น้ำจืด

1. สังคมพืชที่ปรากฏบริเวณริมตลิ่งอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน จากการนั่งเรือสำรวจโดยรอบ พบลักษณะสังคมพืชปรากฏ 2 ประเภท คือ สังคมพืชป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ สลับสับเปลี่ยนกันไปตามแนวขอบอ่างเก็บน้ำ ไม้เด่นที่พบในสังคมพืชป่าดิบแล้ง ได้แก่ ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) *ตะเคียนหิน* (*Hopea ferrea*) เปล้าใหญ่ (*Croton oblongifolius*) รง (*Garcinia hanburyi*) มะพูด (*Garcinia dulcis*) ดำตะโก (*Diospyros wallichii*) สำรอง (*Scaphium macropodium*) ฯลฯ ไม้เด่นที่พบในสังคมพืชป่าเบญจพรรณ ได้แก่ กระบาก (*Anisoptera costata*) ก่อแพะ (*Quercus kerrii*) อะราง (*Peltophorum dasyrrhachis*) ปอหยาบ *(Colona flagrocarpa*) ประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) กระบก (*Irvingia malayana*) สาธร (*Millettia leucantha*) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ฯลฯ และพรรณไม้น้ำสำคัญที่พบ ได้แก่ บัวแดง (*Nymphaea pubescens*) สาหร่ายข้าวเหนียว (Utricularia aurea) แพงพวยน้ำ (*Jussiaea repens*) บอน(*Alocasia everardii*) ผักหนาม (*Lasia spinose*) กกกลม (*Cyperus corymbosus*) กกสามเหลี่ยม (*Actinoscripus grossus*) ฯลฯ พรรณพืชที่ปรากฏ จะเป็นประโยชน์ต่อการทำรังของจระเข้ ซึ่งโดยปกติจะทำรังบนพืชลอยน้ำหรือบนตลิ่ง (Simpson *et al*., 2006b) ด้วยการขุดหลุมเพื่อวางไข่แล้วกลบหลุมด้วยดิน เศษหญ้า เศษใบไม้มากองรวมกันเป็นพะเนิน (Simpson, 2006a) ในส่วนของพรรณไม้น้ำที่ปรากฏในอ่างเก็บน้ำเป็นประโยชน์ต่อการอนุบาลลูกจระเข้ที่เพิ่งฟักไข่ (Simpson, 2006a)

2. ระดับความลึกของน้ำ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนในหนึ่งรอบปีเปรียบเทียบในช่วงหน้าแล้งกับหน้าฝน โดยการติดตั้งไม้วัดระดับน้ำบริเวณส่วนที่กว้างที่สุดของอ่างเก็บน้ำ จำนวน 8 จุด เพื่อเป็นตัวแทนแต่ละระดับความลึกและเป็นตัวแทนของพื้นผิวใต้ท้องน้ำที่แตกต่างกัน ตามแนวทิศตะวันออก – ตะวันตก พบว่าระดับน้ำในภาพรวมของอ่างเก็บน้ำมีความแตกต่างกันไม่มากนัก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะลำห้วยโดยรอบมีน้ำหล่อเลี้ยงตลอดปี รวมถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำที่สูงถึง 33.5 ล้านลูกบาศก์เมตร เมื่อสุ่มตรวจสอบข้อมูลจากไม้วัดระดับน้ำในจุดที่ลึกที่สุดเพียงจุดเดียวคือ จุด PS04 พบว่าระดับน้ำจะสูงสุดในช่วงหน้าฝนเดือนตุลาคม (10.9 เมตร) ต่ำสุดในช่วงหน้าแล้งเดือนเมษายน (7.7 เมตร) ในขณะที่การศึกษาของ Sam *et al*. (2015) พบว่าระดับน้ำต่ำสุดที่จระเข้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในช่วงหน้าแล้ง คือ 1.1 เมตร ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนในหนึ่งรอบปีระหว่างช่วงฤดูแล้งกับฤดูฝน ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างฉับพลันถึงระดับที่ต่ำมากจนเหือดแห้ง อ่างเก็บน้ำยังคงเก็บกักน้ำอยู่ในปริมาณความจุที่เหมาะสมตลอดทั้งปี การประเมินจำนวนประชากรจระเข้น้ำจืด ที่สามารถปล่อยสู่ธรรมชาติเพื่อฟื้นฟูประชากรในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน จึงใช้ปัจจัยด้านขนาดพื้นที่ผิวน้ำมาวิเคราะห์ โดยอ้างอิงจากการศึกษาของ Chitchamnong (2016) ที่ได้ทำการศึกษาไว้ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งผลการศึกษาพบว่า

มีจระเข้น้ำจืด จำนวน 1 ตัว อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำวังยาว ขนาดพื้นที่ผิวน้ำ (A) เท่ากับ 1,050 ตารางเมตร ในขณะที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ความยาวของลำห้วยถึงหัวงาน ประมาณ 4.6 กิโลเมตร มีขนาดพื้นที่ผิวระดับเก็บกัก ที่ระดับ Dead Storage (P) อยู่ที่ 50,002 ตารางเมตร และมีผลการประเมินความเหมาะสมของระดับน้ำอยู่ในระดับความเหมาะสมมาก เมื่อนำขนาดของพื้นที่ผิวน้ำระหว่างอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนกับขนาดพื้นที่ผิวน้ำวังยาวมาเปรียบเทียบอัตราส่วนกัน (A/P = 50,002/1,050) จะมีค่าอยู่ที่ 47.6 จึงสามารถประเมินได้ว่า อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนมีความสามารถในการรองรับประชากรจระเข้ได้มากถึง 48 ตัว ทั้งนี้ การประเมินดังกล่าวเป็นเพียงการอ้างอิงคร่าวๆ เนื่องจากการเปรียบเทียบขนาดของพื้นที่ผิวน้ำระหว่างแหล่งน้ำทั้งสองแห่ง มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน โดยวังยาว เป็นแหล่งน้ำในลำห้วยที่เกิดขึ้นในช่วงหน้าแล้งซึ่งเป็นปัจจัยจำกัดในการเคลื่อนตัวของจระเข้ ในขณะที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนเป็นแหล่งน้ำที่มีน้ำหล่อเลี้ยงในอ่างตลอดทั้งปี ระดับน้ำในช่วงหน้าแล้งกับหน้าฝนไม่แตกต่างกันมากนัก การปล่อยจระเข้น้ำจืดในแหล่งน้ำธรรมชาติ ยังต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของแหล่งอาหารในพื้นที่ รวมถึงสภาพที่เอื้อต่อการทำกิจกรรมของจระเข้อีกด้วย เช่น แหล่งอาบแดด แหล่งหลบภัย พื้นที่สร้างรังวางไข่ เป็นต้น นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบขนาดของอ่างเก็บน้ำ พบว่าอ่างเก็บน้ำโกดาฮาดา (Ghodahada) ที่มีขนาด 4.15 ตารางกิโลเมตร มีจระเข้มักเกอร์ (mugger) อาศัยอยู่ 46 ตัว (Behera *et al*., 2014)

3. ความลาดชันของตลิ่ง จากการสุ่มเลือกตัวแทนของตลิ่งจำนวน 8 จุดสำรวจ จากตลิ่งทั้งหมดที่ปรากฏโดยรอบอ่างเก็บน้ำ แล้วประเมินระดับความลาดชันของตลิ่งตามวิธีการศึกษาของ Chitchamnong (2016) ตลอดรอบระยะเวลา 1 ปี นั้น พบว่า ความลาดชันของตลิ่งมีลักษณะแปรผันตามกับระดับของน้ำในอ่างเก็บน้ำ ทั้งนี้ เดิมทีตลิ่งโดยรอบอ่างเก็บน้ำมีความลาดชันอยู่ในระดับต่ำอยู่ก่อนแล้ว ประกอบกับระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำมีความผันแปรระหว่างหน้าแล้งกับหน้าฝนน้อย จึงส่งผลให้ความลาดชันของตลิ่งแต่ละจุดสำรวจเปรียบเทียบเป็นรายเดือน มีความลาดชันอยู่ในระดับที่ค่อนข้างคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก ยกเว้นในบางจุดสำรวจ คือ จุดสำรวจ SL01 อยู่บริเวณลำห้วยลึกเข้าไปทางฝั่งประเทศกัมพูชา มีการเปลี่ยนแปลงจากระดับความลาดชันในคะแนนระดับ 3 (ความลาดชัน 0 – 30 องศา) เป็นความลาดชันในคะแนนระดับ 2 (ความลาดชันมากกว่า 30 – 60 องศา) ในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม และจุดสำรวจ SL04 เนื่องจากสภาพพื้นที่ริมตลิ่งเป็นลักษณะของดินและหินก้อนใหญ่วางซ้อนตัวกันในลักษณะค่อนข้างชัน มีการเปลี่ยนแปลงจากระดับความลาดชันในคะแนนระดับ 2 (ความลาดชันมากกว่า 30 – 60 องศา) เป็นความลาดชันในคะแนนระดับ 1 (ความลาดชันมากกว่า 60 – 90 องศา) ในช่วงฤดูแล้งระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนมิถุนายน ความลาดชันของตลิ่งรอบอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ในระดับที่ต่ำนี้ มีความเหมาะสมต่อกิจกรรมของจระเข้ ทั้งการอาบแดด และการสร้างรังวางไข่

4. พื้นที่ที่เหมาะสมต่อการทำกิจกรรมของจระเข้ในหนึ่งรอบปี ความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ของจระเข้ ได้แก่ พื้นที่สำหรับอาบแดด พื้นที่สำหรับการสร้างรังวางไข่ และพื้นที่หลบภัย พบว่า บริเวณตอนกลางของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือมีลักษณะเป็นที่สันดอนช่วงหน้าฝนที่ปริมาณน้ำในอ่างมีระดับสูง พื้นที่บริเวณดังกล่าวจะถูกน้ำท่วมเป็นบางส่วนเท่านั้น ลักษณะของพืชที่ปรากฏเป็นพืชน้ำจำพวกตะไคร้น้ำ หญ้า และพืชสกุลกก เหมาะสมต่อการใช้เป็นพื้นที่สำหรับอาบแดด ทำรัง และใช้เป็นที่หลบภัย ทั้งนี้ ยังรวมถึงพื้นที่ตามแนวชายขอบตลิ่งที่มีความชันอยู่ในระดับต่ำปรากฏกระจายอยู่โดยรอบอ่างเก็บน้ำ ซึ่งเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมต่างๆ ของจระเข้เช่นกัน นอกจากลักษณะของตลิ่งและพื้นที่สันดอนที่เหมาะสมต่อการอาบแดดของจระเข้แล้ว ในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ยังพบ

ขอนไม้ขนาดใหญ่ที่พาดอยู่ตามริมตลิ่ง ตามร่องห้วย ที่มีพื้นที่เปิดโล่ง หรือแม้กระทั่งที่ลอยอยู่ในน้ำ ต่างก็มีความเหมาะสมต่อการใช้เป็นพื้นที่สำหรับการขึ้นมานอนอาบแดดของจระเข้

สรุป

การศึกษาการใช้ประโยชน์พื้นที่อาศัยของสัตว์ป่าเพื่อประเมินความเหมาะสมชนิดเหยื่อของจระเข้น้ำจืด และการศึกษาสภาพนิเวศเพื่อประเมินความเหมาะสมถิ่นอาศัยของจระเข้น้ำจืด บริเวณพื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการอยู่รอดและความสำเร็จในการปล่อยจระเข้คืนสู่ธรรมชาติเพื่อฟื้นฟูประชากร จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน อุทยานแห่งชาติภูจองนายอยมีความเหมาะสมต่อการเป็นถิ่นอาศัยของจระเข้น้ำจืดเพื่อฟื้นฟูประชากรในธรรมชาติ ตามองค์ประกอบสำคัญ 4 ประการ ที่กำหนดให้ถิ่นอาศัยนั้นเหมาะสมต่อการเป็นถิ่นอาศัยของจระเข้ ดังนี้

1. พื้นที่เป็นถิ่นอาศัยดั้งเดิมที่อดีตเคยมีจระเข้อาศัยอยู่ ในอดีตก่อนการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน เคยมีประวัติพบจระเข้น้ำจืดอาศัยอยู่ในพื้นที่มาก่อน

2. เป็นพื้นที่ที่ได้รับความคุ้มครองและมีความเหมาะสมมาก เนื่องจากอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน ตั้งอยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย จังหวัดอุบลราชธานี เป็นพื้นที่ที่ได้รับความคุ้มครองตามพระราชบัญญัติอุทยานแห่งชาติ พ.ศ. 2504

3. พื้นที่สามารถตอบสนองความต้องการขั้นพื้นฐานของจระเข้ได้ เช่น อาหาร ความลึกของน้ำที่เพียงพอ สถานที่ทำรัง ลานอาบแดด แหล่งอนุบาลจระเข้วัยเด็ก และแหล่งหลบภัย

3.1 อาหาร ประกอบด้วยสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอย่างน้อย 18 ชนิด นกอย่างน้อย 29 ชนิด และปลาอย่างน้อย 14 ชนิด มีความเหมาะสมเพียงพอต่อการล่าเหยื่อของจระเข้หนึ่งครั้ง เมื่อเทียบกับการกินอาหารของจระเข้ตัวเต็มวัยประมาณ 3,000 กรัม/ครั้ง

3.2 ความลึกของน้ำ พื้นที่ผิวน้ำของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน มีระดับเก็บกักที่ระดับ Dead Storage สามารถรองรับประชากรจระเข้ได้ 48 ตัว

3.3 สถานที่ทำรัง ริมตลิ่งของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือ มีความเหมาะสมต่อการเป็นสถานที่ทำรังของจระเข้ เนื่องจากมีความลาดชันต่ำปรากฏอยู่ทั่วไปโดยรอบ พรรณพืชริมตลิ่งมีเรือนยอดให้ร่มเงา และมีชากพืชที่เหมาะสมต่อการทำรัง นอกจากนี้จระเข้ยังสามารถทำรังบนพืชลอยน้ำที่อยู่ติดกันเป็นผืน หรือบริเวณตอนกลางของอ่างเก็บน้ำที่ลักษณะเป็นสันดอนน้ำไม่ท่วมถึง และมีหญ้าปกคลุมสูง

3.4 ลานอาบแดด ภายในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน พบพื้นที่เปิดโล่งบริเวณริมตลิ่ง พื้นที่สันดอนตอนกลางของอ่างเก็บน้ำ และขอนไม้ขนาดใหญ่ทั้งที่พาดอยู่ตามริมตลิ่ง ตามร่องห้วย และที่ลอยอยู่ในน้ำ เหมาะสมสำหรับเป็นพื้นที่อาบแดดของจระเข้

3.5 แหล่งอนุบาลจระเข้วัยเด็ก พรรณไม้น้ำในอ่างเก็บน้ำ เป็นประโยชน์ต่อการอนุบาลลูกจระเข้ที่เพิ่งฟักไข่ เนื่องจากลูกจระเข้มักลอยตัวอยู่ด้านบนของพืชใต้น้ำหรือใกล้กับพืชลอยน้ำ เพื่อป้องกันตัวเองจากการเป็นเหยื่อของปลาขนาดใหญ่

3.6 แหล่งหลบภัย จระเข้สามารถใช้พืชลอยน้ำที่อยู่ติดกันเป็นผืนขนาดใหญ่ ตอนกลางของอ่างเก็บน้ำที่ลักษณะเป็นสันดอนและมีหญ้าปกคลุมสูง เป็นแหล่งหลบภัยได้ รวมถึงบริเวณร่องห้วย ยังเหมาะต่อการใช้เป็นแหล่งหลบซ่อนตัวของจระเข้และเพิ่มโอกาสในการล่าเหยื่อที่เป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ที่ลงมาใช้ประโยชน์แหล่งน้ำในช่วงหน้าแล้ง หรือใช้เป็นเส้นทางเดินข้ามผ่านลำห้วย

4. พื้นที่ต้องปราศจากภาวะน้ำท่วมอย่างรุนแรง

ความสามารถในการกักเก็บน้ำที่สูงถึง 33.5 ล้านลูกบาศก์เมตร ของอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน

และมีลำห้วยที่ไหลยาวต่อเนื่องมาจากประเทศกัมพูชาและลาว จากการศึกษาพบว่า ปริมาณน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนในหนึ่งรอบปีระหว่างช่วงฤดูแล้งกับฤดูฝน ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำอย่างฉับพลันถึงระดับที่สูงมากจนท่วมชายตลิ่ง และมีการระบายน้ำลงสู่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนล่างเพื่อประโยชน์ทางการเกษตรอย่างต่อเนื่อง ระดับน้ำในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนจึงไม่เป็นอันตรายต่อการสร้างรังวางไข่ของจระเข้

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะ คือ

1. อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนเหมาะสมเป็นแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมจระเข้น้ำจืดของประเทศไทย ด้วยสภาพพื้นที่ แหล่งอาหาร สามารถรองรับประชากรและสร้างประชากรใหม่ได้ ซึ่งจะเป็นแหล่งสร้างลูกจระเข้ขนาดเล็กเพื่อนำไปใช้ฟื้นฟูในพื้นที่คุ้มครองอื่น

2. สามารถใช้อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบนเป็นแหล่งเรียนรู้เรื่องจระเข้น้ำจืดได้

3. ไม่ควรให้มีกิจกรรมการหาปลาในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน เนื่องจากผิดกฎหมายและจะเป็นอันตรายต่อจระเข้น้ำจืด จระเข้จะจมน้ำตายจากเครื่องมือหาปลา เช่น ตาข่าย และเบ็ดขนาดใหญ่

4. หากในอนาคตได้กำหนดให้พื้นที่อ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน เป็นแหล่งฟื้นฟูประชากรจระเข้ในธรรมชาติ ควรมีการสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่ประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง

5. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม ดังนี้

5.1 เพิ่มจำนวนกล้องดักถ่ายภาพสัตว์ป่าเพื่อเพิ่มโอกาสในการพบสัตว์ป่าในพื้นที่

5.2 ศึกษาสัตว์ป่าที่หากินตามเรือนยอดไม้เพิ่มเติม เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาโอกาสในการเป็นเหยื่อของจระเข้ เมื่อลงมาใช้ประโยชน์แหล่งน้ำ

5.3 ควรสำรวจสัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (Amphibian) ตอนกลางคืนเพิ่มเติมในช่วงฝนแรก บนเส้นทางหลัก

5.4 เก็บข้อมูลด้านความคิดเห็นของชุมชนโดยรอบพื้นที่ ต่อการปล่อยจระเข้ในอ่างเก็บน้ำห้วยพลาญเสือตอนบน พร้อมทั้งเตรียมการสร้างความรู้ความเข้าใจให้แก่ประชาชน

จากนั้นควรนำผลการศึกษาดังกล่าวเชื่อมโยงให้เข้ากับนิเวศวิทยาของสัตว์ในพื้นที่ ทั้งในด้านความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และความสัมพันธ์เชิงเวลาของทรัพยากรทั้งทางกายภาพและชีวภาพที่จำเป็นต่อการอยู่อาศัยของจระเข้

คำนิยม

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่ายอดโดมที่ช่วยเก็บข้อมูลภาคสนาม และเจ้าหน้าที่อุทยานแห่งชาติภูจองนายอย ที่อำนวยความสะดวกสถานที่พักในระหว่างการศึกษา ขอบคุณภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ที่สนับสนุนอุปกรณ์การศึกษา และขอบคุณพ่อกับแม่สำหรับทุนการศึกษาของข้าพเจ้า

REFERENCES

Behera, S.K., R. Mohanta, C.S. Kar and S.S. Mishra. 2014. Preliminary inventory of biodiversity at Ghodahada resevoir: conservation of Mugger Crocodile at Ganjam District, Odisha. **Biodiversity and Endangered Species Journal** 2 (3): 1-4.

Bibby, C. J., M. Jones and S. Marsden. 1998. **Expedition Field Techniques Bird Survey**. Geographic Outdoor, London.

Chitchamnong, W. 2016. **Some Ecological Aspects of Siamese Crocodile (*Crocodylus siamensis*) in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary**. M.S. Thesis, Kasetsart University, (in Thai).

Jornburom, P., V. Chimchome, A. Pattnavibool and P. Poonswad. 2010. Density estimation of hornbills in Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Uthai Thani province. **Thai Journal of Forestry** 29 (1): 1-11. (in Thai)

Pengsombut, S. and P. Nonthathron. 2016. Local Communities Participation in Wildlife Tourism Development at Kuiburi National Park, Prachuap Khiri Khan Province. **Thai Journal of Forestry** 35 (2): 99-109. (in Thai)

Polphan, S., N.T. Phongkhieo and V. Chimchome. 2010. Impacts of Forest Area Utilization by Local Communities on Habitat Utilization by Wildlife: A Case Study in Kaeng Krachan National Park. **Thai Journal of Forestry** 29 (1): 43-54. (in Thai)

Ross, J.P. 1998. **Status survey and conservation Action Plan. 2nd Edition**. IUCN, Gland, Switzerland Cambridge, UK.

Sam, H., L. Hor, R. Nhek, P. Sorn, S. Heng, B.K. Simpson, A. Starr, S. Brook, J.L. Frechette and J.C. Daltry**.** 2015. Status, distribution and ecology of the Siamese crocodile *Crocodylus siamensis* in Cambodia. **Cambodian Journal of Natural History 2015** (2): 153–164.

Simpson, B.K. 2006a. **Siamese Crocodile Survey and Monitoring Handbook: An Introduction for Conservation Workers in Cambodia**. Fauna & Flora International, Cambodia Programme. Phnompen Penh, Cambodia.

_____., D. Chheang and S. Han. 2006b. The status of the Siamese crocodile in Cambodia, pp. 292–304. *In* **Crocodiles. Proceedings of the 18th Working Meeting of the Crocodile Specialist Group**. IUCN, Gland, Switzerland Cambridge, UK.

Sutherland, W.J. 1996. **Ecological Census Techniques: a Hand Book**. Cambridge University Press, Cambridge.

Wittayanon, C. 2003. G**uide of Fresh-water fish**. Sarakadee, Bangkok. (in Thai)

Yangprapakorn, P. 2014. **Workshop on development of human resources of the state to have knowledge in the management of crocodiles in order to preserve and increase the population of crocodiles in nature**. 24-25 January 2014. Panya Farm Kampeangsean CO., LTD. Nakhon Pathom.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การพัฒนารูปวิธานกล้าไม้ต้นในป่าดิบแล้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

Developing Identification Keys of Tree Seedlings in Seasonal Dry Evergreen Forest, Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary

สุรเดช โชติวุฑฒากร[1]
นันทชัย พงศ์พัฒนานุรักษ์*[1]
นิสา เหล็กสูงเนิน[1]
เอกพันธ์ ไกรจักร์[2]

Suradat Chowtiwuttakorn[1]
Nantachai Pongpattananuruk*[1]
Nisa Leksungnoen[1]
Ekaphan Kraichak[2]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkokok, 10900, Thailand.
[2]คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900
Faculty of Science, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand.
* corresponding author: ffforncp@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 29 สิงหาคม 2561 รับแก้ไข 26 ตุลาคม 2561 รับลงพิมพ์ 29 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

For the past several decades, some of plant specimens, especially those of seedlings, have a limited number of the useful morphological characteristics for species identification in ecological research of Thailand. Therefore, the objective of this study was to devolop identification keys for seedlings of thirty tree species in the 50-ha forest dynamics plot at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, using the classical plant taxonomy technique and numerical plant taxonomy technique approaches. The seeds were collected from the surrounding areas of the plot and brought back to the nursery for propagation. Qualitative and quantitative morphological characteristics of each seedlings were observed from the germination to the time when the first pair of true leaves emerged. Four approaches were employed to construct an identification key: (1) numerical plant taxonomy technique with quantitative characters (2) numerical plant taxonomy technique with qualitative characters (3) numerical plant taxonomy technique with both quantitative and qualitative characters and (4) classical plant taxonomy technique with both quantitative and qualitative characters. A total of 39 characteristics (26 qualitative, 10 quantitative characters) were observed. Among these characteristic, 12, 16, 15 and 15 characters were used in the construction of the identification key with each approaches, respecitively, with the accuracy values ranging from 96.27 to 100%, respectively. This study can facilitate further studies in seedling dynamics and

forest regeneration in the 50-ha forest dynamics plots in Hua Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, as well as the surrounding areas.

Keywords: morphology, tree seedlings, tropical forest, numerical plant taxonomy technique, classical plant taxonomy technique

บทคัดย่อ

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันการศึกษาอนุกรมวิธานพืชของกล้าไม้ต้นประเทศไทยยังขาดแคลนรูปวิธานเพื่อจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วยเทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลข พบว่าเทคนิคดังกล่าวได้มีการพัฒนามากขึ้นตามลำดับ แต่เทคนิคนี้ก็ไม่ได้นิยมนำมาใช้ในการพัฒนารูปวิธานกล้าไม้ต้นเท่าที่ควรในประเทศไทย การศึกษานี้จึงมีเป้าหมายเพื่อศึกษาสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ต้นป่าดิบแล้งบางชนิดเพื่อนำมาพัฒนารูปวิธานกล้าไม้ต้นดังกล่าวโดยใช้เทคนิคทางอนุกรมวิธานพืชดั้งเดิม และเทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลข และเปรียบเทียบรูปวิธานที่ได้จากการพัฒนาตามเทคนิคทั้งสองในแง่ของความถูกต้องและการนำไปใช้ประโยชน์ การวิจัยนี้ได้รวบรวมเมล็ดไม้ทั้งหมด 30 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดที่พบได้ทั่วไปในแปลงถาวรขนาด 50 เฮกแตร์ บริเวณป่าดิบแล้งในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง โดยทำการเก็บเมล็ดไม้ต้นรอบแปลงถาวรดังกล่าว หลังจากนั้นทำการเพาะเมล็ดไม้ในเรือนเพาะชำเพื่อติดตามลักษณะสัณฐานวิทยาในช่วงระยะงอกจนกระทั่งแตกใบแท้คู่แรก ลักษณะสัณฐานวิทยานี้ได้ถูกนำไปใช้พัฒนารูปวิธานจำนวน 4 แบบ ได้แก่ 1) พัฒนารูปวิธานด้วยเทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลขโดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 2) พัฒนารูปวิธานด้วยเทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลขโดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 3) พัฒนารูปวิธานด้วยเทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลขโดยใช้ทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ และ 4) พัฒนารูปวิธานด้วยเทคนิคอนุกรมวิธานพืชดั้งเดิมโดยใช้ทั้งลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ (จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 26 ลักษณะ และลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 10 ลักษณะ รวมลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งสิ้น 36 ลักษณะ) ผลการศึกษาพบว่าจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกนำมาใช้พัฒนารูปวิธานทั้ง 4 รูปแบบมีจำนวน 10 16 15 และ 15 ลักษณะ ตามลำดับ และมีค่าความถูกต้องของรูปวิธานร้อยละ 96.27 100 100 และ 100 ตามลำดับ การศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ารูปวิธานที่พัฒนามาจากทั้งเทคนิคการจัดทำรูปวิธานแบบดั้งเดิมและแบบเชิงตัวเลขโดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมีความแตกต่างกันในแง่ความถูกต้องไม่มากนัก และมีความเหมาะสมสำหรับการเลือกนำรูปวิธานไปใช้จำแนกชนิดกล้าไม้ต้น รูปวิธานที่พัฒนาจากการศึกษานี้มีความสำคัญต่อการนำไปใช้จำแนกกล้าไม้ต้นในป่าดิบแล้งเพื่อนำไปต่อยอดการศึกษาวิจัยเชิงลึกทางพลวัตของนิเวศวิทยากล้าไม้ในป่าดิบแล้งของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

คำสำคัญ: สัณฐานวิทยา กล้าไม้ต้น ป่าเขตร้อน อนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลข อนุกรมวิธานพืชแบบดั้งเดิม

คำนำ

การศึกษากล้าไม้ต้นถือได้ว่าเป็นกุญแจที่สำคัญต่อการเข้าใจถึงการแพร่พันธุ์ของเมล็ดไม้ต้น (seed dispersal) การกระจายพันธุ์และการตั้งตัวของกล้าไม้ต้น (tree seedling establishment) (Janzen, 1970; Connell, 1971; Schupp, 1992) ตลอดจนการตอบสนองของกล้าไม้ต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Bunker and Carson, 2005) อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านพลวัตของกล้าไม้ต้นมีข้อจำกัดที่สำคัญคือความสามารถในการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้น (seedling

identification) ในภาคสนาม โดยเฉพาะการจำแนกกล้าไม้ต้นในช่วงระยะงอกจนกระทั่งเป็นกล้าไม้ต้นที่มีใบแท้คู่แรก เนื่องจากลักษณะสัณฐานวิทยาของใบแท้ในระยะดังกล่าวมีความแตกต่างไปจากลักษณะสัณฐานวิทยาของใบแท้ในระยะที่โตเต็มที่หรือระยะแม่ไม้ ส่งผลให้การจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นไม่สามารถจำแนกชนิดได้ถูกต้องในภาคสนาม ในประเทศไทยพบว่างานวิจัยยังขาดความรู้เกี่ยวกับสัณฐานวิทยาและความสามารถในการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นในระยะดังกล่าว เป็นผลให้นักวิจัยไม่สามารถพัฒนาความรู้ทางด้านพลวัตของกล้าไม้ต้นบริเวณป่าเขตร้อนในประเทศไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ต้น (tree seedling morphology) ที่ผ่านมา พบว่ามีการศึกษาอย่างแพร่หลาย เช่น การศึกษาสัณฐานวิทยากล้าไม้ของ Duke (1965) และ Nozzolillo (1977) ในป่าเขตร้อนของทวีปอเมริกา และการศึกษาสัณฐานวิทยากล้าไม้ของ Ng (1991) ในป่าเขตร้อนของประเทศมาเลเซีย ขณะที่การศึกษาสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้นของประเทศไทยพบเพียงการศึกษาสัณฐานวิทยาและการพัฒนารูปวิธานของกล้าไม้ต้นที่ปรากฏในป่าทางภาคเหนือโดย Forest Restoration Research Unit [FORRU] (2000) ภาคตะวันตกโดย Chamchumroon (1997) และภาคกลางโดย Hellum *et al.* (2000) เท่านั้น และยังพบว่าการพัฒนารูปวิธานจำแนกกล้าไม้ต้นเฉพาะในช่วงระยะการงอกออกจากเมล็ดจนกระทั่งเป็นกล้าไม้ต้นที่มีใบแท้คู่แรกนั้นยังไม่มีรายงานอย่างเป็นทางการมาก่อน นอกจากนั้นแล้วเป็นที่น่าสังเกตว่าการศึกษาที่ผ่านมาทั้งหมดนั้นส่วนใหญ่มีการจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นมาจากเทคนิคอนุกรมวิธานพืชแบบดั้งเดิม (classical plant taxonomy technique: CPTT) (Valentine and Love, 1958; Nair, 1980) โดยให้ความสำคัญกับลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ (qualitative morphological characteristic) มากกว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ (quantitative morphological characteristic) เนื่องจากลักษณะสัณฐานเชิงคุณภาพสามารถวินิจฉัยได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่ภาคสนาม ส่งผลให้การศึกษาส่วนใหญ่มีการเลือกลักษณะสัณฐานวิทยาที่นำมาใช้จัดรูปวิธานจำแนกชนิดจากความรู้และความเห็นของนักอนุกรมวิธานที่มีการคัดกรองลักษณะสัณฐานวิทยาที่เด่นชัดออกมาจัดทำรูปวิธาน ต่อมาได้มีการพัฒนาโดยใช้เทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลข (numerical plant taxonomy technique: NPTT) (Osborne, 1963; Nair, 1980) ที่มาจากการประมวลผลโดยใช้คอมพิวเตอร์ตามหลักการทางสถิติ (Sneath, 2015) สามารถจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดสามารถใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพช่วยส่งเสริมให้การจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดที่มีประสิทธิภาพในการอธิบายความซับซ้อนของพืชเหล่านั้นมากยิ่งขึ้น (Osborne, 1963; Mulumba and Kakudidi, 2010; Sarwar and Qaiser, 2011; Srithong *et al.*, 2016) การศึกษาการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดทั้ง CPTT และ NPTT แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาดังกล่าวมีความสำคัญทั้งในเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ ด้วยเหตุดังกล่าวการศึกษานี้มีเป้าหมายในการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของกล้าไม้ต้นและนำเอาลักษณะสัณฐานวิทยาที่ได้จากการศึกษามาพัฒนารูปวิธานให้มีประสิทธิภาพต่อการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นในป่าเขตร้อนของประเทศไทย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) ศึกษาสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้นในใบแท้คู่แรกจนกระทั่งใบแท้คู่ใบที่สี่ 2) จัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วยเทคนิคอนุกรมวิธานพืชเชิงตัวเลข และเทคนิคทางอนุกรมวิธานพืชแบบดั้งเดิม โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพที่ศึกษาได้ และ 3) เปรียบเทียบรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นจากเทคนิคทั้งสอง ในแง่ประสิทธิภาพและความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ตามเทคนิคอนุกรมวิธานพืชที่แตกต่างกัน ผลของการศึกษาในครั้งนี้สะท้อนให้เห็นถึงประสิทธิภาพ แนวทางการพัฒนาและการใช้ประโยชน์และข้อจำกัดของรูปวิธานการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นของสังคมพืชป่าดิบแล้ง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง

อุปกรณ์ และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การวิจัยนี้ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาคือบริเวณโดยรอบสถานีวิจัยคลองพลูซึ่งเป็นที่ตั้งของแปลงตัวอย่างถาวรขนาด 50 เฮกตาร์ เพื่อติดตามพลวัตของสังคมพืชป่าดิบแล้ง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี แปลงตัวอย่างถาวรนี้ตั้งอยู่ในพื้นที่ทางตอนเหนือของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง (Figure 1) อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางระหว่าง 549 เมตร ถึง 638 เมตร พื้นที่ศึกษามีค่าปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,357 มิลลิเมตร และมีค่าอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 23.5 องศาเซลเซียส (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) การศึกษาติดตามพลวัตของไม้ต้นในแปลงตัวอย่างถาวรได้ทำการวัดไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 เซนติเมตร ที่ระดับความสูงเพียงอก 1.3 เมตร จากข้อมูลฐานของชนิดไม้ต้นที่ปรากฏอยู่ในแปลงถาวรพบว่ามีจำนวนชนิดทั้งหมด 291 ชนิด ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้ ชนิดไม้ต้นที่พบได้ทั่วไป (common tree species) มีจำนวน 101 ชนิด ได้แก่ เปล้าหลวง ลำไยป่า จักหันยางโอน สนกระ เป็นต้น ชนิดไม้ต้นที่พบได้ยาก (rare tree species) ซึ่งเป็นชนิดที่มีจำนวนไม้ต้นในแต่ละชนิดน้อยกว่า 1 ต้นต่อเฮกตาร์ มีจำนวน 190 ชนิด ได้แก่ แคฝอย ตะแบกเลือด ส้านใหญ่ รัง ติ้วเกลี้ยง เป็นต้น (Hubbell and Foster, 1986; Bunyavejchewin *et al.*, 2004; 2009)

การเก็บตัวอย่างเมล็ดในป่าดิบแล้ง

การศึกษาในครั้งนี้ทำการรวบรวมเมล็ดของไม้ต้นที่พบได้ทั่วไปในแปลงถาวรเพื่อศึกษาพลวัตไม้ต้นป่าดิบแล้ง จำนวน 30 ชนิด (Table 1) เมล็ดไม้ต้นดังกล่าวได้ถูกเก็บโดยรอบบริเวณแปลงถาวรเพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อการติดตามพลวัตไม้ต้นในแปลงถาวร ตามช่วงฤดูกาลที่มีการร่วงหล่นของผลหรือเมล็ดตามชีพลักษณ์ (phenology) ของแม่ไม้ต้น ซึ่งอยู่ในช่วงระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2559 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 เป็นระยะเวลา 12 เดือน ขณะเดียวกันการวิจัยนี้มีการเลือกเก็บเมล็ดจากแม่ไม้ต้นที่แตกต่างกันอย่างน้อย 3 แม่ไม้ ชนิดละไม่น้อยกว่า 50 เมล็ด การคัดเลือกเมล็ดที่นำมาใช้ศึกษาในครั้งนี้เป็นเมล็ดที่มีความสมบูรณ์ ปราศจากการทำลายจากโรคและแมลง (Pérez-Harguindeguy *et al.*, 2013)

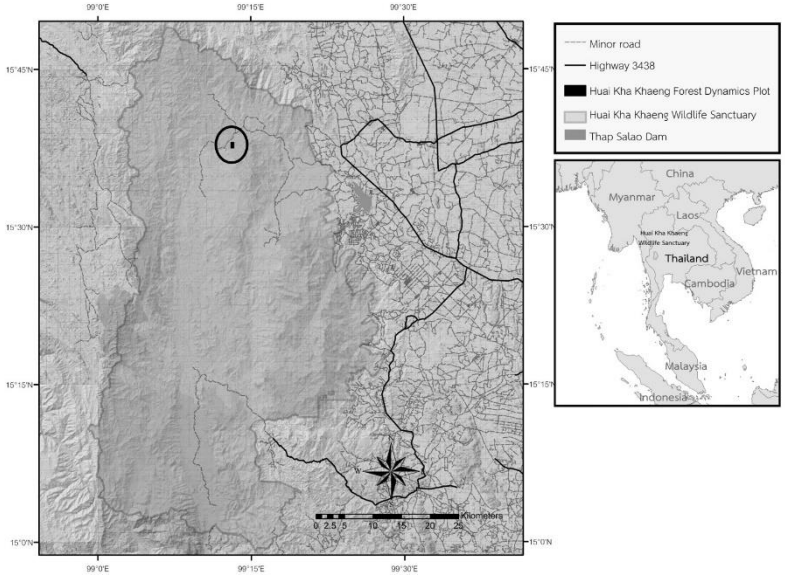


Figure 1 Location of the 50-ha Huai Kha Khaeng forest dynamic permanent plot.

หลังจากที่ได้ทำการรวบรวมเมล็ดของไม้ต้นเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เมล็ดไม้ต้นได้ถูกนำกลับมาเพาะเมล็ดในกระบะดินเป็นจำนวน 50 ถึง 100 เมล็ด โดยเมล็ดไม้ต้นดังกล่าวได้ถูกปลูกโดยควบคุมให้อยู่สภาวะแวดล้อมเดียวกันภายในเรือนเพาะชำ ภาควิชาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ การศึกษาสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้นได้ศึกษาเฉพาะในช่วงระยะงอกจนกระทั่งเป็นกล้าไม้ต้นมีใบแท้คู่แรก หลังจากศึกษาสัณฐานวิทยาดังกล่าวเสร็จสิ้นทำการบันทึกข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพของกล้าไม้ต้นให้มีจำนวนซ้ำอย่างน้อย 8 ถึง 10 ต้นต่อชนิด (Table 1)

Table 1 List of tree seedling species collected in the surrounding of the 50-ha forest dynamic plot.

No.	Thai name	Code	Botanical name	Family	n
1	ก่วมขาว	ACEROB	*Acer oblongum* Wall. ex DC.	Sapindaceae	10
2	มะค่าโมง	AFZEXY	*Afzelia xylocarpa* (Kurz) Craib	Fabaceae	10
3	ผีเสื้อ	ALANCH	*Alangium chinense* (Lour.) Harms	Cornaceae	9
4	มะเม่าสาย	ANTIMO	*Antidesma montanum* Blume	Phyllanthaceae	10
5	ตาเสือ	APHAPO	*Aphanamixis polystachya* (Wall.) R. Parker	Meliaceae	10
6	ตาเป็ดตาไก่	ARDIPO	*Ardisia polycephala* Wall. ex A. DC.	Primulaceae	10
7	หอมไกล	ARYTLI	*Arytera littoralis* Blume	Sapindaceae	10
8	กรวยป่า	CASEGR	*Casearia grewiifolia* Vent.	Salicaceae	10
9	ดีหมี	CLEIJA	*Cleidion javanicum* Blume	Euphorbiaceae	10
10	มะขามไก่	DERRDA	*Derris dalbergioides* Baker	Fabaceae	10
11	มะตาด	DILLIN	*Dillenia indica* L.	Dilleniaceae	10
12	จันดง	DIOPDA	*Diospyros dasyphylla* Kurz	Ebenaceae	10
13	ยางนา	DIPTAL	*Dipterocarpus alatus* Roxb. ex G. Don	Dipterocarpaceae	10
14	เหียง	DIPTOB	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	Dipterocarpaceae	10
15	พะวา	GARCHO	*Garcinia hombroniana* Pierre	Clusiaceae	10
16	ตะคร้ำ	GARUPI	*Garuga pinnata* Roxb.	Burseraceae	8
17	หอมไกลดง	HARPAR	*Harpullia arborea* (Blanco) Radlk.	Sapindaceae	10
18	กาแฟป่า	HYPTST	*Hyptianthera stricta* (Roxb. ex Schult.) Wight & Arn.	Rubiaceae	10
19	ปอตะพาบ	MALLBA	*Mallotus barbatus* Müll. Arg.	Euphorbiaceae	8
20	มะฝ่อ	MALLNU	*Mallotus nudiflorus* (L.) Kulju & Welzen	Euphorbiaceae	10
21	หัสคุณใบใหญ่	MICRMI	*Micromelum minutum* Wight & Arn.	Rutaceae	10
22	อีแรด	MILIHO	*Miliusa horsfieldii* (Benn.) Baill. ex Pierre	Annonaceae	10
23	กล้วยไม้ลูกเล็ก	MITRTO	*Mitrephora tomentosa* Hook. f. & Thomson	Annonaceae	10
24	กลึงกล่อม	POLYSU	*Polyalthia suberosa* (Roxb.) Thwaites	Annonaceae	10
25	ยางโอน	MOONVI	*Monoon viride* (Craib) B. Xue & R. M. K. Saunders	Annonaceae	10
26	สนกระ	PRISTE	*Prismatomeris tetrandra* (Roxb.) K. Schum.	Rubiaceae	10

Table 1 (Con.)

No.	Thai name	Code	Botanical name	Family	n
27	นูดต้น	PRUNAR	*Prunus arborea* Kalkman var. *montana* Kalkman	Rosaceae	10
28	มะกอกป่า	SPONPI	*Spondias pinnata* (L. f.) Kurz	Anacardiaceae	10
29	ชมพู่ป่า	SYZYME	*Syzygium megacarpum* (Craib) Rathakr. & N. C. Nair	Myrtaceae	10
30	ยมหอม	TOONCI	*Toona ciliata* M. Roem.	Meliaceae	10

Remark: "n" is a number of samples in each species for which was used analysis in identification keys.

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่นำมาใช้ในการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นประกอบไปด้วยข้อมูล 2 ประเภท คือ ลักษณะทางสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ และลักษณะทางสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ ตามละเอียดดังนี้ ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณมีจำนวน 10 ลักษณะ ได้แก่ ความยาวต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl length; HL, cm) ความยาวต้นอ่อนเหนือใบเลี้ยง (epicotyl length; EL, cm) ความกว้างใบ (lamina width; LW, cm) ความยาวใบ (lamina length; LL, cm) ความหนาใบ (leaf thickness; LTN, mm) ความยาวก้านใบ (petiole length; PL, cm) ความยาวก้านใบย่อย (petiolule length; PUL, cm) ความยาวแกนกลางใบ (rachis length; RL, cm) ความโตที่ระดับคอรากดิน (root collar diameter; RCD, mm) ความสูงทั้งหมด (height; H, cm) ลักษณะสัณฐานเชิงคุณภาพมีจำนวน 26 ลักษณะ ได้แก่ รูปใบ (leaf shape; LS) การติดของแผ่นใบ (leaf attachment; LA) ประเภทของใบ (leaf type; LT) ประเภทการเรียงตัวของใบ (leaf arrangement type; LAT) การเรียงตัวใบย่อย (leaflet compound arrangement; LCA) สมมาตรของแผ่นใบ (leaf symmetrical; LSM) สมมาตรของโคนใบ (leaf base symmetrical; LBSM) มุมโคนใบ (leaf base angle; LBA) โคนใบ (leaf base; LB) มุมปลายใบ (leaf apex angle; LAA) ปลายใบ (leaf apex; LAP) ลักษณะปลายสุดของปลายใบ (leaf terminal apex feature; LTAF) ขอบใบ (leaf margin; LM) การแปรผันขอบใบ (leaf margin spacing; LMS) สิ่งปกคลุมแผ่นใบ (leaf surface; LSF) ตำแหน่งต่อมที่ใบ (leaf gland position; LGP) เส้นใบปฐมภูมิ (primary vein; PV) เส้นใบทุติยภูมิ (secondary vein; SV) เส้นใบเชิงซ้อนของเส้นใบทุติยภูมิ (agrophic vein; AV) ตำแหน่งหูใบ (stipule position; SP) ลักษณะก้านใบ (petiole characteristic; PT) ก้านใบตัดขวาง (petiole cross-section; PCS) ขนที่ลำต้น (stem hair; SH) การปรากฏของขอบใบในแนวระนาบ (the abaxial-adaxial plane of the leaf blade, A-AOLB) กลิ่น (smelling; SL) และน้ำเลี้ยง (sap; S) รวมลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งสิ้น 36 ลักษณะ (Hickey, 1973; Ellis *et al*., 2009)

ข้อมูลลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ได้ตรวจสอบข้างต้นได้นำมาสร้าง และเปรียบเทียบรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วยเทคนิคที่แตกต่างกันเพื่อพัฒนารูปวิธาน 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 2) รูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 3) รูปวิธานจำแนกชนิด NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ และ 4) รูปวิธานจำแนกชนิดด้วย CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ การศึกษานี้ได้ประยุกต์ NPTT นำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธีการจัดจำแนกตามวิธีการ classification tree (Breiman *et al.*, 1984) โดยใช้โปรแกรม R (R Core Team, 2016) ร่วมกับ "Rpart Package" (Therneau *et al.*,

2018) ลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกนำมาใช้ในการจัดทำรูปวิธานได้กระทำผ่านฟังก์ชัน Rpart นั้น กำหนดให้มีการคัดเลือกจากการแปรผันของลักษณะสัณฐานวิทยาที่นำมาใช้แยก โดยกำหนดให้จำนวนตัวอย่างมีอย่างน้อย 5 ซ้ำ (minsize = 5) ในกิ่งสุดท้าย (terminal node) ของการจำแนกถึงระดับชนิด นอกจากนี้การศึกษารูปวิธานจำแนกชนิดที่ได้จาก NPTT ของการพัฒนาทั้ง 3 รูปวิธาน ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพโดยการคำนวณหาค่าความถูกต้อง (accuracy values) โดยสรุปจากค่าสังเกตของผลรวม (summary) ที่ได้จากการจับคู่กันของลักษณะสัณฐานวิทยาในแต่ละตัวอย่างของชนิดกล้าไม้ต้นได้อย่างถูกต้อง และ CPTT ทำการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดตามหลักการที่นิยมใช้ตามแบบรูปแบบดั้งเดิม (Sneath and Sokal, 1973) เพื่อให้รูปวิธานมีความถูกต้องสูงสุด นอกจากนี้ทั้ง 4 รูปวิธานนี้ถูกนำมาพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ ในแง่ของการใช้ประโยชน์ในภาคสนามต่อการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้น

ผลและวิจารณ์

รูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วยเทคนิค NPTT และ CPTT

จากการศึกษาสัณฐานวิทยาของกล้าไม้จำนวน 19 วงศ์ 28 สกุล 30 ชนิด ตามการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นด้วยเทคนิคที่แตกต่างกัน 4 รูปวิธาน คือ 1) รูปวิธานจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้น NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 2) รูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 3) รูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ และ 4) รูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ รายละเอียดผลการศึกษามีดังนี้

1. การศึกษาการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ จากจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณทั้งหมด 10 ลักษณะ (Figure 2) พบว่า NPTT มีการเลือกใช้ลักษณะสัณฐานวิทยามีจำนวน 10 ลักษณะมาพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิด (Table 2) ลักษณะสัณฐานวิทยาที่มีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ความโตที่ระดับคอรากดิน ความยาวใบ ความยาวต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง ความยาวก้านใบ และความกว้างใบ ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงลักษณะสัณฐานวิทยาใดที่มีการแปรผันน้อยจึงถูกนำมาพัฒนารูปวิธานมากที่สุด การพิจารณารูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT กำหนดให้พิจารณาลักษณะสัณฐานวิทยาที่แสดงผลในแต่ละกิ่งของรูปวิธานผังต้นไม้ (Figure 2) ถ้าชนิดกล้าไม้ต้นดังกล่าวเป็นไปตามลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกใช้ในการจำแนกชนิดในรูปวิธาน กำหนดให้พิจารณาลักษณะที่อยู่ทางกิ่งขวามือของรูปวิธาน แต่ถ้าไม่เป็นไปตามลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกใช้จำแนกชนิดในรูปวิธานให้พิจารณาไปทางกิ่งซ้ายมือของรูปวิธาน เช่น จากรูปวิธานใน Figure 2 เริ่มต้นให้พิจารณาความยาวต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง หากพบว่าลักษณะดังกล่าวมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 11.7 เซนติเมตร จำแนกชนิดกล้าไม้เป็น MALLNU (มะฝ่อ) หากลักษณะดังกล่าวนี้มีค่าน้อยกว่า 11.7 เซนติเมตร ให้พิจารณาไปตามลักษณะสันฐานวิทยาอื่นๆ ทางซ้ายมือที่อยู่ถัดลงไปเพื่อนำไปสู่การจำแนกชนิดกล้าไม้อื่นๆ เป็นต้น

2. การศึกษาการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ (Figure 3) จากจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพทั้งหมด 26 ลักษณะ พบว่า NPTT มีการเลือกใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาจำนวน 16 ลักษณะ มาจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิด (Table 2) ลักษณะสัณฐานวิทยาที่มีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ โคนใบ ประเภทใบ ประเภทการเรียงตัวใบ การเรียงตัวใบย่อย และขอบใบ ตามลำดับ

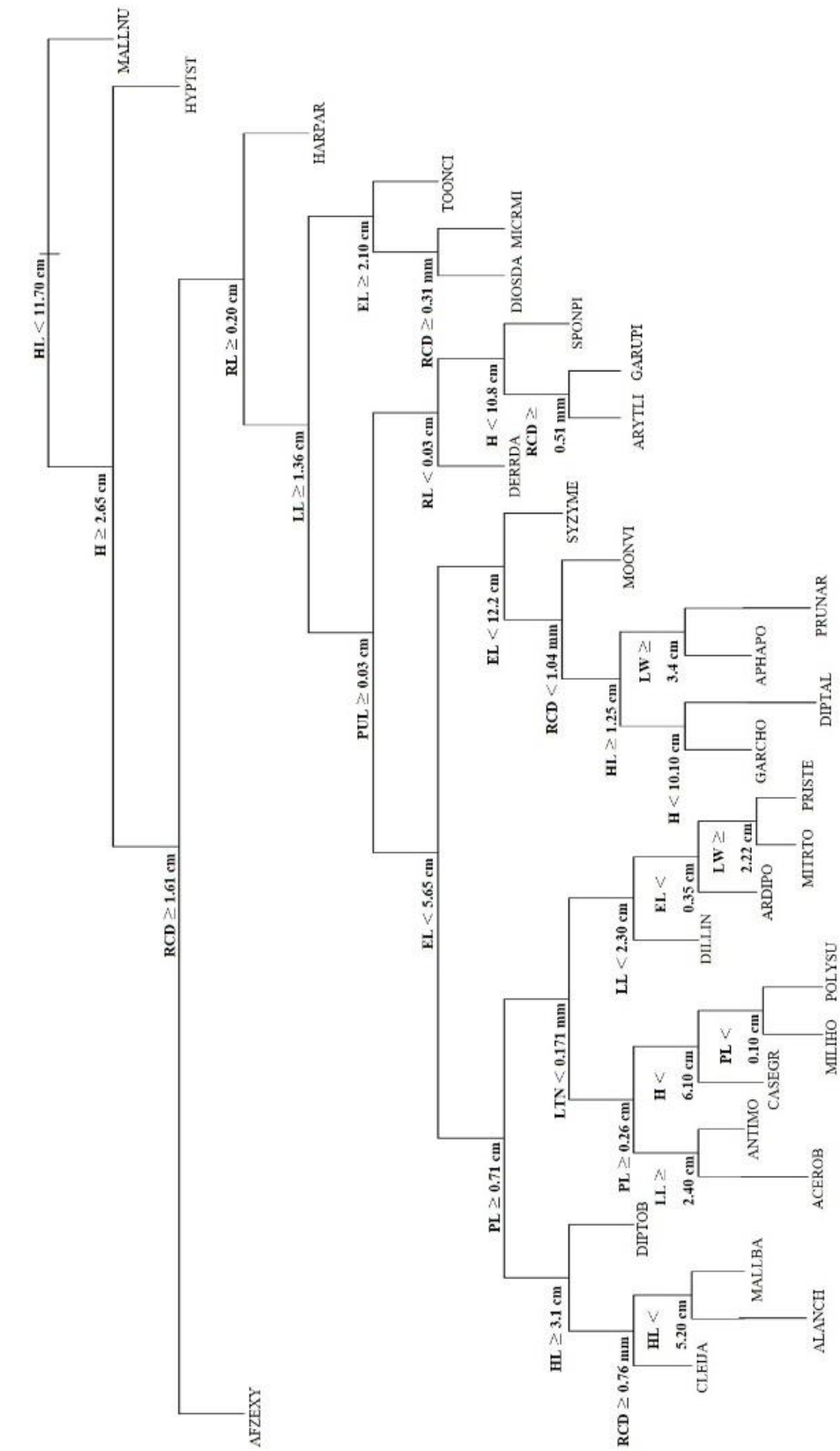


Figure 2 The identification key developed by numerical plant taxonomy technique with only quantitative characters.
Remarks: HL = Hypocotyl Length, H = Height, RL = Rachis Length, LL = Lamina Length, EL = Epicotyl Length, RCD = Root Collar Diameter, PL = Petiole Length, PUL = Petiolule Length, LTN = Leaf Thickness, LW = Lamina Width. If the character satisfies the condition at the node, it follows the branch to the right. Otherwise, it follows the left branch.

3. การศึกษาการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ จำนวน 36 ลักษณะ (Figure 4) พบว่า NPTT มีการเลือกใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาจำนวน 15 ลักษณะ มาจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิด แบ่งออกเป็นจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 4 ลักษณะ และจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 11 ลักษณะ (Table 2) ลักษณะสัณฐานวิทยาที่มีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ โคนใบ ประเภทใบ ประเภทการเรียงตัวใบ การเรียงตัวใบย่อย และความยาวก้านใบ ตามลำดับ

4. การศึกษารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นด้วย CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพจำนวน 36 ลักษณะ (Figure 5) พบว่า CPTT มีการเลือกใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพเท่านั้นมาจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดจำนวน 15 ลักษณะ โดยไม่จำเป็นต้องใช้ลักษณะเชิงปริมาณแต่อย่างใด (Table 2) ลักษณะสัณฐานวิทยาที่มีความสำคัญมากที่สุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ตำแหน่งหูใบ ขอบใบ ตำแหน่งต่อมที่ใบ สิ่งปกคลุมผิวใบ และการเรียงตัวใบ ตามลำดับ

ประสิทธิภาพและการใช้ประโยชน์ของรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้น

จากการศึกษาจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 10 ลักษณะ และจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 26 ลักษณะ รวมทั้งสิ้น 36 ลักษณะ จากการเปรียบเทียบจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาที่ใช้ในรูปวิธานทั้ง 4 รูปแบบ (Table 2) พบว่า รูปวิธาน NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณมีจำนวนสัณฐานวิทยาที่นำมาใช้ในการจำแนกชนิดน้อยที่สุด 10 ลักษณะ รองลงมาเป็นรูปวิธาน CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพมีจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกใช้ในการจำแนกชนิด 15 ลักษณะ ตามมาด้วยรูปวิธาน NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพใช้จำนวนลักษณะมากที่สุด 15 ลักษณะ และรูปวิธาน NPTT โดยใช้โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมีจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกใช้ในการจำแนกชนิด 16 ลักษณะ ค่าความถูกต้องของรูปวิธานดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 96.27 100 100 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ค่าดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการพัฒนารูปวิธานสำหรับกล้าไม้ต้นจำนวน 30 ชนิดนี้ รูปวิธานทั้ง 3 รูปแบบมีความถูกต้องเท่ากันทั้งหมดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้นรูปวิธานที่พัฒนาจาก NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณที่มีความถูกต้องที่ 96.27 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเทคนิค NPTT ที่ใช้เฉพาะลักษณะเชิงปริมาณอย่างเดียวนั้น มีการใช้จำนวนลักษณะทางสัณฐานวิทยาน้อยที่สุด แต่กลับพบว่าค่าความถูกต้องดังกล่าวมีค่าน้อยที่สุดเช่นกัน จากการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณที่นำมาใช้ในการนำมาจำแนกชนิดยังไม่เหมาะสม หรืออาจเป็นเพราะค่าเชิงปริมาณในกล้าไม้ต้นมีความผันแปรสูงมากกว่าแม่ไม้ต้น (Albert *et al.*, 2011) ทำให้รูปวิธานดังกล่าวมีประสิทธิภาพที่น้อยกว่าการนำรูปวิธานไปจำแนกชนิดเมื่อเทียบกับวิธีการอื่นๆ

นอกจากนั้นแล้วยังพบว่าในภาพรวมลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพได้ถูกนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นมีจำนวนมากกว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณทั้งในเทคนิค NPTT และ CPTT (Table 2) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพในการจำแนกชนิดของกล้าไม้มีประสิทธิภาพที่สูงและมีความผันแปรที่น้อยกว่าลักษณะสัณฐานเชิงปริมาณอย่างเห็นได้ชัด จึงส่งผลให้การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของ CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ รูปวิธานดังกล่าวมีการใช้เพียงเชิงคุณภาพมาจัดจำแนกชนิดอย่างเดียว และสามารถวินิจฉัยกล้าไม้ต้นได้ง่าย และมีค่าความถูกต้องไม่ต่างไปจาก NPTT

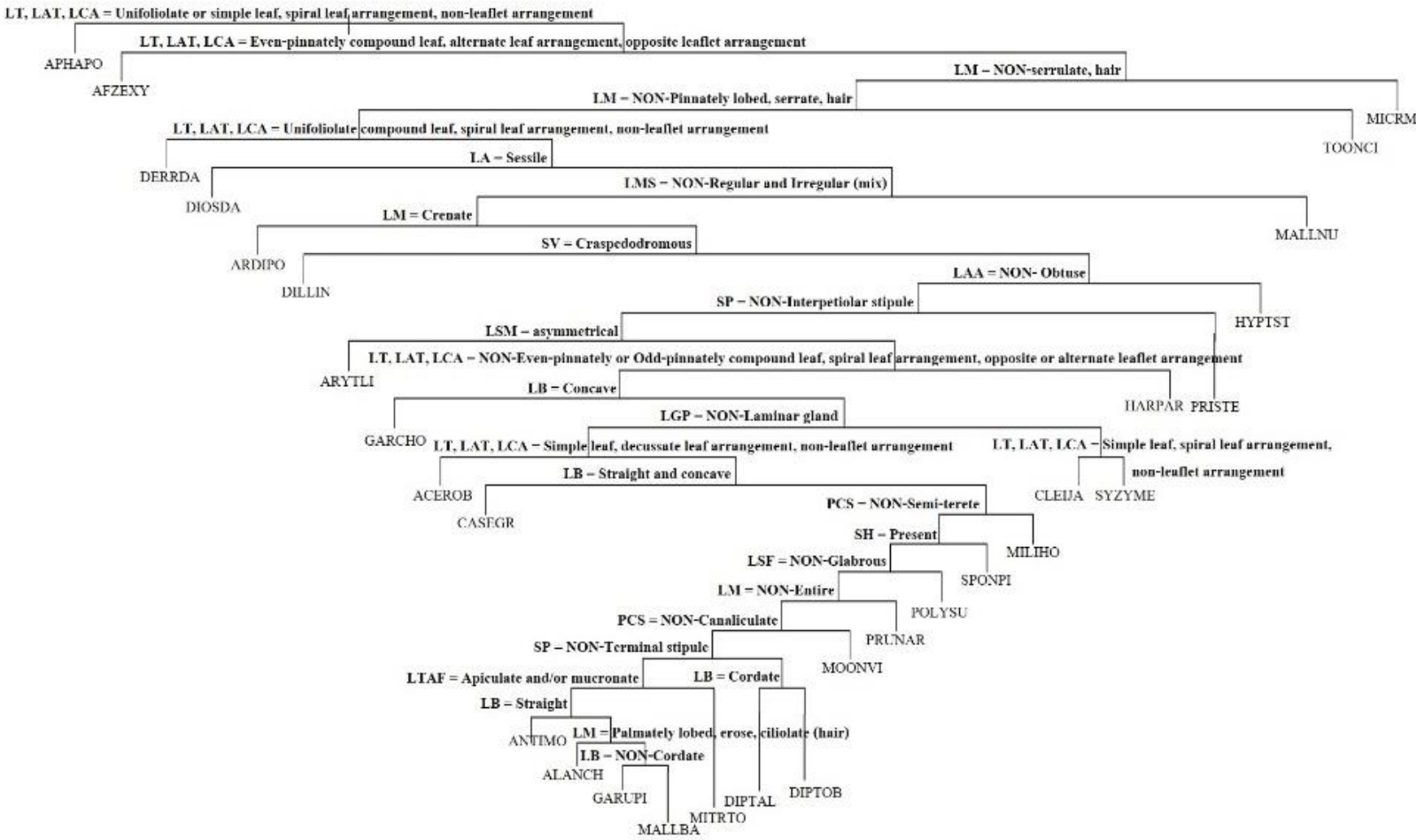


Figure 3 The identification key developed by numerical plant taxonomy technique with only qualitative characters.

Remarks: LT, LAT, LCA = Leaf Type, Leaf Arrangement Type and Leaflet Compound Arrangement, LMS = Leaf Margin Spacing, LM = Leaf Margin, LSM = Leaf Symmetrical, LB = Leaf Base, LAA = Leaf Apex Angle, PCS = Petiole Cross-Section, SH = Stem Hair, LSF = Leaf Surface, LA = Leaf Attachment, SV = Secondary Vein, SP = Stipule Position, LGP = Leaf Gland Position, LTAF = Leaf Terminal Apex Feature

Table 2 Comparisons of the numbers of importance morphological characteristics and accuracy values across four identification keys of tree seedlings in this study and other studies on seedling identification.

Techniques	Number of taxa	Accuracy (%)	Number of morphological characteristics overall used in the keys			Number of morphological characteristics used in the keys		
			Quantitative	Qualitative	Total	Quantitative	Qualitative	Total
NPTT-Quantitative characters	30	96.27	10	-	10	10	-	10
NPTT-Qualitative characters	30	100	-	26	26	-	16	16
NPTT-Both types of characters	30	100	10	26	36	4	11	15
CPTT-Both types of characters	30	100	10	26	36	-	15	15
NPTT (Srithong *et al.,* 2016)	22	-	-	-	-	15	12	27
CPTT (FORRU, 2000)	45	-	-	-	-	>4	>15	>19
CPTT (Hellum *et al.*, 2000)	64	-	-	-	-	-	>7	>7
CPTT (Chamchumroon,1997)	52	-	-	-	-	>2	>14	>16

Remarks: NPTT = Numerical plant taxonomy technique, CPTT = Classical Plant taxonomy technique

จากการศึกษาการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นทั้ง 30 ชนิด ตามรูปวิธานทั้ง 4 รูปแบบ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า

การจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ มีค่าความผิดพลาด 4.75 เปอร์เซ็นต์ ความผิดพลาดดังกล่าวเกิดจากลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณที่นำมาใช้ในการจัดจำแนกรูปวิธานมีช่วงของค่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาที่ทับซ้อนกันหรือแยกออกจากกันไม่ชัดเจน พบว่ามีกล้าไม้ต้นที่จำแนกผิดพลาดมากที่สุด ได้แก่ กล้วยไม้ลูกเล็ก (n=4) มะเม่าสาย (n=3) กลึงกล่อม (n=1) สนกระ (n=1) และชมพู่ป่า (n=1) ตามลำดับ รูปวิธานที่ใช้ลักษณะเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียวอาจมีประสิทธิภาพที่เพียงพอในแง่ของความถูกต้องของการจำแนก แต่ไม่มีประสิทธิภาพในด้านการนำไปประยุกต์ใช้จริงในภาคสนาม เนื่องจากรูปวิธานนี้มีข้อจำกัดในการตรวจวัดค่าลักษณะทางสัณฐานวิทยาดังกล่าวได้ยากในพื้นที่ภาคสนาม ซึ่งสอดคล้องกับงานด้านอนุกรมวิธานพืชส่วนใหญ่ที่ให้ความสำคัญในการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพที่มีประสิทธิภาพมากกว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณเพียงอย่างเดียวในการจำแนกชนิดพืช (Duke, 1965; Forest Restoration Research Unit [FORRU], 2000; Hellum *et al.*, 2000; Chamchumroon, 1997) นอกจากนี้การนำอุปกรณ์เข้าไปทำการตรวจวัดลักษณะสัณฐานวิทยาของรูปวิธานนี้ในภาคสนามอาจมีความยุ่งยาก และใช้ระยะเวลานานในการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้น

รูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ (Figure 4) พบว่าการพัฒนารูปวิธานด้วยเทคนิคนี้เลือกใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งหมด 15 ลักษณะ (จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 10 ลักษณะ ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 26 ลักษณะ รวมทั้งหมด 36 ลักษณะ) จากการศึกษานี้ชี้ให้เห็นว่ามีลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณที่สำคัญถูกคัดเลือกมาใช้ทำรูปวิธานเพียง 4 ลักษณะเท่านั้น ได้แก่ ความยาวก้านใบ ความสูงทั้งหมด ความยาวต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง และความยาวแกนกลางใบ แสดงให้เห็นถึงว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณเหล่านี้มีช่วงของค่าเฉลี่ยที่ไม่ซ้อนทับกัน และมีความสำคัญในอันดับต้นๆ ที่ถูกนำมาใช้จัดรูป

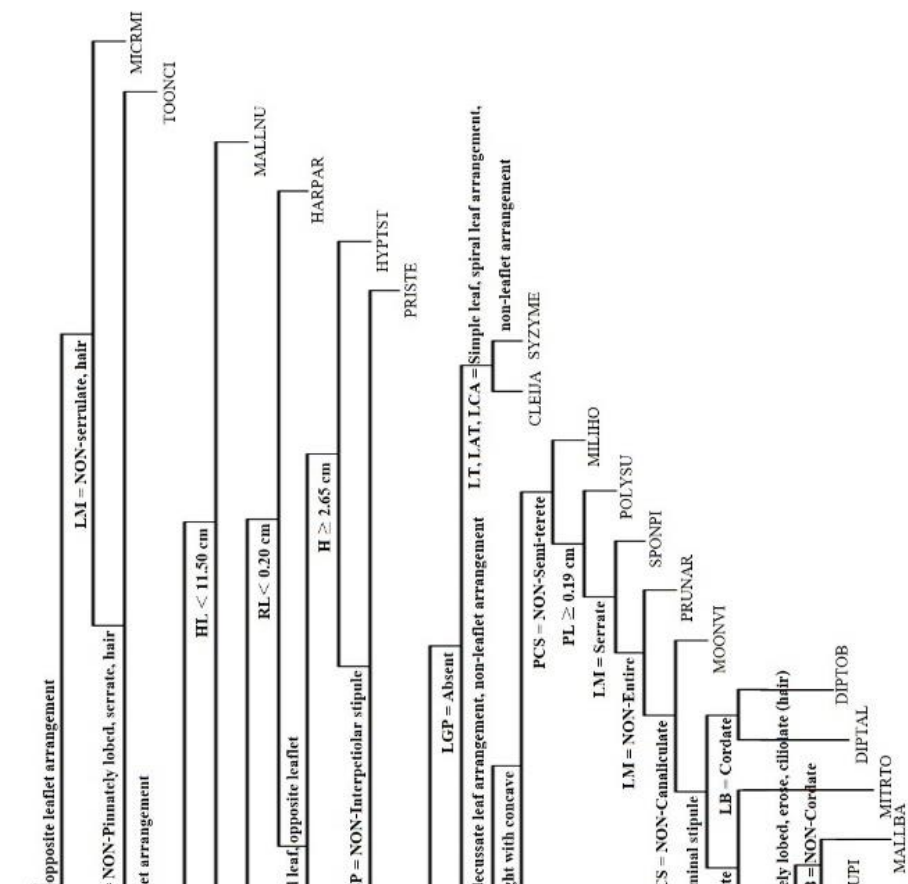


Figure 4 The identification key developed by numerical plant taxonomy technique with quantitative and qualitative characters.

Remarks: LT, LAT, LCA = Leaf Type, Leaf Arrangement Type and Leaflet Compound Arrangement, RL = Rachis Length, LM = Leaf Margin, LB = Leaf Base, LAA = Leaf Apex Angle, PCS = Petiole Cross-Section, SH = Stem Hair, LSF = Leaf Surface, LA = Leaf Attachment, SV = Secondary Vein, SP = Stipule Position, LGP = Leaf Gland Position, LTAF = Leaf Terminal Apex Feature, HL = Hypocotyl Length, H = Height, PL = Petiole length

วิธาน จากผลการศึกษาของรูปวิธานนี้มีประสิทธิภาพเพียงพอสำหรับผู้ใช้ที่มีความรู้ทางด้านอนุกรมวิธานในเบื้องต้นและสำหรับการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นเฉพาะช่วงหลังจากที่มีการร่วงหล่นหรือช่วงอายุที่ทำการศึกษาของกล้าไม้ต้น 30 ชนิดนี้เท่านั้น เนื่องจากลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณไม่ได้ถูกนำใช้จำแนกชนิดในช่วงปลายกิ่งของรูปวิธาน แต่กลับเป็นลักษณะสัณฐานวิทยาที่สำคัญซึ่งได้ถูกนำมาใช้จำแนกชนิดไว้ในกิ่งแรกของรูปวิธาน ซึ่งอาจส่งผลต่อการจำแนกชนิดเมื่ออายุของกล้าไม้ต้นเพิ่มมากขึ้น และลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณดังกล่าวมีการแปรผันมากขึ้นในภาคสนามโดยเฉพาะในพื้นที่ศึกษาอื่นๆ

อีกเหตุผลหนึ่งที่ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณที่ถูกจัดจำแนกไว้ในกิ่งแรกในรูปวิธานนี้ อาจเป็นเพราะความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาที่ชัดเจนระหว่างกล้าไม้ต้นทั้ง 30 ชนิด เนื่องด้วยกล้าไม้ต้นเหล่านี้มาจากวงศ์ และ/หรือสกุลที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้เทคนิค NPTT ในการพัฒนารูปวิธานเลือกลักษณะเชิงปริมาณมาใช้เป็นลักษณะอันดับแรก แต่ใช้ลักษณะเชิงคุณภาพในคู่ถัดไป ซึ่งแตกต่างไปจากการศึกษาของ Srithong *et al.* (2016) ที่มีการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณมาใช้ในการจำแนกพืช 22 ชนิดย่อย (subspecies) ที่มาจากชนิด (species) เดียวกัน ซึ่งมีลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพคล้ายคลึงกันมาก การศึกษาดังกล่าวจึงได้เน้นลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณที่บอกความแตกต่างของชนิดมาใช้ในการจัดจำแนกชนิดพืชได้อย่างดี (Table 2) ดังนั้นจากการศึกษาในครั้งนี้ของกล้าไม้ต้น 30 ชนิด การใช้ CPTT และ NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพเพียงอย่างเดียวนั้นจึงมีประสิทธิภาพสูงกว่าการใช้ NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพในการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นในภาคสนาม

การศึกษารูปวิธานจำแนกชนิดด้วย CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ (Figure 5) พบว่าการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดด้วย CPTT มีการใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพจำนวน 15 ลักษณะ (จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 10 ลักษณะ ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 26 ลักษณะ รวมทั้งหมด 36 ลักษณะ) (Table 2) จากการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดด้วย CPTT ชี้ให้เห็นว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมีประสิทธิภาพเพียงพอ และมีความเหมาะสมอย่างยิ่งต่อการนำมาจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นในพื้นที่ภาคสนามของกล้าไม้ต้นทั้ง 30 ชนิด และทำให้ผู้ที่สนใจเริ่มต้นศึกษาการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นของ Chamchumroon (1997) Forest Restoration Research Unit [FORRU] (2000) และ Hellum *et al.* (2000) จากการศึกษาดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมีความสำคัญอย่างยิ่ง และสามารถถูกนำมาใช้ในการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นได้ดีกว่าลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ (Table 2) เนื่องจากลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพของกล้าไม้ต้นมีการแปรผันน้อย และง่ายต่อการตรวจสอบในภาคสนาม นอกจากนี้การศึกษาที่ผ่านมาในอดีตของการพัฒนารูปวิธานจำแนกชนิดกล้าไม้ต้น พบว่ามีการจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดโดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของใบเลี้ยง (cotyledon leaf) เข้ามาช่วยในการพัฒนารูปวิธาน ส่งผลให้รูปวิธานดังกล่าวเมื่อกล้าไม้ต้นมีอายุเพิ่มสูงขึ้น ลักษณะสัณฐานวิทยาของใบเลี้ยงมีโอกาสหลุดร่วงได้ง่าย ทำให้เกิดข้อจำกัดในการนำไปใช้จำแนกชนิดในภาคสนาม ดังนั้นรูปวิธานทั้ง NPTT และ CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพของใบแท้คู่แรกเพียงอย่างเดียวมีประสิทธิภาพสูงต่อการใช้มาจำแนกกล้าไม้ต้นเมื่ออายุของกล้าไม้เพิ่มสูงขึ้น

จากการศึกษาการจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT โดยใช้ เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ พบว่าการจัดทำรูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT ดังกล่าวมีการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ

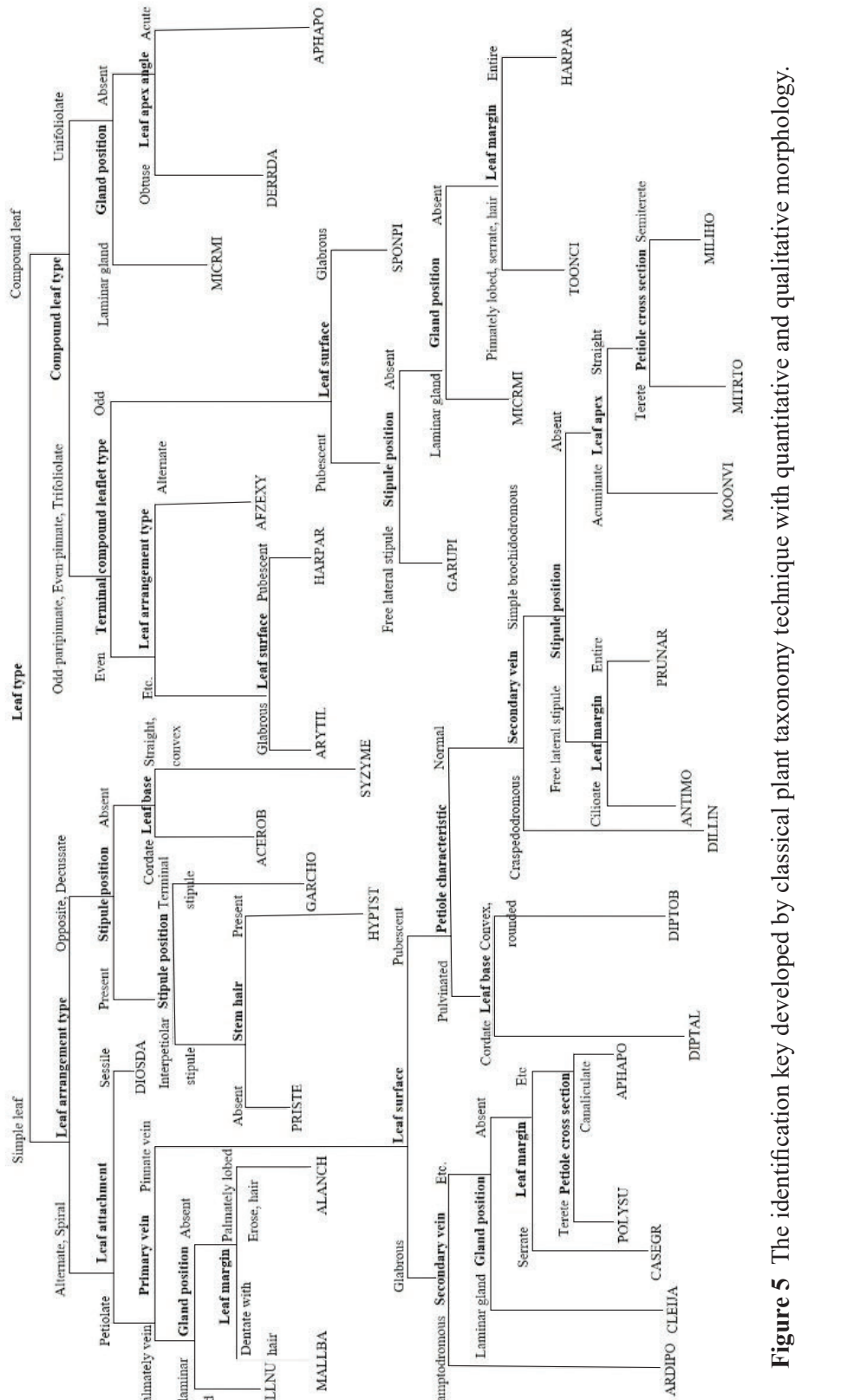


Figure 5 The identification key developed by classical plant taxonomy technique with quantitative and qualitative morphology.

จำนวน 16 ลักษณะ (จากจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพทั้งหมด 26 ลักษณะ) พบว่ารูปวิธานนี้มีความเหมาะสมต่อการนำลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมาใช้ในการจัดจำแนกชนิด เนื่องจากลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพสามารถสังเกตได้ง่าย และมีความผันแปรน้อย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ (Figure 5) พบว่ารูปวิธานจำแนกชนิดด้วย CPTT ดังกล่าวมีการใช้จำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพเพียงอย่างเดียว 15 ลักษณะ (จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 10 ลักษณะ สัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 26 ลักษณะ รวมทั้งหมด 36 ลักษณะ) (Table 2) พบว่ามีลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกนำมาใช้ร่วมกันมีจำนวน 12 ลักษณะ และมีลักษณะสัณฐานวิทยาที่ไม่ถูกนำมาใช้ร่วมกันจำนวน 6 ลักษณะ จากการเปรียบเทียบดังกล่าว พบว่ามีจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาที่ถูกนำมาจำแนกชนิดมีความใกล้เคียงกัน สะท้อนให้เห็นว่ารูปวิธาน NPTT ที่ใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิง คุณภาพมีประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นทั้ง 30 ชนิด ซึ่งไม่แตกต่างไปจากรูปวิธานจำแนกชนิดด้วย CPTT

ทั้งในแง่ของค่าความถูกต้อง และจำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาที่ใช้ในรูปวิธาน ดังนั้นรูปวิธานจำแนกชนิดด้วย NPTT ที่ใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมีประสิทธิภาพสำหรับผู้ใช้ที่มีความรู้ทางด้านอนุกรมวิธานในเบื้องต้นทั้ง ในบริเวณพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่น ๆ ทั้งนี้การจัดทำรูปวิธานโดย NPTT ที่พัฒนาโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นใช้เวลาน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการจัดทำรูปวิธานโดย CPTT นอกจากนี้การศึกษาพัฒนารูปวิธานยังแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาเชิงลึกโดยใช้เทคนิค NPTT และ CPTT ในกรณีที่มีจำนวนชนิดเป้าหมายมากกว่า 30 ชนิด เพื่อศึกษาถึงบทบาทของลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ถ้าหากมีจำนวนชนิดกล้าไม้ต้นเพิ่มขึ้นส่งผลให้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพมีบทบาทอย่างไรต่อการนำไปใช้ในการพัฒนารูปวิธาน และนำมาเปรียบเทียบกับการพัฒนารูปวิธานจากจำนวนชนิดของกล้าไม้ต้นของการศึกษานี้

สรุป

จากการศึกษาสัณฐานวิทยากล้าไม้ต้นจำนวน 19 วงศ์ 28 สกุล 30 ชนิด ได้มีการตรวจสอบมีลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณจำนวน 10 ลักษณะ และลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพจำนวน 26 ลักษณะ รวมทั้งสิ้น 36 ลักษณะ ลักษณะสัณฐานวิทยาดังกล่าวถูกนำมาพัฒนารูปวิธานทั้ง 4 รูปแบบ คือ 1) NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ พบว่า NPTT นี้มีการใช้จำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณมาพัฒนารูปวิธาน 10 ลักษณะ จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณทั้งหมด 10 ลักษณะ รูปวิธานนี้มีค่าความถูกต้องในการจำแนกชนิด 96.27 เปอร์เซ็นต์ 2) รูปวิธาน NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ พบว่า NPTT ดังกล่าวมีการใช้จำนวนลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพมาพัฒนารูปวิธาน 16 ลักษณะ จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพทั้งหมด 26 ลักษณะ รูปวิธานนี้มีค่าความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ 3) รูปวิธาน NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ พบว่า NPTT นี้มีการใช้จำนวนลักษณะสัณฐานวิทยานำมาจัดรูปวิธาน 15 ลักษณะ จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งหมด 36 ลักษณะ (มีการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณ 4 ลักษณะ และลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงคุณภาพ 11 ลักษณะ) รูปวิธานนี้ค่าความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์ และ 4) รูปวิธาน CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ พบว่า CPTT ดังกล่าวมีการใช้จำนวนสัณฐานวิทยานำมาจัดรูปวิธานจำนวน 15 ลักษณะ จากการใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งหมด 36 ลักษณะ รูปวิธานนี้มีค่าความถูกต้อง 100 เปอร์เซ็นต์

จากรูปวิธานการจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นทั้ง 4 รูปวิธาน พบว่า 1) รูปวิธาน NPTT โดยใช้เฉพาะ

ลักษณะสัณฐานวิทยาเชิงปริมาณมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอต่อการนำมาจำแนกชนิดของกล้าไม้ต้นในภาคสนาม 2) รูปวิธาน NPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ มีประสิทธิภาพเพียงพอต่อการนำมาจำแนกชนิดกล้าไม้ต้นเฉพาะในช่วงระยะงอกจนกระทั่งมีใบแท้คู่แรกในภาคสนาม 3) รูปวิธาน NPTT โดยใช้เฉพาะลักษณะสัณฐานเชิงคุณภาพ และรูปวิธาน CPTT โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพทั้ง 2 รูปวิธานนี้มีประสิทธิภาพดีที่สุดต่อการนำไปจัดจำแนกชนิดในพื้นที่ภาคสนามทั้งในพื้นที่ศึกษา และพื้นที่อื่นๆของกล้าไม้ต้น 30 ชนิดนี้ ผลการศึกษาในครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อนำลักษณะสัณฐานวิทยาดังกล่าวไปใช้จำแนกชนิดกล้าไม้ต้นในพื้นที่แปลงถาวรขนาด 50 เฮกตาร์ บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ที่จะกระทำการศึกษาพลวัตกล้าไม้ต้นป่าดิบแล้งในอนาคต

REFERENCES

Albert, C.H., F. Grassein, F.M. Schurr, G. Vieilledent and C. Violle. 2011. When and how should intraspecific variability be considered in trait-based plant ecology? **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 13 (3): 217-225.

Breiman, L., J.H Friedman, R.A. Olshen and C.G. Stone. 1984. **Classification and Regression Trees**. Wadsworth Publishing Company, USA.

Bunker, D.E. and W.P. Carson. 2005. Drought stress and tropical forest woody seedlings: effect on community structure and composition. **Journal of Ecology** 93 (4): 794-806.

Bunyavejchewin, S., S.J. Baker, J. Lafrankie and P.S. Ashton. 2004. Structure, history, and rarity in a seasonal evergreen forest in Western Thailand, pp. 145-158. *In* E.C. Losos and E.G. Leigh, eds. **Tropical Forest Diversity and Dynamism: Findings form a Large-Scale Plot Network.** University of Chicago Press, Chicago.

Bunyavejchewin, S., Y. Chamlongrach, R. Buasalee and P. Rayangkul. 2016. **Trees & Forest of Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary**. The Rabbit in the Moon Foundation, Thailand.

Bunyavejchewin, S., J.V. LaFrankie, S.J. Baker, S.J. Davies and P.S. Ashton. 2009. **Forest Trees of Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Thailand**. National Parks, Wildlife and Plant Conservation Department, Thailand.

Chamchumroon, V. 1997. **The Morphological Study and Identification of Some Woody Plant Seedlings of Dry Evergreen Forest at Khlong Plu, Huai Kha Kheng Wildlife Sanctuary, Changwat Uthai Thani**. M.S. Thesis. Kasetsart University.

Connell, J.H. 1971. **On the Role of Natural Enemies in Preventing Competitive Exclusion in Some Marine Animals and in Rain Forest Trees In Dtnamics of Numbers in Poplations**. Wageningen, Netherland.

Duke, J. A. 1965. Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 52 (3): 314-350.

Forest Restoration Research Unit [FORRU]. 2000. **Tree Seed and Seedling for Restoring Forest in Northern Thailand**. Chiang Mai University, Thailand.

Hellum, A.K., P. Pukittayacamee, M. Kashio and S. Kijkar. 2000. **A Field Guide to Some Tree Seedlings in Thailand**. Techpress Books, Bangkok.

Hubbell, S.P. and R.B. Foster. 1986. Commonness and rarity in a neotropical forest: implications for tropical tree conservation, pp. 205-231. *In* M.E. Soule, eds. **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity.** Sinauer Associates, Sunderland.

Janzen, D.J. 1970. Herbivores and the number of tree species in tropical forests. **The American Naturalist** 104 (940): 501-528.

Mulumba, J.W. and E. Kakudidi. 2010. Numerical taxonomic study of Acacia senegal (Fabaceae) in the cattle corridor of Uganda. **South African Journal of Botany** 76 (2): 272-278.

Nair, P.K.K. 1980. **Modern Trends in Plant Taxonomy**. Vikas Publishing House, New Delhi Sahibabad.

Ng, F.S.P. 1991. **Manual of Forest Fruits, Seeds and Seedlings**. Forest Research Institute Malaysia, Malaysia.

Nozzolillo, C. 1977. Identification of *Vicia* seedlings. **Canadian Journal of Botany** 55 (18): 2439-2462.

Osborne, D.V. 1963. A numerical representation for taxonomic keys. **New Phytologist** 62 (1): 35-43.

Pérez-Harguindeguy, N., S. Díaz, E. Garnier, S. Lavorel, H. Poorter, P. Jaureguiberry, M.S. Bret-Harte, W.K. Cornwell, J.M. Craine, D.E. Gurvich, C. Urcelay, E.J. Veneklaas, P.B. Reich, L. Poorter, I.J. Wright, P. Ray, L. Enrico, J.G. Pausas, A.C. de Vos, N. Buchmann, G. Funes, F. Quétier, J.G. Hodgson, K. Thompson, H.D. Morgan, H. ter Steege, L. Sack, B. Blonder, P. Poschlod, M. V. Vaieretti, G. Conti, A.C. Staver, S. Aquino and J.H.C. Cornelissen. 2013. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany** 61 (3): 1-167.

R Core Team. 2016. **R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing**. Available Source: https://www.R-project.org/, November 25, 2016.

Sarwar, G.R. and M. Qaiser. 2011. A numerical taxonomy of the genus *Sedum* L., from Pakistan and Kashmir. **Pakistan Journal of Botany** 43 (2): 753-758.

Schupp, E.W. 1992. The Janzen-Connell model for tropical tree diversity population implications and the importance of spatial scale. **The American Naturalist** 140 (3): 526-530.

Sneath, P.H.A. 2015. **Numerical Taxonomy**. Available Source: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/9781118960608.bm00018, August 1, 2018.

Sneath, P.H.A. and R.R. Sokal. 1973. **Numerical Taxonomy: The Principles and Practice of Numerical Classification**. W. H. Freeman and Company, San Francisco.

Srithong, K., T. Jongjitvimol and S. Petchsri. 2016. Numerical taxonomy of landraces rice in lower northern Thailand. *In* **The 10th Botanical Conference of Thailand**. 52-65. Department of Biological Science, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University.

Therneau, T., B. Atkinson and B. Ripley. 2018. **Recursive Partitioning for Classification**. Available Source: https://cran.r-project.org/web/packages/rpart, Febuary 23, 2018.

Valentine, D.H. and A. Love. 1958. Taxonomic and biosystematic categories. **Brittonia** 10 (4): 153-166.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับความหลากชนิดของเห็ดป่ากินได้ในบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

Relationship between Environmental Factor and Species Diversity of Wild Edible Mushrooms at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima Province

ธารรัตน์ แก้วกระจ่าง* **Tharnrat Kaewgrajang***

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

รับต้นฉบับ 25 กันยายน 2561 รับแก้ไข 23 พฤศจิกายน 2561 รับลงพิมพ์ 27 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

Surveying of edible mushrooms in dry dipterocarp forest (DDF) and dry evergreen forest (DEF) at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province, was conducted during from June to October 2017. In total, 32 mushroom species were found, which were classified into 1 phylum, 1 subphylum, 3 class, 8 orders, 11 families, 16 genera. The Shannon-Wiener index of edible mushrooms in DDF (29 species, H'= 2.328) had higher than in DEF (16 species, H'= 1.810). The majority of edible mushrooms was ectomycorrhizal mushrooms, which were found 21 species (65.63%). Among of them, the most abundance was Russulaceae, including 9 *Russula* and 2 *Lactarius*. The relationship between environmental variables and fruiting of edible mushrooms was analysed by using Canonical Correspondence Analysis (CCA). The results revealed that edible mushrooms could be categorized into three groups. First group, the mushrooms had high positive correlation with soil moisture such as *Russula emetica*, *Amanita princeps*, *Craterellus aureus*, *Craterellus odoratus* etc.. Second group, the mushrooms had positive correlation with air temperature and light intensity such as *R. delica*, *R. densifolia*, *A. vaginata* etc.. Third group was the generalist mushrooms, including *R. alborealata*, *A. hemibapha*, *Auricularia thailandica*. It was also found that the biomass of grasses had influenced the diversity of edible mushrooms in DDF. The amount of edible mushrooms might decrease when the forest floors were covered with grasses.

Keywords: Species diversity, Wild edible mushroom, Climatic factor, Dry dipterocarp forest, Dry evergreen forest

บทคัดย่อ

จากการสำรวจเห็ดกินได้ในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงเดือนมิถุนายน – ตุลาคม พ.ศ. 2560 พบเห็ดกินได้ทั้งหมด 32 ชนิด ซึ่งสามารถจัดจำแนกอยู่ใน 1 ไฟลัม (Phylum) 1 ไฟลัมย่อย (Subphylum) 3 ชั้น (Class) 8 อันดับ (Order) 11 วงศ์ (Family) 16 สกุล (Genus) โดยพบเห็ดกินได้ในป่าเต็งรังมีค่าดัชนีความหลากชนิด (29 ชนิด H' = 2.328) สูงกว่าป่าดิบแล้ง (16 ชนิด H' = 1.810) เห็ดที่พบส่วนใหญ่เป็นเห็ดเอคโทไมคอร์ไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal mushrooms) ซึ่งพบจำนวน 21 ชนิด (คิดเป็นร้อยละ 65.63) และในจำนวนเห็ดที่พบทั้งหมดพบว่าเห็ดวงศ์ Russulaceae มีความหลากชนิดมากที่สุด โดยวงศ์นี้พบเห็ดสกุล *Russula* 9 ชนิด และ *Lactarius* 2 ชนิด จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของเห็ดกินได้โดยใช้ Canonical Correspondence Analysis (CCA) พบว่าสามารถแบ่งกลุ่มเห็ดออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 กลุ่มเห็ดที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดิน ได้แก่ เห็ดแดงน้ำหมาก (*Russula emetica*) เห็ดระโงกขาว (*Amanita princeps*) เห็ดขมิ้นเล็ก (*Craterellus aureus*) เห็ดขมิ้นใหญ่ (*C. odoratus*) เป็นต้น กลุ่มที่ 2 กลุ่มเห็ดที่พบบริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศและความเข้มแสงรอบวันเฉลี่ยสูง ได้แก่ เห็ดตะไคลขาว (*R. delica*) เห็ดถ่านเล็ก (*R. densifolia*) เห็ดไข่เยี่ยวม้า (*A. vaginata*) เป็นต้น และกลุ่มที่ 3 เห็ดที่มักพบกระจายทั่วไป ได้แก่ เห็ดน้ำแป้ง (*R. alborealata*) เห็ดระโงกเหลือง (*A. hemibapha*) เห็ดหูหนูบาง (*Auricularia thailandica*) เป็นต้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กมีอิทธิพลต่อความหลากชนิดของเห็ดกินได้ในป่าเต็งรัง ซึ่งหากพื้นป่ามีหญ้าเพ็กขึ้นปกคลุมหนาแน่นจนเกินไปจะส่งผลให้ปริมาณของเห็ดกินได้ลดลง

คำสำคัญ: ความหลากชนิด เห็ดป่ากินได้ ปัจจัยสภาพภูมิอากาศ ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง

คำนำ

เห็ดมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการย่อยสลายอินทรีย์สารให้เป็นแร่ธาตุและคืนกลับเข้าสู่ผู้ผลิตในระบบนิเวศ ซึ่งก่อให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศอีกครั้ง (Dighton *et al*., 2005) นักราวิทยา (Mycologist) ได้คาดคะเนว่าทั่วโลกมีเห็ดราประมาณ 2.2 – 3.8 ล้านชนิด และมีเพียง 120,000 ชนิดเท่านั้นที่มีการศึกษาและรายงานไว้ (Hawksworth and Lücking, 2017) ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น จึงทำให้มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตสูง (Tanticharoen, 2004) จากบัญชีรายชื่อชนิดเห็ดราขนาดใหญ่ในประเทศไทยของ Sangwanit *et al*. (2013) รายงานชนิดเห็ดที่พบทั้งหมด 2,575 ชนิด ประกอบด้วยเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซา (ectomycorrhizal mushroom) 907 ชนิด เห็ดปรสิต (parasitic mushroom) 175 ชนิด เห็ดโคน (termite mushroom) 23 ชนิด เห็ดผู้ย่อยสลาย (saprophytic mushroom) 1,463 ชนิด

เห็ดป่าหลายชนิดยังเป็นเห็ดที่กินได้และบางชนิดมีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูง ซึ่งทั่วโลกคาดคะเนว่ามีเห็ดมากกว่า 1,000 ชนิด ที่มีรายงานการนำมาใช้ประกอบอาหาร (Boa, 2004) ในประเทศไทยมีเห็ดกินได้ 336 ชนิด และส่วนใหญ่เป็นเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซาและเห็ดโคน (Sangwanit *et al*., 2013) เนื่องจากเห็ดกินได้ดังกล่าวเป็นเห็ดที่อาศัยร่วมกับสิ่งมีชีวิตอื่น จึงไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงในโรงเรือนได้ อีกทั้งยังพบว่าปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัยยังมีอิทธิพลต่อปริมาณการเกิดของเห็ดป่า ทำให้ไม่สามารถคาดการณ์ปริมาณของเห็ดป่าในแต่ละปีได้ ปัจจุบันยังขาดข้อมูลด้านชีววิทยาและนิเวศวิทยา รวมถึงปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการสร้างดอกเห็ด ซึ่งองค์ความรู้ดังกล่าวจะสามารถนำมาพัฒนาแนวทางการอนุรักษ์และฟื้นฟูความหลากหลาย

ของเห็ดป่าอีกทั้งยังสามารถต่อยอดสร้างแปลงเพาะเห็ดป่าในสภาพธรรมชาติเพื่อเพิ่มผลิตผลของเห็ดป่าให้แก่ชุมชนท้องถิ่นได้ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อศึกษาของความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดกินได้และศึกษาปัจจัยแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อผลิตผลของเห็ดกินได้ในป่าธรรมชาติ ซึ่งองค์ความรู้ที่ได้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมให้เป็นแปลงสาธิตการเพาะเห็ดป่ากินได้ ซึ่งจะนำไปสู่การใช้ประโยชน์บนพื้นฐานของศักยภาพทรัพยากรความหลากหลายทางชีวภาพของเห็ดระดับชุมชน และเพิ่มพูนทางเศรษฐกิจระดับชุมชนจากการเก็บผลผลิตของเห็ดป่า

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแปลงตัวอย่าง

กำหนดพื้นที่เป้าหมายในการศึกษา คือ พื้นที่ป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ตำบลอุดมทรัพย์ อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา เนื่องจากเป็นป่าธรรมชาติที่ไม่มีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การเก็บเห็ด และการเก็บหาของป่าชนิดอื่น จึงทำให้สามารถได้ข้อมูลชนิดเห็ดและจำนวนดอกเห็ดที่ขึ้นในแต่ละสังคมพืชนั้นได้อย่างถูกต้อง ซึ่งสังคมพืชทั้งสองประเภทที่ทำการเลือกสำรวจนี้เป็นสังคมพืชที่ปกคลุมเนื้อที่ส่วนใหญ่ของสถานี คิดเป็นประมาณร้อยละ 40 ของเนื้อที่ทั้งหมด หลังจากที่ได้เลือกพื้นที่เป็นตัวแทนที่ดีของสังคมป่าเต็งรังและป่าดิบแล้งแล้ว ได้ทำการวางแปลงขนาด 20 × 20 เมตร จำนวน 10 แปลงย่อยต่อสังคมพืช โดยแต่ละแปลงย่อยมีระยะห่าง 100 เมตร

2. การสำรวจความหลากหลายของเห็ดกินได้

2.1 เก็บตัวอย่างดอกเห็ดที่ขึ้นในแต่ละแปลงย่อยทั้งที่ขึ้นบนดินโดยตรง ขึ้นท่อนไม้ผุ ซากใบไม้ และต้นไม้ที่ยังมีชีวิต โดยเก็บเห็ดในฤดูฝน ระหว่างเดือนมิถุนายน – ตุลาคม พ.ศ. 2560 เดือนละ 2 ครั้ง รวมจำนวน 10 ครั้ง และสำรวจครั้งละ 3 วัน รวมวันที่สำรวจทั้งสิ้น 30 วัน

2.2 ถ่ายรูปดอกเห็ดและนับจำนวนดอกเห็ดแต่ละชนิด และบันทึกลักษณะต่างๆ ของเห็ดเพื่อใช้ประกอบการระบุชนิด ซึ่งได้แก่ สิ่งที่เห็ดขึ้นอยู่ เยื่อหุ้ม (partial veil) สะเก็ด (scale) เส้นใยต่างๆ ที่ติดอยู่บนขอบหมวกและก้าน ของเหลวที่ปรากฏเมื่อดอกเห็ดเกิดรอยฉีกขาด (latex) การเปลี่ยนสีของส่วนต่างๆ ของดอกเห็ดเมื่อถูกสัมผัส หรือเกิดรอยช้ำเป็นต้น หลังจากนั้นดอกเห็ดที่สำรวจพบในแต่ละครั้งจะถูกเก็บออกจากแปลงทั้งหมด ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าเห็ดที่สำรวจพบเป็นเห็ดที่ขึ้นใหม่ในช่วงเวลาสำรวจนั้นๆ

2.3 นำตัวอย่างดอกเห็ดสดที่มีขนาดโตเต็มที่มาทำรอยพิมพ์สปอร์ (spore print) จากนั้นนำดอกเห็ดมาศึกษาลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่า (macroscopic features) โดยละเอียด ตามวิธีการของ Largent (1977) ซึ่งดำเนินการวัดขนาดส่วนประกอบต่างๆ ของดอกเห็ด เช่น หมวก ก้าน และครีบ เป็นต้น

2.4 นำดอกเห็ดแต่ละชนิดมาตัดตามขวางให้เป็นชิ้นบางด้วยวิธี free-hand section จากนั้นเลือกชิ้นที่บางมาทำสไลด์กึ่งถาวร (semi-permanent slide) เพื่อศึกษาลักษณะโครงสร้างภายในดอกเห็ด (microscopic features) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ในห้องปฏิบัติการ ตามวิธีการของ Largent *et al.* (1977) ศึกษาลักษณะที่มองเห็นภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ได้แก่ ลักษณะการเรียงตัวเส้นใยในครีบ รูปร่างและขนาดเบสิเดีย (basidia) รูปร่างและขนาดสปอร์ การเรียงตัวของเส้นใยบนผิวหมวก รูปร่างและขนาดของซิสทิเดีย (cystidia) เป็นต้น และทดสอบปฏิกิริยาทางเคมีของโครงสร้างภายในดอกเห็ดกับสารเคมี เช่น 10% KOH Melzer's reagent เป็นต้น

2.5 นำข้อมูลลักษณะที่มองเห็นด้วยตาเปล่าลักษณะโครงสร้างภายในของดอกเห็ดและการปฏิกิริยาทางเคมีของโครงสร้างภายในดอกเห็ดมาใช้ประกอบการระบุชื่อชนิดและชื่อสกุลของเห็ดตามคู่มือรูปวิธานเห็ดได้แก่ Bas (1969); Conner (1972); Karun and Sridhar (2013); Bandara (2017) เป็นต้น จากนั้นทำการจำแนกชนิดเห็ดตามบทบาทในระบบนิเวศและจัดจำแนกตามการใช้ประโยชน์ของมนุษย์

2.6 อบแห้งตัวอย่างเห็ดในตู้อบหรือเครื่องอบเห็ดที่อุณหภูมิ 40-50 องศาเซลเซียส เมื่อตัวอย่างเห็ดแห้งดีแล้วจึงนำมาบรรจุในกล่องพลาสติกใสเพื่อเก็บรักษาเป็นตัวอย่างแห้ง (fungal herbarium) สำหรับใช้เป็นตัวอย่างอ้างอิงต่อไป

3. การเก็บข้อมูลปัจจัยแวดล้อม

ปัจจัยแวดล้อมที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิในอากาศ (air temperature) ความชื้นในอากาศ (humidity) ความชื้นในดิน (soil moisture content) ความเข้มแสงเฉลี่ยรอบวัน (light intensity) และมวลชีวภาพของหญ้าเพ็ก (biomass) โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

3.1 อุณหภูมิในอากาศ และความเข้มแสง ได้ทำการติดตั้งเครื่องมือวัดและบันทึกข้อมูลอุณหภูมิอัตโนมัติ (HOBO Pendant Loggers) โดยเครื่องมือนี้สามารถวัดได้ทั้งอุณหภูมิอากาศและความเข้มแสง ซึ่งได้ติดตั้งอุปกรณ์บริเวณกึ่งกลางแปลง แปลงละ 1 เครื่อง ติดตั้งสูงจากพื้นดิน 80 เซนติเมตร เครื่องมือจะวัดข้อมูลต่อเนื่องทุกๆ 1 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่ทำการวิจัย

3.2 ความชื้นในดิน ทำการวัดทุกๆ ครั้งที่ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างเห็ด โดยวัดชื้นในดินทุกแปลงย่อยที่เห็ดขึ้น โดยสุ่มเก็บดินจำนวน 5 จุด (บริเวณตรงกลางแปลง และบริเวณมุมทั้ง 4 ด้าน) นำดินมาชั่งน้ำหนักเปียก แล้วนำดินไปอบให้แห้งด้วยเครื่องอบ hot air oven อบจนกระทั่งน้ำหนักของดินคงที่แล้วจึงนำมาชั่งหาน้ำหนักแห้ง แล้วคำนวนหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน

3.3 การหามวลชีวภาพของหญ้าเพ็ก ทำการเก็บตัวอย่างหญ้าเพ็กในป่าเต็งรังเดือนละ 1 ครั้ง โดยเลือกสุ่มตัดหญ้าเพ็กนอกแปลงสำรวจทุกแปลง ในพื้นที่ขนาด 1×1 ตารางเมตร จำนวน 3 แปลงย่อยต่อแปลงสำรวจ โดยให้มีความหนาแน่นของหญ้าเพ็กใกล้เคียงกับในแปลงสำรวจมากที่สุด ใช้กรรไกรตัดกิ่งตัดหญ้าเพ็กให้ชิดพื้นดินมากที่สุด ชั่งหาน้ำหนักของหญ้าเพ็กในแต่ละแปลงย่อย นอกจากนี้ทำการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของหญ้าเพ็กโดยทำการสุ่มตัวหญ้าเพ็ก 100 กรัมต่อแปลงย่อย แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรืออบจนกระทั่งตัวอย่างหญ้าเพ็กมีน้ำหนักคงที่ และทำการชั่งน้ำหนักหลังจากที่อบตัวอย่างแล้วอีกครั้ง โดยคำนวณหามวลชีวภาพของหญ้าเพ็กโดยใช้สูตร ดังนี้

มวลชีวภาพของหญ้าเพ็ก = (100 × น้ำหนักสด) / (เปอร์เซ็นต์ความชื้น + 100)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

คำนวณค่าดัชนีความหลากชนิดโดยใช้สูตร Shannon-Wiener index (H') ค่าความสม่ำเสมอ (Evenness index) และค่าความคล้ายคลึง (Index of Similarity) ตามวิธีการของ Krebs (1972) สำหรับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเห็ดกับข้อมูลปัจจัยแวดล้อม (microclimate) ได้นำข้อมูลความชุกชุมของเห็ด (abundance) มาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรปัจจัยแวดล้อมด้วย โดยวิธี Canonical Correspondence Analysis (CCA) การวิเคราะห์ข้อมูลการจัดลำดับของหมู่ของเห็ดกินได้ตามปัจจัยแวดล้อมด้วยวิธีการจัดลำดับ (Ordination analysis) ด้วยโปรแกรม PC-ORD 6.08 (McCune and Mefford 1999) แกน CCA (CCA axes) ถูกวิเคราะห์ทางสถิติด้วย Monte Carlo permutation test (P<0.01)

สำหรับความสัมพันธ์ของปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กต่อความหลากชนิดของเห็ดที่พบที่ทำการเก็บข้อมูลเฉพาะในป่าเต็งรังนั้น ได้นำค่ามวลชีวภาพของหญ้าเพ็กมาจัดอันตรภาคชั้น (biomass class) จำนวน 5 ชั้น แล้วนำจำนวนชนิดเห็ดและจำนวนดอกเห็ดที่พบในแต่ละช่วงชั้น (class) มาหาความแปรปรวนทางสถิติด้วย One-way ANOVA และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's multiple range test (P<0.05) นอกจากนี้ยังได้นำค่ามวลชีวภาพของหญ้าเพ็กไปหาความสัมพันธ์กับความชุกชุมสัมพัทธ์ของเห็ด (relative abundance) โดยการหาสมการถดถอย (simple regression) โดยให้แกน X คือ มวลชีวภาพของหญ้าเพ็ก และแกน Y คือ ความชุกชุมสัมพัทธ์ของเห็ด

ผลและวิจารณ์

1. รายชื่อเห็ดกินได้

จากการสำรวจเห็ดกินได้ในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จ.นครราชสีมา ในช่วงเดือนมิถุนายน - ตุลาคม เดือนละ 2 ครั้ง รวม 10 ครั้ง พบเห็ดกินได้ทั้งหมด 32 ชนิด ซึ่งสามารถจัดจำแนกอยู่ใน 1 Phylum 1 Subphylum 3 Class 8 Order 11 Family 16 Genus 32 species โดยพบเห็ดกินได้ในป่าเต็งรังจำนวน 29 ชนิด และป่าดิบแล้งพบ 16 ชนิด (Table 1) จะเห็นได้ว่าเห็ดกินได้ที่พบส่วนใหญ่เป็นเห็ดที่จัดอยู่ในวงศ์ Russulaceae ซึ่งในวงศ์นี้พบเห็ดสกุล *Russula* 9 ชนิด และ *Lactarius* 2 ชนิด นอกจากนี้ผลการสำรวจยังพบว่าเห็ดกินได้ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มเห็ดเอคโทไมคอร์ไมคอร์ไรซา เท่ากับ 21 ชนิด (คิดเป็นร้อยละ 65.63) รองลงมาเป็นเห็ดผู้ย่อยสลาย (8 ชนิด) เห็ดโคน (2 ชนิด) และเห็ดปรสิต (1 ชนิด) ตามลำดับ โดยทั่วไปเห็ดกินได้ส่วนใหญ่เป็นเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซา ซึ่งพบว่าเป็นเห็ดที่มีความหลากหลายและมีความสำคัญทางด้านเป็นแหล่งอาหารโดยเฉพาะคนชนบทในแถบ West Africa ซึ่งเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซาที่นิยมนำมาบริโภคมากที่สุดคือ *Lactarius Amanita* และ *Russula* (Yorou *et al*., 2014) จากการศึกษาเห็ดกินได้ในบริเวณพื้นที่สงวนชีวภาคสะแกราชของ Kosol *et al*. (2006) รายงานว่าเห็ดกินได้ที่พบส่วนใหญ่ในป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้งและสวนป่าของเป็นเห็ดสกุล *Russula Amanita* และ *Termitomyces* ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเห็ดกินได้ไม่ว่าจะเป็นเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซาหรือเห็ดโคนนั้นเป็นกลุ่มเห็ดที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งมีชีวิตอื่น (symbiotic mushrooms) ดังนั้นจึงยังไม่สามารถนำมาเพาะเลี้ยงได้ในโรงเรือนเพื่อผลิตเชิงอุตสาหกรรมได้

Table 1 List of wild edible mushroom species, roles in ecosystem and habitat.

Mushroom species	Abbreviation	Role	Forest type
Phylum Basidiomycota,			
Subphylum Agaricomycotina,			
Class Agaricomycetes			
Subclass Agaricomycetidae			
Order Agaricales			
Family Amanitaceae			
Amanita hemibapha subsp. *javanica* Corner & Bas	Amahemi	ECM	DDF
Amanita princeps Corner & Bas	Amaprin	ECM	DDF, DEF
Amanita vaginata (Bull.) Lam.	Amavagi	ECM	DDF, DEF
Family Lyophyllaceae			
Termitomyces cylindricus S.C. He	Tercyli	Ter	DEF
Termitomyces eurrhizus (Berk.) R. Heim	Tereurr	Ter	DEF
Family Physalacriaceae			
Xerula radicata (Relhan) Dörfelt	Xerradi	Sap	DDF
Order Boletales			
Family Boletaceae			
Boletus griseipurpureus Corner	Bolgris	ECM	DDF
Boletus russellii Frost	Bolruss	ECM	DDF
Leccinum sp.	Lec	ECM	DDF
Tylopilus felleus (Bull.) P. Karst.	Tylfell	ECM	DDF
Subclass -			

Table 1 (Con.)

Mushroom species	Abbreviation	Role	Forest type
Order Auriculariales			
Family Auriculariaceae			
Auricularia thailandica Bandara & K.D. Hyde	Aurfusc	Sap	DDF, DEF
Auricularia cf. *delicata* (Mont. ex Fr.) Henn.	Aurdeli	Sap	DDF
Auricularia cornea Ehrenb.	Aurpoly	Sap	DDF, DEF
Order Cantharellales			
Family Cantharellaceae			
Cantharellus cibarius Fr.	Canciba	ECM	DDF
Craterellus odoratus (Schwein.) Fr.	Craodor	ECM	DDF, DEF
Craterellus aureus Berk. & M.A. Curtis	Craaure	ECM	DDF, DEF
Order Polyporales			
Family Ganodermataceae			
Amauroderma rugosum (Blume & T. Nees) Torrend	Amarugo	Sap	DDF
Ganoderma lucidum (Curtis) P. Karst.	Ganluci	Par	DDF, DEF
Family Polyporaceae			
Lentinus polychrous Lév.	Lenpoly	Sap	DDF
Order Russulales			
Family Russulaceae			
Russula alboareolata Hongo	Rusalbo	ECM	DDF, DEF
Russula delica Fr.	Rusdeli	ECM	DDF, DEF
Russula emetica (Schaeff.) Pers.	Rusemet	ECM	DDF
Russula rosacea (Pers.) Gray	Rusrosa	ECM	DDF
Russula virescens (Schaeff.) Fr.	Rusvire	ECM	DDF, DEF
Russula densifolia Secr. ex Gillet	Rusdens	ECM	DDF
Russula sp.1	Rus1	ECM	DDF, DEF
Russula sp.2	Rus2	ECM	DDF
Russula sp.3	Rus3	ECM	DDF, DEF
Lactarius hygrophoroides Berk. & M.A. Curtis	Lachygr	ECM	DDF
Lactarius piperatus (L.) Pers.	Lacpipe	ECM	DDF, DEF
Class Dacrymycetes, Subclass -			
Order Dacrymycetales			
Family Dacrymycetaceae			
Dacryopinax spathularia (Schwein.) G.W. Martin	Dacspat	Sap	DDF
Class Tremellomycetes			
Subclass Tremellomycetidae			
Order Tremellales			
Family Tremellaceae			
Tremella fusciformis Berk.	Trefusi	Sap	DEF

Remarks: ECM = putative ectomycorrhizal mushroom, Sap = Saprophytic mushroom, Ter = Termite mushroom, Par = Parasitic mushroom, DDF = Dry dipterocarp forest, DEF = Dry evergreen forest

2. ค่าดัชนีความหลากชนิด ดัชนีความสม่ำเสมอ และความคล้ายคลึงของเห็ดกินได้

ป่าเต็งรังมีค่าดัชนีความหลากชนิด (H' = 2.328) สูงกว่าป่าดิบแล้ง (H' = 1.810) นอกจากนี้ยังพบว่าในป่าเต็งรังยังมีความหลากชนิดของเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซา (H' = 2.105) สูงกว่าในป่าดิบแล้ง (H' = 1.304) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากในป่าเต็งรังมีความหลากหลายของพันธุ์ไม้ที่เป็นพืชอาศัย (host) ของเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซามากกว่าในป่าดิบแล้ง Sampanpanish (2000) ได้รายงานว่าบริเวณป่าดิบแล้งของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชมีความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ (H' = 5.322) มากกว่าป่าเต็งรัง (H' = 4.321) แต่เมื่อพิจารณาถึงชนิดพันธุ์ไม้ที่เป็นพืชอาศัยของเห็ดเอคโทไมคอร์ซา พบว่าในป่าเต็งรังนั้นมีพันธุ์ไม้ที่เป็นพืชอาศัยของเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซามากกว่า โดยพบว่ามีจำนวน 14 ชนิด ได้แก่ เต็ง (*Shorea roxburghii*) รัง (*S. siamensis*) พลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) ยางกราด (*D. intricatus*) มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa*) เหียง (*D. obtusifolius*) เป็นต้น (Chalermpongse and Boonthavikoon, 1981) ในขณะที่ในป่าดิบแล้งมีพืชอาศัยของเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซาเพียง 8 ชนิด ได้แก่ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) ตะเคียนทอง (*H. odorata*) ยางปาย (*D. costatus*) ยางนา (*D. alatus*) เป็นต้น (Chalermpongse and Boonthavikoon, 1982) ซึ่งการศึกษาครั้งนี้ยังสอดคล้องกับการรายงานของ Gao *et al.* (2013) ซึ่งพบว่าในบริเวณที่มีความหลากหลายของพันธุ์พืชสูงส่งผลให้บริเวณนั้นมีความหลากหลายของเห็ดเอคโทไมคอร์ไรซาสูงด้วย

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความหลากชนิดรายเดือน พบว่าป่าเต็งรังมีดัชนีความหลากชนิดสูงกว่าป่าดิบแล้ง ยกเว้นในเดือนกันยายน ในเดือนมิถุนายนเป็นเดือนที่มีความหลากชนิดของเห็ดในป่าเต็งรังมากที่สุด (H' = 1.968) ในขณะที่เดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีความหลากชนิดของเห็ดในป่าดิบแล้งมากที่สุด (H' = 1.577) ในทางกลับกันเป็นเดือนที่มีความหลากชนิดของเห็ดในป่าเต็งรังน้อยที่สุด (H' = 1.250) เมื่อพิจารณาค่าความสม่ำเสมอ พบว่าอยู่ในช่วง 0.302 – 0.739 โดยค่าความสม่ำเสมอในการพบเห็ดในป่าทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นเดือนกรกฎาคมซึ่งพบว่าในป่าดิบแล้งมีค่าความสม่ำเสมอมากกว่าป่าเต็งรัง (Figure 1) ในจำนวนเห็ดเหล่านี้มีเพียง 13 ชนิดที่สามารถพบได้ในป่าทั้งสองประเภท โดยคำนวนค่าดัชนีความคล้ายคลึงได้เท่ากับร้อยละ 57.78 เห็ดที่พบได้ในป่าทั้งสองประเภท ได้แก่ *Amanita princeps*, *Am. vaginata*, *Auricularia thailandica*, *Au. cornea*, *Craterellus aureus*, *C. odoratus*, *Ganoderma lucidum*, *Lactarius piperatus*, *Russula virescens*, *R. delica*, *R. alboareolata*, *Russula* sp.2, *Russula* sp.3

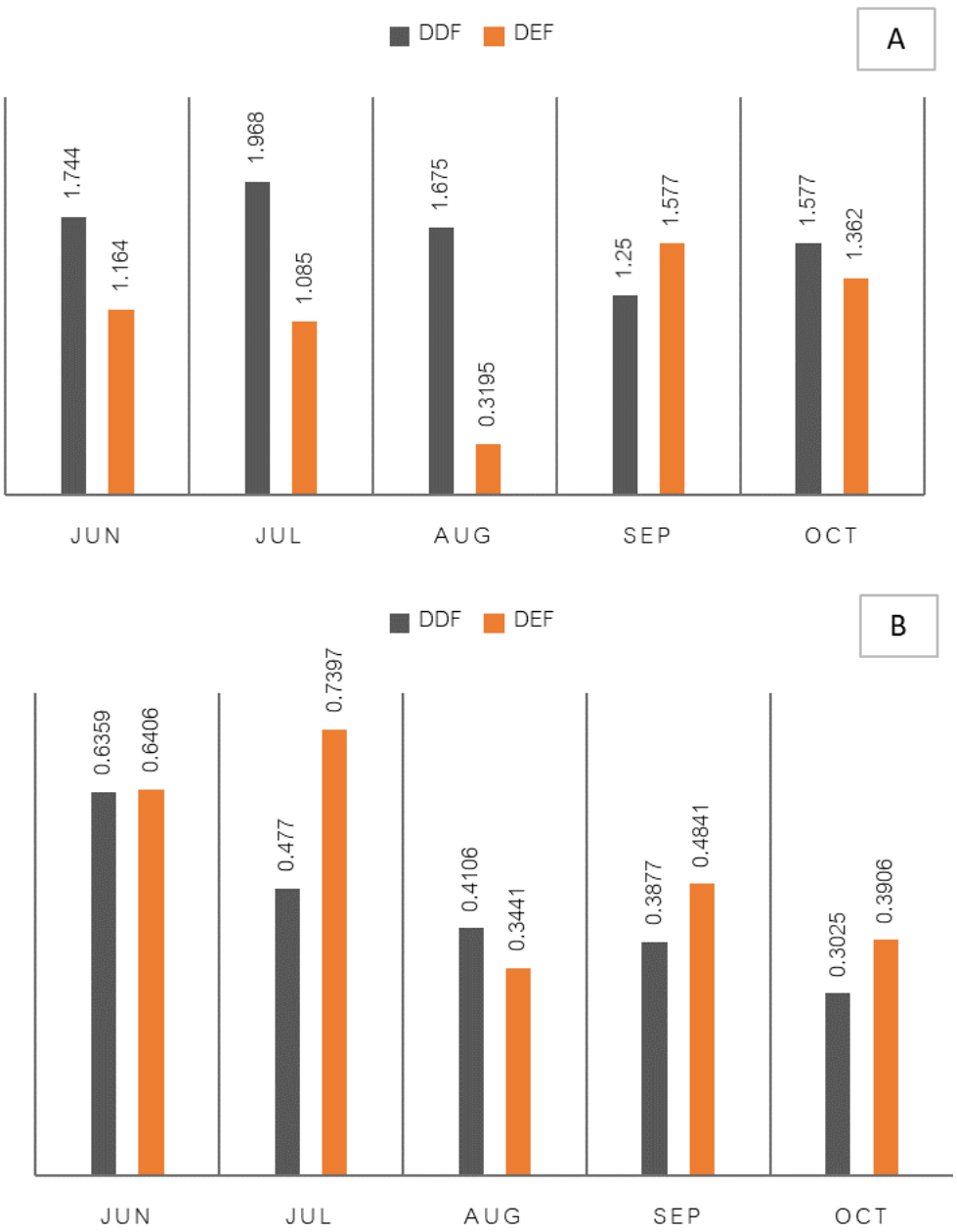


Figure 1 Shannon-Wiener index (A) and Evenness (B) of edible mushrooms in dry dipterocarp forest (DDF) and dry evergreen forest (DEF).

3. ความสัมพันธ์ระหว่างการปรากฏของเห็ดกินได้กับปัจจัยแวดล้อม

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของเห็ดกินได้กับปัจจัยแวดล้อมด้วย CCA พบว่าค่าลักษณะเฉพาะ (Eigen values) ที่ได้จากการวิเคราะห์การจัดลำดับแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของแต่ละแกน (axis) ที่ใช้ในการอธิบายความแปรปรวนทั้งหมด (total variation) ในข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์โดยค่าลักษณะเฉพาะของ 3 แกนแรกมีค่าเท่ากับ 0.832, 0.458 และ 0.333 ตามลำดับ โดยสามแกนแรกของการวิเคราะห์

ด้วยเทคนิค CCA สามารถอธิบายค่าความแปรปรวน (variance) ของข้อมูลชนิดเห็ดกินได้กับสภาพปัจจัยแวดล้อมได้ร้อยละ 17.9 (Table 2) ค่าสัมประสิทธิ์แคนนอนนิคอล (canonical coefficients) และค่าสหสัมพันธ์ (correlation coefficients) ระหว่างตัวแปรสิ่งแวดล้อมทั้งหมดกับแกนของการวิเคราะห์การจัดลำดับ (Table 3) ซึ่งพบว่าปัจจัยแวดล้อมที่มีความสัมพันธ์ต่อการปรากฏหรือการดำรงชีวิตของเห็ดกินได้ทั้ง 32 ชนิดมากที่สุด คือ อุณหภูมิอากาศ ซึ่ง r = 0.963 สำหรับแกนที่ 1 รองลงมาคือ ความเข้มแสงเฉลี่ยรอบวัน r=0.646 สำหรับแกนที่ 2 และความชื้นในดิน r=-0.785 สำหรับแกนที่ 3 ตามลำดับ

Table 2 Summary table of statistical analysis for CCA.

	Monte Carlo test		
	Axis 1	**Axis 2**	**Axis 3**
CCA			
Eigen values	**0.832**	**0.458**	**0.333**
Variance explained (%)	9.0	5.0	3.6
Cumulative explained (%)	9.0	14.0	**17.6**
Pearson Correlation (Species-Environment)	0.953	0.751	0.733
Kendall (Rank) correlation (Species-Environment)	0.720	0.618	0.539

Cumulative variance in species data (*P*=0.01)

Table 3 Canonical coefficients and intraset correlations of environmental variables with the first three axes of CCA.

Variable	Canonical coefficients (Standardized)			Correlation coefficients (Intraset)		
	Axis 1	**Axis 2**	**Axis 3**	**Axis 1**	**Axis 2**	**Axis 3**
Air temperature	1.078	-0.272	-0.252	**0.963**	0.257	0.080
Light	-0.307	0.680	0.474	0.449	**0.617**	**0.646**
Soil moisture	-0.143	0.532	-0.371	-0.081	**0.615**	-0.785

จาก Figure 2 สามารถแบ่งกลุ่มเห็ดออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ประกอบด้วย กลุ่มที่ 1 กลุ่มเห็ดที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดิน (soil moisture) กล่าวคือ เป็นเห็ดที่มักพบในบริเวณที่มีความชื้นในดินสูง ซึ่งได้แก่ เห็ดแดงน้ำหมาก (Rusemit) เห็ดระโงกขาว (Amaprin) เห็ดขมิ้นเล็ก (Craaur) เห็ดขมิ้นใหญ่ (Craodor) *Russula* sp.4 (Rus4) เห็ดขิง (Lacpipe) เห็ดหลินจือแดง (Ganoluc) เป็นต้น ซึ่งเห็ดดังกล่าวนี้สามารถพบได้ทั้งในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง กลุ่มที่ 2 กลุ่มเห็ดที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับอุณหภูมิอากาศและความเข้มแสงรอบวันเฉลี่ย ได้แก่ เห็ดตะไคลขาว (Rusdeli) เห็ดถ่านเล็ก (Rusdens) เห็ดไข่เยี่ยวม้า (Amavagi) เห็ดมันปูใหญ่ (Canciba) เห็ดฟานเหลืองทอง (Lachygr) เป็นต้น ซึ่งเห็ดกลุ่มนี้พบในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้งเช่นเดียวกัน กลุ่มที่ 3 เห็ดที่มักพบกระจายทั่วไป (generalist species) กล่าวคือ เป็นกลุ่มเห็ดที่ขึ้นในที่มีความชื้นในดิน ความเข้มแสงเฉลี่ยรอบวันและอุณหภูมิอากาศไม่สูงมากนัก ได้แก่ เห็ดน้ำแป้ง (Rusalbo) เห็ดระโงกเหลือง เห็ดหูหนูบาง (Aurfus) เป็นต้น

จากผลการศึกษาครั้งนี้จะเห็นได้ว่าปัจจัยแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการปรากฏของเห็ดกินได้ ในช่วงต้นฤดูฝนหรือปริมาณน้ำฝนน้อย ส่งผลให้ดินมีความชื้นไม่มากนักมักพบเห็ดกลุ่มที่ 3 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเห็ดน้ำแป้ง (Rusalbo) และเห็ดเสม็ด (Bolgris) ในขณะที่

เมื่อฝนตกชุกทำให้ดินมีความชื้นสูงมักพบเห็ดกลุ่มที่ 1 อย่างไรก็ตามการกระจายของเห็ดหรือการดำรงชีวิตของเห็ดนั้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย ได้แก่ พืชพรรณ (vegetation) ลักษณะของดิน (soil characteristics) ประเภทป่า (forest type) และลักษณะภูมิอากาศเฉพาะพื้นที่ (microclimate) (Bergemann and Largent, 2000)

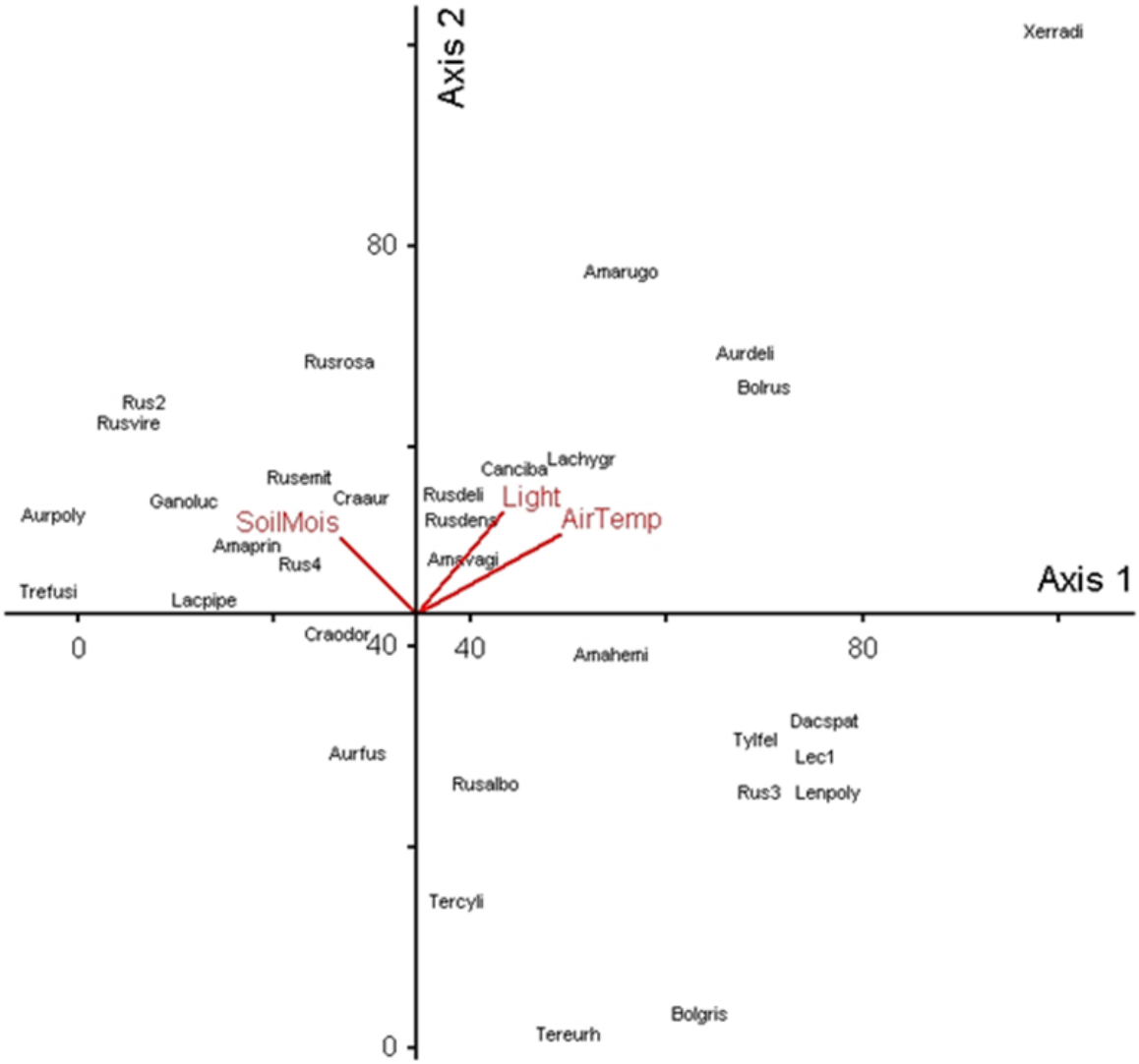


Figure 2 Canonical correspondence analysis (CCA) diagram of edible mushrooms collected at Sakaerat Environmental Research Station.

4. ความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กกับความหลากชนิดของเห็ดกินได้

ในแปลงป่าเต็งรังมีปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กในแต่ละเดือนตลอดช่วงการสำรวจเห็ดพบว่ามีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.047) โดยพบว่าในช่วงต้นฤดูฝน นั่นคือ เดือนมิถุนายนและกรกฎาคมมีปริมาณมากกว่าในเดือนสิงหาคม กันยายนและตุลาคม (Table 4) จาก Table 5 ได้ทำการเปรียบเทียบ

ปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กในแต่ละช่วงชั้น (biomass class) กับจำนวนชนิดเห็ดกินได้ พบว่าการปรากฏของเห็ดมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P=0.047) ซึ่งหากมีมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กน้อยกว่า 6 ton/ha (3 – 6 ton/ha) สามารถพบเห็ดได้หลากชนิดที่สุด ในขณะที่หากมีมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กมากกว่า 15 ton/ha จะไม่พบเห็ดกินได้ในแปลงเลย จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่าปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กมีอิทธิพลต่อความหลากชนิดของเห็ดกินได้ ซึ่งหากมีการจัดการพื้นที่โดยการจัดการกันไฟป่าในบริเวณป่าเต็งรังต่อไปจะอาจส่งผลให้ปริมาณของเห็ดกินได้ลดลง

สำหรับผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กกับความชุกชุมสัมพัทธ์พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ โดยมีค่า correlation เท่ากับ -0.380 นั่นหมายความว่าเมื่อมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ความชุกชุมสัมพัทธ์ของเห็ดลดลง โดยสามารถนำความสัมพันธ์ดังกล่าวมาสร้างสมการถดถอยได้ดังนี้ Y= 1054.706 – 102.895X (r^2=0.144, P=0.011)

Table 4 Biomass of grass in dry dipterocarp forest during the surveying period.

	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.
Biomass (ton/ha)	10.64[a]	10.39[a]	8.45[b]	6.27[b]	8.55[b]

Remark: [a-b]The mean difference is significant at the 0.05 level.

Table 5 Number of species and number of fruiting bodies in different of biomass class.

Biomass (ton/ha) class	Number of species	Number of fruiting bodies
3 – 6	2.71[a]	52.64[a]
6.1 – 9	2.08[ab]	17.85[a]
9.1 – 12	0.83[ab]	8.08[a]
12.1 – 15	0.63[ab]	1.63[a]
15.1 – 18	0[c]	0[a]
	P=0.047	P=0.244

Remark: [a-c]The mean difference is significant at the 0.05 level.

สรุป

จากการสำรวจเห็ดกินได้ในป่าเต็งรังและป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จ.นครราชสีมา ในช่วงเดือนมิถุนายน – ตุลาคม พ.ศ. 2560 พบเห็ดกินได้ทั้งหมด 32 ชนิด ค่าดัชนีความหลากชนิดของเห็ดกินได้ในป่าเต็งรังสูงกว่าป่าดิบแล้ง ซึ่งเห็ดในป่าทั้งสองประเภทมีความคล้ายคลึงกันค่อนข้างสูง (ร้อยละ 53.33) จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการปรากฏของเห็ดกับปัจจัยแวดล้อมพบว่าแบ่งเห็ดกินได้ออกเป็น 3 กลุ่ม ประกอบด้วย 1) กลุ่มเห็ดที่มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดิน 2) กลุ่มเห็ดที่พบบริเวณที่มีอุณหภูมิอากาศและความเข้มแสงรอบวันเฉลี่ยสูง และ 3) เห็ดที่มักพบกระจายทั่วไป นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณมวลชีวภาพของหญ้าเพ็กมีอิทธิพลต่อความหลากชนิดของเห็ดกินได้ ซึ่งหากพื้นป่ามีหญ้าเพ็กขึ้นปกคลุมหนาแน่นจนเกินไปจะส่งผลให้ปริมาณของเห็ดกินได้ลดลง

คำนิยม

การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปี 2560 (ป-ย(ด) 151.60) ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช และเจ้าหน้าที่ของสถานีฯ ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลภาคสนาม

REFERENCES

Bandara, A.R., S.C. Karunarathna, A.J. Phillips, P.E. Mortimer, J. Xu, P. Kakumyan, and K.D. Hyde. 2017. Diversity of *Auricularia* (Auriculariaceae, Auriculariales) in Thailand. **Phytotaxa** 292(1): 19-34.

Bas, C. 1969. Morphology and subdivision of Amanita and a monograph of its section Lepidella. **Persoonia**. 5(3): 285-579.

Bergemann, S. E. and D. L. Largent. 2000. The site specific variable that correlate with the distribution of the Pacific Gloden Chanterelle, *Cantharellus formosus*. **For Ecol Manag** 130: 99-107.

Boa, E. 2004. Wild edible fungi. A global overview of their use and importance to people. **Non-Wood Forest Products** 17. FAO, Rome.

Chalermpongse, A. and T. Boonthavikoon. 1981. **The Investigation of Mycorrhizal Fungi Associated with Roots of Trees in Sakaerat Dry-Dipterocarp Forest Ecosystem**. Forest pest control branch, Royal Forest Department, Bangkok.

_____ and _____. 1982. **The Investigation of Ectomycorrhiza in Dry-Evergreen Forest Ecosystem**. Forest pest control branch, Royal Forest Department, Bangkok.

Corner, E.L.H. 1972. **Boletus in Malaysia**. The Government Printing Office, Singapore.

Dighton, J., J. M. White and P. Oudemans. 2005. **The Fungal Community. Its Organization and Role in the Ecosystem, 3rd edn**. CRC, Boca Raton.

Gao, C., N. Shi, Y. Liu, K. G. Peay, Y. Zheng, Q. Ding, X. Mi, K. Ma, T. Wubet, F. Buscot and L. Guo. 2013. Host plant genus-level diversity is the best predictor of ectomycorrhizal fungal diversity in a Chinese subtropical forest. **Molecular Ecology** 22: 3403–3414.

Hawksworth, D. L. and R. Lücking. 2017. Fungal diversity revisited: 2.2 to 3.8 million species. **Microbiolspec. FUNK** 52: 1-17.

Karun, N.C. and K.R. Sridhar 2013. Occurrence and distribution of *Termitomyces* (Basidiomycota, Agaricales) in the Western Ghats and on the west coast of India. **Czech Mycol.** 65(2): 233–254.

Krebs, C. J. 1972. **Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance**. Harper & Row, Publishers, INC, USA.

Kosol, S., T. Kumlung, T. Inyod, P. Thongbai, T. Archavacom and S. Savakronburi. 2006. Species diversity of edible mushrooms and plants at sakaerat biosphere reserve, pp. 636-643 *In* **Proceedings of 44th Kasetsart University Annual Conference : Engineering, Architecture, Natural Resources and Environmental Management**. Kasetsart University, Bangkok.

Largent, D. L. 1977. **How to Identify Mushrooms to Genus I: Macroscopic Features**. Eureka Printing Co., Inc., Eureka.

Largent, D., D. Johnson and R. Watling. 1977. **How to Identify Mushrooms to Genus III: Microscopic Features**. Eureka Printing Co. Inc., Eureka.

McCune, B. and M. J.Mefford. 1999. **PC-ORD, Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4**. MJM Software, Gleneden Beach.

Sampanpanish, P. 2000. **Assessment on Biodiversity Surveys of Plant Community at Sakaerat**

Environmental Station, Nakhon Ratchasima. Final Report, Chulalongkorn University.

Sangwanit, U., P. Suwannarit, A. Payappanon, J. Luangsa-ard, A. Chandrasrikul and B. Sakolrak. 2013. **List of Mushrooms**. Biodiversity-Based Economy Development Office (Public Organization), Bangkok.

Tanticharoen, M. 2004. Introduction to Thai biodiversity. *In* E.B.G. Jones, M. Tanticharoen, and K.D. Hyde, (eds.) **Thai Fungal Diversity**. National Center for Genetic Engineering and Biotechnology (BIOTEC), Thailand, pp. 1–6.

Yorou, N. S., N. A. Kone, M. Guissou, A. K. Guelly, D. L. Maba, M. R. M. Ekue and A.D. Kesel. 2014. Biodiversity and sustainable use of wild edible fungi in the Sudanian centre of endemism: a plea for Valorisation. p. 241-271. *In* A. M. Bâ, K. L. McGuire, and A. G. Diédhiou **Ectomycorrhizal Symbioses in Tropical and Neotropical Forests**. CRC Press, New York.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การเจริญทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้ท้องถิ่น ภายหลังการฟื้นฟูด้วยการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส สวนป่าขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ

Natural Regeneration of Native Plant Species in Restoration Forest by *Eucalyptus camaldulensis* at Khun Han Plantation, Si Sa Ket Province

สุธีระ เหิมฮึก[1*]
วิชญ์ภาส สังพาลี[1]
เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง[1,2]
ขนิษฐา เสถียรพีระกุล[1,3]
ธาตรี มีแก้ว[4]

Sutheera Hermhuk[1*]
Witchaphart Sungpalee[1]
Kriangsak Sri-Ngernyuang[1,2]
Kanitta Satienperakul[1,3]
Thatree Meekaew[4]

[1]คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290
Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand
[2]คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์และการออกแบบสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290
Faculty of Architecture and Environmental Design, Maejo University, Chiang Mai 50200, Thailand
[3]คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290
Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai 50290, Thailand
[4]สวนป่าขุนหาญ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จ. อุบลราชธานี 34000
Khun Han Plantation, Forest Industry Organization Northeastern Region, Ubon Ratchathani 34000, Thailand
*Corresponding Author: h.sutheera@gmail.com

รับต้นฉบับ 3 กรกฎาคม 2561 รับแก้ไข 13 กันยายน 2561 รับลงพิมพ์ 19 กันยายน 2561

ABSTRACT

The study of natural regeneration of native plant species in reforestation forest after planting *Eucalyptus camaldulensis* at Khun Han plantation, Si Sa Ket Province, were conducted in 2018. The objectives were to study on the species composition and natural regeneration of native plant species after planting *Eucalyptus camaldulensis* for 30 years. The sample plots, 20 m x 50 m, were established in following site; natural forest, NF (2 plots) and restoration forest after planting *Eucalyptus camaldulensis*, RF (3 plots). All trees with diameter at breast height (DBH) larger than 4.5 cm were measured for their girth and identified. Saplings and seedlings in each plot were also counted. In addition, importance value index, species diversity and similarity index between plots were also calculated to infer about forest regeneration process.

The results showed a total of 24 families, 36 genera and 39 species of trees were found in the study areas. The RF plots had 34 tree species with the tree density of 1,813 individual. ha^{-1} and the basal area of 22.60 $m^2.ha^{-1}$. The NF plots had 18 tree species with the tree density of 670 individual.ha^{-1} and basal area of 19.02 $m^2.ha^{-1}$. Based on the diameter class distribution

pattern in RF, the negative exponential growth form was detected in this sites similarly to some dominant native species in RF, indicating that the forest regeneration was in the normal natural condition. In contrast, the fast growing *Eucalyptus camaldulensis* had the polynomials growth form, indicating that the low ability of the trees to regenerate. The similarity index showed that the species composition were more than 50% similar between the RF and NF for the tree and sapling stages, while the similarity between RF and NF was smallest in the seedling stages, probably due to high number of pioneer species. Thus, the forest restoration program should concern the species with high amplitude of tolerance and suitable to the restoration site. Some fast growing exotic tree species can support the native tree regeneration and reduced successional time for a degraded forest into a climax forest.

Keywords: Reforestation process, Fast growing exotic tree species, Plant establishment, Pioneer species

บทคัดย่อ

การตั้งตัวของพรรณไม้ท้องถิ่นตามธรรมชาติ ภายหลังการฟื้นฟู ด้วยยูคาลิปตัส ในพื้นที่สวนป่าขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ ได้ดำเนินการในปี พ.ศ. 2561 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้และแนวทางการเจริญทดแทนตามธรรมชาติในพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสที่ปล่อยให้มีการฟื้นฟูตามธรรมชาติอายุ 30 ปี โดยทำการวางแปลงชั่วคราวขนาด 20 เมตร × 50 เมตร ในพื้นที่ป่าธรรมชาติดั้งเดิม 2 แปลง และป่าฟื้นฟูภายหลังการปลูกยูคาลิปตัส 3 แปลง ทำการเก็บข้อมูลไม้ต้น ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป ผนวกกับการบันทึกชนิด และจำนวนของ ไม้รุ่น และกล้าไม้ พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าดัชนีความสำคัญ ดัชนีความหลากชนิด และค่าดัชนีความคล้ายคลึงระหว่างสองพื้นที่

ผลการศึกษาพบชนิดพรรณไม้ต้นทั้งหมด 24 วงศ์ 36 สกุล 39 ชนิด โดยป่าฟื้นฟูฯ พบชนิดพรรณไม้มากกว่าป่าธรรมชาติ กล่าวคือ ป่าฟื้นฟูฯ พบ 34 ชนิด มีความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 1,813 ต้นต่อเฮกตาร์ และพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 22.60 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ส่วนป่าธรรมชาติพบ 18 ชนิด มีความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 670 ต้นต่อเฮกตาร์ และพื้นที่หน้าตัดรวมเท่ากับ 19.02 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ การกระจายตัวของข้อมูลขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในภาพรวมของป่าฟื้นฟูฯ เป็นรูปแบบชี้กำลังเชิงลบ ซึ่งบ่งบอกถึงการทดแทนด้วยไม้ขนาดเล็กตามธรรมชาติ สอดคล้องกับรูปแบบของพรรณไม้ท้องถิ่นบางชนิดที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ป่าฟื้นฟูฯ ตรงกันข้ามกับยูคาลิปตัส ที่มีการกระจายเป็นแบบไม่ปกติ แสดงว่า ยูคาลิปตัสมีความสามารถในการเจริญทดแทนตามธรรมชาติได้ไม่ดี ด้านแนวทางการทดแทนตามธรรมชาติ เมื่อเปรียบเทียบชนิดพันธุ์ไม้ทั้ง 3 ระดับทั้งสองพื้นที่พบว่า มีแนวโน้มในการฟื้นฟูจากค่าดัชนีความคล้ายคลึงมากกว่าร้อยละ 50 ในทั้งในระดับไม้รุ่น และไม้ใหญ่ ส่วนกล้าไม้มีค่าความคล้ายคลึงน้อยที่สุดอาจเนื่องมาจากพื้นที่ป่าฟื้นฟูฯ ยังมีขั้นตอนการตั้งตัวของกลุ่มไม้เบิกนำ อย่างไรก็ตามผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงบทบาทของไม้ต่างถิ่นโตเร็วที่นำเข้ามาปลูกช่วยฟื้นฟู และช่วยปรับปรุงปัจจัยแวดล้อมให้เหมาะสมกับการเจริญทดแทนตามธรรมชาติของพันธุ์ไม้ท้องถิ่น และนำไปสู่การคัดเลือกพรรณไม้เบิกนำเพื่อปลูกฟื้นฟูร่วมกับพันธุ์ไม้โตเร็วต่างถิ่น เพื่อย่นระยะเวลาการฟื้นฟูป่าในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา

คำสำคัญ: กระบวนการฟื้นฟูป่า ไม้โตเร็วต่างถิ่น การตั้งตัวของพรรณพืช พรรณไม้เบิกนำ

คำนำ

การทดแทนของสังคมพืช (plant community succession) คือการเปลี่ยนแปลงของสังคมพืชที่เกิดขึ้นเนื่องจากสังคมพืชอีกชนิดหนึ่งเข้าไปทดแทนสังคมพืชเดิม และเกิดการทดแทนต่อไปเรื่อยๆ โดยเป็นไปในทางที่ก้าวหน้าขึ้น (Barbour *et al*. 1987) การทดแทนของสังคมพืชสามารถแบ่งออกได้หลายรูปแบบ ทั้งรูปแบบการทดแทนปฐมภูมิ (primary succession) และรูปการทดแทนแบบทุติยภูมิ (secondary succession) ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งของการทดแทนที่เกิดขึ้นในพื้นที่ที่เคยเป็นป่าไม้มาก่อน หรือพื้นที่ถูกทำลายลงเนื่องจากหลายปัจจัย เช่น ไฟป่า พายุ การทำไร่เลื่อนลอย หรือพื้นที่เกษตรกรรมที่ปล่อยให้มีการทดแทนตามกระบวนการธรรมชาติ การทดแทนในพื้นที่เหล่านี้อาจใช้เวลาไม่นานที่จะเข้าสู่สถานภาพสังคมถาวร (climax stage) เนื่องจากมีส่วนเจริญทดแทนของพืชดั้งเดิมคงเหลืออยู่ในพื้นที่ การศึกษารูปแบบทดแทนในแต่ละแห่งนั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ (Marod and Kutintara, 2009) Barbour *et al*. (1987) กล่าวว่าการทดแทนในแต่ระยะอาจต้องใช้ระยะเวลาที่ยาวนานอาจเป็น 100 ปีในพื้นที่ป่าเขตร้อน ที่ปล่อยให้มีกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติ ดังนั้นการนำชนิดพรรณไม้ที่คาดว่าเป็นไม้องค์ประกอบดั้งเดิมของป่า หรือ กลุ่มไม้เบิกนำ (pioneer species) หรือกลุ่มไม้ต่างถิ่นโตเร็ว (fast growing exotic tree species) มาปลูกเสริมเข้าไปในพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม อาจสามารถช่วยย่นระยะการทดแทนของสังคมพืชให้เร็วยิ่งขึ้นในแง่ของการเพิ่มองค์ประกอบทางชนิดพันธุ์ และการเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่นั้น ๆ (Lohbeck *et al*., 2012)

การทดแทนของสังคมพืชโดยมนุษย์คือ การที่มนุษย์เข้ามาช่วยฟื้นฟูกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติดังที่กล่าวมาข้างต้น โดยอาศัยการศึกษาปัจจัยแวดล้อมของระบบนิเวศนั้นๆ และคัดเลือกชนิดพรรณไม้เข้ามาปลูกฟื้นฟูในพื้นที่ ซึ่งเป็นที่นิยมในการฟื้นฟูป่าในปัจจุบัน เช่น ในพื้นที่เหมืองร้าง พื้นที่ไร่เลื่อนลอยเดิม (Fukushima *et al*., 2008) โดยมุ่งเน้นไปที่พรรณไม้เบิกนำตามธรรมชาติ และกลุ่มพรรณไม้เบิกนำต่างถิ่นที่มีความสามารถในการช่วยฟื้นฟูป่า เช่น กลุ่มของพรรณไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) ได้แก่สกุล *Acacia, Leucaena* และ *Albizia* พรรณไม้วงศ์ปอ (Malvaceae) เป็นต้น (Sudirman, 2009, Skowno *et al*., 1999; Panichsuay, 2012;) ในประเทศไทยมีการศึกษาการทดแทนตามธรรมชาติ และโดยมนุษย์ในด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ซึ่งทั้งสองรูปแบบดังกล่าว มีทั้งการศึกษาทางตรงโดยการวางแปลงศึกษา (Marod *et al*., 1999) และการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมร่วมศึกษา (Kamyo *et al*., 2016) เช่น พื้นที่ที่มีไฟป่าในอัตราความถี่ที่สูง พื้นที่หลังจากการทำไม้ พื้นที่ที่มีการเข้าใช้ประโยชน์จากชุมชนสูง และพื้นที่ที่มีการบุกรุกของราษฎรเพื่อการเกษตร (Fukushima *et al*., 2008; Panichsuay, 2012; Kamyo *et al*., 2016; Yarnvudhi *et al*., 2016) ซึ่งบางพื้นที่มีทดลองนำไม้ต่างถิ่นที่มีการทดสอบประสิทธิภาพการฟื้นฟูป่าไม้ เช่น กระถินณรงค์ กระถินเทพา กระถินยักษ์ และยูคาลิปตัส เข้าไปปลูกฟื้นฟูในพื้นที่นั้นๆ (Niamrat, 2003; Marod *et al*., 2012; Panichsuay, 2012) โดยเฉพาะยูคาลิปตัส เป็นพันธุ์ไม้ที่นิยมปลูกฟื้นฟูในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยในอดีต ทั้งในการเพิ่มผลผลิตการผลิตกระดาษให้โรงงานอุตสาหกรรม ที่พบเห็นในสวนป่าภาครัฐ และเอกชน และเป็นพันธุ์ไม้ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาปลูกเพื่อการฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมร่วมกับไม้ต่างถิ่นชนิดอื่น ๆ โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความแห้งแล้งและสภาพดินที่ค่อนข้างเสื่อมโทรม ซึ่งปัจจุบันในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมักพบเห็นยูคาลิปตัสร่วมเป็นโครงสร้างหลักของป่าอยู่โดยมีการปล่อยให้พรรณไม้อื่นเข้ามาตั้งตัวโดยธรรมชาติ โดยเฉพาะในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ หรือสวนป่ารัฐบาลที่บางพื้นที่ยังไม่มีรูปแบบการปลูกสร้างสวนป่าเปลี่ยนไปเป็นพรรณไม้ชนิดอื่นๆ ตามความต้องการทางเศรษฐกิจ

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้และแนวทางการเจริญทดแทนตามธรรมชาติในป่ายูคาลิปตัสที่ปล่อย

ให้มีการฟื้นฟูตามธรรมชาติอายุ 30 ปี ในสวนป่าขุนหาญ อำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา (study area)

สวนป่าขุนหาญตั้งอยู่ในเขตป่าสงวนแห่งชาติป่าฝั่งขวาห้วยศาลา ตำบลบักดอง และตำบลห้วยจันทร์ อำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ (Figure 1) มีค่าพิกัด 48 P 0438685E, 1605924N พื้นที่ทั้งหมดสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 220 เมตร ซึ่งเป็นส่วนงานในสังกัดองค์การอุตสาหกรรมป่าไม้เขตอุบลราชธานี องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ การปลูกสร้างสวนป่าในปัจจุบันได้ปรับเปลี่ยนชนิดไม้ที่ปลูกจากยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) เป็นยางพารา (*Hevea brasiliensis* (Kunth) Müll. Arg.) (ซึ่งการเปลี่ยนชนิดพันธุ์ไม้เศรษฐกิจปลูกดังกล่าว ไม่มีผลต่อการศึกษาในครั้งนี้) โดยราษฎรมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ของสวนป่า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ถึงปัจจุบัน มีเนื้อที่ 4,166.91 ไร่ ตามนโยบายขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่ส่งเสริมให้ราษฎรที่อาศัยอยู่รอบ ๆ พื้นที่สวนป่ามีส่วนร่วมในการใช้ประโยชน์พื้นที่สวนป่าและการเก็บเกี่ยวผลผลิตจากสวนป่า ตามหลักเกณฑ์เงื่อนไข กฎระเบียบขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ และบำรุงรักษาสวนป่าแปลงไม้ยูคาลิปตัสหลังการทำไม้ เนื้อที่ 100 ไร่ โดยปล่อยให้มีการฟื้นฟูของพรรณไม้ตามธรรมชาติซึ่งเป็นพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) เดิม และไม่มีการตัดไม้ยูคาลิปตัสออกตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 เป็นต้นมา

ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปเป็นพื้นที่ราบมีลานหินอยู่บางพื้นที่ ส่งผลให้หน้าดินตื้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมาก มีสภาพเป็นกรดจัด ลักษณะดินเป็นดินร่วนปนทราย โดยพื้นที่เดิมมีสภาพส่วนใหญ่เป็นป่าผสมผลัดใบ และป่าดิบแล้งที่ผ่านการทำไม้สัมปทานและถูกบุกรุกจนมีสภาพเป็นป่าเสื่อมโทรม คงเหลือป่าด้านทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของสำนักงานเป็นป่าธรรมชาติ มีพื้นที่ประมาณ 20 ไร่ (Khun Han Plantation, n. p.)

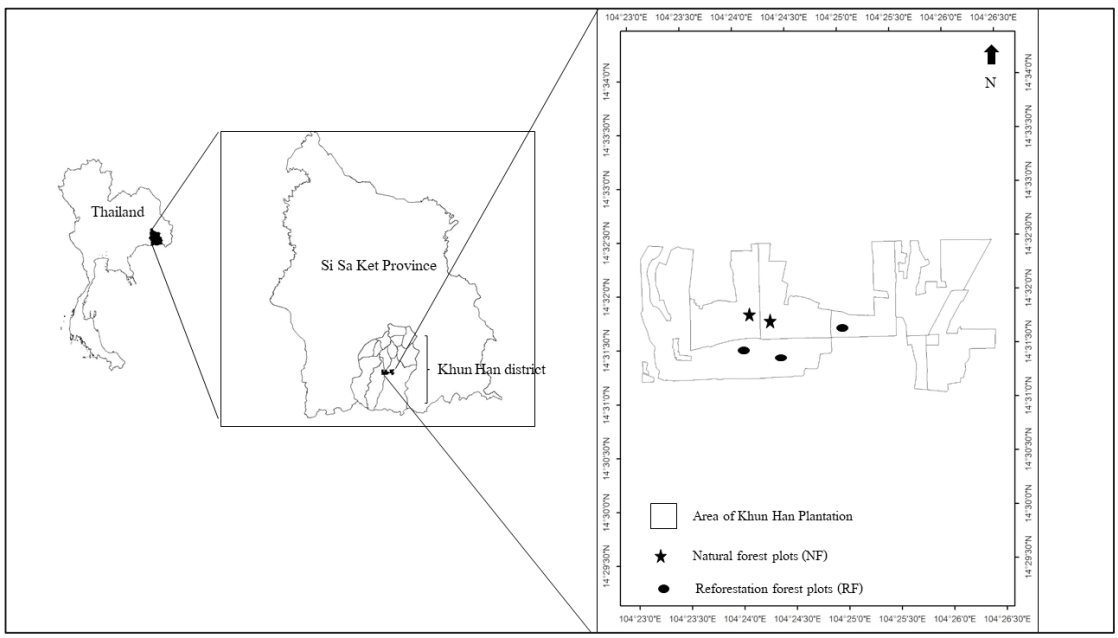


Figure 1 Khun Han Plantation, Khun Han District, Si Sa Ket Province.

2. การคัดเลือกพื้นที่ และการวางแปลงตัวอย่าง

ทำการคัดเลือกพื้นที่เป็นตัวแทนของสังคมพืชที่ปรากฏอยู่ในสวนป่าขุนหาญ อำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ โดยการสุ่มสำรวจแบบเจาะจง (purposive random sampling) ในแปลงป่าธรรมชาติที่ปลอดการรบกวน และแปลงป่าฟื้นฟู หลังการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสที่มีการปล่อยให้ป่าฟื้นตัวเองตามธรรมชาติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2520 (30 ปี) โดยทำการวางแปลงตัวอย่างรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 20 เมตร × 50 เมตร (Figure 2) ในพื้นที่ป่าธรรมชาติจำนวน 2 แปลง (เนื่องจากมีพื้นที่จำกัด) และพื้นที่ฟื้นฟูฯ จำนวน 3 แปลง

ในแปลงตัวอย่างทำการแบ่งแปลงย่อยขนาด 10 เมตร × 10 เมตร ได้จำนวนทั้งสิ้น 10 แปลงย่อย ภายในแปลงย่อยขนาด 10 เมตร × 10 เมตร วางแปลงขนาด 4 เมตร × 4 เมตร และขนาด 1 เมตร × 1 เมตร (Figure 2) จำนวนอย่างละ 10 แปลง เพื่อทำการเก็บข้อมูลด้านองค์ประกอบของชนิดพรรณพืช

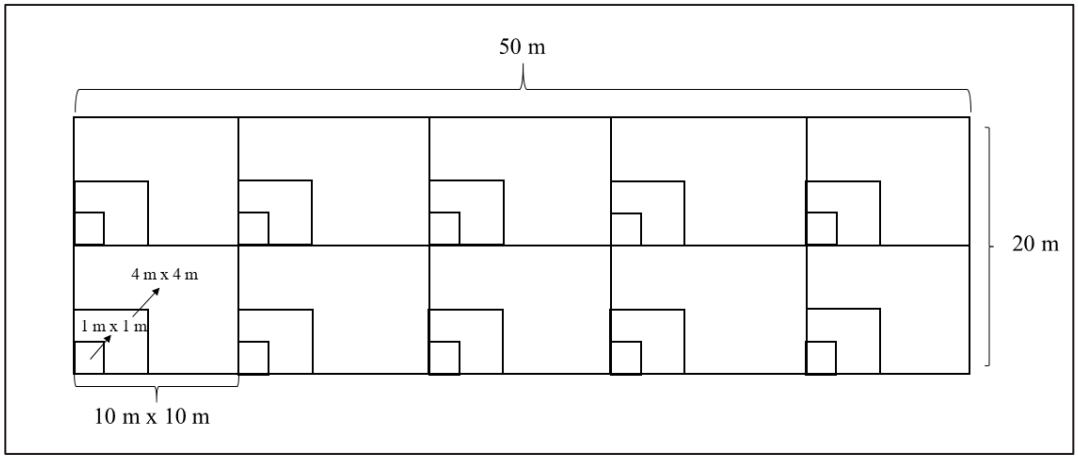


Figure 2 Temporary plot for forest structure and species composition survey.

3. การเก็บข้อมูล (data collection)

3.1 ทำการเก็บข้อมูลพรรณไม้ในแปลงขนาด 10 เมตร × 10 เมตร โดยทำการวัดไม้ต้น (tree) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก 1.30 เมตร (diameter at breast height, DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป พร้อมบันทึกหมายเลขต้น ชื่อไทย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยการจำแนกชนิดชื่อพรรณไม้ตามรูปแบบ Smitinand, (2014)

3.2 ทำการเก็บข้อมูลไม้รุ่น (sapling) ในแปลงขนาด 4 เมตร × 4 เมตร โดยไม้รุ่นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก ต่ำกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงตั้งแต่ 1.3 เมตรขึ้นไป พร้อมบันทึกหมายเลขต้น ชื่อไทย และขนาดวัดรอบ

3.3 ข้อมูลกล้าไม้ (seedling) เก็บข้อมูลในแปลงขนาด 1 เมตร × 1 เมตร โดยการนับจำนวนกล้าไม้ต้นที่มีความสูงน้อยกว่า 1.3 เมตร พร้อมทำการจำแนกชนิดพรรณไม้ทั้งหมดที่พบในแปลงตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis)

4.1 การศึกษาโครงสร้าง และองค์ประกอบของพรรณไม้ โดยพิจารณาจากความหนาแน่นของจำนวนต้น (stem density) พื้นที่หน้าตัด (basal area) การกระจายตามชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของพรรณไม้ ซึ่งพิจารณารูปแบบการกระจาย โดยได้มาจากการวิเคราะห์สมการชี้กำลัง (exponential) หรือรูปแบบอื่น ๆ ซึ่งใช้ค่า R^2 เป็นตัวกำหนดความเชื่อมั่นของรูปแบบสมการนั้นๆ (Oliveira *et al*., 2014) และพรรณไม้เด่น คำนวณจากค่าดัชนีความสำคัญของพรรณไม้ (importance value index, IVI) ของแต่ละพื้นที่ คือ ป่าธรรมชาติ และป่าฟื้นฟูฯ โดยนำผลรวมของค่าความสัมพัทธ์ต่างๆ ของชนิดพันธุ์ไม้นั้นในสังคมนั่น ๆ คือ ผลรวมของ

ค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (relative density, RD) ค่าความถี่สัมพัทธ์ (relative frequency, RF) และค่าความเด่นสัมพัทธ์ (relative dominance, RDo) ตามสูตร ของ Whittaker, (1970) ดังนี้

$$IVI = RD+RDo+RF$$

4.2 วิเคราะห์ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Wiener index of diversity) ตามสมการของ Shannon and Wiener (1965) ดังนี้

$$H = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i$$

ในเมื่อ p_i = สัดส่วนระหว่างจำนวนต้นของพรรณไม้ชนิดที่ i ต่อจำนวนต้นของพรรณไม้ทั้งหมด (เมื่อ i = 1, 2, 3,… s)

s = จำนวนชนิดพรรณไม้ทั้งหมดในแปลงที่ศึกษา

ln = ลอการิทึมฐานธรรมชาติ

4.3 วิเคราะห์ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity Index, SI) และค่าดัชนีความแตกต่าง (Dissimilarity Index, DI) ตามสมการของ Sorensen, (1948)

ทำการเปรียบเทียบการปรากฏของชนิดไม้ต้น ไม้รุ่น และกล้าไม้ที่สำรวจพบในพื้นที่ป่าธรรมชาติ และป่าฟื้นฟูฯ ในสวนป่าขุนหาญ ว่ามีความคล้ายคลึงกันมากน้อยอย่างไร โดยใช้สมการคำนวณดังนี้

$$SI = 2W*100/(A+B)$$

และ $$DI = 100-IS$$

โดยที่ SI = ดัชนีความคล้ายคลึง

DI = ดัชนีความแตกต่าง

W = จำนวนชนิดไม้ต้นที่พบทั้งพื้นที่ศึกษา A และ B

A = จำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมดที่พบในพื้นที่ศึกษา A

B = จำนวนชนิดไม้ต้นทั้งหมดที่พบในพื้นที่ศึกษา B

ผลและวิจารณ์

1. โครงสร้าง และองค์ประกอบของพรรณไม้บริเวณสวนป่าขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ

ผลการศึกษาพบชนิดพรรณไม้ทั้งหมด 31 วงศ์ (families) 55 สกุล (genera) 66 ชนิด (species) โดยวงศ์เด่นเป็นพรรณไม้วงศ์ถั่ว (Fabaceae) วงศ์หว้า (Myrtaceae) วงศ์โมก (Apocynaceae) วงศ์เปล้า (Euporbiaceae) และวงศ์แค (Bignoniaceae) เนื่องจากมีจำนวนต้นมากในแต่ละวงศ์ และวงศ์อื่น ๆ ดัง Appendix 1 เมื่อพิจารณาชนิดพรรณไม้ต้น (tree) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 4.5 เซนติเมตร พบทั้งหมด 24 วงศ์ 36 สกุล 39 ชนิด และตามการปรากฏในแต่ละสังคมพืช คือ ป่าธรรมชาติ (natural forest, NF) และฟื้นฟูจากสวนป่ายูคาลิปตัส (restoration forest by *Eucalyptus camaldulensis*, RF) กล่าวคือ NF พบชนิดพรรณไม้จำนวน 10 วงศ์ 15 สกุล 18 ชนิด มีความหนาแน่นของต้นไม้ (trees density) เท่ากับ 670 ต้นต่อเฮกตาร์ และพื้นที่หน้าตัด (basal area) เท่ากับ 19.02 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 2.28 และพันธุ์ไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ ขะเจ๊าะ (*Millettia leucantha* var. *buteoides*) โมกมัน (*Wrightia arborea*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) โมกหลวง (*Holarrhena pubescens*) และประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) เป็นต้น มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 74.43, 46.77, 33.64, 25.01 และ 24.91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอื่น ๆ ดัง Appendix 1 ส่วน RF พบชนิดพรรณไม้จำนวน 21 วงศ์ 33 สกุล 35 ชนิด มีความหนาแน่นของต้นไม้เท่ากับ 1,813 ต้นต่อเฮกตาร์ และพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ 22.61 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 2.90 และพันธุ์ไม้เด่นเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความสำคัญ 5 ชนิดแรก ได้แก่ ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) ประดู่ป่า ขว้าว (*Haldina cordifolia*) ขะเจ๊าะ และพลับพลา (*Microcos paniculata*) เป็นต้น มีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 48.63,

40.54, 30.70, 27.79 และ 15.93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอื่น ๆ ดัง Appendix 1

จากข้อมูลข้างต้นพบว่าพื้นที่ RF มีความหนาแน่นของไม้ต้น และความหลากหลายของชนิดมากกว่าพื้นที่ NF อาจเนื่องมากจากการที่อยู่ในขั้นตอนของการทดแทนตามธรรมชาติ และมีกลุ่มพรรณไม้เบิกนำ (pioneer species) เช่น ขว้าว พลับพลา และปอแก่นเทา เป็นต้น เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่จำนวนมาก (Appendix 1) ในส่วนของพื้นที่หน้าตัดรวมนั้น เมื่อนำพื้นที่หน้าตัดรวมมาลบด้วยพื้นที่หน้าตัดของยูคาลิปตัสออกจะมีค่าพื้นที่หน้าตัดรวมน้อยกว่าพื้นที่ NF กล่าวคือ 17.36 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ บ่งบอกถึง RF นั้นยังประกอบด้วยไม้ต้นขนาดเล็กอยู่มากถ้าไม่นับรวมยูคาลิปตัส สอดคล้องกับพันธุ์ไม้เด่นที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงสุดในพื้นที่ RF คือ ยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นไม้ปลูกที่เป็นไม้เศรษฐกิจของสวนป่าในอดีตที่ไม่มีการตัดออกจากพื้นที่ ซึ่งสามารถเติบโตทั้งด้านความสูงและความโตอย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการฟื้นฟูป่าโดยการช่วยฟื้นฟูจากกิจกรรมของมนุษย์หรือการปล่อยให้ธรรมชาติฟื้นตัวเองนั้น ในช่วงต้นหรือช่วงกลางของกระบวนการทดแทนมักจะมีความหลากชนิดมากกว่าช่วงเริ่มทดแทนหรือช่วงที่ป่าเข้าสู่จุดสุดยอด (climax) ซึ่งเป็นรูปแบบปกติของสังคมพืชในป่าเขตร้อน (Barbour *et al*., 1980; Turner, 2004) และสอดคล้องกับการรายงานในพื้นที่ป่าฟื้นฟูในรูปแบบต่างๆ ในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่นิยมการปลูกฟื้นฟูด้วยการปลูกไม้ต่างถิ่นเบิกนำก่อน เนื่องจากส่วนใหญ่ถูกบุกรุกเปลี่ยนสภาพระบบนิเวศต่างไปจากป่าธรรมชาติเดิม และปล่อยให้พรรณไม้ดั้งเดิมเข้ามาเจริญทดแทนในพื้นที่ ซึ่งในแต่ละพื้นที่ระบุได้ว่าป่าฟื้นฟูนั้นมีความหลากชนิดมากกว่าป่าธรรมชาติใกล้เคียง (Niamrat, 2003; Panichsuay, 2012; Kongdam, 2016; Yarnvudhi *et al*., 2016)

เมื่อพิจารณาจากรูปแบบการกระจายตามระดับชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไม้ ตั้งแต่ขนาด 1 เซนติเมตร ขึ้นไป บริเวณพื้นที่ RF พบว่า จำนวนต้นไม้ที่กระจายตามขนาดชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง มีรูปแบบการกระจายในลักษณะการเพิ่มขึ้นแบบชี้กำลังเชิงลบ (negative exponential growth form) ทั้งในการวิเคราะห์ด้วยต้นไม้ทุกชนิด (Figure 3A) และในการวิเคราะห์ที่ไม่รวมจำนวนต้นของยูคาลิปตัส (Figure 3B) แสดงว่าการรักษาโครงสร้างของพื้นที่ RF นี้ มีการทดแทนตามธรรมชาติดำเนินไปอย่างเป็นปกติ กล่าวคือ มีการเพิ่มพูนของจำนวนต้นไม้ขนาดเล็ก หรือในระดับไม้รุ่นมากกว่าระดับไม้ใหญ่ ซึ่งส่งผลถึงความสามารถที่จะเจริญทดแทนเป็นไม้ขนาดใหญ่ได้ดีในอนาคต หรืออยู่ในสภาวะคงที่ (stable stage) เนื่องจากมีการเจริญทดแทน (regeneration) ที่ดี (Bunyavejchewin *et. al*., 2001; Mohandass and Davidar 2009)

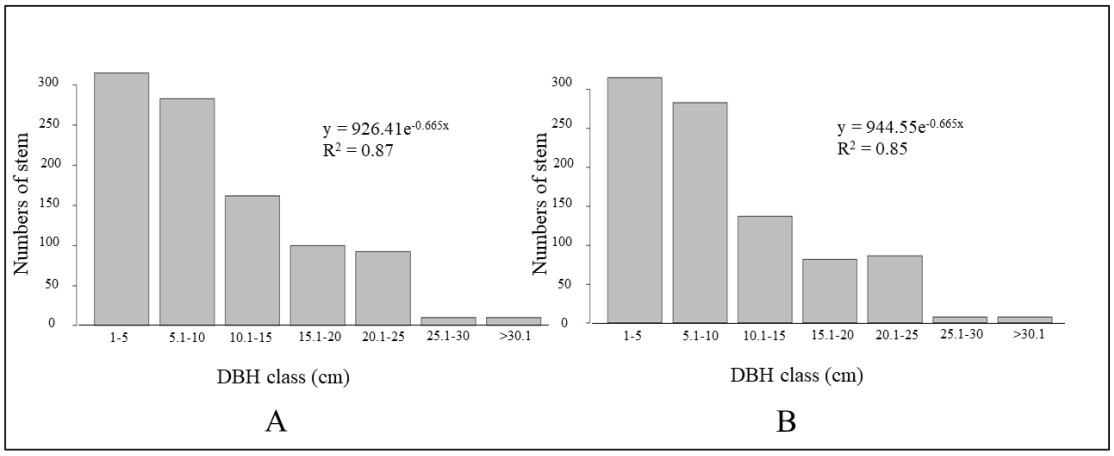


Figure 3 The DBH class distribution of restoration forest after *Eucalyptus* plantation (RF) ; A = all species and B = excluded *Eucalyptus* Khun Han Plantation, Si Sa Ket province.

ส่วนผลการศึกษารูปแบบการกระจายตามระดับชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1 เซนติเมตรขึ้นไป ของพันธุ์ไม้เด่นในพื้นที่ RF ที่มีจำนวนต้นมาก 4 ชนิด (Figure 4 A-D) พบว่าพันธุ์ไม้ของป่าผสมผลัดใบ ที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ RF ส่วนใหญ่ มีรูปแบบการกระจายตัวแบบ การเพิ่มขึ้นแบบชี้กำลังเชิงลบ คือ ขว้าว พลับพลา และขะเจ๊าะ (Figure 4 A-C) ในส่วนของประดู่ป่า รูปแบบการกระจายแบบไม่ปกติ (polynomial distribution) ในลักษณะที่มีหลายช่วงชั้นความโตที่ขาดไปไม่ต่อเนื่อง (Figure 4D) แสดงว่า พันธุ์ไม้ดังกล่าวไม่สามารถเจริญทดแทนตามธรรมชาติภายใต้ร่มเงาได้ แต่มีการเติบโตที่กระจายได้ในทุกระดับชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง โดยเฉพาะไม้ขนาดกลาง (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 – 15 เซนติเมตร) มากกว่าจำนวนต้นขนาดเล็ก อย่างไรก็เมื่อพิจารณารูปแบบการกระจายของยูคาลิปตัส พบว่า มีการกระจายแบบไม่สม่ำเสมอ (polynomial distribution) (Figure 5) เช่นเดียวกันกับประดู่ป่า แต่ไม่ปรากฏจำนวนต้นไม้ขนาดเล็กที่เป็นไม้รุ่น อาจกล่าวได้ว่าการที่ไม่มีการกระจายของไม้ขนาดเล็ก ของยูคาลิปตัสที่ปลูกในสวนป่าแห่งนี้ไม่มีการเจริญทดแทนตามธรรมชาติ อนาคตส่งผลให้ชนิดไม้ดังกล่าวอาจสูญหายไปจากสังคม หากมีการตัดทำลายไม้ใหญ่ลง (Bunyavejchewin *et al.*, 2001) ซึ่งต่างจากพรรณไม้ท้องถิ่นข้างต้น ที่เข้ามาทดแทนในบริเวณในพื้นที่ RF

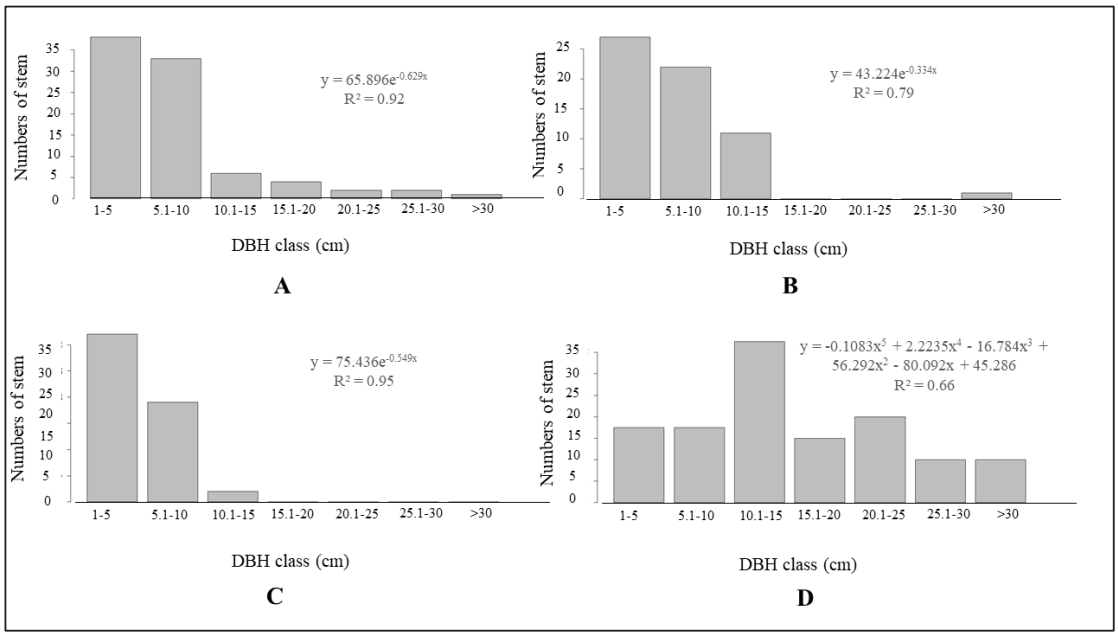


Figure 4 The DBH class distribution of four native tree species; A = *Millettia leucantha*, B = *Haldina cordifolia*, C = *Microcos paniculata*, and D = *Pterocarpus macrocarpus* in restoration forest after *Eucalyptus* plantation (RF).

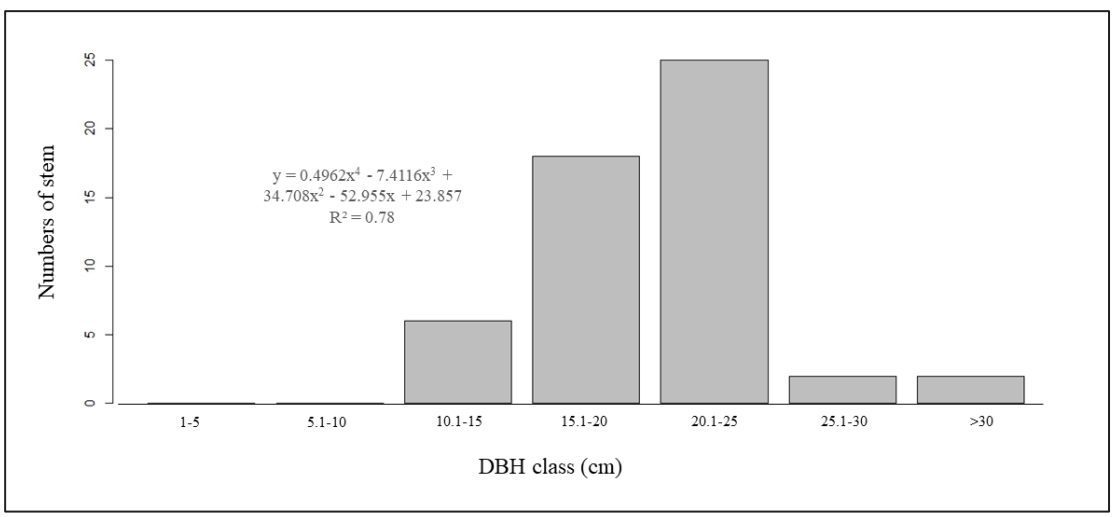


Figure 5 The DBH class distribution of *Eucalyptus camaldulensis* in restoration forest after *Eucalyptus* plantation (RF).

2. แนวทางการเจริญทดแทนตามธรรมชาติจากค่าดัชนีความคล้ายคลึง

จากการศึกษาพบว่า ชนิดพันธุ์ไม้ของพื้นที่ NF และพื้นที่ RF มีความคล้ายคลึงกันค่อนข้างสูงในทุกระดับ โดยระดับไม้รุ่นในพื้นที่ RF มีความคล้ายคลึงกับระดับไม้รุ่นในพื้นที่ NF มากที่สุดถึง ร้อยละ 95.45 ส่วนระดับไม้ต้นมีความคล้ายคลึงกันร้อยละ 64.15 และกล้าไม้มีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด ร้อยละ 47.06 และค่าความคล้ายคลึงในระดับอื่นๆ แสดงใน Table 1

จากค่าดัชนีความคล้ายคลึงข้างต้นพบว่าพันธุ์ไม้ที่ปรากฏทั้งสองพื้นที่ ทั้งสามระดับ (กล้าไม้ ไม้รุ่น และไม้ต้น) อาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ RF อยู่ในช่วงของการทดแทนตามธรรมชาติ ซึ่งพิจารณาจากความคล้ายคลึงของระดับกล้าไม้ที่น้อยที่สุด ซึ่งแปรผันตามกลุ่มพรรณไม้เรือนยอดชั้นบนที่ปรากฏในพื้นที่ และการเข้ามาตั้งตัวของกล้าไม้ของกลุ่มไม้เบิกนำบางชนิดที่ไม่พบในพื้นที่ป่าธรรมชาติทั้ง 3 ระดับ แต่ปรากฏในระดับกล้าไม้ของพื้นที่ RF เช่น งิ้วป่า (*Bombax anceps*) ปอเกล็ดแรด (*Sterculia macrophylla*) ปอแก่นเทา (*Grewia eriocarpa*) เสี้ยวป่า (*Bauhinia saccocalyx*) ส้มกบ (*Hymenodictyon orixense*) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis*) และพังแหรใหญ่ (*Trema orientalis*) สอดคล้องกับการรายงานของการทดแทนสังคมพืชในป่าธรรมชาติในประเทศไทย ระบุว่ากลุ่มชนิดพันธุ์ข้างต้น เช่น พังแหรใหญ่ ส้มกบ และเปล้าใหญ่ เป็นกลุ่มไม้เบิกนำในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบและป่าดิบแล้ง ที่ถูกการรบกวน (Kamsanor *et al*., 2013; Kamyo *et al*., 2016) และกลุ่มพันธุ์ไม้เหล่านี้จะมีจำนวนต้นน้อยลงเมื่อมีพรรณไม้เรือนยอดชั้นบนของป่านั้น ๆ เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นเพราะปัจจัยแวดล้อมบางประการที่ไม่เหมาะสมกับกลุ่มพรรณไม้เบิกนำดังกล่าว

Table 1 Similarity index (SI) and *Dissimilarity index (DI)* between natural forest (NF) and restoration forest (RF) of tree, sapling, and seedling.

SI / DI	NF (tree)	RF (tree)	NF (sapling)	RF (sapling)	NF (seedling)	RF (seedling)
NF (tree)	**100**	64.15	81.15	52.17	55.56	52.42
RF (tree)	*35.85*	**100**	52.86	60.32	47.06	65.73
NF (sapling)	*18.85*	*47.14*	**100**	95.45	61.58	49.74
RF (sapling)	*47.83*	*39.68*	*4.55*	**100**	58.82	60.18
NF (seedling)	*44.44*	*52.94*	*38.42*	*41.18*	**100**	47.06
RF (seedling)	*47.58*	*34.27*	*50.26*	*39.82*	*52.94*	**100**

Remarks: NF = natural forest and RF = restoration forest after *Eucalyptus* plantation

ในพื้นที่ RF ภายหลังจากการปลูกฟื้นฟูโดยยูคาลิปตัส และปล่อยให้มีการทดแทนตามธรรมชาติเป็นเวลา 30 ปี พบว่า มีพันธุ์ไม้เด่นจากป่าผสมผลัดใบที่เข้ามาทดแทนในพื้นที่ทั้งพันธุ์ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นบน ได้แก่ ประดู่ป่า ขะเจ๊าะ และตะแบกแดง และพันธุ์ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นรองที่เป็นกลุ่มของไม้เบิกนำ ได้แก่ ขว้าว พลับพลา และแคหัวหมู สำหรับพันธุ์ไม้เด่นในระดับเรือนยอดชั้นรองของป่าธรรมชาติ พบว่า มีการเข้ามาตั้งตัวจากจำนวนต้นในพื้นที่ RF เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีเรือนยอดที่ไม่แน่นทึบ สอดคล้องกับการศึกษาในสวนป่ายูคาลิปตัสที่สะแกราช จ.นครราชสีมา (Panichsuay, 2012) ซึ่งกลุ่มหมู่ไม้ยูคาลิปตัส มีเรือนยอดโปร่งส่งผลให้มีช่องว่างระหว่างเรือนยอดมาก เมื่อกลุ่มพันธุ์ไม้เรือนยอดรอง หรือกลุ่มพรรณไม้เบิกนำข้างต้นที่มีประสิทธิภาพในการกระจายของเมล็ด หรือถูกนำพามาด้วยวิธีการใดวิธีการหนึ่งตามกระบวนการทางนิเวศ

วิทยา (ecological process) จะสามารถตั้งตัวในพื้นที่ได้เร็ว และมีประสิทธิภาพในการตั้งตัวเป็นแม่ไม้ (mature tree) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผนวกกับมีกล้าของพรรณไม้เบิกนำที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่เพื่อปรับปรุงสภาพระบบนิเวศต่อการเข้ามาตั้งตัวของไม้ท้องถิ่นอีกนัยหนึ่ง และยูคาลิปตัสเองก็ไม่สามารถตั้งตัวเป็นกล้าไม้ในพื้นที่ได้ อย่างไรก็ตามความใกล้ไกลจากพื้นที่ NF ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งเสริมการตั้งตัวของพรรณไม้ให้ประสบความสำเร็จมากขึ้น ซึ่งพื้นที่ RF ดังกล่าว มีระยะห่างจากป่าธรรมชาติไม่มากนัก ประมาณ 1 กิโลเมตร (Figure 1) จึงส่งผลให้การกระจายเข้ามาของเมล็ดมีประสิทธิภาพในการตั้งตัวมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Parrotta *et al*. (1997) พบว่า องค์ประกอบของความหลากชนิดของพรรณไม้ในระหว่างพื้นที่ขึ้นอยู่กับความใกล้กับป่าธรรมชาติ ลักษณะการแพร่กระจายของเมล็ดไม้ และคุณภาพของพื้นที่ เมล็ดที่แพร่กระจายเข้าไปในพื้นที่มีความสำคัญต่อความมากมายและความหลากหลายของชนิดไม้ในพื้นที่นั้น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพรรณไม้ที่พบในพื้นที่ RF ส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ที่มีการกระจายเมล็ดโดยสัตว์ เช่น เขลง มะกอกเกลื้อน ถ่านไฟผี (*Diospyros montana*) หมีเหม็น (*Litsea glutinosa*) หว้าหิน (*Syzygium claviflorum*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) กะเจียน (*Hubera cerasoides*) ยางโอน (*Monoon viride*) และตะขบป่า (*Flacourtia indica*) เป็นต้น

อย่างไรก็ตามในกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติโดยการปลูกฟื้นฟูด้วยไม้ต่างถิ่น เช่น ยูคาลิปตัส ในพื้นที่สวนป่าแห่งนี้ ได้มีการป้องกันหรือจำกัดความถี่ของไฟป่าและการจำกัดการเข้าใช้พื้นที่หรือการรบกวนในด้านต่างๆ เช่น กำหนดวิธีปฏิบัติในการหาของป่า ห้ามตัดไม้ใช้สอยก่อนได้รับอนุญาตจากสวนป่า ห้ามเผาป่า และห้ามนำสัตว์เลี้ยงเข้ามาเลี้ยง รูปแบบการฟื้นฟูป่าของสวนป่าแห่งนี้จึงถือว่าเข้าใกล้ป่าธรรมชาติได้ค่อนข้างมาก และอนาคตหากมีการปรับปรุงข้อกำหนดขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ในด้านการตัดฟันยูคาลิปตัสในพื้นที่ RF ออก ด้วยวนวัฒน์วิธีต่าง ๆ เช่น การเลือกตัดยูคาลิปตัสขนาดใหญ่เพื่อเปิดพื้นที่ให้พรรณไม้ท้องถิ่นได้เติบโตได้เต็มที่ อาจส่งเสริมให้การทดแทนตามธรรมชาติเป็นรูปแบบของป่าธรรมชาติที่มีองค์ประกอบของพรรณไม้ที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สรุป

โครงสร้าง และองค์ประกอบของพรรณไม้บริเวณป่าฟื้นฟู โดยยูคาลิปตัสอายุ 30 ปี มีแนวโน้มการทดแทนตามธรรมชาติกลับสู่สภาพป่าธรรมชาติดั้งเดิมได้ดี เมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีความคล้ายคลึง จากชนิดพรรณไม้ท้องถิ่นที่เข้ามาตั้งตัวในพื้นที่ การเจริญทดแทนตามธรรมชาติตามการกระจายของชั้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีแนวโน้มที่ดีโดยมีจำนวนต้นไม้ขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ สอดคล้องกับพรรณไม้ท้องถิ่นหลายชนิด ยกเว้นยูคาลิปตัส ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ปลูก และประดู่ป่า ที่เป็นพันธุ์ไม้โครงสร้างหลัก ซึ่งพันธุ์ไม้ในเรือนยอดชั้นบนของป่าผสมผสมผลัดใบธรรมชาติเข้ามาตั้งตัวได้ดี เช่น ขะเจ๊าะ พลับพลา และมะกอกเกลื้อน ผนวกกับพรรณไม้เบิกนำ ที่เข้ามาตั้งตัวที่ไม่พบในป่าธรรมชาติ เช่น จิ้วป่า ปอแก่นเทา เปล้าใหญ่ พังแพรใหญ่ เป็นต้น

ดังนั้น การฟื้นฟูพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม หรือพื้นที่เปิดโล่งให้กลับมาเป็นป่าด้วยพรรณไม้ต่างถิ่นโตเร็วที่มีประสิทธิภาพการเจริญทดแทนไม่ดี เช่น ยูคาลิปตัส และปล่อยมีการทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้ท้องถิ่น จึงเป็นการย่นระยะเวลาในกระบวนการฟื้นฟูระบบนิเวศสู่ป่าธรรมชาติได้รวดเร็วขึ้น ซึ่งพื้นที่ศึกษามีการปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 30 ปี และสามารถนำองค์ความรู้ และชนิดพันธุ์ต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ในรูปแบบการฟื้นฟูป่า หรือพื้นที่เสื่อมโทรมที่มีปัจจัยสิ่งแวดล้อมใกล้เคียงกับพื้นที่ศึกษา

คำนิยม

การศึกษาครั้งนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการสำรวจและจัดทำฐานข้อมูลความหลากหลายทางชีวภาพสวนป่าขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขอขอบคุณ คุณภาณุภณ อินเงิน ผู้ช่วยสวนป่าขุนหาญ อำเภอขุนหาญ จังหวัดศรีสะเกษ ตลอดจนเครือข่ายวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ประเทศไทย (Thai Forest Ecological Research Network, TFERN) ที่ช่วยในการระบุ และจำแนกชนิดพรรณไม้

REFERENCES

Barbour, M. G., J. H. Burk and W. D. Pitts. 1980. **Terrestrial Plant Ecology**. Benjamin/ Cummings, California, USA.

Bunyavejchewin, S., P. J. Baker, J. V. Lafrankie and P. S. Ashton. 2001. Stand structure of a seasonal dry evergreen forest at Huai Kha Khaeng Wildlife Sanctuary, Western Thailand**. Natural History Bulletin of the Siam Society**. 49: 89 – 106.

Fukushima, M., M. Kanzaki, M. Hara, T. Ohkubo, P. Preechapanya and C. Choocharoen. 2008. Secondary forest succession after the cessation of swidden cultivation in the montane forest area in Northern Thailand. **Forest Ecology and Management** 255(5-6); 1994-2006.

Kamsanor, S., C. Wachrinrat and D. Marod. 2013. Plant community comparison among man-made forest, secondary dry evergreen forest and natural dry evergreen forest at Pa Muak Lek-Tabkwang Plaeng 2 National Reserved Forest, Saraburi province. **Thai Journal of Forestry** 32(3); 12-21. (in Thai)

Kamyo, T., D. Marod, S. Pattanakiat, S. Suksawang and S. Panuthai. 2016. Land cover changes in tropical seasonal forests at Mae Klong head watershed, Kanchanaburi province, Thailand. **Maejo International Journal of Science and Technology** 10(3); 304-312.

Khun Han Plantation. . **Plantation of Khun Han District Si Sa Ket Province**. (coppy)

Kongdam, P. 2016. **Forest Structure and Species Composition in Restoration Forest by Teak (*Tectona grandis* L. f.) at Jedkhod-Pongkhonsao Natural Study and Ecotourism Center, Kaeng Khoi District, Saraburi Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai).

Lohbeck, M., L. Poorter, H. Paz, L. Pla, V. Breugel, M. Martínez-Ramos and F. Bongers. 2012. Functional diversity changes during tropical forest succession. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics** 14(2); 89-96.

Marod, D., U. Kutintara, C. Yarwudhi, H. Tanaka and T. Nakashisuka. 1999. Structural dynamics of a natural mixed deciduous forest in western Thailand. **Journal of Vegetation Science** 10(6); 777-786.

_____ and U. Kutintara. 2009. **Forest Ecology**. Aksorn Siam Publishing, Bangkok. (In Thai).

_____, P. Duengkae, U. Kutintara, S. Sungkaew, C. Wachrinrat, L. Asanok and N. Klomwattanakul. 2012. The influences of an invasive plant species (*Leucaena leucocephala*) on tree regeneration in Khao Phuluang Forest, northeastern Thailand. **Kasetsart Journal** 46; 39-50.

Mohandass, D. and P. Davidar. 2009. Floristic structure and diversity of a tropical montane evergreen forest (shola) of the Nilgiri Mountains, southern India. **Tropical Ecology** 50(2); 219-229.

Niamrat, W. 2003. **Seedling Establishment of Climax Species Under the Eucalyptus Plantation and Open Site at Wang Nam Khiew Forestry Student Training Station, Amphoe Wang Nam Khiew, Changwat Nakhon Ratchasima**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Oliveira, A. P. D., I. Schiavini, V. S. D. Vale, S. D. F. Lopes, C. D. S. Arantes, A. E. Gusson, J. A. P. Júnior and O. C. Dias-Neto. 2014. Mortality, recruitment and growth of the tree communities in three forest formations at the Panga Ecological Station over ten years (1997-2007). **Acta Botanica Brasilica** 28(2); 234-248.

Panichsuay, K., 2012. **Natural Rehabilitation of Native Plant Species in Reforestation Areas at Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University. (in Thai)

Poorter, L., F. Bongers, R.S. Rompaey and M. D. Klerk. 1996. Regeneration of canopy tree species at five sites in West African moist forest. **Forest Ecology and Management** 84: 61- 69.

Shannon, C. E. and W. Weaver. 1949. **The Mathematical Theory of Communication.** University of Illinois Press, Urbana.

Skowno, A. L., J. J. Midgley, W. J. Bond and D. Balfour. 1999. Secondary succession in *Acacia nilotica* (L.) savanna in the Hluhluwe game reserve, South Africa. **Plant Ecology** 145(1); 1-9.

Smitinand, T. 2014. **Vegetation and Ground Covers of Thailand**. The Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. (in Thai)

Sorrensen, T. 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. **Biologiske Skrifter** 5; 1-34.

Sudirman, L. I. 2009. Fungal succession and decomposition of *Acacia mangium* leaf litters in health and Ganoderma attacked standings. **HAYATI Journal of Biosciences** 16(3); 109-114.

Turner, I. M. 2004. **The Ecological of Tree in the Tropical Rain Forest**. Cambridge University. UK.

Whittaker, R. H. 1975. **Communities and Ecosystem**, second eds. McMil Publicaion. New York, USA.

Yarnvudhi, A., S. Sungkaew, S. Hermhuk, P. Sunthornhao and S. Onprom. 2016. Plant diversity and utilization on ethnobotany of local people at Hmong Doi Pui village in Doi Suthep-Pui National park, Chiang Mai province. **Thai Journal of Forestry** 35(3); 136-146.

Appendix 1 The species list of Khun Han Plantation, Si Sa Ket Province; density (stems.ha^{-1}), basal area (m^2.ha^{-1}) and importance value index, (IVI %).

Family name	Botanical name	Thai name	Habit	Natural forest (NF)			Restoration forest (RF)		
				Tree density	Basal area	IVI	Tree density	Basal area	IVI
ANNONACEAE	*Hubera cerasoides*	กะเจียน	ST				13	0.037	2.35
	Monoon viride	ยางโอน	T				7	0.045	1.53
APOCYNACEAE	*Wrightia arborea*	โมกมัน	ST	100	3.49	46.77	47	0.60	10.08
	Holarrhena pubescens	โมกหลวง	S/T	60	1.51	25.01	10	0.11	2.00
BIGNONIACEAE	*Markhamia stipulata* var. *stipulata*	แคหัวหมู	T				117	13	15.45
BURSERACEAE	*Canarium subulatum*	มะกอกเกลื้อน	T	70	1.84	33.64	13	0.27	3.84
CLUSIACEAE	*Garcinia cowa*	ชะมวง	ST				3	0.01	0.71
COMBRETACEAE	*Terminalia mucronata*	ตะแบกเลือด	T				53	0.34	8.30
CONNARACEAE	*Ellipanthus tomentosus*	คำรอก	ST				7	0.01	1.41
DIPTEROCARPACEAE	*Shorea roxburghii*	พะยอม	T				3	0.01	0.70
EBENACEAE	*Diospyros montana*	ถ่านไฟผี	T				40	0.09	5.02
	Diospyros gracilis	มะเกลือกา	T				3	0.04	0.85
EUPHORBIACEAE	*Suregada multiflora*	ขันทองพยาบาท	S/T	10	0.02	4.28	3	0.01	0.74
	Microcos paniculata	พลับพลา	T	50	0.83	19.93	147	0.57	15.93
FABACEAE	*Dalbergia ovata* var. *glomeriflora*	เก็ดขาว	T	10	0.56	7.13			
	Millettia leucantha var. *buteoides*	ขะเจ๊าะ	T	190	5.17	74.43	210	2.03	27.79
	Dialium cochinchinense	เขลง	T				30	0.20	5.45
	Dalbergia nigrescens	ฉนวน	T				33	0.12	4.76
	Erythrina stricta	ทองหลางป่า	T				3	0.01	0.72
	Pterocarpus macrocarpus	ประดู่ป่า	T	50	1.78	24.91	157	5.15	40.54

Appendix 1 (Continued)

Family name	Botanical name	Thai name	Habit	Natural forest (NF)			Restoration forest (RF)		
				Tree density	Basal area	IVI	Tree density	Basal area	IVI
FABACEAE	*Dalbergia cochinchinensis*	พะยูง	T	10	0.07	2.15	20	0.16	3.25
	Erythrophleum succirubrum	ทองหลางป่า	T	20	0.57	3.48	50	0.89	10.05
	Sindora siamensis var. *siamensis*	มะค่าแต้	T				13	0.18	3.46
HYPERICACEAE	*Cratoxylum cochinchinense*	ติ้วเกลี้ยง	T				50	0.26	6.30
LAURACEAE	*Litsea glutinosa*	หมีเหม็น	T	30	2.01	20.46	40	0.44	7.52
LECYTHIDACEAE	*Careya arborea*	กระโดน	T				17	0.14	3.46
LYTHRACEAE	*Lagerstroemia calyculata*	ตะแบกแดง	T	30	0.56	12.80	80	0.65	12.59
MALVACEAE	*Bombax anceps*	งิ้วป่า	T				7	0.03	1.44
	Grewia eriocarpa	ปอแก่นเทา	T	10	0.20	5.25	73	1.08	11.73
MELIACEAE	*Chukrasia tabularis*	ยมหิน	T	10	0.33	5.92			
MORACEAE	*Streblus asper*	ข่อย	T				17	0.04	2.04
	Artocarpus lacucha	มะหาด	T				3	0.01	0.70
MYRTACEAE	*Eucalyptus camaldulensis*	ยูคาลิปตัส	ExT				297	5.24	48.63
	Syzygium claviflorum	หว้าหิน	T				17	0.10	2.29
PHYLLANTHACEAE	*Aporosa villosa*	เหมือดโลด	S/ST	20	0.19	6.70	7	0.01	1.39
RUBIACEAE	*Haldina cordifolia*	ขว้าว	T	10	0.14	4.91	180	2.96	30.70
	Morinda citrifolia	ยอเถื่อน	ST	20	0.42	7.83			
SALICACEAE	*Flacourtia indica*	ตะขบป่า	ST				40	0.21	5.57
SAPINDACEAE	*Schleichera oleosa*	ตะคร้อ	T				3	0.01	0.72
	Total			**670**	**19.02**	**300**	**1,813**	**22.69**	**300**

Remark; T = Tree, ST = Shrubby tree, S = Shrub, and Ex = Exotic species

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของป่าธรรมชาติและระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมที่ไม่ถูกรบกวนจากดินถล่มและที่มีการทดแทนตามธรรมชาติ

Valuation of Carbon Stock in Undisturbed Natural Forest and Mixed Fruit Tree-based Agroforestry System by Landslide and Under Natural succession

กัญจน์ชญา เม้าสิ้ว[1]
กณิตา ธนเจริญชณภาส[2]
จรัณธร บุญญานุภาพ[2*]

Kanchaya Maosew[1]
Kanita Thanacharoenchanaphas[2]
Jaruntorn Boonyanuphap[2*]

[1]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
The Graduate School, Naresuan University, Phitsanulok 65000 Thailand
[2]คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000 Thailand
[*]Corresponding author E-mail: charuntornb@nu.ac.th

รับต้นฉบับ 25 กรกฎาคม 2561 รับแก้ไข 4 ตุลาคม 2561 รับลงพิมพ์ 16 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the carbon stock of mixed fruit tree-based agroforestry system and deciduous forest under normal condition and natural succession at 9 years of landslide. The carbon stock was calculated from the total amount of carbon in ecosystems, including above-ground biomass (stem, branch, leaf, and bamboo), below-ground biomass (tree root), and soil organic carbon. Valuation of carbon stock was based on the carbon credit mechanism regarding the Verified Carbon Standard (VCS), which is the most popular international standards for the voluntary carbon market. The result indicated that the mixed deciduous forest with bamboo the highest carbon sequestration amount at 107.19 tCO_2e/rai, followed by mixed deciduous forest and mixed fruit tree-based agroforestry system, 95.63 and 74.23 tCO_2e/rai, respectively. Under natural succession process caused by landslide, the highest carbon sequestration was occurred in agrofores try system, followed by mixed deciduous forest and mixed deciduous forest with bamboo with 61.54, 30.37 and 29.03 tCO_2e/rai, respectively. Maepoon sub-district provided the carbon stock value of 724,301,483.40 baht for within the area of 73,815.20 rai. The data can be used as guide line for forest ecosystem restoration in the upstream areas for increasing the amount of carbon dioxide absorption to mitigate the problem by greenhouse gas emissions and global warming.

Keywords: Carbon stock's Valuation, Mixed fruit tree-based agroforestry, Deciduous forest, Natural Succession, Landslide

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมและป่าผลัดใบภายใต้สถานการณ์ปกติและการทดแทนตามธรรมชาติภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี โดยประเมินจากปริมาณของคาร์บอนทั้งหมดที่กักเก็บในระบบนิเวศ ได้แก่ ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และไผ่) มวลชีวภาพใต้ดิน (รากของต้นไม้) และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน การประเมินมูลค่าของปริมาณคาร์บอนอยู่บนฐานของกลไกของการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจตามมาตรฐานต่างประเทศที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ ตลาด Verified Carbon Standard (VCS) ผลการศึกษาพบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามากที่สุด คือ 107.19 tCO_2e/ไร่ รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณและระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม เท่ากับ 95.63 และ 74.23 tCO_2e/ไร่ ตามลำดับ สำหรับระบบนิเวศที่มีการทดแทนตามธรรมชาติ มีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่ามากที่สุด คือ ระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม รองลงมา คือ ป่าเบญจพรรณ และป่าเบญจพรรณผสมไผ่ เท่ากับ 61.54, 30.37 และ 29.03 tCO_2e/ไร่ ตามลำดับ ตำบลแม่พูลมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนจำนวน 724,301,483.40 บาท ในเนื้อที่ทั้งหมด 73,815.20 ไร่ ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางจัดการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้บนพื้นที่ต้นน้ำในการเพิ่มศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพื่อลดปัญหาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อน

คำสำคัญ: การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน ระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม ป่าผลัดใบ การทดแทนตามธรรมชาติ ดินถล่ม

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยมีโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดที่ได้รับการขึ้นทะเบียนกับ คณะกรรมการบริหารกลไกการพัฒนาที่สะอาด (CDM EB) และได้รับการออกหนังสือรับรองปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ (Issuance of CERs) ซึ่งสามารถนำคาร์บอนเครดิตไปขายในตลาดคาร์บอนได้แล้ว จำนวน 35 โครงการ คิดเป็นปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ลดได้ 3,525,515 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันประเทศไทยมีปริมาณคาร์บอนเครดิตที่สามารถนำออกไปขายในตลาดคาร์บอนได้เพียง 0.23% ของปริมาณคาร์บอนเครดิตที่สามารถนำออกไปขายในตลาดคาร์บอนทั่วโลก ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐที่เกี่ยวข้องจึงควรส่งเสริมให้ภาคเอกชนที่มีศักยภาพดำเนินโครงการกลไกการพัฒนาที่สะอาดให้มากขึ้น (Wanwisate, 2015)

ป่าไม้สามารถดูดซับและกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไว้เป็นส่วนหนึ่งของเนื้อไม้และส่วนต่างๆ ของต้นไม้ในรูปของมวลชีวภาพ จากการศึกษาการจัดการป่าไม้ในเอเชียของ Brown (1996) พบว่า มีพื้นที่สวนป่าอยู่ถึง 133 ล้านเฮกตาร์ และป่าธรรมชาติอีกประมาณ 48 ล้านเฮกตาร์ ที่กำลังรอการจัดการและการขึ้นทดแทนตามธรรมชาติ พื้นที่ดังกล่าวนี้คาดว่ามีศักยภาพในการดูดเก็บ CO_2 ถึง 24 PgC (1 PgC = 10^{15} g) เมื่อถึงปี 2050 สำหรับประเทศไทยนั้นมีพื้นที่ป่าธรรมชาติซึ่งครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 28 ของพื้นที่ประเทศ สามารถกักเก็บคาร์บอนได้ถึงร้อยละ 86 ของคาร์บอนทั้งหมดในรูปของมวลชีวภาพ และอีกประมาณร้อยละ 10 กักเก็บอยู่ในรูปมวลชีวภาพของสวนป่าที่ครอบคลุมพื้นที่ประมาณร้อยละ 8.7 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (Openshaw, 1997) จะเห็นได้ว่าการปลูกสร้างสวนป่าและการฟื้นฟูพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ยังเหลืออยู่ สามารถเป็นแหล่งกักเก็บ CO_2 เพื่อลดปัญหาก๊าซเรือนกระจกและภาวะโลกร้อนได้ทางหนึ่ง

ศักยภาพในการกักเก็บ CO_2 และปริมาณคาร์บอนกักเก็บของป่าชนิดต่างๆ มีความแตกต่างกันตามลักษณะโครงสร้างและชนิดพันธุ์ไม้ที่ขึ้นอยู่ซึ่งแปรผันตามสภาพปัจจัยสิ่งแวดล้อม (Ogawa *et al*., 1965; Tsutsumi *et al*., 1983; Negi *et.al.,* 2003) ปัจจุบันได้มีการศึกษาชนิดป่าต่างๆ เช่น การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพรวมของสวนป่าสนสามใบ (Khamyong, 2001) ป่าดิบเขา (Nongnuang *et.al.,* 2010; Khamyong *et.al.,* 2008) การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ และ ป่าเต็งรัง (Tangtham and Tantasirin, 1997) อย่างไรก็ตาม หากพื้นที่ดังกล่าวเกิดดินถล่ม ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างและองค์ประกอบตลอดจนกระบวนการและกลไกต่างๆ ส่งผลให้พื้นที่การกักเก็บคาร์บอนลดลง และต้องใช้เวลายาวนานในการทดแทนตามธรรมชาติ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณและมูลค่าคาร์บอนกักเก็บของระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลและป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวนจากดินถล่มและที่มีการทดแทนตามธรรมชาติภายหลังจากเหตุการณ์ดินถล่มมาแล้ว 9 ปี ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยผลจากการศึกษาทำให้ชุมชนท้องถิ่นและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเกิดความตระหนักต่อการสูญเสียพื้นที่ในการกักเก็บคาร์บอน อีกทั้งยังเป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการสร้างแนวทางจัดการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้บนพื้นที่ต้นน้ำในการเพิ่มศักยภาพในการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่พร่อง-แม่พูล ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (ละติจูด 17°39′10′′ ถึง 17°48′40′′ N และลองจิจูด 99°57′10′′ ถึง 100°02′10′′ E) มีเนื้อที่ประมาณ 116 ตารางกิโลเมตร ความสูงของพื้นที่ตั้งแต่ 80-765 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ระดับความลาดชันของพื้นที่โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 40-75 องศา สภาพภูมิอากาศร้อนชื้นแถบมรสุม tropical monsoon climate : Am) ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1,641.24 มิลลิเมตร อุณหภูมิรายปีเฉลี่ย 27.4 องศาเซลเซียส อัตราการระเหยเท่ากับ 1,601 มิลลิเมตรต่อปี และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศโดยเฉลี่ยร้อยละ 73 (ข้อมูลโดยเฉลี่ยปี 2535 ถึง 2559) (Figure 1) สภาพภูมิประเทศโดยทั่วไปของพื้นที่ตำบลแม่พูลเป็นเทือกเขาสูงชันปกคลุมไปด้วยผืนป่าธรรมชาติและสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ครอบคลุมทั้งในทิศตะวันออก ทิศเหนือ และทิศตะวันตกบริเวณตอนบนของพื้นที่ ขณะที่พื้นที่บางแห่งอยู่ภายใต้การทดแทนทางนิเวศวิทยาภายหลังจากเหตุการณ์ดินถล่มเป็นระยะเวลา 9 ปี ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเกิดดินถล่มในเดือนพฤษภาคม ปี 2549 โดยมีเนื้อที่ประมาณ 4,993.75 ไร่ (Land Development Department, 2006)

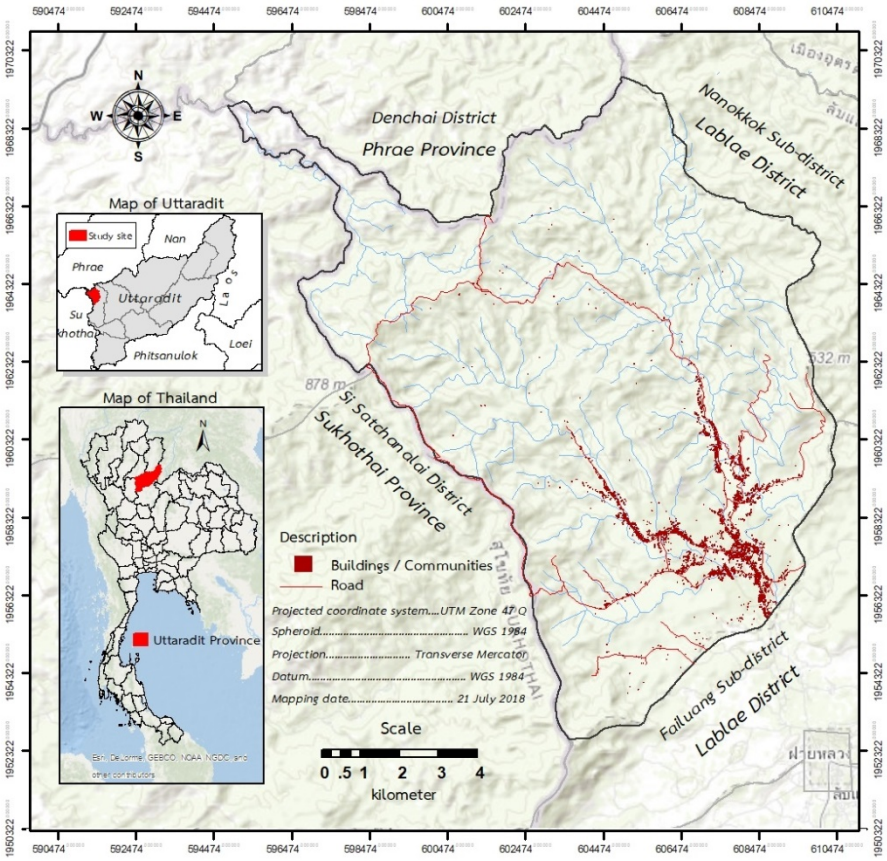


Figure 1 The location of study area in Maepoon sub-district, Uttaradit province, Thailand.

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ศึกษาลักษณะและโครงสร้างของสังคมพืชของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำ

ทำการวางแปลงศึกษาสังคมพืชในระบบนิเวศ 6 ระบบ โดยใช้จำนวน 5 แปลง ต่อระบบนิเวศ ซึ่งมีขนาด 40 × 40 เมตร หรือ 20 × 50 เมตร ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่ที่เกิดดินถล่มส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นริ้วตามแนวยาวและมีความกว้างของแนวดินถล่มน้อยกว่า 40 เมตร และแปลงรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าสามารถครอบคลุมหย่อมพื้นที่ของชนิดพันธุ์ไม้ที่แตกต่างกันได้ดีที่สุด (Kershaw, 1964) เก็บข้อมูลพันธุ์พืชไม้ยืนต้น (tree species) ทุกชนิดในแปลงตัวอย่าง โดยเลือกไม้ยืนต้นที่มีขนาดความโตเท่ากับหรือมากกว่า 4.5 เซนติเมตร และมีความสูงทั้งหมดของต้นไม้มากกว่า 1.3 เมตร (tree with height > 1.30 m. and DBH $\geq$ 4.5 cm) ซึ่งวัดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เพื่อใช้คำนวณหามวลชีวภาพของไม้ยืนต้นในขั้นตอนต่อไป

2. สัณฐานวิทยาลักษณะหน้าตัดชั้นดินและการวิเคราะห์ดินในระบบนิเวศ

กำหนดตำแหน่งของแปลงเก็บตัวอย่างดินในระบบนิเวศ 6 ระบบ โดยดำเนินการศึกษาหน้าตัดชั้นดิน (soil profile) ระบบนิเวศละ 3 หลุม (soil pit) รวมทั้งหมด 18 หลุม ขนาดของหลุม 1.5 × 1.5 เมตร จากผิวดินจนถึงความลึก 1.5 เมตร และโดยแบ่งระดับความลึกของชั้นดินตามลักษณะทางสัณฐานวิทยาของแต่ละช่วงชั้นดิน (soil horizon) จากนั้นดำเนินการเก็บตัวอย่าง 2 แบบ คือ 1) การเก็บตัวอย่างแบบไม่ทำลายโครงสร้างดิน โดยใช้กระบอกเก็บดินขนาด 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 3 กระบอก (3 replications) เพื่อนำไป

วิเคราะห์หาค่าความหนาแน่นรวมของดินแต่ละชั้น และ 2) การเก็บตัวอย่างแบบทำลายโครงสร้างของดิน ด้วยการเก็บตัวอย่างดินแบบตัวอย่างรวม นำไปวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแต่ละช่วงชั้นดิน ใช้วิธีการของ Page *et al*. (1982)

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอน

คำนวณจากผลรวมของคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพและคาร์บอนที่กักเก็บอยู่ในดินของระบบนิเวศ ได้แก่ 1) ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (above-ground biomass : AGB) ประกอบด้วย ส่วนของลำต้น กิ่ง ใบ และไผ่ 2) ปริมาณมวลชีวภาพใต้ดิน (below-ground biomass : BGB) ได้แก่ รากของต้นไม้ และ 3) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (soil organic carbon : SOC)

1. การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น

คำนวณปริมาณมวลชีวภาพที่กักเก็บอยู่ในรูปของเนื้อไม้ในสถานการณ์ปกติที่ไม่เกิดดินถล่ม โดยใช้สมการแอลโลเมตรีของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังของ Ogawa *et al.* (1965) และสถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่มส่วนใหญ่เป็นไม้เบิกนำของป่าดิบแล้งจึงใช้สมการแอลโลเมตรีของป่าดิบแล้งของ Tsutsumi *et al.* (1983) โดยสมการแอลโลเมตรีทั้งสองใช้ประเมินมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง และใบของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ในขณะที่ มวลชีวภาพของรากคำนวณจากสมการของ Viriyabuncha *et al.* (2003) โดยมีสมการต่อไปนี้

สมการแอลโลเมตรีของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง

$$W_S = 0.0396 (D^2H)^{0.9326}$$

$$W_B = 0.00349 (D^2H)^{1.027}$$

$$W_L = (28/W_S+W_B+0.025)^{-1}$$

สมการแอลโลเมตรีของป่าดิบแล้ง

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

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

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

สมการแอลโลเมตรีในการคำนวณมวลชีวภาพของราก

$$W_R = 0.0054(D^2H)^{0.9894}$$

โดย W_S คือ มวลชีวภาพส่วนของลำต้น (กิโลกรัม)

W_B คือ มวลชีวภาพส่วนของกิ่งไม้ (กิโลกรัม)

W_L คือ มวลชีวภาพส่วนของใบ (กิโลกรัม)

W_R คือ มวลชีวภาพส่วนของรากไม้ยืนต้น (กิโลกรัม)

D คือเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของต้นไม้ (เซนติเมตร)

H คือความสูงทั้งหมดของต้นไม้ (เมตร)

2. การคำนวณปริมาณมวลชีวภาพของไผ่

การประเมินมวลชีวภาพของไผ่แต่ละชนิดพันธุ์ คำนวณเฉพาะมวลชีวภาพในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมด (ซึ่งไม่รวมมวลชีวภาพของรากไผ่) ทั้งนี้ การประเมินมวลชีวภาพของไผ่เฮียะได้ใช้สมการของไผ่ข้าวหลามของ Kutintara *et al.* (1995) เนื่องจากไผ่เฮียะไม่มีสมการโดยตรง ซึ่งไผ่เฮียะมีลักษณะคล้ายกับไผ่ข้าวหลามทั้งขนาดและความสูง นอกจากนี้ ไผ่เกรียบและไผ่ผากมันใช้สมการของไผ่ผากของ Kutintara *et al.* (1995) ขณะที่ไผ่ซางใช้สมการของ Royampaeng (1990) และไผ่ไร่ใช้สมการของ Kutintara *et al.* (1995) ดังนี้

ไผ่ข้าวหลาม $AGB = 0.49522 (D^2)^{0.8726}$ เมื่อ $R^2 = 0.9908$

ไผ่ผาก $AGB = 0.22574 (D^2)^{1.0214}$ เมื่อ $R^2 = 0.9726$

ไผ่ซาง $AGB = 0.3939 (D)^{1.8325}$ เมื่อ $R^2 = 0.8948$

ไผ่ไร่ $AGB = .24250 (D^2)^{1.0951}$ เมื่อ $R^2 = 0.9343$

โดย AGB คือ มวลชีวภาพส่วนที่อยู่เหนือพื้นดินทั้งหมดของไผ่ (กิโลกรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับอก (เซนติเมตร)

3. การคำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นและไผ่

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น (total tree organic carbon : TTC) และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไผ่ (organic carbon in bamboo : BBC) สามารถคำนวณจากปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของคาร์บอนในเนื้อเยื่อพืชส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบ โดยกำหนดให้คาร์บอนในมวลชีวภาพมีค่าสัดส่วนคาร์บอน (carbon fraction: CF) เท่ากับร้อยละ 49.9 48.7 และ 48.3 ตามลำดับ (Tsutsumi *et al.,* 1983) ขณะที่รากของไม้ยืนต้นและมวลชีวภาพของไผ่ มีค่าสัดส่วนคาร์บอนเท่ากับร้อยละ 47.0 (IPCC, 2006)

4. คำนวณปริมาณการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนในดิน (soil organic carbon accumulation)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินแต่ละช่วงชั้นดิน (soil horizon) ใช้วิธีการของ Page *et al.* (1982) จากนั้น คำนวณปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของทุกช่วงชั้นดินจากผิวดินถึงระดับความลึก 150 เซนติเมตร ของระบบนิเวศแต่ละประเภท ดังสมการนี้

$$SOC_{accumulated} = \sum_{i=1}^{n} Soil\ weight_i \times SOC_i$$

$$Soil\ weight_i\ (kg/rai) = \left[\frac{(T \times BD \times 1.6^7)}{1,000}\right] \times (1 - \%rock\ fragment)$$

โดย

$SOC_{accumulated}$ คือ ปริมาณการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนจากผิวดินถึงระดับความลึก 150 เซนติเมตร (กิโลกรัมต่อไร่)

SOC_i คือ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของช่วงชั้นดินที่ *i* (% โดยน้ำหนัก)

$Soil\ weight_i$ คือ น้ำหนักดินในช่วงชั้นดินที่ *i* (กิโลกรัมต่อไร่)

T คือ ความหนาของช่วงชั้นดินที่ *i* (เซนติเมตร)

BD คือ Bulk density ของช่วงชั้นดินที่ *i* (g/cm^3)

% rock fragment คือ ร้อยละกระจายตัวและสัดส่วนที่เป็นหินและรากพืชในช่วงชั้นดินที่ *i*

5. การคำนวณปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของระบบนิเวศเป็นการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์

การดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2 absorption) ของระบบนิเวศ เป็นผลรวมของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (ecosystem carbon stock: EC stock) คูณด้วยค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2: มวลโมเลกุล = 44) และคาร์บอน (C: มวลโมเลกุล = 12) คือ 44/12 หรือ 3.66 (Community Forestry Development Sub-division, 2014) โดยมีสมการ ดังนี้

$$CO_{2\ absorbtion} = EC_{stock} \times CO_2\ CF$$

$$EC_{stock} = TTC + BBC + SOC_{accumulated}$$

โดย

$CO_{2\ absorbtion}$ คือ ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบนิเวศ (tCO_2e/ไร่)

EC_{stock} คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (tC/ไร่)

TTC คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้น (tC/ไร่)

BBC คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไผ่ (tC/ไร่)

$SOC_{accumulated}$ คือ ปริมาณการกักเก็บอินทรีย์คาร์บอนจากผิวดินถึงระดับความลึก 150 ซม. (tC/ไร่)

$CO_2\ CF$ คือ ค่าสัดส่วนระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์และคาร์บอน หรือ 3.66

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ

การประเมินมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศอยู่บนฐานของกลไกของการซื้อขายคาร์บอนเครดิตในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจตามมาตรฐานต่างประเทศ (Voluntary Emission Reduction Program: VER) ได้แก่ ตลาด Verified Carbon Standard (VCS) ซึ่งเป็นมาตรฐานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในตลาดคาร์บอนภาคสมัครใจ โดยกำหนดราคาเฉลี่ยของคาร์บอนเครดิตใน ปี 2560 เท่ากับ 3.9 US$/t$CO_2$e (Hamrick and Gallant, 2017) และกำหนดค่าธรรมเนียมการซื้อขายคาร์บอน เท่ากับ 0.1 US$/t$CO_2$e (Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2014) โดยอัตราแลกเปลี่ยนเงินไทย 31.4063 บาท/ดอลลาร์สหรัฐ (ธนาคารแห่งประเทศไทย ณ วันที่ 30 มีนาคม 2561) มูลค่าทั้งหมดของการกักเก็บคาร์บอนในบริเวณพื้นที่แหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล ถูกคำนวณจากมูลค่าของการกักเก็บคาร์บอนของแต่ละระบบนิเวศคูณกับจำนวนเนื้อที่ของระบบนิเวศแต่ละประเภท ซึ่งได้จากชั้นข้อมูลการใช้ที่ดินในปี 2559 (GIS layers) ที่ได้จากการแปลตีความด้วยสายตาจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมไทยโชติ (THEOS) และดาวเทียม GeoEye-1

ผลและวิจารณ์

ลักษณะและโครงสร้างของสังคมพืช

ระบบนิเวศป่าไม้ตามธรรมชาติบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูลจำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ ป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ โดยระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ มีองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ (tree species) 73 ชนิด 62 สกุล 42 วงศ์ โดยมีชนิดพันธุ์ที่เด่นและมีค่าดัชนีความสำคัญมาก เช่น คอแลน (*Nephelium hypoleucum* Kurz.) ปอหยาบ (*Colona flagrocarpa* Craib var. siamica Craib) ติ้วขน (*Cratoxylum formosum* Byer) เปล้าใหญ่ (*Croton persimilis* Müll.Arg.) กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.) และ แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.) โดยมีความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 702.50 ต้นต่อเฮกตาร์ หรือ 112.40 ต้นต่อไร่ ขนาดพื้นที่หน้าตัด 70.71 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ (11.31 ตารางเมตรต่อไร่) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 16.27 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 10.87 เมตร นอกจากนี้ยังพบไผ่ผาก ไผ่เกรียบ ไผ่ซางและไผ่ไร่ ขึ้นแทรกปะปน โดยความหนาแน่นของไผ่ทุกชนิดเท่ากับ 746.67 ลำต่อเฮกตาร์ หรือ 119.47 ลำต่อไร่ (Table 1) ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณมีค่าดัชนีความหลากหลาย Shannon – Weiner index (*H'*) เท่ากับ 3.75 ซึ่งมีค่าความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่สูงกว่าป่าเบญจพรรณในอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจัน จังหวัดราชบุรี ที่มีความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 538 ต้นต่อเฮกตาร์ มีค่าดัชนีความหลากหลาย (*H'*) เท่ากับ 3.52 โดยพบไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ 72 ชนิด 57 สกุล 22 วงศ์ (Phetchaburi National Parks Research Center, 2016) นอกจากนี้ ชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่ที่พบจากการศึกษาครั้งนี้ใกล้เคียงกับป่าเบญจพรรณในอุทยานแห่งชาติศรีลานนา จังหวัดเชียงใหม่ (60 ชนิด 50 สกุล 21 วงศ์) (National Parks Research and Innovation Development Center Chiang Mai Province, 2015) แต่มีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่มากกว่าป่าเบญจพรรณสมบูรณ์และป่าเบญจพรรณที่ถูกใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ของนิคมสหกรณ์ฟากท่า อำเภอฟากท่า จังหวัดอุตรดิตถ์ (46 ชนิด จำนวน 27 วงศ์ และ 60 ชนิด 29 วงศ์ ตามลำดับ) (Pongthornpruek, 2017)

สำหรับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ พบชนิดพันธุ์ไม้ขนาดใหญ่ 64 ชนิด 53 สกุล 33 วงศ์ โดยมีชนิดพันธุ์ที่เด่น เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) มะเกิ้ม (*Canarium subulatum* Guill.) สมอพิเภก (*Terminalia bellirica* (Gaertn.) Roxb.) ตะแบกเปลือกบาง *Lagerstroemia duperreana* Pierre ex Gagnep. คำแสด (*Bixa Orellana* Linn.) เป็นต้น นอกจากนี้ พบ

ไผ่ซาง ไผ่ไร่ และไผ่ผากมัน ซึ่งความหนาแน่นของไผ่ทั้งสามชนิดเท่ากับ 1,603.33 ลำต่อเฮกตาร์ (256.53 ลำต่อไร่) ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 576.69 ต้นต่อเฮกตาร์ (92.27 ต้นต่อไร่) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 13.27 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ (2.12 ตารางเมตรต่อไร่) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 13.86 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 9.92 เมตร (Table 1) มีค่าดัชนีความหลากหลาย (*H'*) เท่ากับ 3.81 ซึ่งมีค่าความหลากหลายสูงกว่าระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ

ชนิดพันธุ์ไม้ขนาดใหญ่ที่พบในระบบวนเกษตรมีทั้งหมด 16 ชนิด 16 สกุล 12 วงศ์ โดยปลูกแทรกร่วมกับพรรณไม้ป่าดั้งเดิมในท้องถิ่น เช่น ทุเรียนสายพันธุ์ต่างๆ (*Durio zibethinus* Murray) โดยส่วนใหญ่ปลูกระยะ 8 × 4 เมตร (ประมาณ 25 ต้น) ลางสาด (*Lansium domesticum* Correa) ลองกอง (*Aglaia dookkoo* Griff.) มังคุด (*Garcinia mangostana* Linn.) และกาแฟโรบัสต้า (*Coffea canephora* Pierre ex A.Froehner) ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 383.31 ต้นต่อเฮกตาร์ (61.33 ต้นต่อไร่) ขนาดพื้นที่หน้าตัด 10.08 ตารางเมตรต่อเฮกตาร์ (1.61 ตารางเมตรต่อไร่) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 13.91 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 7.53 เมตร (Table 1) มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 1.37

ขณะที่ระบบนิเวศที่เคยเกิดดินถล่มในปี 2549 พบว่าป่าเบญจพรรณมีชนิดพันธุ์ไม้ขนาดใหญ่ทั้งหมด 16 ชนิด 12 สกุล 9 วงศ์ มีความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 206.63 ต้นต่อเฮกตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 7.45 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 6.91 เมตร และมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.27 ในด้านป่าเบญจพรรณผสมไผ่พบชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่ทั้งหมด 28 ชนิด 20 สกุล 15 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 576.69 ต้นต่อเฮกตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 7.62 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 6.46 เมตร และมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.31 และสวนวนเกษตรที่เกิดดินถล่มพบชนิดพันธุ์ไม้ใหญ่ทั้งหมด 28 ชนิด 24 สกุล 15 วงศ์ โดยมีความหนาแน่นของไม้ยืนต้น 460.00 ต้นต่อเฮกตาร์ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 11.91 เซนติเมตร ความสูงเฉลี่ย 7.46 เมตร และมีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.63 พบในบริเวณไหล่เขาลงจนถึงพื้นที่เชิงเขา ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการกักเก็บมวลของวัตถุที่เคลื่อนที่หรือไหลลงมาจากพื้นที่สันเขาและไหล่เขา ทำให้มีการทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้เร็วกว่าป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม ทุกระบบนิเวศที่เคยเกิดดินถล่มปัจจุบันอยู่ในระหว่างการทดแทนทางนิเวศวิทยาระยะที่มีไม้ยืนต้นเบิกนำโตเร็วในท้องถิ่นขึ้นปกคลุม ระบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่มมีการปกคลุมของพืชพื้นล่างอยู่ทั่วไป ส่วนใหญ่เป็นพืชล้มลุก หญ้า และไม้เลื้อย เช่น กล้วยป่า ตองกง สาบเสือ หญ้าคา เป็นต้น ขณะที่ไม้ยืนต้นที่ขึ้นอยู่ส่วนใหญ่เป็นไม้เบิกนำของป่าดิบแล้ง เช่น ตองแตบ หรือ ปอหูช้างใบเล็ก (*Macaranga denticulata* (Blume) Muell. Arg.) มะเดื่อปล้องหิน (*Ficus semicordata* Buch.-Ham. ex Sm.) เต้าหลวง (*Macaranga gigantea* (Rchb. f. & Zoll.) Müll. Arg.) และข้าวสารหลวง (*Maesa ramentacea* (Roxb.) A. DC.) เป็นต้น

Table 1 Characteristic of tree and bamboo for each ecosystem type.

Ecosystem type	DBH (cm)			Tree height (m)			Tree density		density of bamboo stands	
	Mean	Max	Min	Mean	Max	Min	(tree/rai)	(tree/ha)	(culm/rai)	(culm/ha)
MNSL	16.27(6.66) a	80.00	4.50	10.87(2.5) a	24.00	2.00	112.40	702.50	119.47	746.67
MSSL	7.45(0.96) b	19.00	4.50	6.91(1.13) bc	13.00	3.00	33.06	206.63	16.00	100.00
BNSL	13.86(5.73) ab	108.00	4.50	9.92(2.76) ab	23.00	1.50	92.27	576.69	256.53	1,603.33
BSSL	7.62(0.90) b	39.00	4.50	6.46(0.76) c	18.00	3.00	83.20	520.00	24.00	150.00
FNSL	13.91(3.52) ab	101.10	4.50	7.53(0.77) bc	40.00	2.00	61.33	383.31	-	-
FSSL	11.91(1.64) ab	105.00	4.50	7.46(0.25) bc	22.00	1.80	73.60	460.00	60.00	375.0

Notes: Parentheses indicate standard deviation; The different letters within the same column indicate statistically significant differences (p<0.05) MNSL, Mixed deciduous forest; MSSL, Mixed deciduous forest under landslide; BNSL, Mixed deciduous forest with bamboo; BSSL, Mixed deciduous forest with bamboo under landslide; FNSL, Mixed fruit tree-based agroforestry; FSSL, Mixed fruit tree-based agroforestry under landslide

สัณฐานวิทยาและลักษณะหน้าตัดชั้นดิน

แปลงศึกษาของระบบวนเกษตรอยู่บริเวณตอนล่างของลาดดิน (down slope) ขณะที่ตำแหน่งแปลงศึกษาระบบนิเวศป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่อยู่บริเวณตอนบนและตอนกลางของลาดดินตามลำดับ โดยตำแหน่งของลาดดินที่ผันแปรตามระดับความสูงของภูมิทัศน์ในพื้นที่ ซึ่งส่งผลต่อระดับความหนาของชั้นดินแต่ละชั้น โดยเฉพาะดินชั้นบน (top soil : O and A horizon) และดินชั้นล่างตอนบน (upper subsoil : B horizon) ซึ่งตามปกติจะมีสัดส่วนของปริมาณหินและรากพืชที่กระจายตัวอยู่ในชั้นดินน้อยกว่าชั้นดินล่างที่อยู่ลึกลงไป (Regolith : C horizon) อันเป็นชั้นดินที่มีปริมาณเป็นหินหลายขนาดที่สลายตัวผุพังเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ (weathered parent material or rock fragments) และพบว่าหน้าตัดชั้นดินของระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมมีปริมาณหินและปริมาณรากพืชที่กระจายตัวอยู่ในชั้นดินน้อยกว่าระบบนิเวศอื่นๆ โดยพบว่าปริมาณหินโดยเฉลี่ยของระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมมีน้อยที่สุด รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ โดยรายละเอียดสัณฐานวิทยาและลักษณะหน้าตัดชั้นดินของแต่ละแปลงศึกษา (จำนวน 18 หลุม) แสดงในข้อมูลเสริม (supplementary data)

การกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำ

1. ปริมาณมวลชีวภาพ

ป่าเบญจพรรณมีปริมาณมวลชีวภาพมากที่สุด คือ 19.10 ตันต่อไร่ รองลงมา ได้แก่ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ระบบวนเกษตร ระบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม (15.31, 10.01, 6.23 และ 2.26 ตันต่อไร่ ตามลำดับ) ขณะที่ ป่าเบญจพรรณที่เกิดดินถล่มมีปริมาณมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นเฉลี่ยน้อยที่สุด (0.86 ตันต่อไร่) โดยรายละเอียดแสดงใน Table 2

2. การกักเก็บคาร์บอน (carbon stock)

2.1 การกักเก็บคาร์บอนในดิน

การกักเก็บคาร์บอนในดินหรือปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) ของป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีปริมาณมากที่สุด (21.78 ตันคาร์บอนต่อไร่) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปริมาณคาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณผสมไผ่บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (35.83 ตันต่อไร่) (Diloksumpun *et al.*, 2005) ขณะที่ SOC ของป่าเบญจพรรณ ระบบวนเกษตร

ระบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม เท่ากับ 16.73, 15.32, 13.73, 7.86 และ 6.806 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

2.2 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นและไผ่

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่และไผ่ในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณมีปริมาณมากที่สุด (9.36 ตันคาร์บอนต่อไร่) ซึ่งมีปริมาณมากกว่าป่าเบญจพรรณในอุทยานแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติไทยประจันที่มีปริมาณ 5.07 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Phetchaburi National Parks Research Center, 2016) สำหรับระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ใหญ่ 7.45 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยมีค่าน้อยกว่าการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของไม้ใหญ่และไผ่ในป่าเบญจพรรณบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี (19.25 ตันคาร์บอนต่อไร่) (Diloksumpun *et al.*, 2005) ขณะที่ระบบวนเกษตร ระบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณที่เกิดดินถล่มมีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ 4.93, 3.06, 1.12 และ 0.42 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2)

2.3 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศ

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดิน หรือ ปริมาณคาร์บอนทั้งหมด (total carbon stock) ในระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีค่า 29.23 ตันคาร์บอนต่อไร่ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าป่าเบญจพรรณผสมไผ่บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง (56.09 ตันคาร์บอนต่อไร่) (Diloksumpun *et al.*, 2005) สำหรับปริมาณคาร์บอนทั้งหมดของป่าเบญจพรรณในพื้นที่ศึกษา (26.09 ตันคาร์บอนต่อไร่) มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและในดินที่ระดับความลึก 1 เมตร ของป่าเบญจพรรณจากการศึกษาของ Tangtham and Tantasirin (1997) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 27.68 ตันคาร์บอนต่อไร่ อย่างไรก็ตาม ป่าดิบแล้งสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 69.53 ตันคาร์บอนต่อไร่ (Diloksumpun *et al.*, 2005) เนื่องจากระบบนิเวศที่เกิดดินถล่มอยู่ในระยะการทดแทนทางนิเวศตามธรรมชาติ จึงส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมีปริมาณน้อยกว่าระบบนิเวศประเภทเดียวกันที่ไม่เกิดดินถล่ม โดยระบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่มมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 16.79 ตันคาร์บอนต่อไร่ ขณะที่ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เคยเกิดดินถล่มมีการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 8.28 และ 7.92 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้ จากการสำรวจภาคสนามพบว่าดินถล่มที่เกิดขึ้นในป่าเบญจพรรณส่วนใหญ่พบอยู่บริเวณไหล่เขาตอนบนและเกิดความเสียหายระดับรุนแรง ผลจากการศึกษาสัณฐานวิทยาของหน้าตัดชั้นดินและชนิดพรรณไม้องค์ประกอบของสังคมพืชแสดงให้เห็นว่าดินถล่มระดับรุนแรงสามารถทำให้เกิดการสูญเสียชั้นดินลึกถึงระดับมากกว่า 60 เซนติเมตร ส่งผลให้กระบวนการทดแทนของสังคมพืชเป็นไปค่อนข้างช้าและใช้ระยะเวลายาวนาน โดยเฉพาะการเจริญเติบโตของไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ที่ขึ้นปกคลุมบริเวณป่าเบญจพรรณที่เกิดดินถล่ม ในทางกลับกันระบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่มเป็นบริเวณที่มีการสะสมมวลของวัตถุที่เคลื่อนที่หรือไหลลงมาจากพื้นที่สันเขาและไหล่เขาเมื่อเกิดดินถล่ม ทำให้มีการทดแทนตามธรรมชาติของพรรณไม้เร็วกว่าป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม

3. ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของระบบนิเวศ

ปริมาณการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีมากที่สุด คือ 107.19 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ระบบวนเกษตร ระบบวนเกษตรที่เกิด

ดินถล่ม ป่าเบญจพรรณที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม มีค่าเท่ากับ 95.63, 74.23, 61.54, 30.37, และ 29.03 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

4. มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ

ป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุด คือ 12,791.93 บาทต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ป่าเบญจพรรณ ระบบวนเกษตร ระบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณที่เกิดดินถล่ม และป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม โดยมีมูลค่าเท่ากับ 11,412.56, 8,858.37, 7,344.46, 3,624.57 และ 3,464.51 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อคำนวณร่วมกับชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2559 พบว่า พื้นที่แหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูลมีมูลค่าการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 724,301,483.40 บาท โดยที่ระบบวนเกษตรมีมูลค่าสูงสุดคือ 370,328,739.31 บาท เนื่องจากการใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสมจึงทำให้มีมูลค่ามากที่สุด รองลงมา คือ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ป่าเบญจพรรณ ระบบวนเกษตรที่เคยเกินดินถล่ม ป่าเบญจพรรณที่เคยเกิดดินถล่ม และ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เคยเกิดดินถล่ม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 205,355,027.75, 111,009,708.76, 29,696,974.48, 7,665,018.53 และ 246,014.57 บาทต่อไร่ ตามลำดับ (Table 3)

Table 2 Total biomass and carbon stocks for each ecosystem type.

Ecosystem type	Above-ground biomass (ton/rai)				Below-ground biomass (Tree root) (ton/rai)	Total biomass (ton/rai)	Carbon stock (ton/rai)						SOC	Total carbon stock (ton/rai)
	Stem	Branch	Leaf	Bamboo			Stem	Branch	Leaf	Bamboo	Root	Total biomass carbon (ton/rai)		
MNSL	11.28 (5.64) a	2.48(1.36) a	0.49(0.25) a	2.19(0.57) b	2.66(1.41) a	19.10(9.69) a	5.63(2.81) a	1.21(0.66) a	0.24(0.12) a	1.03(0.56) b	1.25(0.66) a	9.36	16.73(3.13) ab	26.09(12.08) ab
MSSL	0.52 (0.19) b	0.13(0.05) a	0.03(0.01) b	0.09(0.16) b	0.09(0.04) b	0.86(0.15) c	0.26(0.10) b	0.07(0.03) b	0.01(0.00) b	0.04(0.08) b	0.04(0.02) b	0.42	7.86(3.64) cd	8.28(3.5) b
BNSL	7.65 (8.48) ab	1.79(2.08) a	0.34(0.38) ab	3.65(1.86) a	1.87(2.13) ab	15.31(11.83) ab	3.82(4.23) ab	0.87(1.01) ab	0.16(0.18) ab	1.72(0.88) a	0.88(1.00) ab	7.45	21.78(4.62) a	29.23(7.98) a
BSSL	1.42 (1.08) b	0.38(0.31) a	0.07(0.04) b	0.14(0.24) b	0.25(0.21) b	2.26(1.89) bc	0.71(0.54) b	0.19(0.15) ab	0.03(0.02) b	0.07(0.12) b	0.12(0.10) b	1.12	6.80(2.73) d	7.92(3.58) b
FNSL	6.50 (2.33) ab	1.59(0.77) a	0.29(0.11) ab	0.00(0.00) b	1.63(0.70) ab	10.01(3.89) abc	3.24(1.16) ab	0.78(0.37) ab	0.14(0.05) ab	0.00(0.00) b	0.77(0.33) ab	4.93	15.32(0.66) b	20.24(1.43) ab
FSSL	3.93 (2.98) ab	1.16(0.92) a	0.13(0.08) ab	0.23(0.39) b	0.78(0.63) ab	6.23(4.68) bc	1.96(1.54) b	0.56(0.46) ab	0.06(0.04) b	0.11(0.18) b	0.37(0.30) b	3.06	13.73(4.45) bc	16.79(6.44) ab

Notes: 6.25 rai is 1 ha; Parentheses indicate standard deviation; The different letters within the same column indicate statistically significant differences (p<0.05); MNSL, Mixed deciduous forest; MSSL, Mixed deciduous forest under landslide; BNSL, Mixed deciduous forest with bamboo; BSSL, Mixed deciduous forest with bamboo under landslide; FNSL, Mixed fruit tree-based agroforestry; FSSL, Mixed fruit tree-based agroforestry under landslide

Table 3 Carbon sequestration and valuation of carbon stock for each ecosystem type.

Ecosystem type	CO_2 (tCO_2e/rai)			Sum CO_2 (tCO_2e/rai)	Area[a] (rai)	Total CO_2 (tCO_2e)	Value (baht)	Fee (baht)	Net value (baht)	Value/rai (baht)
	Tree	Bamboo	SOC							
MNSL	30.52	3.78	61.33	95.63	9,726.98	930,166.28	113,931,016.89	2,921,308.13	111,009,708.76	11,412.56
MSSL	1.38	0.16	28.83	30.37	2,114.74	64,226.29	7,866,729.54	201,711.01	7,665,018.53	3,624.57
BNSL	21.02	6.30	79.86	107.19	16,053.48	210,759,107.42	210,759,107.42	5,404,079.68	205,355,027.75	12,791.93
BSSL	3.83	0.25	24.95	29.03	71.01	252,488.64	252,488.64	6,474.07	246,014.57	3,464.51
FNSL	18.06	0.0	56.17	74.23	41,805.54	3,103,037.65	380,074,232.45	9,745,493.14	370,328,739.31	8,858.37
FSSL	10.82	0.39	50.33	61.54	4,043.45	248,835.21	30,478,473.80	781,499.33	29,696,974.48	7,344.46
				Sum	73,815.20	743,362,048.75	606,902.61	19,060,565.35	724,301,483.40	

Notes: [a]6.25 rai is 1 ha MNSL, Mixed deciduous forest; MSSL, Mixed deciduous forest under landslide; BNSL, Mixed deciduous forest with bamboo; BSSL, Mixed deciduous forest with bamboo under landslide; FNSL, Mixed fruit tree-based agroforestry; FSSL, Mixed fruit tree-based agroforestry under landslide

สรุป

พื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูลส่วนใหญ่มีสภาพเป็นระบบวนเกษตร (ร้อยละ 56.64 ของพื้นที่ต้นน้ำ) โดยมีระบบนิเวศป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ปกคลุมพื้นที่บางส่วนของแหล่งต้นน้ำ (ร้อยละ 13.18 และ 21.75 ตามลำดับ) ขณะที่บริเวณที่เกิดดินถล่มของทุกระบบนิเวศมีเนื้อที่รวมกันร้อยละ 8.44 ของพื้นที่ต้นน้ำ เบญจพรรณผสมไผ่มีการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 29.23 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยมีการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินและในไผ่มากกว่าระบบนิเวศประเภทอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2 และ Figure 2) ขณะที่ ป่าเบญจพรรณและระบบวนเกษตรมีการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด 26.09 และ 20.24 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของลำต้น กิ่ง ใบ และรากของไม้ใหญ่พบมากที่สุดในป่าเบญจพรรณ สำหรับระบบนิเวศภายใต้การทดแทนทางธรรมชาติ พบว่า ระบบวนเกษตรที่เคยเกิดดินถล่มมีการกักเก็บคาร์บอนมากที่สุดใน 16.79 ตันคาร์บอนต่อไร่ โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินมีสัดส่วนมากที่สุด (ร้อยละ 81.77 ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมด) (Table 2 และ Figure 2) หากพื้นที่ป่าเบญจพรรณและป่าเบญจพรรณผสมไผ่ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่วนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม จะส่งผลให้การกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดลดลง 5.85 และ 8.99 ตันคาร์บอนต่อไร่ ตามลำดับ ขณะที่กระบวนการทดแทนทางธรรมชาติภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี ส่งผลให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดของป่าเบญจพรรณผสมไผ่ ป่าเบญจพรรณ และระบบวนเกษตรต้องมีการสะสมเพิ่มขึ้นอีก ร้อยละ 72.90 68.26 และ 17.05 ตันคาร์บอนต่อไร่ เพื่อให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเทียบเท่ากับระบบนิเวศภายใต้สถานการณ์ปกติ การกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่แหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูลมีมูลค่า 724,760,247.77 บาท ขณะที่ มูลค่าการกักเก็บคาร์บอนที่ได้จากการทดแทนทางธรรมชาติภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 9 ปี ของทุกระบบนิเวศเท่ากับ 38,066,771.95 บาท ผลจากการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลที่สำคัญต่อการสร้างแนวทางจัดการฟื้นฟูระบบนิเวศป่าไม้บนพื้นที่ต้นน้ำ เพื่อเพิ่มความสามารถในการกักเก็บคาร์บอนของระบบนิเวศ (ecosystem carbon storage capacity) ต่อไป

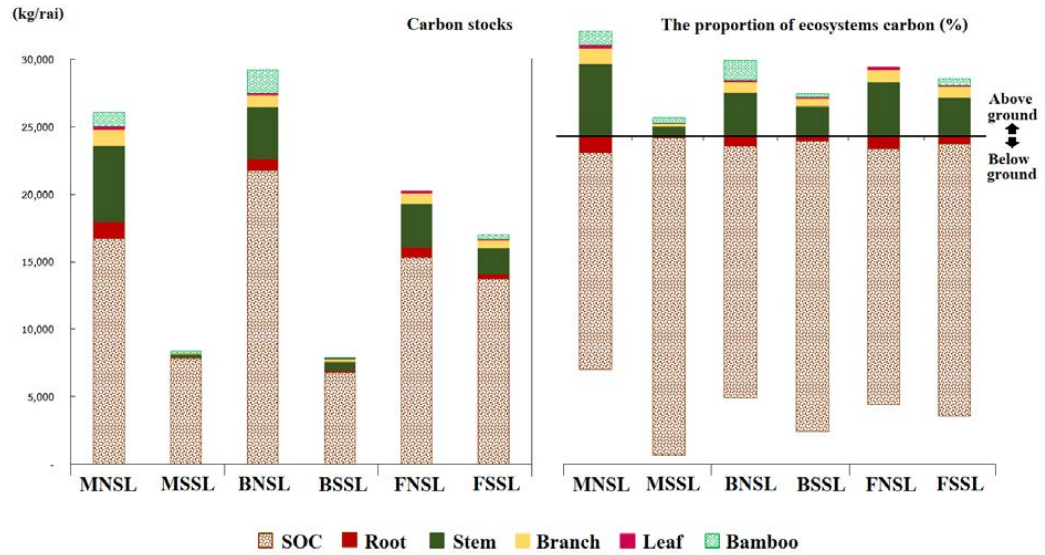


Figure 2 Carbon stocks and carbon proportion in the ecosystems.

Notes: MNSL, Mixed deciduous forest; MSSL, Mixed deciduous forest under landslide; BNSL, Mixed deciduous forest with bamboo; BSSL, Mixed deciduous forest with bamboo under landslide; FNSL, Mixed fruit tree-based agroforestry; FSSL, Mixed fruit tree-based agroforestry under landslide

คำนิยม

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการทำกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยประเภทบัณฑิตศึกษาจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2560 ในการทำวิจัย ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

REFERENCES

Brown, S. 1996. Mitigation potential of carbon dioxide emission by management of forests in Asia. **AMBIO**. 25(4) : 273-278.

Community Forestry Development Sub-division, 2014. **A Guide to Monitoring Carbon Stock and Biodiversity in Community Forestry**. Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)

Diloksumpun, S., T. Visaratana, S. Panuthai,, P. Ladpala, , S. Janmahasatien, and S. Sumran, 2005. Carbon cycling in the Sakaerat dry evergreen and the Maeklong mixed deciduous forests. pp 77-94. **The Proceedings of Climate Change in Forestry, Potential of Forests in Support of the Kyoto Protocol Annual Conference**. Maruay Garden Hotel, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. 4-5 August 2005. (in Thai)

Hamrick, K. and M. Gallant, 2017. Unlocking Potential: State of the Voluntary Carbon Markets 2017. **Washington, DC**: Forest Trends

IPCC. 2006. **Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme**, H.S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, & K. Tanabe. Published, Institute for Global Environmental Strategies. Japan

Kershaw, K. A. 1964. **Quantitative and Dynamic Ecology**. Edward, London.

Khamyong, S., T. Seramethakun, and S. Pampasit, 2008. Carbon accumulation in forest ecosystems at Doi Inthanon, Chiang Mai province. pp 126-13. **The Proceedings of 4th Naresuan Environmental Annual Conference**, Phayao Campus of Naresuan University, Phayao. 26-27 May 2008, (in Thai)

Khamyong, S. 2001. The Ecological Effect of Pine Plantations (*Pinus kesiya*) in the HighlandWatershed, Northern Thailand. Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. Chiang Mai. (in Thai)

Kutintara, U., D. Marod, M. Takahashi, and T. Nakashizuka, 1995. Growth and dynamics of bamboos in a tropical seasonal forest. pp. 125-139 In, **The International Workshop on The changes of tropical forest ecosystems by El Niño and others**. National Research Council, Kanchanaburi.

Land Development Department, 2006. **A Study on the Causes of Debris Flow Damage in Provinces of Uttaradit**, Sukhothai and Phrae Northern, Thailand. Final Report. 179. (in Thai)

National Parks Research and Innovation Development Center Chiang Mai Province, 2015. **The Permanent Mixed Deciduous Forest Plot Project of Si Lanna National Park Chiangmai Province**. Research Report Vol. 12 (27). National Park Research Division, Office of National Park, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Negi, J. D. S., R. K. Manhas, and P.S. Chauhan. 2003. Carbon allocation in different components of some tree species of India: A new approach for carbon estimation. **Current Science** 85(11): 1528 - 1531.

Nongnuang, S., S. Khamyong, K. Sri-ngernyuang, and N. Anongrak, 2010. Carbon Stocks and Nutrients in Biomass of Fragmented Hill

Evergreen Forest on Highland Watershed at Boa Kaew Watershed Management Station, Chiang Mai Province. pp 131-141. **Proceedings of The 6th Naresuan Environmental Annual Conference**, Faculty of Agriculture, Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 1 – 2 August 2010, (in Thai)

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(1): 49-80.

Openshaw, K. 1997. Global warming and the role of trees: Thailand a case study. In: Tropical Forestry in the 21st Century Volume 2: Global Changed in the Tropical Contexts. C. Khemnark, B. Thaiutsa, L. Puangchit and Thammincha eds.. **FORTROP'96 International Conference**, Bangkok, Thailand.

Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney, 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. **In Soil Science Society of America,** Vol. 1159.

Phetchaburi National Parks Research Center, 2016. **The Permanent Plot in the National Nark Project : Mixed Deciduous Forest of Chaloem Phra Kiat Thai Prakhan National Park Ratchaburi Province**. Research Report Vol. 13 (2). National Park Research Division, Office of National Park, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Pongthornpruek, S. 2017. The Biodiversity and Plant Association Structure of Mixed Deciduous Forest in Conservative Forest of Fak Tha Land Settlement Cooperative, Fak Tha District Uttaradit Province. pp 340-350. **Proceeding of the 8th RSPG Researcher Club Conference "Thai Resources : Enormous Potential to be Seen",** Centre of Learning for the Region, Chulalongkorn University, Saraburi, 29 November – 1 December 2017. (in Thai)

Royampaeng, S. 1990. **Biomass Productivity of Four Species of Bamboo**. Department of Silviculture, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)

Tangtham, N. and C. Tantasirin, 1997. An assessment of policies to reduce carbon emissions in the Thai forestry sector with emphasis on forest protection and reforestation for conservation, pp. 100-121. In: C. Khemnark, B. Thaiutsa, L. Puangchit and S. Thammincha eds. Tropical Forestry in the 21st Century Volume 2: Global Changes in the Tropical Contexts. **Proceedings of FORTROP'96 International Conference,** 25-28 November 1996, Bangkok.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization), 2014. **VCS implementation fee: VCS Guidelines: Verification and Verification Guid**e. Bangkok: P2 Design & Print. (in Thai)

Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Sahunalu, P. Dhanmanonda, and B. Prachaiyo, 1983. **Forest: Felling, Burning and Regeneration**, Shifting cultivation, Tokyo University, Japan.

Viriyabuncha, C., S. Janmahasatien, and K. Peawsad, 2003. **Assessment of the Potentiality of Re-afforestation Activities in Climate Change Mitigation**. Wildlife and Plant Conservation, Thailand.

Wanwisate, W. 2015. **Carbon Credit : Business for Relieve Global Warming**. The Secretariat of the Senate. Available source: http://library.senate.go.th/document/Ext9395/9395436_0002.PDF. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การประเมินปริมาณน้ำในดินในระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่เกิดดินถล่มโดยใช้แบบจำลอง SWAT

Assessment of Soil Water Content in Landslide-Damaged Upstream Ecosystems Using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model

อลงกรณ์ วงศ์หมั่น[1]
สมบัติ ชื่นชูกลิ่น[2]
สิทธิชัย ชูสำโรง[3]
จรัณธร บุญญานุภาพ[3*]

Alongkorn Wongmun[1]
Sombat Chuenchooklin[2]
Sittichai Choosumrong[3]
Jaruntorn Boonyanuphap[3*]

[1] บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลันนเรศวร พิษณุโลก 65000
The Graduate School, Naresuan University, Phitsanulok 65000 Thailand
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
Faculty of Engineering, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand
[3] คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000
Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000 Thailand
*Corresponding Author, E-mail: charuntornb@nu.ac.th

รับต้นฉบับ 26 กรกฎาคม 2561 รับแก้ไข 5 กันยายน 2561 รับลงพิมพ์ 17 กันยายน 2561

ABSTRACT

Soil water is very important for upstream because plants used to grow up, affect to the health and sustainability of the ecosystem. The severe landslide occurred in 2006 at the upstream region of Maepoon sub-district might affect soil water holding capacity. This study aimed to assess the soil water content in the ecosystem of upstream under normal condition and after landslide condition (10 years ago) using Soil and Water Assessment Tool (SWAT) model. The SWAT model was calibrated and subsequently the accepted values of R^2, NSE and PBIAS were 0.58 0.48 and 8.91, respectively. The results from SWAT analysis showed highest soil water in October for the entire area, particularly in low-slope areas. A rainfall retained in soil was approximately 5.15% (10.91 million cu.m.). The available water capacity (AWC) of almost watershed (87.20 km^2) was 39.55 million m^3. The highest value of mean monthly soil water content was found in mixed deciduous forest with bamboo with 180.82 mm, followed by mixed fruit tree-based agroforestry (174.01 mm), mixed deciduous forest with bamboo after 10-year landslide (133.18 mm) and mixed fruit tree-based agroforestry after 10-year landslide (129.34 mm), respectively. The comparison of two ecosystems under normal condition and after 10-year landslide condition shows that soil

water content in landslide area was lower than normal condition. The results indicate that the landslides can decrease soil water content in this region.

Keywords: Soil water, Landslide, Mixed fruit tree-based agroforestry, Mixed deciduous forest with bamboo

บทคัดย่อ

น้ำในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับแหล่งต้นน้ำ เนื่องจากเป็นน้ำส่วนที่พืชใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโต ส่งผลต่อความอุดมสมบูรณ์และความยั่งยืนของระบบนิเวศ โดยพื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูล ซึ่งเคยเกิดเหตุการณ์ดินถล่มอย่างรุนแรงในปี 2549 อาจส่งผลกระทบต่อความสามารถในการเก็บกักน้ำของดิน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำในดินของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำภายใต้สถานการณ์ปกติและกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติในปี 2559 (ภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 10 ปี) โดยใช้แบบจำลองอุทกวิทยา Soil and Water Assessment Tool (SWAT) ที่ปรับมาตรฐานของแบบจำลองน้ำในดินให้มีค่า R^2 NSE และ PBIAS ที่สามารถยอมรับได้ โดยมีค่าเท่ากับ 0.58 0.48 และ 8.91 ตามลำดับ ซึ่งผลการวิเคราะห์จากแบบจำลองพบว่าปริมาณน้ำในดินของเดือนตุลาคมมีปริมาณสูงสุดทั่วทั้งพื้นที่ โดยเฉพาะพื้นที่ความลาดชันต่ำ โดยมีปริมาณน้ำฝนที่ถูกเก็บกักไว้ในดินเท่ากับร้อยละ 5.15 หรือ 10.91 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ รวมของทั้งลุ่มน้ำ (87.20 ตารางกิโลเมตร) เท่ากับ 39.55 ล้านลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ปริมาณน้ำในดินเฉลี่ยตลอดปี 2559 ป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีปริมาณสูงที่สุด (เฉลี่ย 180.82 มม.) รองลงมาได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร (เฉลี่ย 174.01 มม.) ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 133.18 มม.) และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 129.34 มม.) เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ปกติกับพื้นที่เกิดดินถล่มของทั้ง 2 ระบบนิเวศ แสดงให้เห็นว่า พื้นที่เกิดดินถล่มมีการเก็บกักน้ำในดินได้น้อยกว่าพื้นที่ปกติ หรือกล่าวได้ว่าการเกิดดินถล่มส่งผลให้ปริมาณน้ำในดินลดลง

คำสำคัญ: น้ำในดิน ดินถล่ม สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ป่าเบญจพรรณผสมไผ่

คำนำ

พื้นที่ต้นน้ำบริเวณตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ เป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของลุ่มน้ำอำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยพื้นที่มีสภาพส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยป่าธรรมชาติ (ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ และป่าไผ่) และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร รวมถึงประชากรส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม เช่น สวนทุเรียน ลองกอง และลางสาด เป็นต้น (Maepoon Tambon Administration Organization, 2015) อีกทั้งสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและมีความลาดชันสูง โดยบางบริเวณมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 พื้นที่ต้นน้ำของตำบลแม่พูลเป็นพื้นที่เศรษฐกิจที่มีความสำคัญทั้งในด้านเกษตรกรรม การท่องเที่ยว และการเป็นแหล่งต้นน้ำ ทั้งนี้ใน ปี 2549 ได้เกิดภัยพิบัติดินโคลนถล่มอย่างรุนแรงในพื้นที่อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ ส่งผลให้เกิดความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน โดยเฉพาะพื้นที่เกษตรกรรมบนภูเขาสูงชันที่เป็นสวนไม้ผลเศรษฐกิจถูกทำลายถึง 4,992 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 6 ของพื้นที่ตำบลแม่พูล (Boonyanuphap and Tonglem, 2011)

เนื่องจากดินโคลนถล่มใน ปี 2549 ทำให้พื้นที่ภูเขาสูงชันบริเวณแหล่งต้นน้ำของตำบลแม่พูล เกิดการสูญเสียดินชั้นบนเป็นบริเวณกว้าง ซึ่งลักษณะดังกล่าวสามารถทำให้ตัวแปรที่มีความสำคัญต่อการเปลี่ยนของ

การเก็บกักน้ำไว้ในดินส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ในการเป็นแหล่งต้นน้ำและการทำเกษตรกรรมสวนไม้ผล โดยสาเหตุของการเกิดดินโคลนถล่มมาจากการที่มีอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำกำลังค่อนข้างแรงที่พาดผ่านภาคเหนือตอนล่างในช่วงระหว่างวันที่ 21-23 พฤษภาคม 2549 ทำให้มีฝนตกหนักมาก ทำให้ดินที่รองรับน้ำไว้เกิดการอุ้มน้ำเกินขีดจำกัด รวมกับแรงโน้มถ่วงของมวลน้ำและดินทำให้เกิดการเคลื่อนตัวของหน้าดิน (Department of Mineral Resources, 2011) นอกจากนี้ เหตุการณ์ดินโคลนถล่มดังกล่าวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและองค์ประกอบของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำของพื้นที่ตำบลแม่พูล ซึ่งส่งผลต่อบทบาทหน้าที่และการให้บริการเชิงนิเวศ (Ecological functions and services) ของระบบนิเวศแหล่งต้นน้ำที่มีต่อชุมชนท้องถิ่นในตำบลแม่พูลและพื้นที่โดยรอบ โดยเฉพาะการเก็บกักน้ำของดิน ซึ่งน้ำในดินมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งสำหรับสิ่งมีชีวิตในดิน ได้แก่ สัตว์ พืช หรือจุลินทรีย์ เนื่องจากน้ำเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของพืชและสัตว์ เพื่อใช้ในกระบวนการเมทาบอลิซึมต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสงของพืช เป็นต้น รวมถึงการปรับอุณหภูมิและการลำเลียงธาตุอาหารของพืชเพื่อให้สามารถเจริญเติบโตได้อย่างเหมาะสม (Tealnugutoom, 2005) สัดส่วนของการเก็บกักน้ำขึ้นอยู่กับโครงสร้างองค์ประกอบ และบทบาทหน้าที่ของระบบนิเวศแต่ละประเภท (Witawaschugul *et al.,* 2011) น้ำในดินจึงมีความสำคัญมากในด้านเกษตรกรรม (Easton, 2016) ด้านการอนุรักษ์ และฟื้นฟูพื้นที่เสื่อมโทรม (Ratneetoo, 2009)

แบบจำลอง SWAT (Soil and Water Assessment Tool) เป็นหนึ่งในแบบจำลองเชิงกระบวนการ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประเมินปริมาณน้ำท่า น้ำใต้ดิน น้ำในดิน ตะกอน และคุณภาพน้ำ ภายใต้การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของลุ่มน้ำที่ได้รับการยอมรับและประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวางในระดับสากล (Wuttichaikitcharoen and Sartun, 2013; Valdivia, *et. al,* 2017) โดย Narasimhan and Srinivasan (2005) Li *et al.* (2010) and Wang *et al.* (2011) ได้ใช้แบบจำลอง SWAT เพื่อประเมินน้ำในดินระดับลุ่มน้ำ และเปรียบเทียบการเก็บกักน้ำตามประเภทการใช้ที่ดิน รวมถึงการศึกผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ต่อการเก็บกักน้ำของดิน และมีการใช้ SWAT สำหรับประเมินน้ำในดินครั้งแรกในประเทศอาร์เจนตินาโดย Havrylenko *et al.* (2016) อย่างไรก็ตาม ในประเทศไทยยังไม่มีการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในการศึกษาและประเมินปริมาณน้ำในดิน โดยเฉพาะพื้นที่ที่เคยเกิดดินถล่ม ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณน้ำในดินของระบบนิเวศบริเวณแหล่งต้นน้ำ (ได้แก่ ระบบนิเวศป่าไม้และระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร) ภายใต้สถานการณ์ปกติและกระบวนการทดแทนตามธรรมชาติภายหลังจากเกิดดินถล่มมาแล้ว 10 ปี บริเวณลุ่มแม่พร่อง-แม่พูล ในพื้นที่ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

การศึกษาครั้งนี้ดำเนินการในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาย่อยแม่พร่อง-แม่พูล ในเขตตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ (ละติจูด 17°39′10″ ถึง 17°48′40″ N และลองจิจูด 99°57′10″ ถึง 100°02′10″ E) มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 116 ตารางกิโลเมตร ระดับความลาดชันของพื้นที่โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 40-75 องศา มีจุดสูงสุดที่ 765 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ปริมาณน้ำฝนรายปีเฉลี่ย 1806.70 มม. (2551-2557) อุณหภูมิรายปีเฉลี่ย 27.6 องศาเซลเซียส (2530-2559) การระเหยรายปีเฉลี่ย 4.5 มม./วัน (2556-2558) ทั้งนี้ พื้นที่ภูเขาสูงชันดังกล่าวเป็นแหล่งต้นน้ำที่สำคัญของลุ่มน้ำอำเภอลับแล โดยมีลำน้ำที่สำคัญ ได้แก่ ห้วยแม่พูล คลองแม่พร่อง ห้วยทราย และ ห้วยคำบิ ในขณะที่ด้านทิศตะวันตกของตำบลฝายหลวงมีเทือกเขาสูงชันอันเป็นแหล่งต้นน้ำของลำห้วยปู่เจ้า โดยลำน้ำที่ได้กล่าวมาทั้งหมดจะไหลรวมกันลงสู่แม่น้ำน่านบริเวณตอนล่างของจังหวัดอุตรดิตถ์ (Boonyanuphap and Tonglem, 2011) ประชากรส่วนใหญ่

ในเขตตำบลแม่พูลมีอาชีพทำสวนไม้ผลผสมเป็นหลัก โดยมีการปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ เช่น ทุเรียน ลองกอง ลางสาด มังคุด กาแฟ แทรกผสมปะปนกับพรรณไม้ป่าในท้องถิ่น (องค์การบริหารส่วนตำบลแม่พูล, 2553) สวนผลไม้บริเวณเชิงเขาตอนล่างประมาณร้อยละ 42.85 พื้นที่ป่าธรรมชาติประมาณร้อยละ 43.18 แบ่งเป็นป่าเบญจพรรณผสมไผ่ในบริเวณตอนบน-ตอนกลาง และป่าเบญจพรรณในบริเวณตอนบน (Wongmun *et al.*, 2017) โดยการประเมินปริมาณน้ำในดินในการศึกษาครั้งนี้ มีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 87.20 ตารางกิโลเมตร หรือ 54,504.69 ไร่ โดยดำเนินการเก็บตัวอย่างบริเวณเขาที่อยู่ในเขาม่อนน้ำชำ ซึ่งมีลักษณะของภูมิทัศน์และองค์ประกอบภายในระบบนิเวศที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ลุ่มน้ำได้ดี (Figure 1)

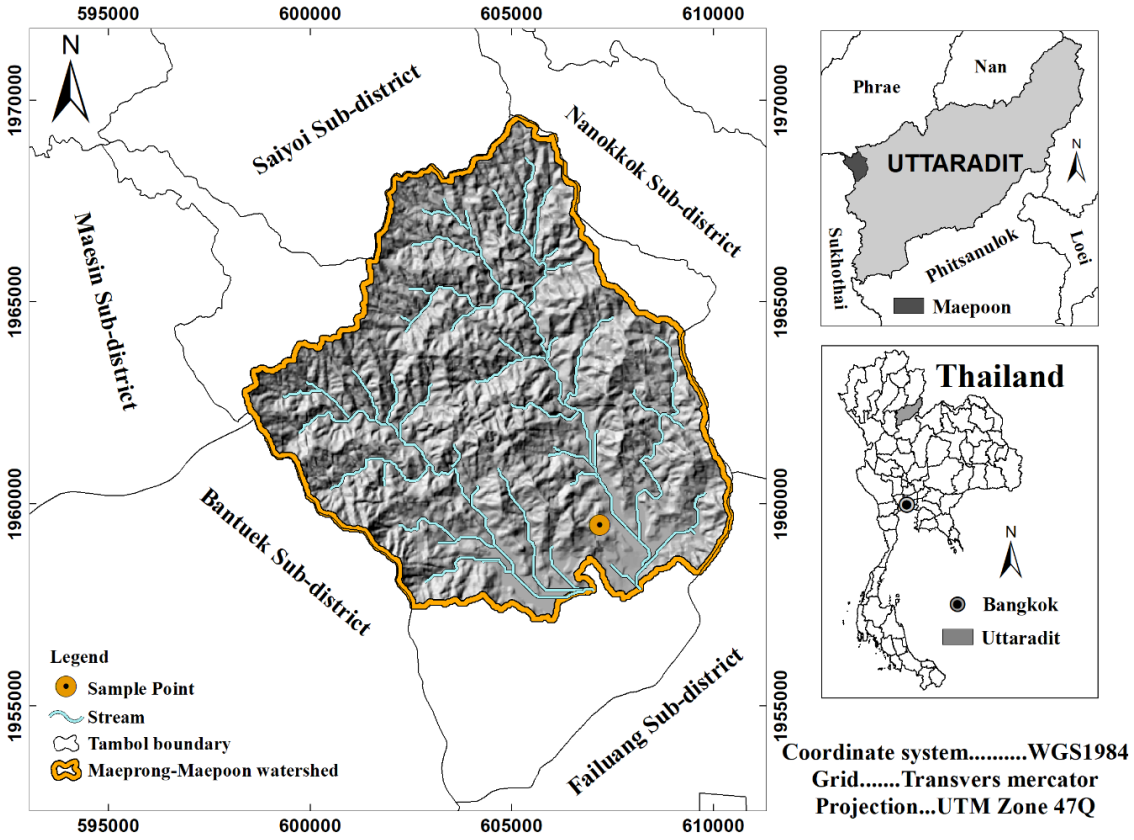


Figure 1 The location of study area in Maeprong-Maepoon watershed.

การเก็บตัวอย่างดินและวิธีวิเคราะห์

การศึกษาหน้าตัดดิน (soil profile) และเก็บตัวอย่างดินตามระดับความ 6 ระดับ ได้แก่ 0-10, 10-30, 30-60, 60-80, 80-110 และ 110-150 เซนติเมตร ในพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสมไผ่และระบบวนเกษตรแบบสวนไม้ผลผสม โดยทั้ง 2 ระบบนิเวศอยู่ภายใต้สถานการณ์ปกติและสถานการณ์ที่เคยเกิดดินถล่ม เพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ ความจุความชื้นสนาม (field capacity: FC) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point: PWP) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity: AWC) ความหนาแน่นรวม (bulk density : BD) อินทรียวัตถุในดิน (soil organic matter : OM) เนื้อดิน (soil texture) อัตราการซึมของน้ำผ่านผิวดินในขณะที่ดินไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ (unsaturated infiltration rate) ปริมาณ

สัดส่วนของหิน (rock fragment: RockF) ปริมาณสัดส่วนของดิน (soil fragment: SoilF) และปริมาณสัดส่วนรากพืช (root fragment: RootF) โดยมีวิธีวิเคราะห์และผลการวิเคราะห์เช่นเดียวกันใน (Wongmun *et al.*, 2017)

การติดตั้งสถานีอุตุนิยมวิทยาและความชื้นดิน

สถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ รุ่น WS-GP1 เป็นเครื่องมือในการติดตาม ตรวจสอบ และบันทึกผล โดยสถานีตรวจวัดสภาพภูมิอากาศ WS-GP1 จะมีเซ็นเซอร์ระดับสูงที่สามารถวัดปริมาณน้ำฝน รังสีแสงอาทิตย์ ความเร็วลม ทิศทางลม ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศและเชื่อมกับเครื่องเก็บข้อมูล GP1 เพื่อบันทึกผลของค่าตัวแปรต่างๆ รวมถึงการติดตั้งเครื่องวัดความชื้นในดิน 3 ระดับความลึก ได้แก่ 5, 25 และ 50 เซนติเมตร ด้วยเครื่อง WaterScout SM 100 ซึ่งบันทึกข้อมูลลงใน WatchDog 1000 Series โดยจะทำการติดตั้งระบบนิเวศละ 1 สถานี รวมทั้งหมดเป็น 2 สถานี บริเวณเขาม่อนน้ำชำ ตำบลแม่พูล อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยสถานีของแต่ละระบบนิเวศจะใช้การเชื่อมต่อสายรับส่งข้อมูลในเครื่องเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ ตั้งแต่วันที่ 22 เมษายน 2559 ถึงวันที่ 16 ธันวาคม 2559

การรวบรวมข้อมูล

การศึกษาครั้งนี้รวบรวมข้อมูลอุตุนิยมวิทยาสถานีจังหวัดอุตรดิตถ์ย้อนหลัง 30 ปี (2530-2559) จากกรมอุตุนิยมวิทยา ประกอบด้วยข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ รังสีดวงอาทิตย์ และความเร็วลม ซึ่งใช้ในการตั้งค่าแบบจำลอง นอกจากนี้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายวันระหว่างปี 2556 ถึง 2559 จากเครือข่ายเฝ้าระวังแจ้งเตือนธรณีพิบัติภัย ตำบลแม่พูล กรมทรัพยากรธรณี (Figure 2) แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model: DEM) มีความละเอียด (cell size) เท่ากับ 25 เมตร ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2559 จากมูลนิธิชัยพัฒนา และข้อมูลดินจากการศึกษาหน้าตัดดิน (soil profile) ของระบบนิเวศแต่ละประเภทในพื้นที่ศึกษา (Wongmun *et al.*, 2017)

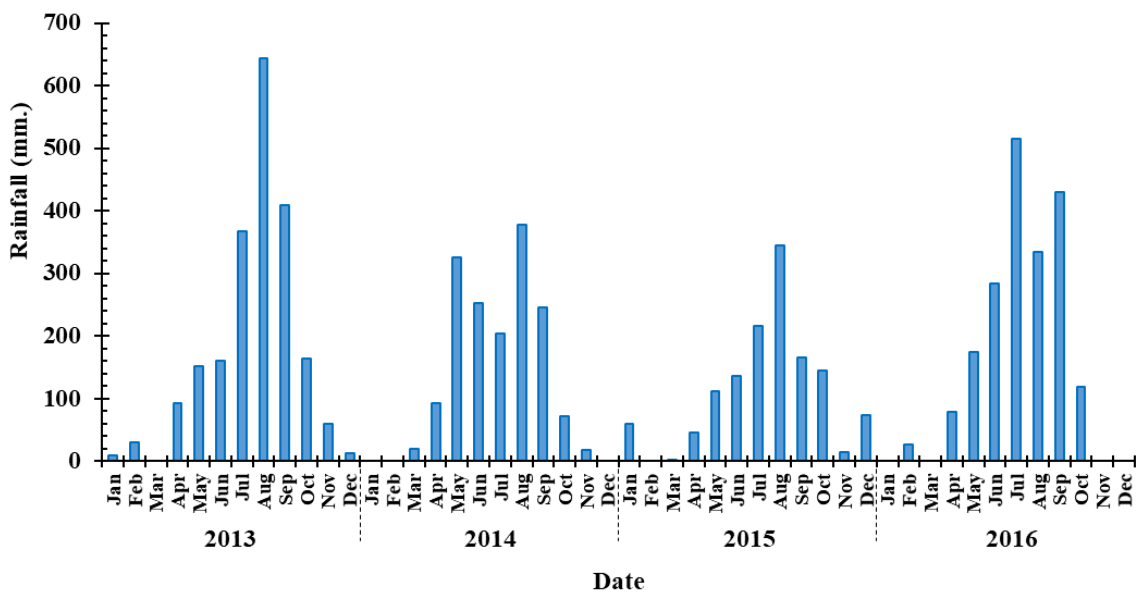


Figure 2 Monthly rainfall in Maepoon sub-district recorded during year 2008-2016.

การประเมินปริมาณน้ำในดิน

การสร้างแบบจำลองการประเมินปริมาณน้ำในดินของระบบนิเวศแต่ละประเภทด้วย SWAT ภายใต้โปรแกรม ArcGIS Desktop 10.1 (ESRI, 2012) และโปรแกรม ArcSWAT 2012.10_1.18 (SWAT, 2012) ซึ่งทำให้สามารถคำนวณปริมาณน้ำในดินภายในลุ่มน้ำได้ ดังแสดงในสมการต่อไปนี้ (Suwanlertcharoen, 2011)

$$SW_t = SW_0 + \sum_{i=1}^{t}(R_{day} - Q_{surf} - E_a - W_{seep} - Q_{gw})$$

SW_t คือ ปริมาณน้ำในดินสุดท้าย (mm)

SW_0 คือ ปริมาณน้ำในดินเริ่มต้นวันที่ i (mm)

R_{day} คือ ปริมาณฝน (mm)

Q_{surf} คือ ปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน (mm)

E_a คือ ปริมาณการคายระเหยน้ำ (mm)

W_{seep} คือ ปริมาณน้ำที่ซึมลึกลงไปใต้ดิน (mm)

Q_{gw} คือ ปริมาณน้ำใต้ดินไหลลงแม่น้ำ (mm)

สำหรับขั้นตอนการประเมินปริมาณน้ำในดินด้วยแบบจำลอง SWAT มีดังนี้

1. การสร้างข้อมูลตามขอบเขตลุ่มน้ำ

การสร้างขอบเขตลุ่มน้ำโดยวิเคราะห์จากข้อมูลความสูงภูมิประเทศเชิงตัวเลข (Digital Elevation Model: DEM) ในระดับความละเอียด 25 เมตร เพื่อสร้างเส้นลำน้ำ (Stream) และเลือกจุดศูนย์รวมของเส้นลำน้ำ เพื่อวิเคราะห์ขอบเขตของลุ่มน้ำย่อย และลุ่มน้ำทั้งหมด

2. การสร้างหน่วยจัดการอุทกวิทยา (HRUs)

การสร้างหน่วยจัดการอุทกวิทยาใช้การวิเคราะห์จากข้อมูล 3 ประเภท ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลชนิดดิน และข้อมูลความลาดชันที่อาศัยข้อมูล DEM ในการสร้างข้อมูลตามระดับความลาดชัน ได้แก่ ช่วงความชันร้อยละ 0-8 8-16 16-30 30-60 และมากกว่าร้อยละ 60 โดยข้อมูลทั้ง 3 ประเภท ได้จัดให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ อย่างไรก็ตาม การใช้ข้อมูลดินได้กำหนดให้มีลักษณะตามประเภทการใช้ที่ดินประกอบด้วยพื้นที่ป่าเบญจพรรณ สวนไม้ผล หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินการเก็บตัวอย่างสมบัติดินตามระบบนิเวศต่างๆ ในพื้นที่ลุ่มน้ำ

3. การจัดเตรียมข้อมูลและแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของแบบจำลอง SWAT

การเตรียมข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยาให้อยู่ในรูปแบบของ Text file โดยจัดข้อมูลในรูปแบบตามวันเวลา ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุด-สูงสุด และความเร็วลมเฉลี่ย โดยเป็นข้อมูลรายวัน รวมถึงการสร้างข้อมูลอุตุนิยมวิทยาทั่วไป โดยอ้างอิงข้อมูลตามสถานีตรวจวัดสภาพอากาศจังหวัดอุตรดิตถ์

4. การเพิ่มการจัดการระบบพืช และการกำหนดช่วงระยะเวลาในการคำนวณ

การจัดการระบบพืชอาศัยข้อมูลจากฐานข้อมูลในแบบจำลอง โดยกำหนดข้อมูลเฉพาะประเภทของสิ่งปกคลุมดิน ส่วนข้อมูลดินใช้การสร้างฐานข้อมูลเพิ่ม และตั้งค่าตามตัวแปรสมบัติดินที่ทำการวิเคราะห์ด้านกายภาพ และเคมี (Table 1)

Table 1 Database to edit land cover and user soil.

Land use	Land cover coad of swat	Adjusted land cover code
Mixed deciduous forest with bamboo	FRSE	BNNL
Mixed deciduous forest with bamboo- Landslide	RNGE	BSSL
Mixed fruit tree-based agroforestry	ORCD	FNNL
Mixed fruit tree-based agroforestry- Landslide	RNGB	FSSL
Water	WATR	WATER
Urban	URLD	URBAN LAND

5. การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของค่าพารามิเตอร์ (parameter) ที่ใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา SWAT โดยแบบจำลอง SWAT มีการใช้พารามิเตอร์จำนวนมาก และปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการ ดังนั้นจึงต้องมีการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของตัวแปร (sensitivity analysis) เพื่อทำให้ทราบว่าควรปรับค่าพารามิเตอร์ใดบ้าง เพื่อให้แบบจำลองทำการประเมินปริมาณน้ำในดินใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากที่สุด (Wuttichaikitcharoen and Sartun, 2013).

6. การตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลองและการปรับมาตรฐานแบบจำลอง SWAT (Model testing and Calibration)

การตรวจสอบความสอดคล้อง (model testing) ของแบบจำลอง SWAT ดำเนินการโดยการวิเคราะห์ความสอดคล้องของระหว่างข้อมูลปริมาณน้ำในดินที่ได้จากแบบจำลอง (simulated data) กับปริมาณน้ำในดินที่ได้จากสถานีวัดความชื้นดิน (observed data) ด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ค่า Nash-Sutcliffe Efficiency (NSE) และค่า Percent Bias (PBIAS) ดัง Table 2 ซึ่งสามารถปรับมาตรฐานแบบจำลอง (Model Calibration) ในแบบจำลองเพื่อให้แบบจำลองมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงมากที่สุด

Table 2 Equation of SWAT model testing.

Model testing	Equation
R^2	$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n} (O_i-O_{Avg})(S_i-S_{Avg})}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^{n} (O_i-O_{Avg})^2\right)\left(\sqrt{\sum_{i=1}^{n} (S_i-S_{Avg})^2}\right)}}$
Nash-Sutcliffe Efficiency	$NSE = 1-\frac{\sum_{i=1}^{n} (O_i-S_i)^2}{\sum_{i=1}^{n} (O_i-O_{Avg})^2}$
Percent Bias	$PBIAS = \frac{\sum_{i=1}^{n} (O_i-S_i)\times 100}{\sum_{i=1}^{n} (O_i)}$

Note: O, Observed data; S, Simulated data.

การปรับมาตรฐานแบบจำลองใช้ข้อมูลความชื้นในดินจากแบบจำลองและความชื้นในดินจากการตรวจวัดภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่มในการตรวจสอบความสอดคล้องตั้งแต่วันที่ 24 เมษายน 2559 ถึง 16 ธันวาคม 2559 และปรับค่าพารามิเตอร์ในแบบจำลองเพื่อเพิ่มความสอดคล้องของข้อมูลจากแบบจำลอง โดยการปรับค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวถูกใช้ในการปรับค่าพารามิเตอร์ของระบบนิเวศอื่นๆ ตามไปด้วย นอกจากนี้ การศึกษาครั้งนี้ยังได้ตรวจวัดความชื้นในดินภายใต้ระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถใช้ในปรับมาตรฐานของแบบจำลองเฉพาะระบบนิเวศสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มได้เพิ่มเติม โดยมาตรฐานของแบบจำลองควรมีค่า R^2 และ NSE มากกว่า 0.5 และ 0.0 ตามลำดับ ส่วนค่า PBIAS ไม่ควรเกินร้อยละ 25 (ติดลบได้) จึงจะถือว่าแบบจำลองสามารถยอมรับได้ (Moriasi *et al.,* 2013)

ผลและวิจารณ์

สมบัติดิน (soil properties)

การศึกษาความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์หรือความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (AWC) ของแต่ละระบบนิเวศ พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินได้สูงที่สุดในทุกระดับความลึกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ระหว่างร้อยละ 15.76 ถึง 19.26) รองลงมาเป็นสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ตามลำดับ (Table 3) เนื่องจากป่าเบญจพรรณผสมไผ่มีสมบัติดินที่เหมาะสมกว่าในด้านของการเก็บกักความชื้น โดยดินมีอินทรียวัตถุ ความพรุน และความจุความชื้นสนามสูงกว่าระบบนิเวศประเภทอื่น ขณะที่ความหนาแน่นและจุดเหี่ยวถาวรมีค่าต่ำกว่าสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตร ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Deesaeng *et al.* (2010) แม้ว่าดินในสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่าความจุความชื้นสนามสูง แต่ก็มีจุดเหี่ยวถาวรที่สูงเช่นกัน จึงส่งผลให้มีค่า AWC ค่อนข้างต่ำอินทรียวัตถุ

การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Pearson correlation) ระหว่างความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์กับตัวแปรสมบัติของดิน พบว่า ความชื้น ณ จุดเหี่ยวถาวร องค์ประกอบสัดส่วนที่เป็นน้ำ องค์ประกอบสัดส่วนที่เป็นอากาศ ปริมาณอินทรียวัตถุ ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณอนุภาคดินเหนียว และปริมาณรากพืช มีความสัมพันธ์กับความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ของดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (p<0.01) ขณะที่ ปริมาณอนุภาคทราย มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (p<0.05)

Table 3 Soil properties of each ecosystem type in the upstream.

Ecosystem types[a]	Depth (cm.)	Soil Texture	FC (%)		PWP (%)		AWC (%)		Infiltration rate (cm/h) (Unsaturated soil)
			Average	SD	Average	SD	Average	SD	
FN	0-10	Clay	25.49 ab	± 2.34	17.62 a	± 1.29	7.87 c	± 1.05	2.38
	10-30	Clay	25.07 a	± 0.63	18.72 a	± 0.42	6.35 b	± 0.21	5.65
	30-60	Clay	26.07 a	± 1.30	17.40 a	± 1.28	8.67	± 2.49	13.66
	60-80	Clay	26.07 a	± 0.55	19.08 a	± 0.20	6.99 c	± 0.68	21.43
	80-110	Clay Loam	22.54 a	± 2.50	17.03 a	± 1.38	5.51 c	± 1.19	9.97
	110-150	Clay Loam	22.56 b	± 1.13	16.33 a	± 1.14	6.22 b	± 0.01	9.72
FS	0-10	Clay Loam	26.95 ab	± 4.65	17.30 a	± 4.41	9.66 c	± 0.58	9.90
	10-30	Clay Loam	26.92 a	± 2.28	18.25 a	± 2.21	8.66 ab	± 0.65	12.03
	30-60	Clay	26.81 a	± 0.10	12.14 ab	± 1.33	14.68	± .123	12.07
	60-80	Clay	25.92 a	± 3.05	16.50 a	± 3.55	9.41 b	± 0.52	12.19
	80-110	Clay Loam	25.52 a	± 1.16	14.75a	± 1.97	10.77 b	± 0.90	20.09
	110-150	Loam	26.89 a	± 0.85	17.59 a	± 1.83	9.30 b	± 1.00	17.62
BN	0-10	Sandy Clay Loam	29.08 a	± 2.37	9.83 b	± 0.72	19.26 a	± 1.76	7.47
	10-30	Sandy Clay Loam	23.07 a	± 1.25	7.01 b	± 2.23	16.06 a	± 0.99	12.63
	30-60	Sandy Clay Loam	21.37 b	± 1.27	5.61 ab	± 0.33	15.76	± 0.94	10.38
	60-80	Clay Loam	22.20 b	± 0.77	6.61 b	± 0.60	15.59 a	± 1.32	21.47
	80-110	Clay Loam	23.57 a	± 1.73	7.18 b	± 1.19	16.39 a	± 1.55	26.55
	110-150	Clay Loam	24.35 b	± 1.04	6.85 b	± 0.76	17.50 a	± 1.49	22.98

Table 3 (Cont.)

BS	0-10	Clay Loam	22.59 a	±	2.28	7.05 b	±	0.31	15.54 b	±	1.97	5.60
	10-30	Clay Loam	17.26 b	±	3.04	6.35 b	±	0.44	10.91 ab	±	2.99	10.08
	30-60	Sandy Clay Loam	17.76 c	±	2.51	6.89 b	±	1.60	10.86	±	0.90	6.35
	60-80	Sandy Clay Loam	14.86 c	±	1.10	6.87 b	±	0.36	7.99 bc	±	1.30	8.85
	80-110	Sandy Clay Loam	16.53 b	±	2.15	7.03 b	±	1.06	9.50 b	±	1.23	21.16
	110-150	Sandy Clay Loam	19.28 c	±	1.43	10.81 b	±	3.97	6.84 b	±	2.81	11.50

Note: [a]Ecosystem types: FN, Mixed fruit tree-based agroforestry; FS, Landslide-damaged mixed fruit tree-based agroforestry; BN, Mixed deciduous forest with bamboo; BS, Landslide-damaged mixed deciduous forest with bamboo.

การวิเคราะห์ความอ่อนไหว (sensitivity analysis)

ความอ่อนไหวของพารามิเตอร์ที่ใช้ในแบบจำลองอุทกวิทยา SWAT พบว่า พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหว หรือสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ CN2 Canmx Esco Sol_AWC และ Rchrg_Dp (Table 4) โดย CN2 คือ ค่าเริ่มต้นของ SCS runoff curve number ที่ความชื้นดินระดับที่สอง (moisture condition II) แปรผันตามค่าความซึมน้ำของดิน (soil permeability) ปริมาณความชื้นในดินก่อนหน้า (antecedent soil water content) และประเภทการใช้ที่ดิน Canmx คือ ค่าสัดส่วนพื้นที่ของการปกคลุมเรือนยอด Esco คือค่า สัมประสิทธิ์การชดเชยการระเหยของดิน Sol_AWC คือค่า ปริมาณน้ำในดินที่พืชสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ และ Rchrg_Dp คือ ค่าการซึมลึกของน้ำในดิน ซึ่งการเพิ่มค่าพารามิเตอร์ CN2 และ Esco ทำให้น้ำในดินลดลง ส่วนการเพิ่ม Canmx Sol_AWC และ Rchrg_Dp ทำให้น้ำในดินเพิ่มขึ้น

Table 4 Result of sensitivity analysis for soil water content simulation.

Factor	Adjusted	Soil water before adjustment (mm.)	Soil water after adjustment (mm.)	The changed value (mm.)	Percentage change (%)
CN2	35.00	169.00	46.86	122.14	72.27
	50.00	169.00	46.76	122.24	72.33
Canmx	20.00	169.00	50.17	118.83	70.31
	25.00	169.00	50.32	118.68	70.22
Esco	0.10	169.00	88.79	80.21	47.46
	0.50	169.00	88.62	80.38	47.56
Sol_AWC	0.10	169.00	55.92	113.08	66.91
	0.50	169.00	93.43	75.57	44.72
Rchrg_Dp	0.20	169.00	46.86	122.14	72.27
	0.50	169.00	88.79	80.21	47.46

การตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลอง และการปรับมาตรฐานแบบจำลอง SWAT (Model testing and Calibration)

ผลจากการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบจำลองโดยเปรียบเทียบระหว่างปริมาณน้ำในดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดิน (observed data) และจากแบบจำลอง (simulated data) ของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรทั้งที่ไม่เกิดดินถล่มและเกิดดินถล่มมีความสอดคล้องค่อนข้างต่ำ จึงทำการปรับค่าพารามิเตอร์ให้แบบจำลองมีความสมเหตุสมผลได้มากขึ้น โดยกำหนดให้ CN เท่ากับ 60 Esco เท่ากับ 0.2 และ Sol_AWC เท่ากับ 0.4 ซึ่งเป็นการปรับค่าในทุกประเภทการใช้ที่ดิน (land use data) ชนิดดิน (soil data) และความลาดชัน (slope) และได้ทำการปรับมาตรฐานเพิ่มเติมในเฉพาะส่วนของการใช้ที่ดิน และชนิดดิน ในดินสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มทุกระดับความลาดชัน โดยกำหนดให้ CN เท่ากับ 70 Esco เท่ากับ 0.1 และ Sol_AWC เท่ากับ 0.2 (Table 5)

Table 5 Adjustment data of model testing and calibration of soil water content simulation.

Factor	Descriptions	Interval of factor value	Adjusted data (Model)	Adjusted data (FS)
CN2	SCS runoff curve number	35-98	60	70
Esco	Soil evaporation compensation factor	0-1	0.2	0.1
Sol_AWC	Available water capacity of the soil layer	0-1	0.4	0.2

การปรับมาตรฐานแบบจำลองน้ำในดิน (Model calibration) ส่งผลให้ข้อมูลปริมาณน้ำในดินที่ได้จากเครื่องวัดความชื้นในดิน (observed values) และข้อมูลจากแบบจำลองที่ได้ปรับมาตรฐาน (best simulated values) มีค่าความสอดคล้องมากขึ้น โดยค่าความสอดคล้องของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.58 0.48 และ 8.91 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ (Figure 3) ขณะที่ความสอดคล้องของแบบจำลองน้ำในดินของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่มมีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.56 0.33 และ -4.99 ตามลำดับ โดยอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้เช่นเดียวกัน (Figure 4) อย่างไรก็ตามค่าความสอดคล้องมีค่าต่ำมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ค่า NSE ซึ่งโดยทั่วไปเกณฑ์ของ NSE มีดังนี้ (Blöschl *et al.,* 2013)

NSE > 0.75	Good to fair fit
NSE 0.5-0.75	Poor to fair fit
NSE <=0.5	Poor fit

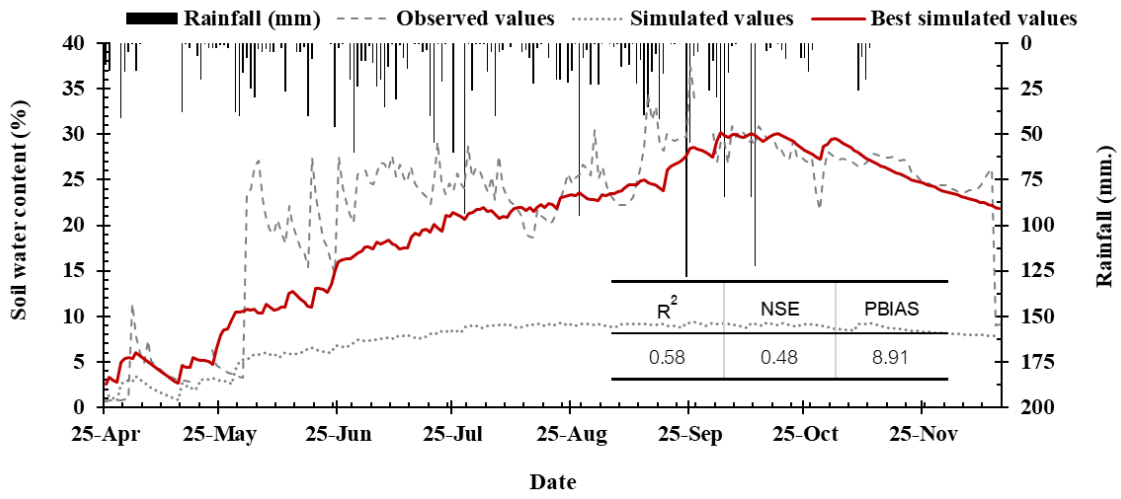


Figure 3 Model testing and calibration of soil water content simulation of mixed fruit tree-based agroforestry.

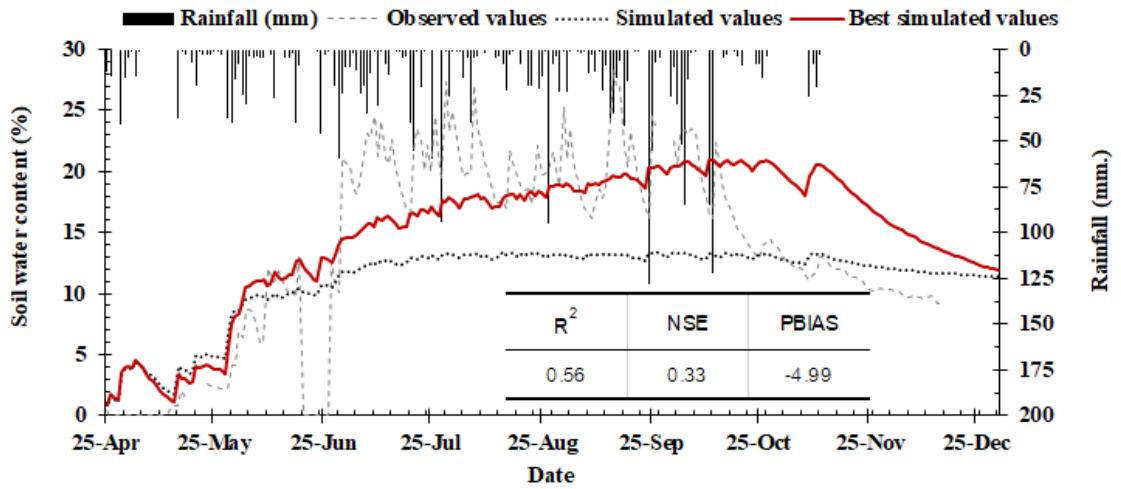


Figure 4 Model testing and calibration of soil water content simulation of landslide-damaged mixed fruit tree-based agroforestry.

การจำลองสถานการณ์ปริมาณน้ำในดิน (soil water content simulation)

การจำลองสถานการณ์ปริมาณน้ำในดินของแต่ละระบบนิเวศตลอดปี 2559 พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่ไม่เกิดดินถล่มมีปริมาณน้ำในดินสูงที่สุด (เฉลี่ย 180.82 มิลลิเมตร) รองลงมาได้แก่ สวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่ไม่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 174.01 มิลลิเมตร) ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 133.18 มิลลิเมตร) และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่เกิดดินถล่ม (เฉลี่ย 129.34 มิลลิเมตร) ทั้งนี้ พฤติกรรมของปริมาณน้ำในดินมีลักษณะคล้ายกัน โดยเมื่อเกิดเหตุการณ์ฝนตก ปริมาณน้ำในดินจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Table 6)

อย่างไรก็ตาม ปริมาณน้ำในดินที่ได้จากการจำลองสถานการณ์ (simulated soil water content) ของแต่ละระบบนิเวศมีความแตกต่างกันชัดเจน เนื่องจากองค์ประกอบและสมบัติดินมีความแปรปรวนภายใต้

สภาพป่าต่างชนิด (Sonkanha *et al.*, 2012) โดยเฉพาะระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่ไม่เกิดดินถล่ม ซึ่งสามารถสะสมน้ำในดินได้มากกว่าระบบนิเวศ และสถานการณ์อื่นๆ เนื่องจากสมบัติดินในระบบนิเวศดังกล่าวสามารถส่งผลต่อศักยภาพในการเก็บกักน้ำได้ โดยจากการวิเคราะห์สมบัติดิน พบว่า ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่ไม่เกิดดินถล่มมีค่าความพรุน องค์ประกอบดิน สัดส่วนที่เป็นอากาศ อินทรียวัตถุ และความจุความชื้นสนามค่อนข้างสูง รวมถึงมีค่าความหนาแน่นรวม และจุดเหี่ยวถาวรต่ำ ดังนั้น ป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่ไม่เกิดดินถล่มมีความสามารถในการเก็บกักน้ำสูงที่สุด (AWC) จึงสามารถเก็บกักน้ำในดินได้สูงที่สุดตลอดทั้งปี 2559 (Figure 5)

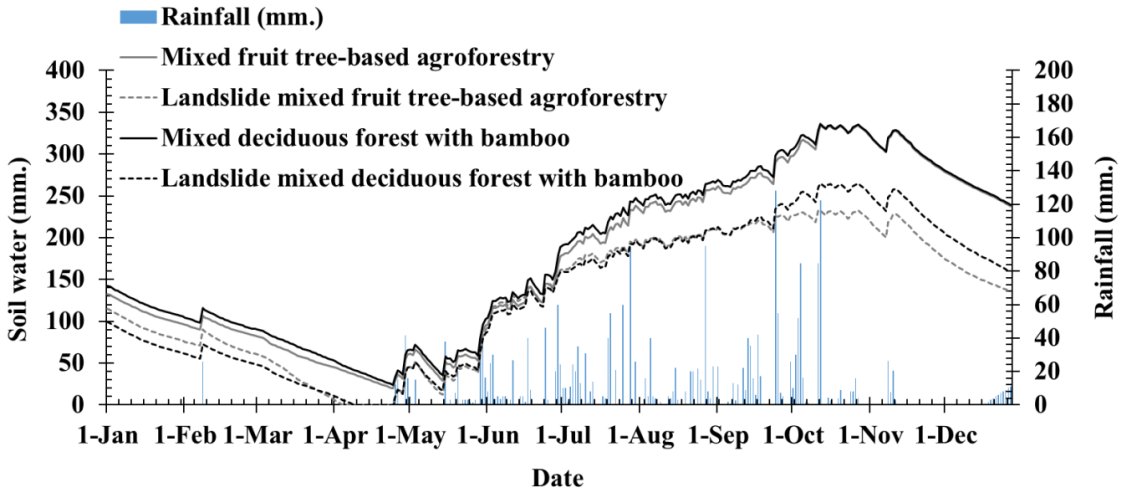


Figure 5 Simulated soil water content of each ecosystem in year 2016.

ปริมาณน้ำในดินของพื้นที่ศึกษาภายในรอบปี 2559 จากการจำลองสถานการณ์แสดงให้เห็นว่าช่วงเดือนเมษายน 2559 มีปริมาณน้ำในดินน้อยมาก (ระหว่าง 5.06-39.13 มิลลิเมตร ดังแสดงใน Table 6) เนื่องจากเกิดภาวะฝนทิ้งช่วงตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคม 2558 จนถึงกลางเดือนเมษายน 2559 (Figure 6) จนกระทั่งเกิดเหตุการณ์ฝนตกในภายหลังและเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจนในเดือนพฤษภาคม หลังจากนั้นมีเหตุการณ์ฝนตกค่อนข้างต่อเนื่องทำให้ปริมาณน้ำในดินเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกเดือน จนกระทั่งปริมาณน้ำในดินมีปริมาณสูงสุดทั่วทั้งพื้นที่ในเดือนตุลาคม (มากกว่า 200 มิลลิเมตร) และมีปริมาณน้ำในดินสูงมากในบริเวณที่เป็นพื้นที่ราบ (พื้นที่รับน้ำ) บริเวณตอนล่างของลุ่มน้ำ จากนั้นเมื่อมีการทิ้งช่วงของฝนในเดือนพฤศจิกายน และไม่มีฝนในเดือนธันวาคม ปริมาณน้ำในดินจึงลดลงตามไปด้วย เนื่องจากการเพิ่มของปริมาณน้ำฝนเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มปริมาณของสมดุลน้ำด้านต่างๆ (Bhatu and Rank, 2017) โดยสัดส่วนปริมาณน้ำในดิน (SW) ของลุ่มน้ำแม่พร่อง-แม่พูล ที่เก็บกักได้จากการตกของฝนประมาณร้อยละ 5.15 ของปริมาณน้ำฝน หรือ 10.91 ล้านลูกบาศก์เมตร โดยมีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (AWC) รวมของทั้งลุ่มน้ำ (87.20 ตารางกิโลเมตร) เท่ากับ 39.55 ล้านลูกบาศก์เมตร

Table 6 Mean of monthly simulated soil water content in ecosystems in 2016.

Month	Soil water content (mm.)				Mean
	Mixed deciduous forest with bamboo		Mixed fruit tree-based agroforestry		
	Non Landslide	Landslide	Non Landslide	Landslide	
January	121.86	78.09	112.49	93.16	105.48
February	101.30	58.88	93.05	73.12	85.61
March	71.48	28.37	61.92	34.13	53.28
April	39.13	6.04	33.90	5.07	24.67
May	61.16	42.28	55.01	39.79	51.49
June	138.21	122.47	128.75	129.46	130.71
July	215.93	174.13	204.75	178.84	197.49
August	250.97	197.89	242.64	199.52	228.49
September	279.60	219.75	271.41	214.79	253.17
October	326.34	256.78	323.26	228.17	292.77
November	307.65	236.09	306.22	205.65	273.45
December	256.20	177.38	254.72	150.40	219.97
Average	**180.82**	**133.18**	**174.01**	**129.34**	

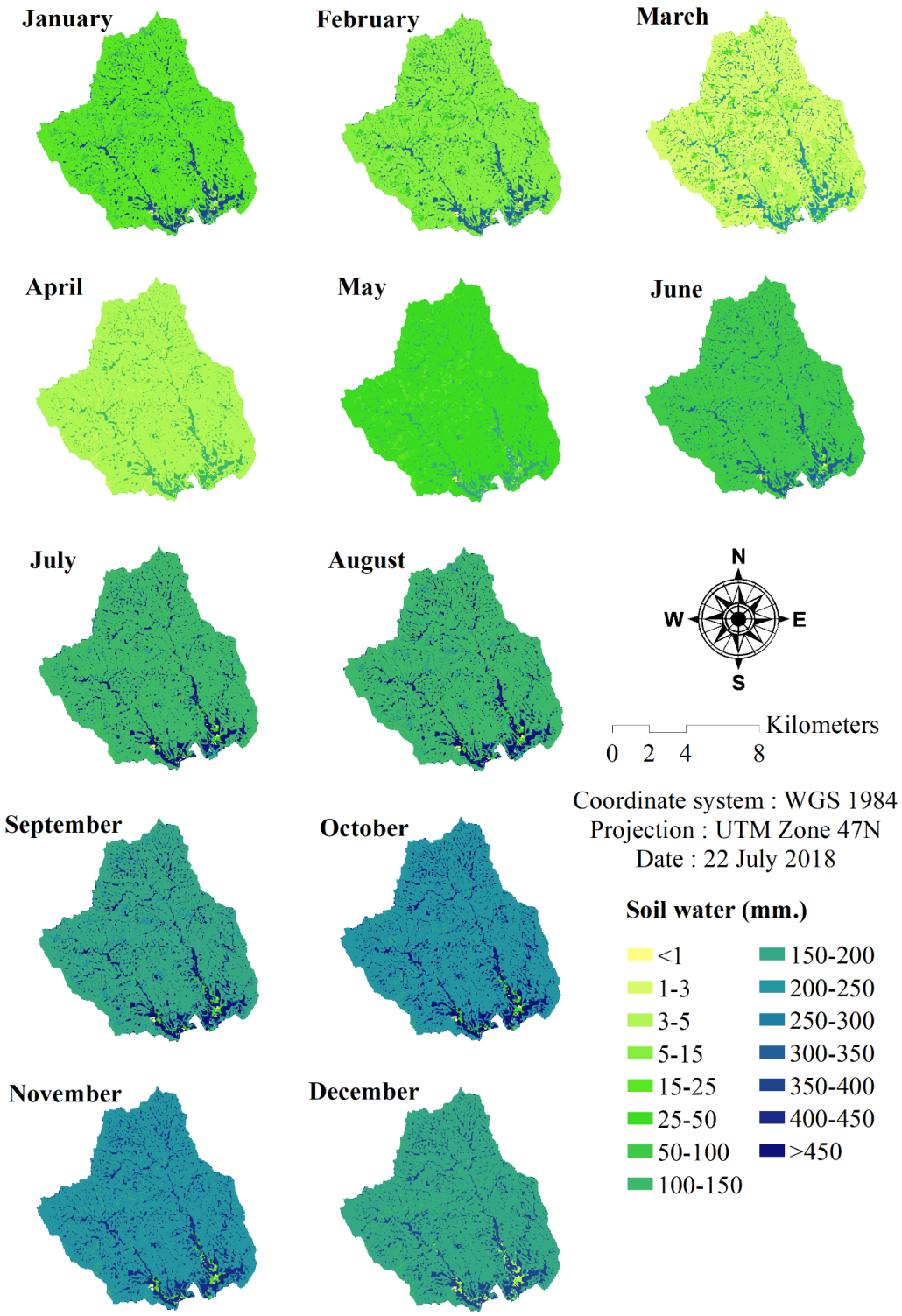


Figure 6 Spatial simulated soil water content of Maeprong-Maepoon watershed in year 2016.

สรุป

การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT ในพื้นที่ดินถล่ม บริเวณลุ่มน้ำแม่พร่อง-แม่พูล โดยการประยุกต์ใช้แบบจำลอง SWAT พบ พารามิเตอร์ที่มีความอ่อนไหวหรือสามารถส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณน้ำในดินในพื้นที่ลุ่มน้ำ ได้แก่ CN2 Canmx Esco Sol_AWC และ Rchrg_Dp โดยใช้พารามิเตอร์ในการปรับมาตรฐานแบบจำลอง CN2 Esco และ Sol_AWC และผลตรวจสอบความสอดคล้องแบบจำลองโดยใช้ข้อมูลน้ำในดินของสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรมีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.58 0.48 และ 8.91 ตามลำดับ และได้ทำการปรับมาตรฐานเพิ่มเติมในเฉพาะส่วนของแบบจำลองน้ำในดินสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรที่มีค่า R^2 NSE และ PBIAS เท่ากับ 0.56 0.33 และ -4.99 ตามลำดับ โดยอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้เช่นเดียวกัน ผลจากการประเมินน้ำในดินจากแบบจำลอง SWAT ในปี 2559 พบว่า สัดส่วนปริมาณน้ำในดิน (SW) ที่เก็บกักได้จากการตกของฝนประมาณร้อยละ 5.15 ของปริมาณน้ำฝน หรือ 10.91 ล้านลูกบาศก์เมตร จากมีความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ (AWC) รวมของทั้งลุ่มน้ำเท่ากับ 39.55 ล้านลูกบาศก์เมตร ทั้งนี้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณผสมไผ่ที่มีปริมาณน้ำในดินสูงที่สุด เนื่องจากมีค่าความพรุน องค์ประกอบดินสัดส่วนที่เป็นอากาศ อินทรียวัตถุ และความจุความชื้นสนามค่อนข้างสูง รวมถึงมีค่าความหนาแน่นรวมและจุดเหี่ยวถาวรต่ำ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการเก็บกักน้ำในดินของระบบนิเวศประเภทเดียวกันระหว่างสถานการณ์ปกติและสถานการที่เกิดดินถล่ม สามารถบ่งชี้ได้ว่าระบบนิเวศที่เคยเกิดดินถล่มมีปริมาณการเก็บกักน้ำในดินได้น้อยกว่า อย่างไรก็ตาม การศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดระบบนิเวศหลักเป็นป่าเบญจพรรณผสมไผ่และสวนไม้ผลผสมแบบวนเกษตรเท่านั้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทเพื่อเพิ่มความละเอียดของข้อมูลและความถูกต้อง รวมถึงแบบจำลองน้ำในดินยังมีลักษณะเฉพาะ เนื่องจากปี 2558 ซึ่งเป็นปีก่อนดำเนินการเก็บข้อมูลมีปริมาณน้ำฝนน้อยกว่าปกติ (El Nino)

REFERENCES

Bhatu, H. and H. Rank. 2017. Estimation the water balance component in Rangmati river basin using SWAT model. **Trans Stellar** 7: 547-554.

Blöschl, G., M. Sivapalan, H. Savenije, T. Wagener, A. Viglione. 2013. Runoff Prediction in Ungauged Basins: Synthesis Across Processes, Places and Scales. Cambridge University Press: Cambridge, UK.

Boonyanuphap, J. and P. Tonglem. 2011. **Land Evaluation and Land Readjustment Guideline for Zoning of Agro-economic and Protected Areas in Steep Mountaionous**. Complete Research Report. Thai Health Promotion Foundation. (in Thai)

Deesaeng, B., C. Ornarsa, P. Witawaschugul. 2010. **Soil Water Holding Capacity of Rayong Watershed**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Department of Mineral Resources. 2011. **Risk map of community landslide**, Uttaradit province. Complete report. Ministry of Natural Resources and Environment. Available source: http://www.dmr.go.th/download/north/Uttaradit_final.pdf, July 15, 2015. (in Thai)

Easton, Z.M. 2016. Soil and Soil Water Relationships. **VCE publication** BSE-194.

Havrylenko, S.B., J.M. Bodoque, R.Srinivasan, G.V.Zucarelli and P.Mercuri. 2016. Assessment of the soil water content in the Pampas region using SWAT. **CATENA** 137: 298-309.

Li M.X., Z.G. Ma and J.W. Du. Regional soil moisture simulation for Shaanxi Province using SWAT model validation and trend analysis. **Sci China Earth Sci** 53: 575–590.

Maepoon Tambon Administration Organization. 2015. **General Information**. Available source: http://www.maephun.org/modules.php?name=Downloads, June 28, 2015. (in Thai)

Moriasi, D.N., J.G. Arnold, M.W. Van Liew, R.L. Bingner, R.D. Harmel and T.L. Veith. 2013. Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. **Transactions of the ASABE** 50 (3): 885-900.

Narasimhan, B. and R. Srinivasan. 2005. Development and evaluation of Soil Moisture Deficit Index (SMDI) and Evapotranspiration Deficit Index (ETDI) for agricultural drought monitoring. **Agricultural and Forest Meteorology** 133: 69-88.

Ratneetoo, B. 2009. Organic fertilizer improves deteriorated soil. **Princess of Naradhiwas University Journal** 1 (2) : 1-16. in Thai)

Sonkanha, W., S. Anusontpornperm, S. Thanachit, I. Kheoruenromne and T. Artchawakom. 2012. Soil characteristics under various types of forest in Sakaerat Environmental Research Station. **Khon Kaen Agriculture Journal** 40 : 7-18. (in Thai)

Suwanlertcharoen, T. 2011. **Application of the SWAT Model to Evaluate Runoff and Suspended Sediment from a Small Watershed: A Case Study of Mae Phun Subwatershed, Laplae District, Uttaradit Province**. M.S. Thesis, Kasetsart Universtiy. (in Thai)

Tealnugutoom, B. 2005. **Soil Science E–learning.** Available source: http://elearning.nsru.ac.th/web_elearning/soil/lesson_4_3.php, June 28, 2015. (in Thai)

Valdivia, C.P., B.C. Menun and D.W McMartin, 2017. Hydrological modeling of the pipestone creek watershed using theSoil Water Assessment Tool (SWAT): Assessing impacts of wet land drainage on hydrology. **Journal of Hydrology: Regional Studies** 14: 109-129.

Wang D., M. Hejazi, X. Cai and A.J. Valocch. 2011. Climate change impact on meteorological, agricultural, and hydrological drought in central Illinois. **Water Resour. Res** 47: W09527.

Witawaschugul, P., S. Panuthai and P. Thitirojanawat. 2011. **The Role of Forest Resources and Flooding Problems–Landslides**. Watershed Conservation and Management Office. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. (in Thai)

Wongmun, A., K. Maosew and J. Boonyanuphap. 2017. Loss value of soil ecosystem services in the upstream regions impacted by Landslide. **Thai Journal of Forestry** 36 (1) : 99-112. (in Thai)

Wongmun, A., K. Maosew and J. Boonyanuphap. 2017. Relationship of soil properties to soil water holding capacity in the upstream regions impacted by landslide. pp. 9-16, *In* **The 2nd Naresuan Conference on Natural Resources, Geoinformation and Environment**, Naresuan University, Phitsanulok. (in Thai)

Wuttichaikitcharoen, P. and C. Sartun. 2013. Runoff estimation in Mae Chaem Basin using SWAT. pp. 1-5. *In* **The 5rd EIT International Conference on Water Resources Engineering**. 5-6 July, 2013. Le Méridien Chiang Rai Resort, Chiang Rai. (in Thai)

นิพนธ์ต้นฉบับ

การส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับท้องถิ่น: กรณีศึกษา อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี

Promoting Forest Resource Conservation at Local Scale: A Case Study of U Thong District, Suphan Buri Province

นภวรรณ ฐานะกาญจน์ พงษ์เขียว[1*] **Noppawan Tanakanjana Phongkhieo[1*]**

ธนกฤต สังข์เฉย[2] **Thanakrit Sangchoey[2]**

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900 Thailand

[2]คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตเพชรบุรี เพชรบุรี 76120

Faculty of Management Science, Silpakorn University, Petchburi Campus, Petchburi 76120 Thailand

[*] Corresponding Author, E-mail: ffornwt@ku.ac.th

รับต้นฉบับ 13 พฤศจิกายน 2561 รับแก้ไข 14 ธันวาคม 2561 รับลงพิมพ์ 19 ธันวาคม 2561

ABSTRACT

The objectives of this research were to study the basic socio-economic characteristics of local people in the communities adjacent to forest areas in U Thong district, Suphan Buri province, to determine factors influencing forest resource conservation intention of the local people and to study on the opinion of community leaders toward forest resource conservation promotion in the study area. Data were collected by using questionnaire and in-depth interview and were analyzed by descriptive statistics, correlation analysis, multiple regression analysis and content analysis. It was found that the local people have potential in forest resource conservation participation. Value toward forest resources and attitudes toward forest resource conservation of the local people were factors influencing their conservation intention. Forest resource conservation in the study area should be promoted through knowledge extension to maintain positive value and attitude toward forest resource conservation among local people in the area. Young people should be the target group for conservation promotion. While threats to forest area at the local scale such as stone explosion concession in national reserved forests, livestock grazing and invasive plant species should be controlled and removed.

Keywords: Forest resource conservation, Local people, U Thong district, Suphan Buri province

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคมของคนในชุมชนท้องถิ่นใกล้พื้นที่ป่าไม้ในอำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี บ่งชี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของคนในชุมชนท้องถิ่น และศึกษาทัศนะของผู้นำชุมชนต่อการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ศึกษา ทำการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามและการสัมภาษณ์เชิงลึก และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ การวิเคราะห์ถดถอยพหุ และการวิเคราะห์เนื้อหาจากการสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่าคนในชุมชนท้องถิ่นมีศักยภาพในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของคนในชุมชนท้องถิ่น คือ การให้คุณค่าต่อทรัพยากรป่าไม้ และทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ การส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่จึงควรทำโดยการเผยแพร่ความรู้เพื่อคงไว้ซึ่งการให้คุณค่าและทัศนคติทางบวกต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของคนท้องถิ่นในพื้นที่ โดยกลุ่มเป้าหมายของการส่งเสริมการอนุรักษ์ คือ คนรุ่นเยาว์ ในขณะเดียวกันควรมีการควบคุมและขจัดปัจจัยคุกคามพื้นที่ป่าในพื้นที่ได้แก่ การให้สัมปทานระเบิดหินในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ การเลี้ยงปศุสัตว์ และการคุกคามของพืชต่างถิ่น

คำสำคัญ: การอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้, คนท้องถิ่น, อำเภออู่ทอง, จังหวัดสุพรรณบุรี

คำนำ

การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ของประเทศนับเป็นปัญหาที่เรื้อรัง ต่อเนื่องมายาวนาน แม้รัฐบาลและหน่วยงานที่รับผิดชอบโดยตรงจะพยายามหลากหลายรูปแบบในการชะลอการลดลงของพื้นที่ป่า ส่งเสริมการปลูกป่าเพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าในทุกพื้นที่ ๆ มีศักยภาพและมีความเป็นไปได้ รวมถึงส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในทุกระดับมาอย่างต่อเนื่องกว่า 2 ทศวรรษ เพื่อให้พื้นที่ป่าและทรัพยากรป่าไม้ของประเทศกลับมาอุดมสมบูรณ์ใกล้เคียงกับในอดีต แต่สถานการณ์ป่าไม้ก็ยังมีความเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก จากข้อมูลสถิติของกรมป่าไม้พบว่าพื้นที่ป่าของประเทศจาก 138,566,875 ไร่ หรือร้อยละ 43.21 ของเนื้อที่ประเทศ ในปี พ.ศ. 2516 ลดลงมาเหลือ 102,156,351 ไร่ หรือร้อยละ 31.58 ของเนื้อที่ประเทศ ในปี พ.ศ. 2560 (Royal Forest Department, 2018) โดยมีอัตราค่อนข้างคงที่ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา มิได้เพิ่มขึ้นตามความพยายามในการเพิ่มพื้นที่ป่า กับเมื่อลงไปศึกษารายละเอียดในระดับท้องถิ่น ยังพบว่าขอบเขตของพื้นที่ป่าไม้ตามกฎหมายในสภาพความเป็นจริงยังถูกบุกรุกทำลายอย่างต่อเนื่อง ทั้งป่าอนุรักษ์หรือพื้นที่คุ้มครอง เช่น อุทยานแห่งชาติ วนอุทยาน จนถึงป่าสงวนแห่งชาติ จึงเชื่อได้ว่าพื้นที่ป่าที่เหลืออยู่จริงในประเทศน่าจะมีปริมาณน้อยกว่าตัวเลขพื้นที่ป่าที่ระบุข้างต้น การส่งเสริมและยกระดับการอนุรักษ์ในระดับท้องถิ่นในทุกพื้นที่จึงมีความจำเป็น และผืนป่าที่ยังคงเหลืออยู่ ไม่ว่าจะมีขนาดเล็กเป็นลักษณะหย่อมป่าก็มีคุณค่า ควรที่จะได้รับการดูแลเอาใจใส่จากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

อำเภออู่ทอง เป็นอำเภอเล็ก ๆ อำเภอหนึ่งของจังหวัดสุพรรณบุรี และเมื่อพูดถึงอู่ทอง คนส่วนใหญ่ก็จะนึกถึงการเป็นต้นกำเนิดอารยธรรมแห่งสุวรรณภูมิ ศูนย์กลางของอาณาจักรทวารวดี และเป็นจุดกำเนิดของพุทธศาสนาในประเทศไทย (Phongkhieo *et al.,* 2018) โดยอำเภออู่ทองมิได้มีชื่อเสียงในด้านการเป็นแหล่งทรัพยากรป่าไม้ที่สำคัญ อย่างไรก็ดี อำเภอเล็กๆ แห่งนี้มีป่าสงวนแห่งชาติตั้งอยู่ถึง 4 ป่า ประกอบด้วยป่าเขาตะโกปิดทองและป่าเขาเพชรน้อย ป่าเขาทุ่งดินดำและป่าเขาตาเก้า ป่าบ้านโข้ง และป่าสระยายโสม กับมีวนอุทยานตั้งอยู่ 1 แห่ง คือ วนอุทยานพุม่วง โดย

ขอบเขตตามกฎหมายของป่าสงวนแห่งชาติทั้งหมดและวนอุทยานพุม่วง มีพื้นที่รวมกันประมาณ 48,143.75 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.99 ของเนื้อที่อำเภอ หากแต่เมื่อมีการศึกษาข้อมูลโดยการแปลภาพถ่ายดาวเทียมกลับพบว่าพื้นที่ป่าที่มีอยู่จริงมีเพียงประมาณ 24,556.25 ไร่ หรือประมาณร้อยละ 6.11 ของเนื้อที่อำเภอ (Phongkhieo and Nunsong, 2016)โดยส่วนที่หายไปมีทั้งพื้นที่สัมปทานการระเบิดหิน และการบุกรุกพื้นที่เพื่อการเกษตรของราษฎรในท้องถิ่น และกิจกรรมอื่นๆ โดยภาพรวมสถานการณ์ป่าไม้ในอำเภออู่ทองจึงค่อนข้างวิกฤต และจำเป็นต้องดำเนินความพยายามทุกรูปแบบที่จะยกระดับการอนุรักษ์พื้นที่ป่าและทรัพยากรป่าไม้ที่เหลืออยู่ไว้ให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการความร่วมมือระหว่างคณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และองค์การบริหารการพัฒนาพื้นที่พิเศษเพื่อการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืน (อพท.) ที่มีเป้าหมายหลักเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนพื้นที่สวนหินธรรมชาติพุหางนาค ที่ตั้งอยู่ในเขตวนอุทยานพุม่วง และป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาตะโกปิดทอง-ป่าเขาเพชรน้อย และพื้นที่เชื่อมโยง ในเขตอำเภออู่ทอง ซึ่งดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2558 จนถึง พ.ศ. 2561 โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา ศึกษาลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคมของคนในชุมชนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ป่าในอำเภออู่ทอง ศักยภาพการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของคนในชุมชนท้องถิ่น และทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และศึกษาทัศนะของผู้นำชุมชนเกี่ยวกับสถานการณ์ป่าไม้ ปัจจัยคุกคามการคงอยู่ของพื้นที่ป่าและแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่อำเภออู่ทอง เพื่อใช้เป็นแหล่งนันทนาการและการศึกษาเรียนรู้ธรรมชาติของคนในท้องถิ่นและผู้มาเยือน ตลอดจนเป็นพื้นที่ที่เกื้อหนุนวิถีชีวิตของคนในชุมชนท้องถิ่นในระดับที่ธรรมชาติยังคงสามารถรักษาสมดุลในตัวเองเอาไว้ได้ในระยะยาว

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้กำหนด*ขอบเขตเชิงพื้นที่*เป็นชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่ป่าในอำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ประกอบด้วยหมู่บ้านต่าง ๆ จำนวน 10 หมู่บ้าน ใน 3 ตำบล คือ หมู่ที่ 1 บ้านนาลาว หมู่ที่ 5 บ้านเขาพระ หมู่ที่ 9 บ้านศรีสรรเพชร และหมู่ที่ 10 บ้านดงเย็น ตำบลอู่ทอง หมู่ที่ 1 บ้านหนองบัว หมู่ที่ 5 บ้านจรเข้สามพัน หมู่ที่ 14 บ้านเนินสมบัติ และหมู่ที่ 15 บ้านวังขอน ตำบลจรเข้สามพัน และ หมู่ที่ 5 บ้านห้วยหิน หมู่ที่ 13 บ้านพวน ตำบลหนองโอ่ง ซึ่งหมู่บ้านทั้งหมดมีที่ตั้งปรากฏตาม Figure 1 โดยมี*ขอบเขตในเชิงประชากร*เป็นราษฎรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านทั้ง 10 หมู่บ้านดังกล่าว ข้างต้นทุกครัวเรือน และผู้นำชุมชนทุกหมู่บ้าน

สำหรับ*ขอบเขตในเชิงของแนวคิด*ในการวิจัยในส่วนของปัจจัยที่มีศักยภาพ หรือปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของราษฎรในชุมชนท้องถิ่น ซึ่งงานวิจัยนี้วัดในลักษณะของความตั้งใจในการกระทำพฤติกรรม (behavior intention) หรือ ความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ผู้วิจัยประยุกต์ มาจากทฤษฎีเหตุผลแห่งการกระทำ (The Theory of Reasoned Action) (Fishbein and Ajzen, 1975; Ajzen and Fishbein, 1980) ซึ่งให้ความสำคัญกับอิทธิพลของทัศนคติ และความเชื่อ ต่อความตั้งใจในการกระทำพฤติกรรมของปัจเจกบุคคล ผสมผสานกับข้อค้นพบจากงานวิจัยของ Phongkhieo and Sangchoey (2017) ที่ทำการวิเคราะห์อภิมาน (Meta-analysis) พฤติกรรมการอนุรักษ์ของผู้ใช้ประโยชน์พื้นที่คุ้มครองในประเทศไทย จากงานวิจัยภายในประเทศในระหว่างปี พ.ศ. 2540-2558 จำนวน 118 เรื่อง ที่พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ของผู้ใช้ประโยชน์พื้นที่คุ้มครองประกอบด้วย 4 กลุ่มปัจจัย คือ ปัจจัยด้านสังคมประชากร ด้านเศรษฐกิจ ด้านการรู้คิด และด้านสถานการณ์

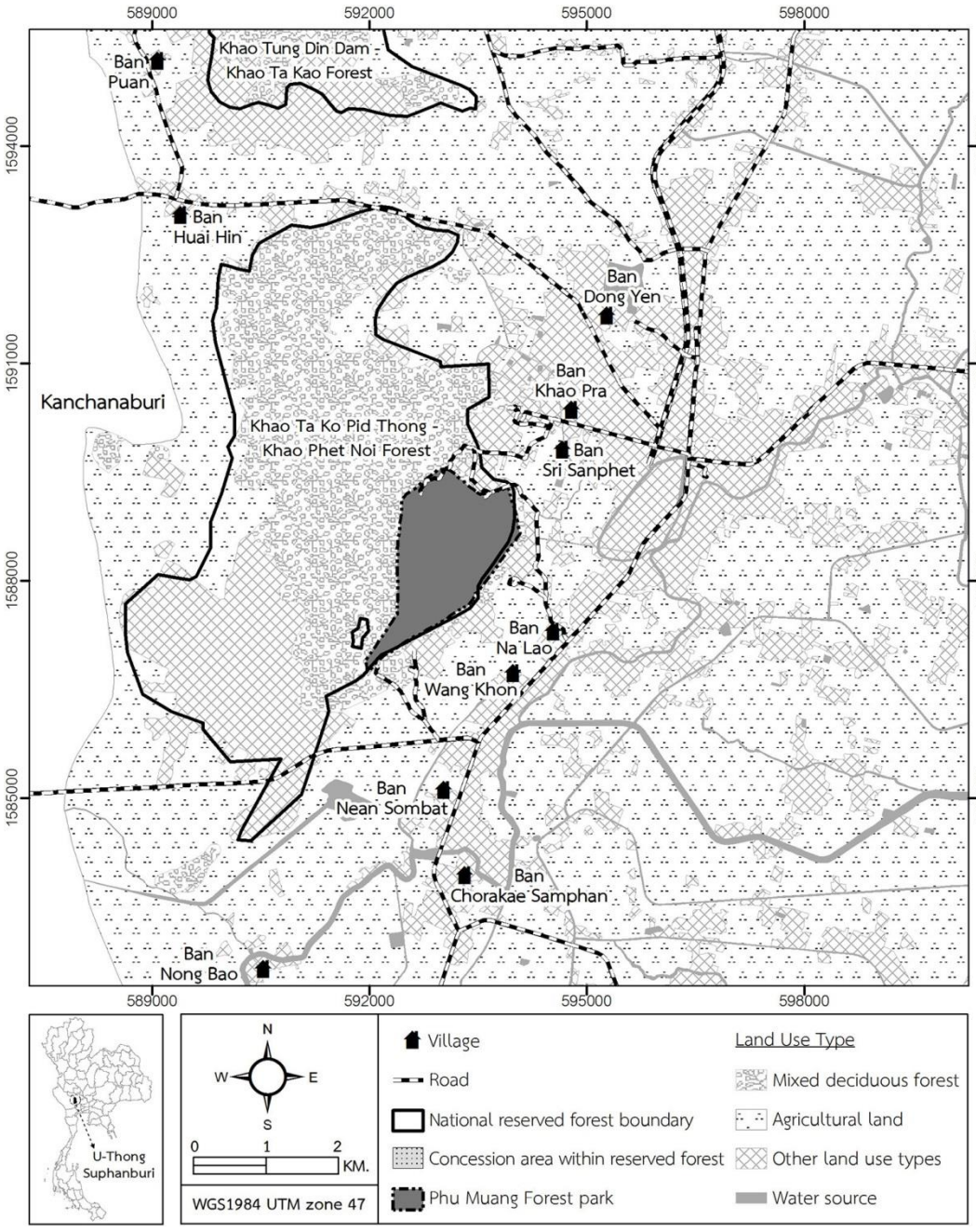


Figure 1 Location of the villages adjacent to reserved forests in U Thong district, Suphan Buri province

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยแบบผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ อุปกรณ์หลักในการวิจัย คือ แบบสอบถามข้อมูลลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคม การมีส่วนร่วมของคนชุมชนท้องถิ่นในการอนุรักษ์และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง สำหรับใช้ในการเก็บข้อมูลในระดับครัวเรือนจากราษฎรที่อาศัยอยู่ในชุมชนที่ตั้งอยู่ใกล้พื้นที่ป่าจำนวน 10 หมู่บ้าน

และแบบสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาค

การสุ่มตัวอย่างประชากร

ประชากรหลักในการวิจัยครั้งนี้คือ ราษฎรที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านจำนวน 10 หมู่บ้านในตำบลอู่ทอง ตำบลจรเข้สามพัน และตำบลหนองโอ่ง อำเภออู่ทอง จังหวัดสุพรรณบุรี ที่มีจำนวนครัวเรือนรวมกันทั้งสิ้น 4,023 ครัวเรือน (U Thong Tambon Administration Office, 2018; Jorakhesamphan Tambon Administration Office, 2018; and Nongong Tambon Administration Office, 2018) โดยงานวิจัยนี้ใช้ครัวเรือนเป็นหน่วยในการวิเคราะห์ (unit of analysis) ทำการสุ่มตัวอย่างจำนวนครัวเรือนในการเก็บข้อมูลโดยใช้สูตรกำหนดขนาดตัวอย่างของ Cochran (1977) กำหนดค่าความเชื่อมั่นที่ระดับ 0.05 ได้ขนาดตัวอย่างรวม 337 ครัวเรือน จากนั้นทำการกระจายตัวอย่างเป็นสัดส่วนกับจำนวนครัวเรือนประชากรในแต่ละหมู่บ้าน ได้ขนาดตัวอย่างสำหรับบ้านนาลาว 43 ครัวเรือน บ้านเขาพระ 38 ครัวเรือน บ้านศรีสรรเพชร 50 ครัวเรือน บ้านดงเย็น 29 ครัวเรือน บ้านหนองบัว 27 ครัวเรือน บ้านจรเข้สามพัน 73 ครัวเรือน บ้านเนินสมบัติ 13 ครัวเรือน บ้านวังขอน 25 ครัวเรือน บ้านห้วยหิน 16 ครัวเรือน และ บ้านพวน 23 ครัวเรือน ในส่วนของประชากรกลุ่มผู้นำชุมชน ทำการเก็บข้อมูลจากผู้นำชุมชนตำแหน่งผู้ใหญ่บ้าน หรือผู้ช่วยผู้ใหญ่บ้านที่ได้รับมอบหมายในทุกหมู่บ้าน รวม 10 หมู่บ้าน และผู้นำอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาค จำนวน 5 คน

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือหลักที่ใช้ในการเก็บข้อมูลจากราษฎรในชุมชน คือ แบบสอบถาม ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นบนพื้นฐานของแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ได้จากการตรวจเอกสาร ประกอบด้วยข้อมูล 4 ตอน คือ ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับครัวเรือนและลักษณะทางประชากร ตอนที่ 2 ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ตอนที่ 3 การใช้ที่ดินและทรัพยากรป่าไม้ และตอนที่ 4 การให้คุณค่าต่อทรัพยากรป่าไม้ ทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ การตรวจสอบความเป็นปรนัย (objectivity) และความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาและเชิงโครงสร้าง (content and construct validity) ของเครื่องมือทำโดยผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ซึ่งผลการตรวจสอบได้ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อความกับวัตถุประสงค์ของการวัด (Index-objective Congruence : IOC) 0.85 ผ่านเกณฑ์ที่ยอมรับได้ (Rovinelli and Hambleton, 1977) จากนั้นนำแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทำการทดสอบกับราษฎรในหมู่บ้านในตำบลสระยายโสม ซึ่งเป็นตำบลข้างเคียงกับพื้นที่ศึกษา จำนวน 30 ตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยวัดความสอดคล้องภายในด้วยค่า Cronbach's Alpha ใช้เกณฑ์ค่าความเชื่อมั่นที่ยอมรับได้ที่ 0.7 (Nunnally and Bernstein, 1994) ผลการทดสอบได้ค่าความเชื่อมั่นของสเกลวัดทัศนคติที่ 0.764 ในส่วนของแบบสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครสวนหินพุหางนาค เป็นลักษณะของคำถามปลายเปิดเกี่ยวกับสถานการณ์ด้านป่าไม้ในพื้นที่ ปัจจัยคุกคาม และแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์ จึงไม่จำเป็นต้องตรวจสอบคุณภาพเหมือนเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลเชิงปริมาณ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลในระดับครัวเรือนใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ (systematic sampling) ตามที่ตั้งของบ้านเรือนประชากร (เลขที่บ้าน) ในแต่ละหมู่บ้าน ใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บข้อมูลจากตัวแทนครัวเรือนที่อาศัยอยู่ในแต่ละหมู่บ้าน โดยสอบถามความสมัครใจเบื้องต้นในการให้ข้อมูลและวิธีการตอบแบบสอบถามของราษฎรว่าประสงค์จะอ่านคำถามและเขียนตอบด้วยตนเอง หรือให้ผู้ช่วยวิจัยสัมภาษณ์ข้อมูลตามแบบสอบถาม ในส่วนของการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาค ผู้วิจัยทำการนัดหมายเวลาล่วงหน้าและเดินทางไปพบเพื่อสัมภาษณ์ตามกำหนดเวลาและสถานที่นัดหมาย

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา (descriptive statistics) ในการอธิบายลักษณะของกลุ่มตัวอย่างตามตัวแปรทุกตัวที่กำหนดไว้ในแบบสอบถาม ใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (correlation analysis) และการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (multiple regression analysis) ในการทดสอบปัจจัยที่มีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ และใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (content analysis) สรุปข้อมูลที่ได้จากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาคในเชิงพรรณนา

ผลและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคม

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีสถานภาพเป็นหัวหน้าครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 43.03 รองลงมาคือ คู่สมรส คิดเป็นร้อยละ 27.86 เป็นเพศหญิงร้อยละ 58.61 เพศชายร้อยละ 41.39 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 41-50 ปี คิดเป็นร้อยละ 22.55 รองลงมาเป็นช่วงอายุ 51-60 ปี ร้อยละ 22.26 โดยอายุเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 47.50 ปี (SD. = 15.21) ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนปลาย คิดเป็นร้อยละ 33.33 รองลงมาจบการศึกษาระดับประถมศึกษาตอนต้น คิดเป็นร้อยละ 26.91 กลุ่มตัวอย่างทุกคนนับถือศาสนาพุทธ ส่วนใหญ่มีขนาดครัวเรือน 3-4 คน คิดเป็นร้อยละ 38.62 รองลงมา 5-6 คน คิดเป็นร้อยละ 32.04 โดยมีขนาดครัวเรือนเฉลี่ย 4.73 หรือประมาณ 5 คน (SD. = 2.12) ร้อยละ 78.21 ของกลุ่มตัวอย่างเป็นราษฎรดั้งเดิมที่เกิดในตำบลเดียวกับที่อยู่ปัจจุบัน อีกร้อยละ 21.79 ย้ายถิ่นฐานมาจากพื้นที่อื่นในจังหวัดสุพรรณบุรีและจังหวัดอื่นในภาคกลาง โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 95.51 ไม่ต้องการย้ายถิ่นฐานในอนาคต

ในส่วนของการประกอบอาชีพ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอาชีพหลัก คือ รับจ้างทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 32.92 รองลงมา คือ เกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 29.54 โดยกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 76.21 ทำงานในอาชีพหลักทั้ง 12 เดือน รองลงมาร้อยละ 19.35 ทำงานในอาชีพหลักเพียง 2-6 เดือน โดยมีจำนวนเดือนของการทำงานในอาชีพหลักเฉลี่ย 10.35 เดือน (SD. = 3.13) และส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 70.92 ไม่มีอาชีพรอง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีรายได้รวมของครัวเรือนต่อปี 100,001-200,000 บาท คิดเป็นร้อยละ 28.12 รองลงมาร้อยละ 26.34 มีรายรวมต่อปี 50,001-100,000 บาท โดยมีรายได้เฉลี่ย 279,110.00 บาท (SD. = 952,270.00) ซึ่งแสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างมีทั้งผู้ที่มีรายได้สูงและรายได้ต่ำ ที่แตกต่างกันค่อนข้างมาก โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 50.47 มีรายได้พอใช้จ่ายในครัวเรือนแต่ไม่มีเงินออม รองลงมาร้อยละ 33.12 พอใช้และมีเงินออม ส่วนที่เหลือร้อยละ 16.41 ไม่พอใช้และต้องกู้ยืม

กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 84.69 มีที่ดินในกรรมสิทธิ์ โดยส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 34.38 ถือครองที่ดินน้อยกว่า 1 ไร่ รองลงมาร้อยละ 24.21 ถือครองที่ดิน 4.1-10.0 ไร่ โดยขนาดการถือครองที่ดินเฉลี่ยอยู่ที่ 12.46 ไร่ (SD. = 37.12) ซึ่งจะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันในขนาดที่ดินที่ถือครองของกลุ่มตัวอย่างค่อนข้างมาก เช่นเดียวกับความแตกต่างด้านรายได้ สำหรับระยะห่างจากที่ดินที่ถือครองกับพื้นที่ป่า พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ คิดเป็นร้อยละ 35.96 มีระยะห่าง 1.10-3.00 กิโลเมตร รองลงมาร้อยละ 28.51 มีระยะห่างเพียง 0.10-1.00 กิโลเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยของระยะห่าง 3.43 กิโลเมตร (SD. = 3.28) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ในเชิงพื้นที่ๆ ค่อนข้างใกล้ชิดระหว่างชุมชนกับทรัพยากรป่าไม้

โดยภาพรวมของลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคม พบว่าคนในชุมชนท้องถิ่นส่วนใหญ่เป็นคนดั้งเดิมในพื้นที่ที่ไม่มีความต้องการย้ายไปตั้งถิ่นฐานในถิ่นอื่น ระดับการศึกษาส่วนใหญ่ไม่สูงนัก แต่ไม่มีปัญหาพื้นฐานทางเศรษฐกิจ ส่วนใหญ่มีรายได้เพียงพอในการดำรงชีพ และมีที่ดินในกรรมสิทธิ์เป็นของตนเอง ซึ่งน่าจะเป็นผลดีต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ เนื่องจากความกดดันที่มีต่อการใช้ทรัพยากรน่าจะมีไม่มากนัก

และความเป็นคนท้องถิ่นเดิมก็น่าที่จะส่งผลต่อความรักหวงแหนทรัพยากรในพื้นที่

การใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ การให้คุณค่าและทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้

งานวิจัยนี้ศึกษาการใช้ประโยชน์ทางตรงจากพื้นที่ป่าของราษฎรในชุมชนท้องถิ่นใน 8 รูปแบบ ประกอบด้วย 1. การใช้พืชป่า 2. การใช้สัตว์ป่า 3. การใช้ไม้ทำฟืน 4. การใช้ไม้เผาถ่าน 5. การใช้ไม้สร้างหรือซ่อมแซมบ้านเรือน 6. การใช้ไม้ทำเฟอร์นิเจอร์ 7. การใช้ไม้ทำคอกสัตว์ และ 8. การใช้ไม้ทำเครื่องจักสาน พบว่าการใช้ประโยชน์ใน 7 ประเภท (ประเภทที่ 2-8) อยู่ในระดับต่ำ กลุ่มตัวอย่างเฉลี่ยร้อยละ 84.00 ไม่มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ทางตรง ยกเว้นการใช้พืชป่าที่กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 85.21 มีการใช้ประโยชน์ ร้อยละ 14.79 ไม่มีการใช้ประโยชน์ โดยค่าเฉลี่ยภาพรวมการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ทางตรงของกลุ่มตัวอย่างอยู่ที่ 1.23 ประเภท (SD. = 0.91) จากค่าสูงสุดที่ 8.00 และเมื่อสอบถามถึงภาพรวมของการได้รับประโยชน์จากพื้นที่ป่าและทรัพยากรป่าไม้ซึ่งรวมทั้งประโยชน์ทางตรงและประโยชน์ทางอ้อมอื่นๆ ได้แก่ การเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร แหล่งท่องเที่ยวและศึกษาเรียนรู้ แหล่งดูดซับมลภาวะทางอากาศจากการระเบิดหินที่ได้รับสัมปทานในพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติ ที่ตั้งอยู่ใกล้เคียงกับชุมชนและอื่นๆ พบว่ากลุ่มตัวอย่างร้อยละ 94.00 ตอบว่าได้รับประโยชน์ มีเพียงร้อยละ 6.00 ที่ตอบว่าไม่ได้รับประโยชน์จากพื้นที่ป่าและทรัพยากรป่าไม้ โดยเมื่อถูกถามถึงการให้คุณค่า / ให้ความสำคัญกับทรัพยากรป่าไม้ที่เหลืออยู่ในพื้นที่อำเภออู่ทอง กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่คิดเป็นร้อยละ 75.22 ให้คุณค่า / ให้ความสำคัญในระดับมากที่สุด รองลงมาร้อยละ 16.42 ให้คุณค่า / ให้ความสำคัญในระดับมาก โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.69 (SD. = 0.59) จากคะแนนสูงสุดที่ 5.00 ในส่วนของทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ซึ่งวัดในลักษณะมาตรวัดประเมินค่า 5 ระดับ ด้วยจำนวนข้อคำถาม 15 ข้อ พบว่ากลุ่มตัวอย่างมีทัศนคติเชิงบวกต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับสูง โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.35 (SD. = 0.44) โดยประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยสูงสุด คือ ป่าไม้ในอำเภออู่ทองในอดีตสมบูรณ์กว่าในปัจจุบันมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.61 (SD. = 0.67) รองลงมาคือ มีป่าไม้มาก มีน้ำมาก มีป่าไม้น้อย มีน้ำน้อย ด้วยค่าเฉลี่ย 4.56 (SD. = 0.82) ส่วนประเด็นที่กลุ่มตัวอย่างเห็นด้วยน้อยที่สุด คือ การปล่อยสัตว์เลี้ยงให้เข้าไปหากินในป่าไม่สร้างผลกระทบกับพื้นที่ป่า ด้วยค่าเฉลี่ย 3.39 (SD.= 1.25)

โดยภาพรวม ผลการศึกษาในส่วนของการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ การให้คุณค่า และทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของคนในชุมชนท้องถิ่นมีความสอดคล้องกับข้อสังเกตในส่วนของลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจสังคมที่ผู้วิจัยได้กล่าวไว้ข้างต้น

การมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

จากที่กล่าวมาแล้วว่ากลุ่มตัวอย่างประชากรในการศึกษาครั้งนี้เป็นผู้ที่อาศัยอยู่ใกล้พื้นที่ป่า โดยมีระยะทางจากพื้นที่อยู่อาศัยถึงพื้นที่ป่าเฉลี่ยเพียง 3.43 กิโลเมตร ซึ่งถือว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ค่อนข้างใกล้ชิดกับพื้นที่ป่าดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น อย่างไรก็ดี พบว่ากลุ่มตัวอย่างเพียงร้อยละ 42.34 มีความตั้งใจที่จะมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ โดยกลุ่มที่ตอบว่ามีความตั้งใจจะมีส่วนร่วม/ให้ความร่วมมือในการอนุรักษ์มีระดับความตั้งใจในระดับสูง ด้วยค่าเฉลี่ย 4.42 (SD. = 0.62) จากคะแนนสูงสุด 5.00

ในการทดสอบปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ของคนในชุมชนท้องถิ่นในอำเภออู่ทองในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้ปัจจัยที่เป็นลักษณะพื้นฐานทางสังคมประชากร 3 ปัจจัย คือ อายุ ระดับการศึกษา และระยะเวลาในการตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ ปัจจัยทางเศรษฐกิจ 1 ปัจจัย คือ รายได้ ปัจจัยเชิงสถานการณ์ด้านความสัมพันธ์ระหว่างชุมชนกับทรัพยากรป่าไม้ 3 ปัจจัย คือ ระยะห่างจากที่ตั้งบ้านเรือนกับพื้นที่ป่า การได้รับประโยชน์จากป่า และการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ในปัจจุบัน กับปัจจัยด้านการรู้คิด 2 ปัจจัย คือ การให้คุณค่ากับทรัพยากรป่าไม้

และทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ จำนวนรวมทั้งสิ้น 9 ปัจจัย ทำการศึกษาความสัมพันธ์ในเบื้องต้นของทั้ง 9 ปัจจัยกับตัวแปรความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ โดยวิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ผลการทดสอบความสัมพันธ์พบว่ามีเพียง 4 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความตั้งใจในการร่วมอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในอนาคต ประกอบด้วย 1) *อายุ* ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ -0.176 (r = -0.176; p <0.05) ผู้ที่มีอายุมากขึ้นจะมีความตั้งใจในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์น้อยลง 2) *ระดับการศึกษา* ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.178 (r = 0.178; p <0.05) ผู้ที่มีการศึกษามากขึ้นจะมีความตั้งใจในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากขึ้น 3) *การให้คุณค่ากับทรัพยากรป่าไม้* ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0 .215 (r = 0.215; p <0.01) ผู้ที่มีการให้คุณค่ากับทรัพยากรป่าไม้มากขึ้นจะมีความตั้งใจในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากขึ้น และ 4) *ทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้* ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ 0.392 (r = 0.392; p <0.01) ผู้ที่มีทัศนคติทางบวกต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้มาก หรือมีทัศนคติทางบวกในระดับที่สูงขึ้น จะมีความตั้งใจในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์มากขึ้น ดังรายละเอียดปรากฏตาม Table 1

Table 1 Correlation coefficients between conservation intention and associated factors.

Factor / Variable	Correlation coefficient (r) with conservation intention
Age	-0.176*
Educational level	0.178*
Value toward forest resources	0.215**
Attitude toward forest resource conservation	0.392**

Remarks: * $p < 0.05$; ** $p<0.01$

อย่างไรก็ดี เมื่อทำการทดสอบอิทธิพลของปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ทั้ง 4 ปัจจัย ด้วยการวิเคราะห์ถดถอยพหุ วิธีการ Enter พบว่าตัวแปรอิสระทุกตัวรวมกันส่งอิทธิพลร่วมต่อความตั้งใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F = 7.200; $p < 0.01$) โดยก่อให้เกิดการแปรผันในความตั้งใจในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ประมาณร้อยละ 20.8 (R^2 = 0.208) แต่มีเพียง 2 ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจในการอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) เรียงตามน้ำหนักอิทธิพลจากมากไปหาน้อย คือ ทัศนคติต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานที่ 0.412 (beta = 0.412; $p < 0.01$) ราษฎรที่มีทัศนคติทางบวกต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้มาก จะมีความตั้งใจที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้มาก และ การให้คุณค่าต่อทรัพยากรป่าไม้ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยมาตรฐานที่ 0 .123 (beta=0.123; $p<0.05$) ราษฎรที่มีการให้คุณค่าต่อทรัพยากรป่าไม้มาก จะมีความตั้งใจที่จะมีส่วนร่วมในกิจกรรมการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้มาก ซึ่งผลการทดสอบที่ได้มีความสอดคล้องกับทฤษฎีเหตุผลแห่งการกระทำของ Fishbein and Ajzen (1975) และ Ajzen and Fishbein (1980) ที่ยืนยันอิทธิพลของทัศนคติต่อพฤติกรรมผ่านทางความตั้งใจในการกระทำพฤติกรรม ข้อสรุปของ Mohr and Smith (1999) เกี่ยวกับการผลักดันให้เกิดพฤติกรรมการอนุรักษ์ในระดับชุมชนโดยการเสริมสร้างทัศนคติทางบวกที่มีต่อการอนุรักษ์ และสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์อภิมานงานวิจัยพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์จำนวน 118 เรื่อง ของ Phongkhieo and Sangchoey (2017) ที่พบว่าตัวแปรด้านการรู้คิด ได้แก่ ทัศนคติ และการให้คุณค่าทรัพยากรป่าไม้ เป็นตัวแปรที่มีขนาดอิทธิพล (effect size) ต่อพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ในระดับสูงกว่าตัวแปรกลุ่มอื่น ๆ

Table 2 Results from multiple regression analysis testing the influences of socio-demographic and cognitive factors on conservation intention.

Factor / Variable	Beta	t	*p*
Age	-0.107	-1.025	0.307
Educational level	0.109	1.050	0.296
Value toward forest resources	0.123	2.238	0.026
Attitude toward forest resource conservation	0.412	4.717	0.000

Remarks: F=7.200; $p<0.01$; MultipleR=0.456; $R^2=0.208$

ทัศนะของผู้นำชุมชนและอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาคต่อสถานการณ์ป่าไม้ ปัจจัยคุกคามพื้นที่ป่าและแนวทางในการส่งเสริมการอนุรักษ์

จากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนจำนวน 10 คน และ ผู้นำอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาคที่ตั้งอยู่ในเขตวนอุทยานพุม่วงและป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาตะโกปิดทอง และป่าเขาเพชรน้อย อีกจำนวน 5 คน พบว่าส่วนใหญ่ให้ทัศนะที่ตรงกันว่า พื้นที่ป่าไม้ในเขตอำเภออู่ทองลดลงกว่าในอดีต และพื้นที่ป่าที่เหลืออยู่ก็มีปัจจัยคุกคามหลากหลายรูปแบบ ที่สำคัญคือ การเปิดให้สัมปทานระเบิดหิน การนำวัวเข้าไปปล่อยให้หากินในพื้นที่ป่าของราษฎรบางกลุ่ม ปัญหาไฟป่าในฤดูแล้ง และปัญหาการคุกคามของพืชต่างถิ่น ได้แก่ ผกากรอง (*Lantana camara* Linn.) สบู่แดง (*Jatropha gossypifolia* L.) และ ไมยราบต้น (*Mimosa pigra* L.) ซึ่งแนวทางในการอนุรักษ์ผืนป่าและทรัพยากรป่าไม้ตามทัศนะของผู้นำชุมชนและอาสาสมัครอนุรักษ์สวนหินพุหางนาค ประกอบด้วย 1) ไม่อนุญาตให้มีการสัมปทานระเบิดหินแปลงใหม่ในป่าสงวนแห่งชาติในเขตอำเภออู่ทอง 2) ส่งเสริมการจัดตั้งป่าชุมชนเพิ่มขึ้นจากเดิมที่มีเพียงป่าชุมชนบ้านศรีสรรเพชร 3) กำหนดเขตพื้นที่ที่อนุญาตให้เลี้ยงปศุสัตว์ชัดเจน และประสานขอความร่วมมือเกษตรกรผู้เลี้ยงวัวไม่ให้ปล่อยสัตว์เลี้ยงของตนเองเข้าไปหากินในพื้นที่ป่าส่วนอื่นนอกเหนือจากพื้นที่ที่กำหนด 4) ส่งเสริมการปลูกไม้พื้นถิ่นเสริมในพื้นที่ป่าอย่างต่อเนื่องตลอดจนจัดกิจกรรมการปลูกป่าในโอกาสที่มีกลุ่มบุคคลต่างๆ เข้ามาเยือนพื้นที่เพื่อกระตุ้นการมีส่วนร่วมของภาคส่วนต่างๆ ในการอนุรักษ์และฟื้นฟูป่าไม้ 5) จัดทำแนวกันไฟและส่งเสริมการจัดตั้งหน่วยอาสาสมัครป้องกันรักษาป่าขึ้นในทุกชุมชนที่ตั้งอยู่ติดพื้นที่ป่า และ 6) กำจัดพืชต่างถิ่นที่คุกคามระบบนิเวศออกไปจากพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลการศึกษาส่วนนี้สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Phongkhieo and Nunsong (2016) และ Phongkhieo *et al.,* (2018)

สรุป

โดยภาพรวม จากการศึกษาข้อมูลทั้งในระดับครัวเรือน โดยการสอบถามผู้แทนครัวเรือน และข้อมูลระดับชุมชน โดยการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนและอาสาสมัครที่เป็นแกนนำในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่อำเภออู่ทองพบว่าการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ในปัจจุบันยังจำเป็นต้องได้รับการส่งเสริม ยกระดับให้มีความเข้มข้นขึ้น โดยชุมชนท้องถิ่นมีลักษณะพื้นฐานทางเศรษฐกิจและสังคมที่มีศักยภาพที่จะพัฒนาการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ให้มากขึ้นได้ เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นประชากรดั้งเดิม ไม่มีปัญหาพื้นฐานทางเศรษฐกิจ มีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรป่าไม้ทางตรงในระดับต่ำ แม้ระดับการศึกษาของกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่จะไม่สูงนัก แต่ยังมองเห็นคุณค่าความสำคัญของทรัพยากรป่าไม้และมีทัศนคติทางบวกในระดับที่ค่อนข้างสูงต่อการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ ซึ่งผลการทดสอบปัจจัยพื้นฐานดังกล่าวก็พบว่าปัจจัยด้านการให้คุณค่าและทัศนคติมีอิทธิพลอย่างมากต่อความตั้งใจที่จะมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ของราษฎร หน่วยงานที่เกี่ยวข้องทุกภาคส่วนจึงควรให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างทัศนคติเชิงบวกดังกล่าวให้เกิดขึ้นในหมู่ราษฎรในชุมชนอย่างต่อเนื่อง

โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มคนรุ่นใหม่ หรือเยาวชนทั้งนี้ เนื่องจากผลการวิจัยพบว่าคนที่อายุน้อยจะมีความตั้งใจในการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการอนุรักษ์มากกว่าคนที่อายุสูงขึ้น ประกอบกับการเสริมสร้างทัศนคติและการให้คุณค่าเชิงบวกจำเป็นต้องสร้างความเข้มแข็งในองค์ประกอบด้านการรู้คิดของปัจเจกบุคคล ซึ่งทำได้โดยการส่งเสริมเผยแพร่ความรู้ทุกรูปแบบ ทั้งนี้ควรดำเนินการควบคู่กับแนวทางในการลดปัญหาปัจจัยคุกคามตามข้อเสนอแนะจากทัศนะของผู้นำชุมชน ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมพื้นที่สัมปทานการระเบิดหินในป่าสงวนแห่งชาติ การควบคุมการปล่อยวัวเข้าไปหากินในพื้นที่ป่า การกำจัดพืชต่างถิ่นที่คุกคามระบบนิเวศป่าไม้ เป็นต้น ซึ่งหากสามารถดำเนินการทุกส่วนไปได้อย่างต่อเนื่อง ก็เชื่อว่าการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้ในระดับท้องถิ่นในอำเภออู่ทองก็จะประสบความสำเร็จได้

REFERENCES

Ajzen, I and M. Fishbein. 1980. **Understanding Attitudes and Predicting Social Behavior**. Prentice-Hall, Englewood-Cliffs, New Jersey.

Cochran, W. G. 1977. **Sampling Techniques**. John Wiley & Sons, New York.

Fishbein, M. and I. Ajzen. 1975. **Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research.** Addison-Wesley, Reading, Main.

Jorakhesamphan Tambon Administration Office. 2018. **Population Statistics**. Available source: http://www.Jorakhesamphan.go.th October 9, 2017. (in Thai)

Mohr, D. M. and W. Smith. 1999. **Forestering Sustainable Behavior: An Introduction to Community-Based Social Marketing.** New Society Publishers, Gabriola Island B.C.

Nongong Tambon Administration Office. 2018. **Population Statistics**. Available source: http://www.nongong.go.th October 9, 2017. (in Thai)

Nunnally, J. and I. Bernstein. 1994. **Psychometric Theory (3rd Ed).** McGraw-Hill, Inc., New York.

Phongkhieo, N. T. and T. Sangchoey. 2017. **Meta-Analysis in Conservation Behaviors of Protected AreaUsers: A Research Report.** Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

_____. and N. Nunsong. 2016. **Development and Conservation of Phu Hang Nak Tourism Site and Its Connectivity: A Project Report.** Department of Conservation, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

_____., R. Nuampakdee., N. Nunsong., U. Phumalee., T. Sangchoey., D. Kaowsrita., and P. Kongchaleam. 2018. **Handbook for Nature and Local Ecosystem Study in Phu Hang Nak, U Thong District, Suphanburi Province.** Khianaksorn Printing, Bangkok. (in Thai)

Rovinelli, J. and R. K. Hambleton. 1977. On the use of content specialists in the assessment of criterion-referenced test item validity. **Dutch Journal of Educational Research** 2: 49-60.

Royal Forest Department. 2018. **Forest Area.** Available source: http://www.forest.go.th, October 19, 2018. (in Thai)

U Thong Tambon Administration Office. 2018. **Population Statistics**. Available source: http://www.u.thongcity.go.th October 9, 2017. (in Thai)

Thai J. For. 38 (1) : 122-132 (2019) วารสารวนศาสตร์ 38 (1) : 122-132 (2562)

นิพนธ์ต้นฉบับ

ผลของแหล่งที่มาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขต่อความถูกต้องของการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา

Effect of Digital Elevation Model Sources on Accuracy of Automated Drainage Network Extraction based on Hydrological Spatial Analysis Methods

ชนิสา สว่างจันทร์* **Chanisa Sawangjan***

ชัชชัย ตันตสิรินทร์ **Chatchai Tantasirin**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: chanisaswj@gmail.com

รับต้นฉบับ 1 สิงหาคม 2561 รับแก้ไข 27 กันยายน 2561 รับลงพิมพ์ 9 ตุลาคม 2561

ABSTRACT

The automated drainage network extraction is a hydrological spatial analysis processes use to derive drainage pattern of a watershed area based on the digital elevation model (DEM). Different sources of the DEM may affect the obtained network. This study compared the effects of using DEM from different sources including DEM from Land Development Department (LDD), ASTER GDEM, SRTM and DEM obtained from ANUDEM algorithm on automatic drainage network extraction. Accuracy of the extracted network was verified using field observation data. Three different terrain characteristics of selected watershed including steep slope, moderate slope area and flat area were compared.

It was found that the appropriated drainage area threshold (DAT) derived from different DEM source were different. The higher DEM resolution, the lesser DAT was obtained. Drainage density that derived from automated extraction method was larger than that from the topographic map. The highest accuracy of extracted drainage network using the LDD DEM in the steep watershed area was found while that from the ANUDEM, SRTM and ASTER GDEM were smaller. The accuracy are equal to 85.83, 40.73, 38.75 and 29.55 percent, respectively. In the moderate slope watershed, it was found that the accuracy of extracted drainage from SRTM was the highest and smaller when the ANUDEM, SRTM and ASTER GDEM were used. The accuracy are equal to 73.33, 72.45, 31.49 and 30.03 percent, respectively. The accuracy of the extracted drainage network obtained from the different DEMs of the flat area watershed was smaller but in the same order of that found from the moderate slope area. The accuracy are equal to 39.17, 37.77, 19.20

and 18.32 percent, respectively. Base on the results from this study, it is recommended that the automatic drainage network extraction could be used when the higher DEM resolution.

Keywords: Digital Elevation Model (DEM), Drainage Network, Hydrological Spatial Analysis

บทคัดย่อ

การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ คือ กระบวนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยาเพื่อให้ได้รูปแบบลำน้ำ โดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) เป็นข้อมูลหลักในการวิเคราะห์ ซึ่งหากมีแหล่งที่มาแตกต่างกัน อาจส่งผลต่อผลลัพธ์ของโครงข่ายที่ได้ การศึกษานี้เปรียบเทียบผลของการใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน ได้แก่ กรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM), ASTER GDEM, SRTM และจากขั้นตอนวิธี ANUDEM เป็นข้อมูลหลักเพื่อแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ และตรวจสอบความถูกต้องกับโครงข่ายการระบายน้ำจริงที่สำรวจภาคสนาม โดยเปรียบเทียบผลการศึกษาในภูมิประเทศที่ต่างกัน 3 แบบ คือ พื้นที่ความลาดชันสูง พื้นที่ความลาดชันปานกลาง และพื้นที่ราบ

ผลการศึกษาพบว่า ค่า DAT ที่เหมาะสมที่ได้จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาต่าง ๆ มีค่าต่างกัน โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติเกือบทั้งหมดมีความยาวและความหนาแน่นของการระบายน้ำมากกว่าลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ โดยโครงข่ายลำน้ำอัตโนมัติของพื้นที่สูงชันที่แยกจากข้อมูล LDD DEM มีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือ ANUDEM, SRTM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้อง เท่ากับร้อยละ 85.83, 40.73, 38.75 และ 29.55 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ความลาดชันปานกลางและพื้นที่ราบ พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขของ SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 73.33, 72.45, 31.49 และ 30.03 ในพื้นที่ความลาดชันปานกลาง และร้อยละ 39.17, 37.77, 19.20 และ 18.32 ในพื้นที่ราบ ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษานี้คือการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติเหมาะสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่ความลาดชันสูงและปานกลาง โดยใช้ LDD DEM เป็นข้อมูลสำหรับวิเคราะห์ เนื่องจากมีความถูกต้องและความละเอียดสูง

คำสำคัญ: แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) โครงข่ายการระบายน้ำ การวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา

คำนำ

โครงข่ายการระบายน้ำคือข้อมูลที่แสดงเส้นทางการไหลของน้ำที่มีการเชื่อมโยงต่อกันในพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่จุดที่มีความสูงมากที่สุดจนถึงจุดออกของน้ำซึ่งเป็นจุดต่ำสุดของลุ่มน้ำ โดยเป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้เพื่ออธิบายโครงสร้างและลักษณะการระบายน้ำของลุ่มน้ำ เช่น ความยาวของลำน้ำ ความหนาแน่นการระบายน้ำ เป็นต้น และยังเป็นพารามิเตอร์สำหรับใช้กับแบบจำลองทางอุทกวิทยาอีกด้วย โดยปกติข้อมูลโครงข่ายการระบายน้ำได้มาจากการ digitize ตามข้อมูลลำน้ำที่แสดงอยู่บนแผนที่ภูมิประเทศ ทำให้เกิดปัญหาต่อการนำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากข้อมูลลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศเป็นข้อมูลที่ไม่ได้แสดงลำน้ำที่มีอยู่จริงทั้งหมด โดยเฉพาะลำน้ำขนาดเล็กบนพื้นที่ต้นน้ำที่อาจไม่มีปรากฏในแผนที่ภูมิประเทศทั้งที่มีลำน้ำนั้นอยู่ในพื้นที่จริงจึงทำให้ขาดความถูกต้อง อีกทั้งข้อมูลที่ได้

อาจมีปัญหาความคลาดเคลื่อนที่เกิดตั้งแต่กระบวนการแปลภาพถ่ายทางอากาศและจากขั้นตอนการ digitize ของผู้ใช้งานแต่ละท่าน ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหานี้จึงได้มีวิธีการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยใช้วิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา เช่น การเติม (fill sink) การคำนวณทิศทางการไหล (flow direction) และการไหลสะสม (flow accumulation) เป็นต้น ทำให้ได้ลำน้ำอัตโนมัติที่สอดคล้องกับลักษณะภูมิประเทศ สะดวกต่อการนำใช้งานเนื่องจากไม่ต้อง digitize เส้นลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศเอง และลดความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งลำน้ำที่เกิดจากการ digitize ผิดพลาดของผู้ใช้งานแต่ละท่าน โดยการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจะใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์

แบบจำลองความสูงเชิงเลขคือข้อมูลที่จำลองความสูงต่ำของพื้นผิวโลก ซึ่งมีแหล่งที่มาจาก 3 แหล่ง คือ การสำรวจทางพื้นดิน การใช้ข้อมูลการรับรู้ระยะไกล และการแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) จากข้อมูลเส้นชั้นความสูง แบบจำลองความสูงเชิงเลขแต่ละแหล่งมีที่มาและความละเอียดที่ต่างกัน ส่งผลทำให้ค่าความสูงและความถูกต้องของพื้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นการใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีแหล่งที่มาต่างกันมาเป็นข้อมูลในการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอาจมีผลให้ได้โครงข่ายการระบายน้ำที่มีลักษณะและความถูกต้องแตกต่างกันได้

ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาที่ต่างกัน ตรวจสอบความถูกต้องกับโครงข่ายการระบายน้ำที่ได้จากการสำรวจจริง และเปรียบเทียบผลที่มีแหล่งที่มาของ DEM ที่แตกต่างกัน โดยมีพื้นที่ศึกษาที่มีลักษณะภูมิประเทศต่างกัน 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ลาดชันสูง พื้นที่ลาดชันปานกลาง และพื้นที่ราบ ซึ่งผลการศึกษานี้สามารถเป็นแนวทางในการเลือกแบบจำลองความสูงเชิงเลขเพื่อแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิประเทศได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

1.1 ลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ความลาดชันสูง คือ ลุ่มน้ำห้วยหนองหอย ตั้งอยู่ใน ต.โป่งแยง และ ต.แม่แรม อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่ มีพื้นที่ 14.62 ตร.กม. เป็นพื้นที่ภูเขาสลับซับซ้อน มีความลาดชันเฉลี่ย 37% มีความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงสุด 1,427 ม. ต่ำสุด 740 ม. และเฉลี่ยเท่ากับ 1,076 ม.

1.2 ลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ความลาดชันปานกลาง คือ ลุ่มน้ำห้วยหู ตั้งอยู่ใน ต.อุดมทรัพย์ อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา มีขนาดพื้นที่ 19.59 ตร.กม. ความลาดชันเฉลี่ย 11% มีความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงสุด 598 ม. ต่ำสุด 270 ม. และเฉลี่ยเท่ากับ 437 ม.

1.3 ลุ่มน้ำตัวแทนพื้นที่ราบ คือ ลุ่มน้ำคลองไทร ตั้งอยู่ใน ต.คลองเรือ อ.วิหารแดง จ.สระบุรี มีขนาดพื้นที่ 15.25 ตร.กม. โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบที่มีความลาดชันน้อยกว่า 5% และมีพื้นที่ภูเขาเป็นส่วนน้อยทางตอนบนของลุ่มน้ำ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลสูงสุด 425 ม. ต่ำสุด 10 ม. และเฉลี่ยเท่ากับ 48 ม.

2. การรวมรวมข้อมูล

2.1 แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) จากแหล่งต่างๆ คือ

2.1.1 กรมพัฒนาที่ดิน (LDD DEM) มีความละเอียด 5 ม.

2.1.2 ASTER GDEM ได้มาจากข้อมูลดาวเทียม Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) ซึ่งเป็นโครงการร่วมมือระหว่าง NASA และ METI (The Ministry of Economy, Trade and Industry) ของประเทศญี่ปุ่น มีความละเอียด 30 ม.

2.1.3 SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) ได้มาจากข้อมูลจากดาวเทียม Space shuttle radar ของ NASA ความละเอียด 90 ม.

2.2 เส้นชั้นความสูงเท่า 20 ม. ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000

2.3 โครงข่ายการระบายน้ำเชิงเลขจากแผนที่ลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 สร้างแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียด 5 ม. ด้วยวิธีแทรกค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial interpolation) ด้วยขั้นตอนวิธี (algorithm) ANUDEM (Australian National University Digital Elevation Model) ที่พัฒนาโดย Hutchinson (1988, 1989, 1997)

3.2 วิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 ปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางอุทกวิทยาของแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่เรียกว่า sink ซึ่งหมายถึงกริดที่มีค่าความสูงน้อยกว่ากริดที่อยู่รอบ ๆ โดยใช้ขั้นตอนวิธีการเติม (fill) ของ Jenson and Domingue (1988) เพื่อให้การคำนวณทางอุทกวิทยาเกี่ยวกับการไหลของน้ำไปยังกริดต่างๆ มีความต่อเนื่อง

3.2.2 คำนวณทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) และการไหลของน้ำสะสม (flow accumulation) โดยใช้ขั้นตอนวิธีของ Jenson and Domingue (1988)

3.2.3 กำหนดจุดออกของน้ำและคำนวณลุ่มน้ำอัตโนมัติ (watershed) แล้วตัด (clip) ชั้นข้อมูลการไหลสะสมให้มีขอบเขตเท่ากับพื้นที่ลุ่มน้ำ

3.3 แยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยการกำหนดค่า Drainage Area Threshold (DAT) ซึ่งเป็นค่าขนาดพื้นที่การไหลสะสมที่เหมาะสมสำหรับใช้แยกโครงข่ายการระบายน้ำด้วยวิธีของ Tantasirin *et al.* (2016) โดยใช้ค่าจำนวนกริดลำน้ำที่คลาดคลื่อน (number of error stream cell; NESC) เป็นพารามิเตอร์ในกำหนดค่า DAT

3.4 ปรับแก้ความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่มีลักษณะไม่ถูกต้อง ได้แก่ ช่วงของลำน้ำ (stream link) ที่มีความยาวน้อยกว่า 90 ม. (ขนาดกริดที่ใหญ่ที่สุด 1 กริด) และลำน้ำที่มีการไหลขนานกัน (parallel stream line) โดยลบกริดดังกล่าวออก

3.5 คำนวณความหนาแน่นของการระบายน้ำของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจากสมการ (1) ดังนี้

$$\text{ความหนาแน่นของการระบายน้ำ (Dd)} = \left(\frac{\text{ความยาวลำน้ำทั้งหมด } (\Sigma L)}{\text{พื้นที่ลุ่มน้ำ (A)}}\right) \quad (1)$$

3.6 ตรวจสอบความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.6.1 สุ่มวางแปลงขนาด 250 × 250 ม. จำนวน 20 แปลง ให้กระจายทั้งบริเวณลำน้ำลำดับที่ 1 (first order) จุดเชื่อมต่อของลำน้ำ (conjunction stream) และลำน้ำที่อยู่บนที่ราบ(flat area)

3.6.2 สำรวจภาคสนามเพื่อบันทึกเส้นทางการไหลของน้ำที่อยู่ในแปลงที่กำหนดขึ้นด้วยเครื่องรับสัญญาน GPS

3.6.3 ขยายระยะ (buffer) ออกจากเส้นลำน้ำธรรมชาติที่สำรวจได้เป็นระยะทาง 10 ม. ซึ่งเป็นระยะที่อาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนของเครื่องรับสัญญาน GPS และแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์

3.6.4 คำนวณจำนวนกริดทั้งหมดของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ และจำนวนกริดลำน้ำอัตโนมัติที่ตรงกับลำน้ำที่สำรวจ (ในระยะ 10 ม. ที่ขยายระยะ) แล้วคำนวณร้อยละความถูกต้องด้วยสมการ (2) ดังนี้

$$\text{ร้อยละความถูกต้อง} = \left(\frac{\text{จำนวนกริดลำน้ำอัตโนมัติที่ตรงกับลำน้ำที่สำรวจ}}{\text{จำนวนกริดทั้งหมดของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ}}\right) \times 100 \quad (2)$$

ขั้นตอนการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยาสามารถสรุปได้ดัง Figure 1

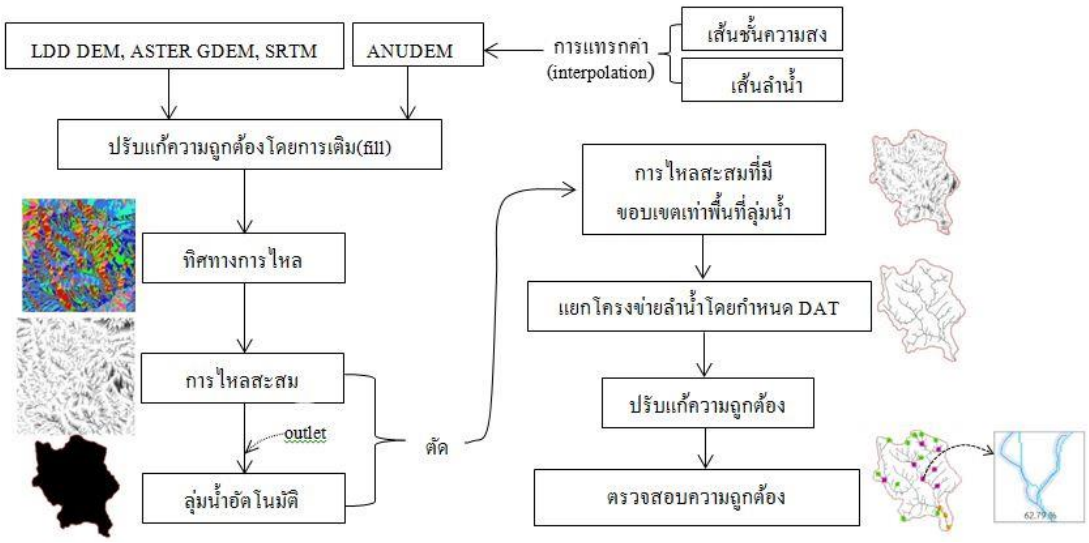


Figure 1 Automated Drainage Network Extraction based on Hydrological Spatial Analysis Methods

ผลและวิจารณ์

การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติโดยใช้แบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งที่มาต่าง ๆ ได้ผลการศึกษาดัง Table 1 และ Figure 2 ถึง 4 โดยมีรายละเอียดดังนี้

Table 1 Characteristics of automatic drainage network extraction.

Study area	Parameter	digitize from	Source of DEM			
		topo map	ANUDEM	LDD	ASTER	SRTM
1. steep slope area	1.1 DAT (m^2)	-	50,000	22,500	39,600	89,100
HuaiNong Hoi	1.3 stream length (km)	27.36	35.72	49.21	42.62	24.91
watershed	1.4 DD (km/km^2)	1.87	2.46	3.39	2.96	1.70
(Chiangmai)	1.5 Avg. acuracy (%)	33.39	40.73	85.83	29.55	38.75
2. moderate slope area	2.1 DAT (m^2)	-	37,500	52,500	64,800	97,200
Huai Hu watershed	2.3 stream length (km)	17.18	35.72	38.65	48.58	28.24
(NakhonRatchasima)	2.4 DD (km/km^2)	1.06	2.21	2.43	2.87	1.75
	2.5 Avg. acuracy (%)	25.86	31.49	72.45	30.03	73.33
3. flat area	3.1 DAT (m^2)	-	22,500	20,833	39,600	94,500
Huai Shai watershed	3.3 stream length (km)	14.73	47.49	59.28	50.22	22.32
(Saraburi)	3.4 DD (km/km^2)	0.97	2.87	4.37	3.14	2.03
	3.5 Avg. acuracy (%)	31.66	19.20	37.77	18.32	39.17

Remarks: DAT is drainage area threshold
DD is drainage density

1. ค่า Drainage Area Threshold (DAT) ที่ใช้ในการแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ

การคำนวณค่า DAT เพื่อใช้แยกโครงข่ายการระบายน้ำโดยวิเคราะห์ด้วยวิธีของ Tantasirin *et al.* (2016) ได้ผลการศึกษาดังนี้

1.1 พื้นที่ความลาดชันสูง พบว่า ค่า DAT จากข้อมูล LDD DEM มีค่าน้อยที่สุด รองลงมา คือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีค่า DAT เท่ากับ 22,500 39,600 50,000 และ 89,100 ตร.ม. ตามลำดับ

1.2 พื้นที่ความลาดชันปานกลาง พบว่า ค่า DAT จากข้อมูล ANUDEM มีค่าน้อยที่สุด รองลงมา คือ LDD DEM, ASTER GDEM และ SRTM โดยมีค่า DAT เท่ากับ 37,500 52,500 64,800 และ 97,200 ตร.ม. ตามลำดับ

1.3 พื้นที่ราบ พบว่า การแยกโครงข่ายการระบายน้ำจากข้อมูล LDD DEM ทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำที่ทำการศึกษาแยกออกเป็น 3 ลุ่มน้ำย่อย มีค่า DAT ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย เท่ากับ 15,000 25,000 และ 22,500 ตร.ม. โดยมีค่าเฉลี่ยของ DAT เท่ากับ 20,833 ตร.ม. น้อยกว่า DEM จากแหล่งอื่น รองลงมาคือ ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีค่า DAT เท่ากับ 22,500 และ 39,600 ตร.ม. ตามลำดับ ส่วนโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกจาก SRTM มีผลทำให้พื้นที่ลุ่มน้ำแยกออกเป็น 3 ลุ่มน้ำย่อยเช่นเดียวกับ LDD DEM โดยมีค่า DAT ของแต่ละลุ่มน้ำย่อย เท่ากับ 48,600 89,100 และ 145,800 ตร.ม. มีค่าเฉลี่ยของ DAT เท่ากับ 94,500 ตร.ม. มากกว่า DEM จากแหล่งอื่น

การคำนวณค่า DAT จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขแต่ละแหล่งที่มามีผลไม่เหมือนกัน เนื่องจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแต่ละแหล่งที่มามีวิธีการสำรวจ อุปกรณ์ และกระบวนการจัดทำที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ค่าความสูงแต่ละกริดของแบบจำลองเชิงเลขมีความแตกต่างกัน ย่อมส่งผลต่อการคำนวณทิศทางการไหลของน้ำและค่าการไหลสะสม ทำให้ผลการคำนวณค่า DAT แตกต่างกันไป

นอกจากนี้ยังพบว่าความละเอียดของแบบจำลองความสูงเชิงเลขมีความสัมพันธ์กับขนาด DAT โดยพบว่า SRTM ซึ่งเป็นแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดต่ำ (ขนาดกริดใหญ่) ค่า DAT ที่วิเคราะห์ได้มีขนาดพื้นที่ใหญ่กว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดสูง (ขนาดกริดเล็ก) เนื่องจากขนาดกริดที่ใหญ่จะครอบคลุมพื้นที่เป็นบริเวณกว้าง ดังนั้นการกำหนดค่า DAT ขนาดเล็กจะทำให้เกิดกริดลำน้ำที่ผิดพลาดจำนวนมาก ส่งผลให้กริดลำน้ำที่มีค่าการไหลสะสมมากกว่าค่า DAT อยู่ติดกันเกินไปจนไม่สามารถแยกเป็นเป็นลำน้ำได้ (Figure 2) แสดงให้เห็นว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียดสูงเท่านั้นที่สามารถกำหนดค่า DAT ที่มีขนาดพื้นที่เล็กได้ สอดคล้องกับ Liu and Zhang (2010)

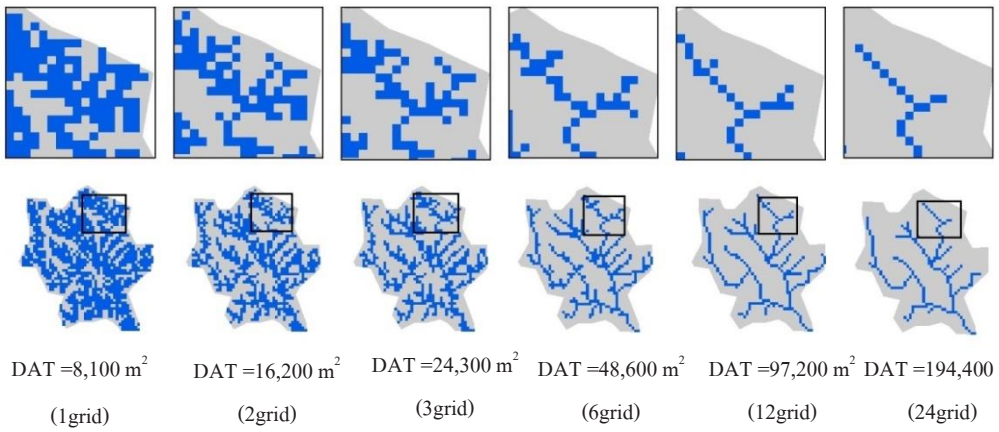


Figure 2 Effect of drainage area threshold (DAT) on automatic drainage network extraction.

2. ลักษณะโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ

โครงข่ายการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติมีลักษณะดัง Table 1 และ Figure 3 มีรายละเอียดดังนี้

2.1 พื้นที่ความลาดชันสูง พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก LDD DEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีความหนาแน่นของการระบายน้ำเท่ากับ 3.39, 2.96, 2.46 และ 1.70 กม./ตร.กม. ตามลำดับ

2.2 พื้นที่ความลาดชันปานกลาง พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก ASTER GDEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ LDD DEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีความหนาแน่นของการระบายน้ำเท่ากับ 2.87, 2.43, 2.21 และ 1.75 กม./ตร.กม. ตามลำดับ

2.3 พื้นที่ราบ พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก LDD DEM มีความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM โดยมีค่าความหนาแน่นการระบายน้ำเท่ากับ 4.37, 3.14, 2.87 และ 2.03 กม./ตร.กม. ตามลำดับ โดยลำน้ำอัตโนมัติที่ได้มีลักษณะไม่สอดคล้องกับการไหลของน้ำตามธรรมชาติ คือ โครงข่ายการระบายน้ำจาก ANUDEM มีลักษณะเป็นเส้นตรง และ ASTER GDEM มีทิศทางการไหลของน้ำต่างจากลำน้ำจริงมาก ส่วนโครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM และ SRTM มีลักษณะเป็นลำน้ำ 3 สายแยกจากกัน

ความยาวและความหนาแน่นการระบายน้ำของโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติในพื้นที่ความลาดชันสูงเท่านั้นที่สอดคล้องกับค่า DAT เนื่องจากพื้นที่ความลาดชันสูงมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะพื้นผิวภูมิประเทศที่ช่วยกำหนดทิศทางการไหลของลำน้ำได้อย่างชัดเจนเช่น สันเขา หุบเขา เป็นต้น ทำให้ลำน้ำอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขแต่ละแหล่งมีทิศทางการไหลใกล้เคียงกัน ดังนั้นความยาวของลำน้ำที่แตกต่างกันจึงขึ้นอยู่กับค่า DAT ที่ต่างกันเป็นหลัก ทำให้แบบจำลองความสูงเชิงเลขที่กำหนด DAT น้อยจะได้ลำน้ำที่มีความยาวและความหนาแน่นมากกว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่กำหนด DAT ขนาดใหญ่ แต่พื้นที่ความลาดชันปานกลางและที่ราบพบว่า ความยาวและความหนาแน่นการระบายน้ำของโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติไม่สอดคล้องกับ DAT เนื่องจากพื้นที่นี้มีการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวภูมิประเทศน้อย ทำให้ลำน้ำอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขของแต่ละแหล่งมีทิศทางการไหลที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ความยาวของลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำต่างกัน และไม่สอดคล้องกับ DAT

โครงข่ายการระบายน้ำที่แยกจาก SRTM ในทุกสภาพภูมิประเทศมีความยาวและความหนาแน่นของลำน้ำน้อยกว่าแหล่งอื่นอย่างชัดเจน เพราะ SRTM มีขนาดกริดใหญ่ ดังนั้นเพื่อให้ได้ลำน้ำที่มีลักษณะเป็นโครงข่ายที่มีจำนวนกริดลำน้ำที่ผิดพลาดน้อย จึงต้องกำหนดค่า DAT ขนาดใหญ่ ส่งผลให้ได้ลำน้ำที่มีจำนวนและความยาวน้อยกว่าแหล่งอื่น ๆ สอดคล้องกับ Giertz *et al*. (2006), Tague and Pohl-Costello (2008) และ Liu and Zhang (2010) พบว่า การแยกโครงข่ายการระบายน้ำจากลักษณะกายภาพของพื้นที่โดยใช้กระบวนการอุทกวิทยานั้นแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดสูงจะทำให้ได้ข้อมูลลำน้ำลำดับน้อยหรือลำน้ำในพื้นที่ต้นน้ำที่มีรายละเอียดดีกว่าแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดต่ำ

ลำน้ำที่แยกอัตโนมัติเกือบทั้งหมดมีความหนาแน่นของลำน้ำมากกว่าลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ ยกเว้นลำน้ำอัตโนมัติจาก SRTM ในพื้นที่สูงชัน เนื่องจากเป็นการแยกลำน้ำจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีกริดใหญ่ในพื้นที่ที่มีความซับซ้อนของภูมิประเทศสูง จึงต้องกำหนดค่า DAT ขนาดใหญ่เพื่อลดจำนวนกริดลำน้ำที่ผิดพลาด จึงทำให้ความยาวลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำลดลง

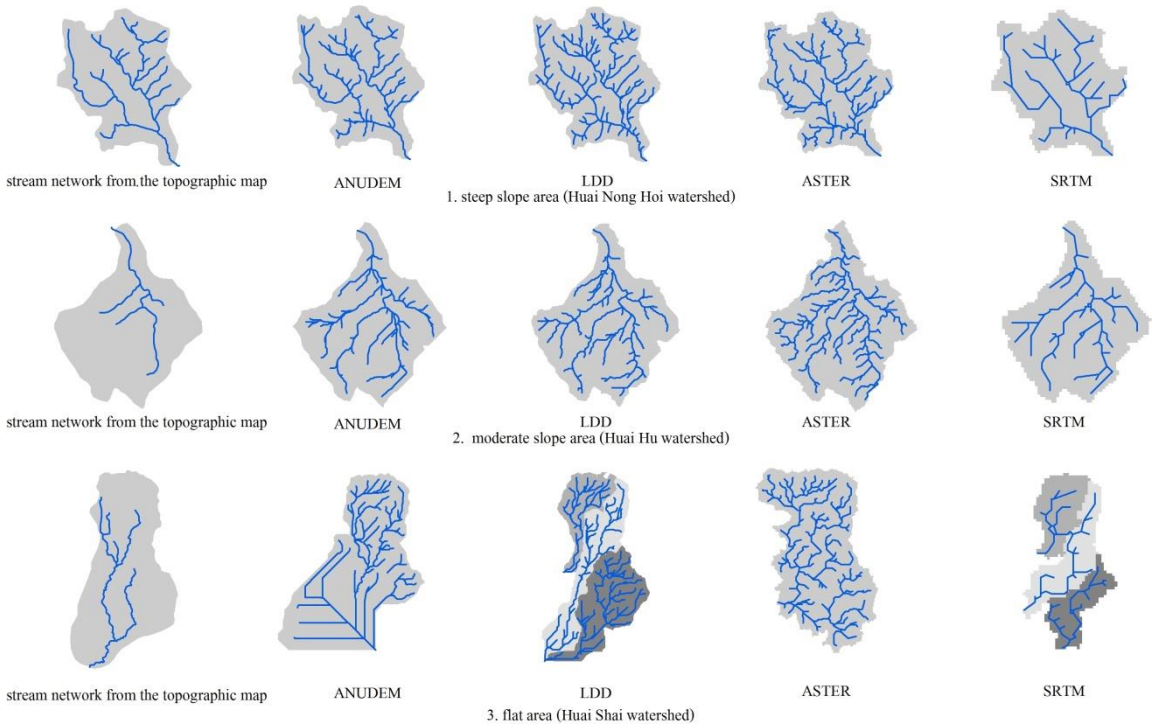


Figure 3 Automatic drainage network extraction using different digital elevation model sources on different terrain characteristics.

3. ความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกด้วยวิธีอัตโนมัติ

การตรวจสอบความถูกต้องของลำน้ำที่แยกด้วยวิธีอัตโนมัติจากข้อมูลลำน้ำที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ได้ผลการศึกษาแสดงดัง Table 1 และ Figure 4 มีรายละเอียดดังนี้

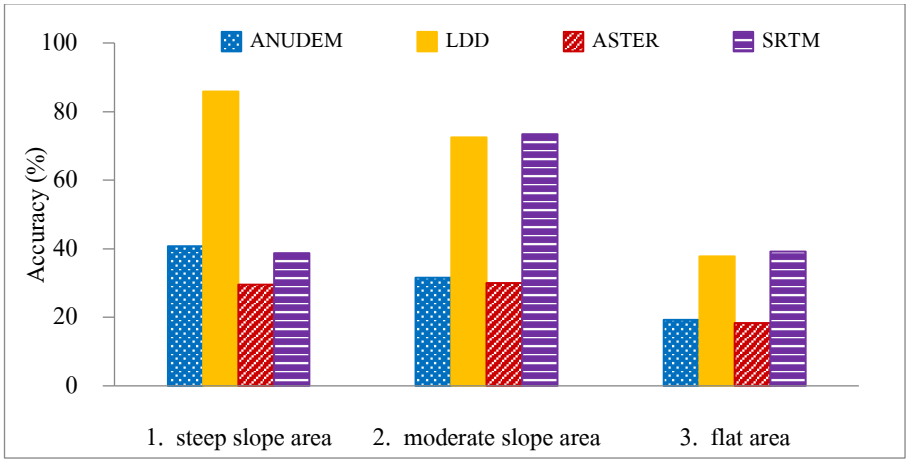


Figure 4 Percentage of Accuracy automatic drainage network.

3.1 พื้นที่ความลาดชันสูง พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM มีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือ ANUDEM, SRTM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 85.83, 40.73, 38.75

และ 29.55 ตามลำดับ

3.2 พื้นที่ความลาดชันปานกลาง พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำจาก SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมา คือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 73.33, 72.45, 31.49 และ 30.03 ตามลำดับ

3.3 พื้นที่ราบ พบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมา คือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM โดยมีค่าความถูกต้องเท่ากับร้อยละ 39.17, 37.77, 19.20 และ 18.32 ตามลำดับ

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจาก LDD DEM มีความถูกต้องมากกว่า ANUDEM และ ASTER GDEM ตามลำดับในทุกสภาพภูมิประเทศ ส่วนโครงข่ายการระบายน้ำจาก ASTER GDEM มีความถูกต้องน้อยในทุกสภาพภูมิประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับ Mantelli *et al.* (2011) ที่กล่าวว่า ASTER GDEM ให้ผลการแยกโครงข่ายการระบายน้ำที่มีค่าความคลาดเคลื่อนสูง

โครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM ในพื้นที่สูงชันมีความถูกต้องสูง สอดคล้องกับ Tantasirin *et al.* (2016) เนื่องจาก LDD DEM ถูกผลิตขึ้นเพื่อใช้ในประเทศไทยโดยมีเกณฑ์ความถูกต้องที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (Land Development Department, 2008) อีกทั้งมีความละเอียดสูง (5 ม.) ทำให้ข้อมูลความสูงใกล้เคียงกับความสูงของภูมิประเทศจริง (Srisoontorn *et al.,* 2017) และสามารถจำลองสภาพภูมิประเทศที่มีการเปลี่ยนแปลงของผิวโลกบริเวณพื้นที่สูงชันได้ดี ส่งผลให้โครงข่ายการระบายน้ำจาก LDD DEM มีความถูกต้องมากกว่าแหล่งอื่น ด้านพื้นที่ความลาดชันปานกลางแม้ว่าลำน้ำจาก SRTM และ LDD DEM จะมีความถูกต้องสูงใกล้เคียงกัน แต่ลำน้ำจาก LDD DEM มีความเหมาะสมกับการนำไปประยุกต์ใช้มากกว่าเนื่องจากโครงข่ายการระบายน้ำที่ได้มีลักษณะใกล้เคียงกับลำน้ำธรรมชาติมากกว่า อีกทั้งสาเหตุที่ทำให้ลำน้ำจาก SRTM มีความถูกต้องสูงนั้นเนื่องจากขนาดแปลงสำรวจเล็กเกินไปที่จะใช้กับแบบจำลองความสูงเชิงเลขความละเอียดต่ำ (ขนาดกริดใหญ่) ส่วนพื้นที่ราบพบว่า โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขทุกแหล่งที่มามีความถูกต้องน้อย เนื่องจากพื้นผิวของแบบจำลองความสูงเชิงเลขในแต่ละกริดมีความสูงแตกต่างกันน้อยมาก ส่งผลให้การคำนวณทิศทางการไหลที่ได้ไม่สอดคล้องกับสภาพการไหลตามธรรมชาติ เพราะตามธรรมชาติเมื่อปัจจัยด้านความสูงของพื้นที่ไม่แตกต่างกันจึงทำให้ปัจจัยสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เข้ามามีอิทธิพลกับการไหลของน้ำมากขึ้น เช่น Ket-ord (2015) ได้ศึกษาพบว่าโครงสร้างทางธรณีวิทยาส่งผลให้มีรูปแบบการระบายน้ำที่แตกต่างกันได้ เป็นต้น จึงทำให้ทิศทางการไหลของลำน้ำธรรมชาติต่างจากทิศทางการไหลของลำน้ำอัตโนมัติที่ใช้เพียงปัจจัยความสูงของพื้นที่เพียงอย่างเดียว

สรุป

การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ทางอุทกวิทยา สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

1. ค่า DAT ที่เหมาะสมของแบบจำลองความสูงเชิงเลขจากแหล่งต่าง ๆ มีค่าต่างกัน และDAT มีความสัมพันธ์กับขนาดกริด โดยแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่มีความละเอียดต่ำ (ขนาดกริดใหญ่) ไม่สามารถกำหนด DAT ขนาดเล็กเพื่อใช้แยกโครงข่ายการระบายน้ำได้เพราะจะทำให้กริดลำน้ำอยู่ติดกันเกินไปจนไม่มีสภาพเป็นลำน้ำ

2. การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติในพื้นที่ความลาดชันสูงและพื้นที่ราบโดยใช้ข้อมูลจาก LDD DEM มีค่าความยาวลำน้ำทั้งหมดและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ ASTER GDEM, ANUDEM และ SRTM ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ความลาดชันปานกลาง โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่แยกจากข้อมูล ASTER GDEM มีค่าความยาวลำน้ำและความหนาแน่นการระบายน้ำมากที่สุด รองลงมา คือ LDD DEM, ANUDEM และ SRTM ตามลำดับ โดยความยาวของโครงข่ายการระบายน้ำที่แยกอัตโนมัติใน

พื้นที่ลาดชันสูงเท่านั้นที่สอดคล้องกับค่า DAT และลำน้ำอัตโนมัติเกือบทั้งหมดมีความยาวและความหนาแน่นของการระบายน้ำมากกว่าข้อมูลลำน้ำจากแผนที่ภูมิประเทศ (ยกเว้นลำน้ำอัตโนมัติจาก SRTM ในพื้นที่สูงชัน)

3. โครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติในพื้นที่ความลาดชันสูงที่แยกจากข้อมูล LDD DEM มีความถูกต้องมากที่สุด รองลงมาคือ ANUDEM, SRTM และ ASTER GDEM ส่วนพื้นที่ความลาดชันปานกลางและพื้นที่ราบ โครงข่ายการระบายน้ำจาก SRTM มีความถูกต้องสูงสุด รองลงมาคือ LDD DEM, ANUDEM และ ASTER GDEM ตามลำดับ

4. การแยกโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการนำไปใช้กับพื้นที่ความลาดชันสูงและความลาดชันปานกลาง โดยควรใช้ LDD DEM เป็นข้อมูลหลักสำหรับการวิเคราะห์เนื่องจากทำให้ได้โครงข่ายการระบายน้ำที่มีความถูกต้องและความละเอียดสูง แต่วิธีนี้ไม่ควรใช้กับพื้นที่ราบเพราะโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติที่ได้มีความถูกต้องน้อยและมีรูปร่างของลำน้ำไม่สอดคล้องกับธรรมชาติ และในการศึกษาครั้งต่อไปควรศึกษาเปรียบเทียบผลที่เกิดจากการใช้ ANUDEM ที่มีความละเอียด (ขนาดกริด) ที่แตกต่างกันเพิ่มเติม เนื่องจากวิธีการ ANUDEM ผู้ใช้งานสามารถกำหนดความละเอียดที่แตกต่างกันได้ ซึ่งอาจมีผลต่อความถูกต้องของโครงข่ายการระบายน้ำอัตโนมัติ

REFERENCES

Land Development Department. 2008. **Digital Elevation Model (DEM)**. Source: http://www.lddservice.org/services/dem.php, 20 July 2018.

Ket-ord, R. 2015. Geomorphological features and drainage patterns in earthquake area, Mae Pung and Mae Lao Sub-Watershed, Chiang Rai province. **Thai Journal of Forestry** 34 (2): 42-50.

Srisoontorn, W., K. Chuchip, P. Saguantam. 2017. Estimation of the average height of forest stand using digital elevation Model in Khlong Lan National Park, Kamphaeng Phet province. **Thai Journal of Forestry** 36 (2): 87-97.

Giertz, S., B. Diekkrüger and G. Steup. 2006. Physically-based modelling of hydrological processes in a tropical headwater catchment (West Africa) - process representation and multi-criteria validation. **Hydrology and Earth System Sciences** 10: 829-847.

Hutchinson, M. F. 1988. Calculation of hydrologically sound digital elevation models. pp. 117-133. *In* **Third International Symposium on Spatial Data Handling**. International Geographical Union, Sydney.

_____. 1989. A new procedure for gridding elevation and stream line data with automatic removal of spurious pits. **Journal of Hydrology** 106: 211-232.

_____. 1997. **ANUDEM Version 4.6, Users Guide**. Canberra, Australia.

Jenson, S. K. and J. O. Domingue. 1988. Extracting topographic structure from digital elevation data for Geographic Information System analysis. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 54 (11): 1593–1600.

Liu, X. and Z. Zhang. 2010. Extracting drainage network from high resolution DEM in Toowoomba, Queensland. pp. 1-12. *In* **Queensland Surveying and Spatial Conference 2010.** Surveying & Spatial Sciences Institute. Brisbane, Australia.

Mantelli L.R., J.M. Barbosa and M.D. Bitencourt. 2011. Assessing ecological risk through automated drainage extraction and watershed delineation.

Ecological Informatics 6: 325–331.

Tague, C. and M.P. Costello. 2008. The potential utility of physically based hydrologic modeling in ungauged urban streams. **Annals of the Association of American Geographers** 98(4): 818-833.

Tantasirin, C., M. Nagai, T.Tipdecho and N.K. Tripathi. 2016. Reducing hillslope size in digital elevation models at various scales and the effects on slope gradient estimation. **Geocarto International** 31(2): 140-157.

นิพนธ์ต้นฉบับ

การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเพื่อพัฒนาแนวทางการจัดการ สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

Stakeholder Analysis for Management Guideline Development of Sri Nakhon Khuean Khan Park, Phra Pradaeng District, Samut Prakan Province

กัญกานต์ ศรีภิลา[1,2*]
พสุธา สุนทรห้าว[1]
สุรินทร์ อ้นพรม[1]

Kanyakarn Sripila[1,2*]
Pasuta Sunthornhao[1]
Surin Onprom[1]

[1]คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
[2]โครงการศึกษาวิจัยระบบนิเวศป่าไม้ระยะยาวประจำประเทศไทย นาโยง ตรัง 92170
Thai Long-Term Forest Ecological Research, Nayong,Trang 92170
*Corresponding Author, E-mail: Tong.kanyakarn@gmail.com

รับต้นฉบับ 6 กรกฎาคม 2561 รับแก้ไข 10 สิงหาคม 2561 รับลงพิมพ์ 4 กันยายน 2561

ABSTRACT

This research aimed to study the main stakeholders of Sri Nakorn Khuean Khan Park as a visitors., to study the main benefits/impact and interactions of benefits/impact and to be part of the guidance for management development of Sri Nakhon Khuean Khan Park. The stakeholder analysis was used by the research population as a visitor group related to the benefits / impacts of Sri Nakhon Khuean Khan Park. There were 400 samplesize. Data were collected by using open-ended and closed-ended designed questionnaires. An analysis of key stakeholders was based on weighted mean score of four criteria: number of benefits / impacts, time period of benefit / impact, degree of dependency and degree of accountability.

The study indicated that there were 10 groups of stakeholders that was divided by career criteria as follows: private organization 135 persons (33.75%), youth 83 persons (20.75%), government 60 persons (15.00%), state enterprises 47 persons (11.75%), employee 29 persons (7.25%), merchant 19 persons (4.75%), employees of non-government and non-profit organization 10 persons (2.50%), house-wife/husband 8 persons (2.00%), unemployable person 6 persons (1.50%), senior citizen 3 persons (0.75%). Main stakeholders was “Government career” group, which total score from four conditions were 13.56.The main benefit that all stakeholder groups had in common was the “Recreation”and frequency of impact was zero in all groups. Finally

the best way to develop the management of Sri Nakhon Khuean Khan Park should be based on participatory principles from all parties. To increase potential management and will lead to concrete management. “Government career” was a group that more influential than other groups. The main benefit was “recreation” would attract the stakeholders as visitors to participate in the process of managing the Sri Nakhon Khuean Khan Park area in the future in an effective manner.

Keywords: Stakeholders analysis, Public Park, Management

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ในฐานะของผู้มาเยือน และเพื่อศึกษาผลประโยชน์/ผลกระทบหลักและปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการเสนอแนะแนวทางการพัฒนาการจัดการของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียซึ่งประชากรในการวิจัยคือกลุ่มผู้มาเยือนที่เกี่ยวข้องกับผลประโยชน์/ผลกระทบของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 400 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือแบบสอบถามทั้งแบบปลายเปิดและปลายปิดทำการเก็บข้อมูลโดยการสุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ การวิเคราะห์หาผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักจะพิจารณาจากค่าสำคัญคือค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยที่อิงเงื่อนไข 4 ประการ ได้แก่ จำนวนผลประโยชน์/ผลกระทบ ระยะเวลาการได้รับผลประโยชน์/ผลกระทบ ระดับการพึ่งพา และระดับการมีส่วนร่วม

ผลการศึกษาพบว่า ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในฐานะผู้มาเยือนต่อสวนศรีนครเขื่อนขันธ์มี 10 กลุ่มตามเกณฑ์อาชีพ ได้แก่ เอกชน 135 คน (33.75%) เยาวชน 83 คน (20.75%) รัฐ 60 คน (15.00%) รัฐวิสาหกิจ 47 คน (11.75%)ลูกจ้าง 29 คน (7.25%) ค้าขาย 19 คน(4.75%) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร10 คน (2.50%) พ่อบ้าน-แม่บ้าน 8 คน (2.00%) ว่างงาน 6 คน (1.50%) ผู้สูงอายุ 3 คน (0.75%) ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก คือกลุ่มอาชีพ“รัฐ” ซึ่งมีผลรวมค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจากทั้ง 4 เงื่อนไขคือ 13.56 ส่วนผลประโยชน์หลักที่ทุกกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในฐานะผู้มาเยือนให้ความสำคัญสูงสุดร่วมกันคือ “นันทนาการ”ส่วนค่าความถี่ของผลกระทบมีค่าเป็นศูนย์ในทุกกลุ่ม สำหรับแนวทางการพัฒนาการจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดจำเป็นต้องพัฒนาโดยอาศัยหลักการจัดการอย่างมีส่วนร่วมจากทุกฝ่าย เพื่อเพิ่มศักยภาพซึ่งกันและกัน อันจะนำไปสู่การจัดการอย่างเป็นรูปธรรม โดยกลุ่มอาชีพ “รัฐ” เป็นกลุ่มที่มีอิทธิพลสูงกว่ากลุ่มอื่น และการคำนึงถึงผลประโยชน์หลักอย่าง “นันทนาการ” จะสามารถดึงดูดให้กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในฐานะผู้มาเยือนให้เข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการจัดการพื้นที่สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ในด้านต่างๆ ต่อไปในอนาคตอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย สวนสาธารณะ การจัดการ

คำนำ

“สวนศรีนครเขื่อนขันธ์” หรือ สวนสาธารณะและสวนพฤกษชาติศรีนครเขื่อนขันธ์ตั้งอยู่ในตำบลบางกระเจ้า อำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ สร้างขึ้นในปี พ.ศ. 2540 และอยู่ภายใต้การดูแลของศูนย์จัดการพื้นที่สีเขียวเชิงนิเวศนครเขื่อนขันธ์สังกัดสำนักโครงการพระราชดำริและกิจการพิเศษ กรมป่าไม้ มีพื้นที่ 148 ไร่ มีลักษณะเป็นป่าในเมือง (urban

forest) สถานที่ตั้งโดยรอบคือเขตอุตสาหกรรม เขตชุมชนและเขตที่อยู่อาศัยภายในแบ่งพื้นที่ออกเป็นสองส่วน ได้แก่ สวนสาธารณะจำนวน 108 ไร่ พื้นที่สวนป่าเชิงนิเวศจำนวน 40 ไร่ มีการปลูกป่าฟื้นฟูระบบนิเวศดั้งเดิม 3 รูปแบบ ได้แก่ ป่าชายเลน ป่าดิบลุ่มน้ำ ป่าบึงชุมน้ำพบชนิดพรรณไม้ 118 ชนิด และพันธุ์สัตว์ 101 ชนิด สวนศรีนครเขื่อนขันธ์มีความสำคัญ คือ เป็นทั้งแหล่งนันทนาการ ศูนย์รวมระบบนิเวศ และแหล่งพัฒนาสิ่งแวดล้อม (Jindarak, 2016) ในปัจจุบันแม้ว่าสวนศรีนครเขื่อนขันธ์จะมีนโยบายการจัดการแบบมีส่วนร่วมโดยพยายามเชื่อมโยงกลุ่มต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ กลุ่มรัฐ กลุ่มเอกชน กลุ่มองค์กรการปกครองท้องถิ่น กลุ่มผู้นำชุมชน ให้เข้ามามีบทบาทในการจัดการพื้นที่แห่งนี้ร่วมกัน โดยมีการจัดประชุมรวมถึงจัดตั้งเวทีสาธารณะเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากทุกฝ่ายดังได้กล่าวมาข้างต้นอยู่เสมอ (Khuean Khan Green Area Management Center, 2015) ทว่าในกระบวนการมีส่วนร่วมนั้น ยังขาดกลุ่มคนสำคัญอีกกลุ่มคือ “ผู้มาเยือน”เนื่องจากยังไม่ได้มีการระบุว่าภายในกลุ่มผู้มาเยือน ประกอบไปด้วยกลุ่มใดบ้าง ทำให้ขาดวิธีดำเนินการติดตามกลุ่มคนเหล่านี้ ดังนั้นหากสามารถระบุได้ จะทำให้ง่ายต่อการวางแผนการจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ต่อไปในอนาคต

ดังที่มาของปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้คือ ทำการศึกษาผู้ที่เป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักและรองในฐานะ “ผู้มาเยือน” จากนั้นทำการวิเคราะห์หาผลประโยชน์/ผลกระทบที่กลุ่มผู้มาเยือนได้รับ ท้ายที่สุดคือการศึกษาถึงความคิดเห็นที่กลุ่มผู้มาเยือนมีต่อสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เพื่อที่จะนำข้อมูลดังกล่าวเสนอแนะเป็นแนวทางในการวางแผนจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เนื่องจากสิ่งสำคัญสำหรับการวางแผนจัดการองค์กรที่ดีนั้น จะเกิดขึ้นได้จากการทำความเข้าใจบทบาท รวมถึงความคาดหวัง ที่เกิดขึ้นจากผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในองค์กรนั้นๆ (Andrew, 2012)

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือผู้มาเยือนหรือผู้ที่เข้ามาใช้ประโยชน์/ผู้ที่ได้รับผลกระทบจากสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างเพื่อให้มีจำนวนที่เหมาะสมกับการวิจัย ซึ่งเนื่องจากประชากรในการศึกษาครั้งนี้เป็นแบบไม่ทราบจำนวนที่แน่นอน ดังนั้นจึงทำการกำหนดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตร Cochran (1953) ที่มีระดับความเชื่อมั่น 95% ได้กลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 384.16 คนซึ่งในการศึกษาครั้งนี้กำหนดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเป็น 400 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามที่เกี่ยวข้องกับผลประโยชน์/ผลกระทบในการเข้ามาใช้ประโยชน์พื้นที่สวนศรีนครเขื่อนขันธ์ ลักษณะของแบบสอบถามเป็นแบบสำรวจรายการ (checklist) และแบบมาตราส่วนประเมินค่า (rating scales) ชนิด 5 ระดับ คือ สูงมาก สูง ปานกลาง ต่ำ และต่ำมาก ส่วนแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นอื่นๆ เป็นแบบสอบถามแบบปลายเปิด

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูล มีวิธีดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อมูลครบถ้วนดังนี้

3.1 ข้อมูลทุติยภูมิ(secondary data)ได้จากการรวบรวม ค้นคว้า การตรวจเอกสารและผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับแนวคิด ทฤษฎี สมมติฐานของการวิจัย จากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน

3.2 การเก็บข้อมูลปฐมภูมิ (primary data) เริ่มต้นจากกระบวนการประเมินชุมชนอย่างเร่งด่วน (Rapid Rural Appraisal) โดยเปรียบให้สวนศรีนครเขื่อนขันธ์เสมือนชุมชนหนึ่งๆ ที่มีผู้คนเข้ามาใช้ประโยชน์หรือได้รับผลกระทบอย่างหลากหลาย จากนั้นมีการเก็บรวบรวมข้อมูลทางภาคสนามโดยใช้แบบสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ประจำสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลหลัก (key informance) จำนวน3ท่าน และใช้แบบสอบถามจำนวน 400ชุดกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็น

พิมพ์ใส่ดีไหมคะ มันเบลอๆ อ่ะ
Sample size : S1 ---S400

เป้าหมายคือผู้มาเยือนสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ที่มีอายุมากกว่า 15 ปีขึ้นไป ได้แก่ นักศึกษา พ่อค้า แม่ค้า ประชาชนทั่วไป ตลอดจนผู้ที่เข้ามาใช้ประโยชน์หรือได้รับผลกระทบจากสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

4. **การวิเคราะห์ข้อมูล**

1. การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก (major stakeholder analysis)

1.1 นำผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน มาจำแนกออกเป็นหมวดหมู่ตามเกณฑ์อาชีพ ดัง Figure 1

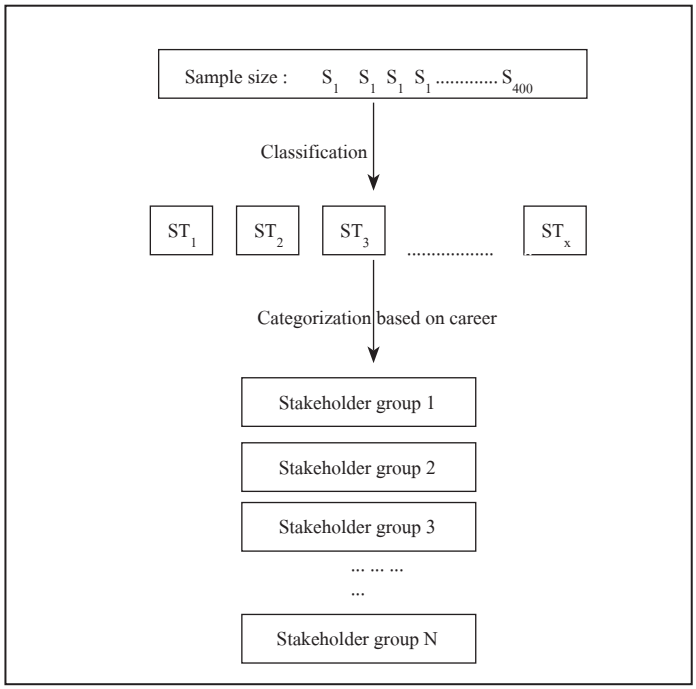


Figure 1 Classification of the sample.

1.2 ทำการวิเคราะห์หาผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก โดยการวิเคราะห์ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ย (weighted mean score; WMS) ของเงื่อนไข 4 ประการ ได้แก่ จำนวนผลประโยชน์/ผลกระทบ (number of stake: NS), ระยะเวลาการได้รับผลประโยชน์/ผลกระทบ (duration of stake holding; DS), ระดับการพึ่งพา (degree of dependency; DD) และระดับการมีส่วนร่วม (degree of accountability; DA) หากผลรวมคะแนนทั้ง 4 เงื่อนไขมากกว่าหรือเท่ากับ 13.33 ซึ่งเป็นค่าคะแนน 2 ใน 3 ของคะแนนเต็มที่มีค่า 20 จะถือว่าเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก โดยมีสูตรการวิเคราะห์ตามวิธีการของ Sunthornhao (2008) modified from Sargento (1995) ดังTable 1

Table 1 Major stakeholder formula.

ITEM	WMS_{NS}	WMS_{DS}		WMS_{DD}		WMS_{DA}	
	$\frac{\sum FS_t * 5}{n_i * TNS_t}$	$\sum_{(i=1)}^{5}\left[\frac{FDS_i * PS_i}{n_i}\right]$		$\sum_{(i=1)}^{5}\left[\frac{FDD_i * PS_i}{n_i}\right]$		$\sum_{(i=1)}^{5}\left[\frac{FDA_i * PS_i}{n_i}\right]$	
		DS_i(Year)	PS_i	DD_i	PS_i	DA_i	PS_i
		1-5	1	Very low	1	None	1
		6-10	2	Low	2	Have a plan, but never offer	2
		11-15	3	Moderate	3	Offer a plan, but never practice	3
		16-20	4	High	4	Never proposed a plan, but practice.	4
		20	5	Very High	5	Plan and implement	5
MaST	$TWMS = WMS_{NS} + WMS_{DS} + WMS_{DD} + WMS_{DA} \geq 13.33$ = Major Stakeholder (13.33 = 2/3 of the sum of highest score)						

โดยที่สูตรการวิเคราะห์มีการแทนค่าตัวแปรต่างๆ ดัง Table 2

Table 2 Meaning of variable of stakeholder formula.

Variable	Meaning	Variable	Meaning
FSt	Frequency of stake	FDA_i	Frequency of degree of accountability
FDS_i	Frequency of duration of stake holding	PS_i	Point scale
FDD_i	Frequency of degree of dependency	TNSt	Total Benefit / Impact
n_i	Number of interviewers		

2. การวิเคราะห์ผลประโยชน์/ผลกระทบหลัก (common stake/impact analysis)

ทำการจัดกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย จากนั้นจึงวิเคราะห์ความถี่ของผลประโยชน์/ผลกระทบแต่ละประเภทในแต่ละกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย พร้อมกับนำผลการศึกษาที่ได้จัดทำตารางแสดงการเรียงลำดับความสำคัญ(ranking) เพื่อแสดงถึงผลประโยชน์/ผลกระทบที่ผกผันกัน

3. จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการพัฒนาแนวทางการจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ให้เกิดการจัดการแบบพหุภาคีจากผลการศึกษาผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในฐานะผู้มาเยือน และผลประโยชน์หลักที่เกิดขึ้น

ผลและวิจารณ์

1. การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก

1.1 การระบุและจัดกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย

จากการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 400 คน สามารถจำแนกผู้มีส่วนได้ส่วนเสียตามเกณฑ์การประกอบอาชีพดัง Figure 1

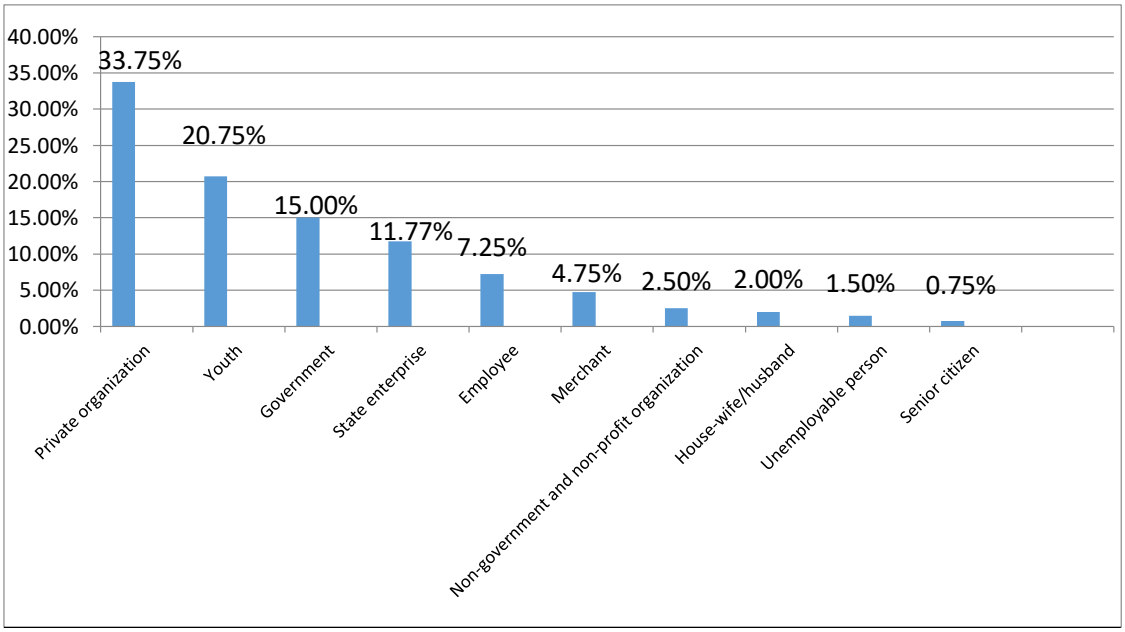


Figure 2 Proportion of Stakeholder.

จากผลการศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้งสิ้น 400 ตัวอย่าง สามารถเรียงลำดับจำนวนสมาชิกในกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในฐานะผู้มาเยือนทั้ง 10 กลุ่มตามเกณฑ์การประกอบอาชีพ ได้ดังนี้คือเอกชน 135 คน (33.75%) เยาวชน 83 คน (20.75%) รัฐ 60 คน (15.00%) รัฐวิสาหกิจ 47 คน (11.77%) ลูกจ้าง 29 คน (7.25%) ค้าขาย 19 คน (4.75%) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร 10 คน (2.50%) พ่อบ้าน-แม่บ้าน 8 คน (2.00%) ว่างงาน 6 คน (1.50%) ผู้สูงอายุ 3 คน (0.75%)

1.2 ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละเงื่อนไข

1.2.1 จำนวนผลประโยชน์/ผลกระทบ (number of stake:NS)

จากการศึกษาพบว่า จำนวนผลประโยชน์/ผลกระทบ และการใช้ประโยชน์ของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเท่ากับ 10 รูปแบบ ผลการศึกษาค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของจำนวนผลประโยชน์ (WMS_{NS}) สามารถเรียงลำดับจากมากไปหาน้อยคือ รัฐ (1.97) เอกชน (1.09) ค้าขาย (0.68) รัฐวิสาหกิจ (0.67) ลูกจ้าง (0.67) ว่างงาน (0.66) เยาวชน(0.63) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (0.55) พ่อบ้าน/แม่บ้าน (0.56) ผู้สูงอายุ (0.50) ตามลำดับ แต่ละกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีการกระจายความถี่ของผลประโยชน์ที่ค่อนข้างแตกต่างกัน กลุ่มอาชีพรัฐมีค่าการกระจายความถี่ในทุกรูปแบบของผลประโยชน์ทั้ง 10 รูปแบบ เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีสมาชิกจำนวนมากและหลากหลายบริบท ทั้งอายุ การศึกษา และสังกัด ส่งผลให้มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยสูงที่สุด กลุ่มที่สองคือกลุ่มเอกชนมีการกระจายความถี่ของผลประโยชน์ใน 9 รูปแบบจากทั้งหมด 10 รูปแบบ เนื่องจากกลุ่มเอกชนคืออีกกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีสมาชิกในกลุ่มเป็นจำนวนมากจึงเกิดการใช้ประโยชน์ที่หลากหลายและแตกต่างกันส่วนกลุ่มที่มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเป็นกลุ่มสุดท้ายคือกลุ่มผู้สูงอายุมีค่าคะแนนคือ 0.10 เนื่องจากกลุ่มนี้มีสมาชิกน้อยและมีการเข้ามาใช้ประโยชน์เฉพาะอย่างเท่านั้น

1.2.2 ระยะเวลาการได้รับผลประโยชน์ (time period of stakeholding:DS)

ระยะเวลาจากการได้รับผลประโยชน์จากการเข้ามาใช้บริการ รวมถึงการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสวนศรีนครเขื่อนขันธ์แบ่งเป็น 5 ช่วงได้แก่ น้อยกว่า

5 ปี ช่วงเวลา 5-10 ปี ช่วงเวลา 11-15 ปี ช่วงเวลา 16-20 ปี และช่วงเวลามากกว่า 20 ปี จากผลการศึกษาพบว่า หากเรียงลำดับค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของระยะเวลาการได้รับผลประโยชน์จากมากไปหาน้อยที่สุด ผลคือ รัฐ (1.29) ค้าขาย (1.15) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (1.1) ลูกจ้าง (1.06) เยาวชน (1.01) และอันดับสุดท้ายมีห้ากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากัน คือ พ่อบ้าน-แม่บ้าน (1) ว่างงาน (1) เอกชน (1) รัฐวิสาหกิจ (1) ผู้สูงอายุ (1) ตามลำดับ เนื่องจากกลุ่มรัฐมีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่แห่งนี้ในระยะแรกของการสร้างสวนสาธารณะเป็นพื้นที่การทำงาน จึงทำให้คะแนนสูงกว่ากลุ่มอื่น รองลงมาอันดับสองคือกลุ่มค้าขาย เนื่องจากเมื่อสวนสาธารณะเริ่มมีการปรับปรุง จึงเกิดพื้นที่สำหรับการประกอบอาชีพของกลุ่มนี้ ส่วนกลุ่มที่มีค่าคะแนนน้อยที่สุดเป็นลำดับสุดท้ายพบว่ามีคะแนนเท่ากันคือ พ่อบ้าน/แม่บ้าน กลุ่มคนว่างงาน เอกชน รัฐวิสาหกิจ และผู้สูงอายุ ซึ่งคือกลุ่มที่เพิ่งเริ่มเข้ามาใช้ประโยชน์ในพื้นที่แห่งนี้เป็นระยะเวลาไม่นานนัก

1.2.3 ระดับการพึ่งพิง (degree of dependency: DD)

ระดับการพึ่งพิงของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียเป็นค่าคะแนนที่แสดงถึงการตระหนักต่อการมีอยู่ของพื้นที่แห่งนี้ว่ากลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีความรู้สึกอย่างไร หากพื้นที่แห่งนี้ถูกยกเลิก ถูกทำลาย หรืออยู่ในสภาวะที่ไม่ดี อันเป็นผลจากระบบการจัดการดูแลของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยมีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยจากมากที่สุดไปน้อยที่สุดดังนี้ รัฐ (4.97) ค้าขาย (4.2) รัฐวิสาหกิจ (3.84) เอกชน (3.88) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (3.80) ลูกจ้าง (3.53) ผู้สูงอายุ (3.00) พ่อบ้าน-แม่บ้าน (3.00) ว่างงาน (2.99) เยาวชน (2.49) ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มอาชีพรัฐมีค่าคะแนนสูงที่สุดคือ 4.97 แสดงถึงการตระหนักเห็นคุณค่าของพื้นที่นี้ว่าอยู่ในระดับที่สูงมาก ส่วนกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอันดับรองลงมาคือกลุ่มค้าขาย มีค่าคะแนนคือ 4.2 ชี้ให้เห็นถึงการตระหนักในคุณค่าของพื้นที่แห่งนี้ในระดับที่สูงเช่นเดียวกัน เนื่องจากเมื่อสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เริ่มมีการปรับปรุงและมีผู้เข้ามาใช้บริการเพิ่มขึ้น พื้นที่แห่งนี้จึงเป็นพื้นที่ประกอบอาชีพของกลุ่มค้าขาย ดังนั้นจึงส่งผลกระทบต่อผู้มีส่วนได้ส่วนเสียกลุ่มนี้ในระดับสูง หากสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ถูกยกเลิก ถูกทำลาย หรือไม่พร้อมที่จะรองรับผู้เข้ามาใช้ประโยชน์ จนทำให้รายได้หลักของกลุ่มค้าขายลดลงถัดมาคือรัฐวิสาหกิจ (3.84) เอกชน(3.88) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (3.65) และลูกจ้าง (3.53) ซึ่งมีค่าคะแนนในระดับปานกลาง หากมีการทำลายหรือการจัดการที่ไม่ดีเกิดขึ้นก็ยังคงตื่นตัวแต่อาจไม่ได้รับผลกระทบโดยตรงอย่างรุนแรง ลำดับถัดมาคือกลุ่มผู้สูงอายุ (3.00) พ่อบ้าน-แม่บ้าน (3.00) ว่างงาน (2.99) และเยาวชน (2.49) จะเห็นได้ว่ากลุ่มเยาวชนมีค่าคะแนนต่ำที่สุดในกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้งหมด ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการตระหนักเห็นความสำคัญของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ในระดับที่ต่ำกว่ากลุ่มอื่นๆ

1.2.4 ระดับการมีส่วนร่วม (degree of accountability: DA)

การศึกษาในหัวข้อนี้แสดงให้เห็นถึงบทบาทของแต่ละกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียว่ามีส่วนร่วมในการจัดการสวนสาธารณะแห่งนี้ในระดับใด ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยของระดับการมีส่วนร่วม คือ รัฐ (4.74) ค้าขาย (3.62) รัฐวิสาหกิจ(3.49) เอกชน (3.92) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (3.60) ลูกจ้าง(2.11) ผู้สูงอายุ (1.00) พ่อบ้าน-แม่บ้าน (2.75)ว่างงาน (2.49) เยาวชน (1.32) ตามลำดับ กลุ่มอาชีพรัฐที่มีค่าคะแนนสูงที่สุดคือ 4.80 ซึ่งแสดงถึงกลุ่มรัฐมีการเสนอแผน/แนะนำ/ให้คำปรึกษา รวมถึงมีการเข้าร่วมปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์มากกว่ากลุ่มอื่นๆ รองลงมาคือกลุ่มเอกชนที่มีค่าคะแนนคือ 3.92 ซึ่งปัจจุบันกลุ่มเอกชนคือกลุ่มสำคัญที่เข้ามาทำกิจกรรมพัฒนาพื้นที่แห่งนี้เนื่องจากการตื่นตัวถึงความสำคัญของพื้นที่สีเขียวในเมือง ทำให้บริษัทเอกชนส่วน

ใหญ่เลือกสวนศรีนครเขื่อนขันธ์เป็นพื้นที่ในการทำกิจกรรมตอบแทนสังคมเป็นอันดับต้นๆ โดยกิจกรรมที่นิยมได้แก่การปลูกต้นไม้

ค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยทั้ง 4 เงื่อนไขสามารถแสดงได้ดัง Figure 3

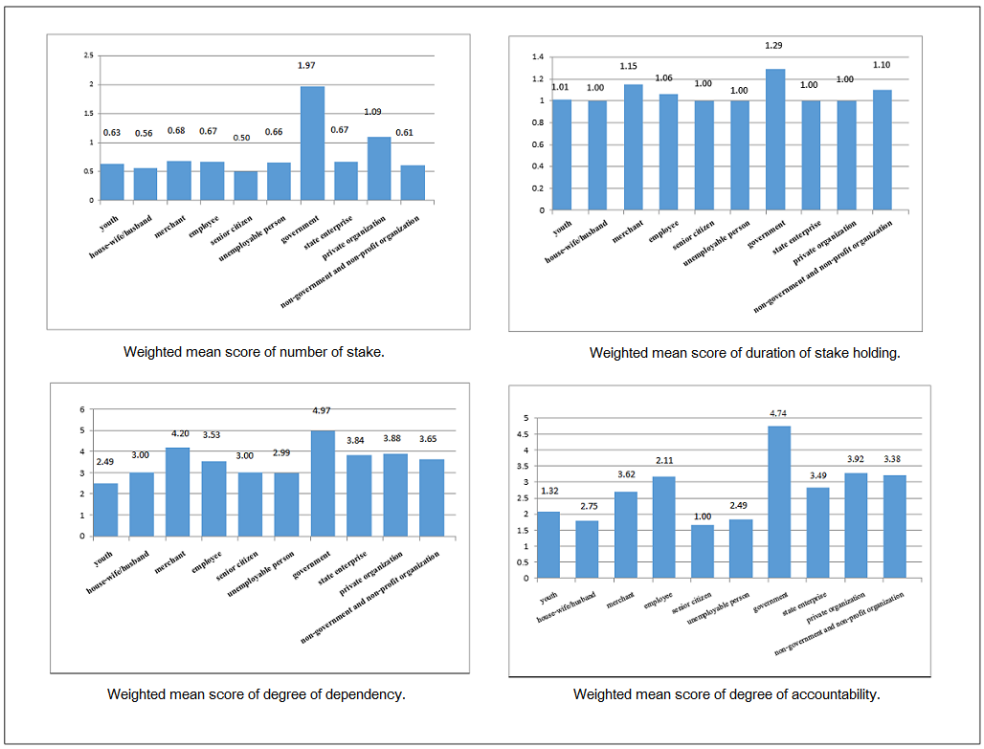


Figure 3 Weighted Mean score of Four Criteria of all group of Stakeholder.

1.3 การวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

ทำการวิเคราะห์ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักโดยพิจารณาจากผลรวมของค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยทั้ง 4 เงื่อนไขหากมีค่าคะแนนเท่ากับหรือมากกว่า 13.33 ให้ถือว่าเป็นผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก ผลการศึกษาพบว่ามีกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลัก 1 กลุ่มจากทั้งหมด 10 กลุ่มคือ “กลุ่มอาชีพรัฐ” โดยมีผลรวมค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ย คือ 13.56 ส่วนกลุ่มที่เหลือสามารถเรียงลำดับตามผลคะแนนได้ดังนี้คือ เอกชน (9.89) ค้าขาย (9.10) รัฐวิสาหกิจ (8.46) พนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (8.25) พ่อบ้าน-แม่บ้าน (6.86) ลูกจ้าง (6.83) ว่างงาน (6.62) ผู้สูงอายุ (5.10) และเยาวชน (4.94) ตามลำดับ Table 3

Table 3 Total weighted mean score of stakeholder (TWMS).

Stakeholders	Sample size	Weighted mean score each 4 condition: Number of stake (WMS_{NS})	Duration of stake holding (WMS_{DS})	Degree of dependency (WMS_{DD})	Degree of accountability (WMS_{DA})	Total weighted mean score (TWMS)
1. Youth	83	0.12	1.01	2.49	1.32	4.94
2. House-wife/husband	8	0.11	1.00	3.00	2.75	6.86
3. Merchant	19	0.13	1.15	4.20	3.62	9.10
4. Employee	29	0.13	1.06	3.53	2.11	6.83
5. Senior citizen	3	0.10	1.00	3.00	1.00	5.10
6. Unemployable person	6	0.13	1.00	2.99	2.49	6.62
7. Government	58	2.04	1.22	5.50	4.80	13.56
8. State enterprise	47	0.13	1.00	3.84	3.49	8.46
9. Private organization	135	1.09	1.00	3.88	3.92	9.89
10. Non-government and non-profit organization	10	0.55	1.10	3.80	3.60	9.05
Total	400					

2. ผลประโยชน์/ผลกระทบหลัก

2.1 การจัดหมวดหมู่ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียจากผลการศึกษาจาก 10 กลุ่มเป็น 5 กลุ่มเพื่อง่ายต่อการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ระหว่างผลประโยชน์/ผลกระทบต่อกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียดังนี้ คือ กลุ่มประชาชนทั่วไป (people organization: PO) ได้แก่ นักเรียนนักศึกษา พ่อบ้าน-แม่บ้าน ค้าขาย ลูกจ้าง ผู้สูงอายุ ว่างงาน กลุ่มอาชีพรัฐ(government organization: GO) ได้แก่ ข้าราชการ/พนักงานรัฐ กลุ่มรัฐอาชีพวิสาหกิจ(state enterprise: SE) ได้แก่ พนักงานรัฐวิสาหกิจ กลุ่มเอกชน(private Sector: PS) ได้แก่ บริษัทเอกชน ธุรกิจส่วนตัว และกลุ่มอาชีพพนักงานองค์กรที่ไม่ใช่รัฐและไม่แสวงหาผลกำไร (non-government and non-profit organization: NGO)

2.2 การจัดลำดับความสำคัญของผลประโยชน์หลักจากผลการศึกษาพบว่าผลประโยชน์/ผลกระทบที่เกิดขึ้นนั้นมีทั้งหมด 10 รูปแบบ ซึ่งสามารถเรียงลำดับร้อยละของผลประโยชน์/ผลกระทบจากกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียแต่ละกลุ่มดังนี้ นันทนาการ 83.45%, ออกกำลังกาย 46.61%, กิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม 22.55%, สถานที่ทำงาน 14.78%, ธุรกิจการท่องเที่ยว 7.51%, วิจัย/ทัศนศึกษา 6.76%, การปฏิบัติธรรม/สมาธิ 6.01%, ออกบูธ/ค้าขาย/บริการ 5.26%, การให้คำปรึกษาด้านนโยบาย 4.01% และการปรับปรุงภูมิทัศน์ 3.00% ซึ่งสามารถแจกแจงค่าความถี่ของการได้รับผลประโยชน์/ผลกระทบของแต่ละกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียได้ดัง Table 4

Table 4 Frequency and ranking of stake of each stakeholder group at Sri Nakhon Khuean Khan Park.

No	Stake	Frequency of stake					Ranking of stake					Percentage of stake	Final ranking
		PO	GO	SE	PS	NGO	PO	GO	SE	PS	NGO		
1	Recreation	115	58	43	110	7	1	1	1	1	1	83.45	1
2	Physical exercise	24	57	14	89	2	3	2	2	2	2	46.61	2
3	Research	2	19	2	2	2	7	5	4	7	2	6.76	6
4	Environmental Conservation activities	5	40	3	42	0	6	3	3	3	3	22.55	3
5	Trade	6	3	0	12	0	5	9	6	5	3	5.26	8
6	Travel business	0	5	0	25	0	8	8	6	4	3	7.51	5
7	Working place	25	22	0	12	0	2	4	6	5	3	14.78	4
8	Policy consultation	0	11	1	4	0	8	7	5	6	3	4.01	9
9	Improve the landscape	7	5	0	0	0	4	8	6	9	3	3.00	10
10	Meditation	6	17	0	1	0	5	6	6	8	3	6.01	7

Remarks: PO=People Organization GO=Government Organization SE= State Enterprise PS=Private Sector NGO=Non-Governmentand non-profit Organization

เมื่อนำผลประโยชน์/ผลกระทบมาจัดเรียงลำดับเพื่อดูปฏิสัมพันธ์ที่มีการแปรผันในกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทั้ง 5 กลุ่มพบว่ามีผลประโยชน์ร่วมจากการมาใช้สวนศรีนครเขื่อนขันธ์อันดับที่ 1 คือด้านนันทนาการเพราะมีค่าคะแนนความถี่เป็นอันดับที่ 1 ในทุกกลุ่ม ผลประโยชน์ร่วมอันดับที่สองคือการออกกำลังกายที่กลุ่ม GO, SE, PS และNGO มีร่วมกัน กลุ่ม GO, SE, PS และ NGO มีผลประโยชน์ร่วมกัน อันดับสามคือกิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมซึ่งผลของปฏิสัมพันธ์ของผลประโยชน์ที่เกิดขึ้นในแต่ละกลุ่มนั้นแสดงดัง Table 5

Table 5 Interaction between stakeholders and stake ranking at Sri Nakhon Khuean Khan Park.

Stake-holder	Ranking of each stakeholder				
	1	2	3	4	5
PO	Recreation	Working place	Physical exercise	Improve the landscape	Trade, Meditation
GO	Recreation	Physical exercise	Environmental conservation activities	Working place	Research
SE	Recreation	Physical exercise	Environmental conservation activities	Research	Policy consultant
PS	Recreation	Physical exercise	Environmental conservation activities	Travel business	Trade
NGO	Recreation	Physical exercise,Research	Environmental conservation activities,Trade, Travel business		

สรุป

1. ผลการศึกษาพบว่า ผู้มีส่วนได้ส่วนเสียหลักต่อสวนศรีนครเขื่อนขันธ์คือกลุ่มอาชีพรัฐซึ่งมีค่าผลรวมคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยทั้ง 4 เงื่อนไขคือ 13.56 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์คือ 13.33 และยังมีค่าคะแนนถ่วงน้ำหนักเฉลี่ยระดับการมีส่วนร่วมที่ 4.80 ซึ่งสูงกว่ากลุ่มอื่นๆ ชี้ให้เห็นว่ากลุ่มอาชีพรัฐเป็นกลุ่มที่มีอิทธิพลหลัก สามารถสร้างแรงจูงใจหรือดึงดูดให้เข้ามาทำกิจกรรมของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์แห่งนี้มากกว่ากลุ่มอื่น ซึ่งสอดคล้องกับ (Sunthornhao, 2009) ที่กล่าวว่าจะมีเพียงบางกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่โดดเด่นและสามารถเป็นกลุ่มหลักในการวางแผนการจัดการได้

2. กลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีผลประโยชน์ร่วมที่ทุกกลุ่มให้ความสำคัญเป็นอันดับแรกคือ “นันทนาการ” มีค่าคะแนนร้อยละสูงที่สุดในกลุ่มผลประโยชน์/ผลกระทบทั้งหมดคือร้อยละ 38.84 รองลงมาได้แก่ การออกกำลังกาย, กิจกรรมอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม, สถานที่ทำงาน, ธุรกิจการท่องเที่ยว, วิจัย/ทัศนศึกษา, การปฏิบัติธรรม/สมาธิ, ออกบูธ/ค้าขาย/บริการ, การให้คำปรึกษาด้านนโยบายและการปรับปรุงภูมิทัศน์ ผลการวิจัยมีความสอดคล้องกับ คะนึงนิจ (2546) ที่พบว่า ความคิดเห็นของประชาชนที่มีต่อสวนพฤกษชาติคลองจั่นในด้านการใช้ประโยชน์นั้น ร้อยละ 45.50 ให้ความสำคัญกับผลประโยชน์ด้านนันทนาการ ซึ่งเป็นค่าคะแนนที่สูงกว่าผลประโยชน์กลุ่มอื่น

3. เงื่อนไข 4 ประการอันได้แก่ จำนวนผลประโยชน์/ผลกระทบ ระยะเวลาการได้รับผลประโยชน์/ผลกระทบ ระดับการพึ่งพา และระดับการมีส่วนร่วม สามารถระบุความแตกต่างของกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียโดยจำแนกกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียออกเป็นกลุ่มหลักและรองได้

งานวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะแนวทางในการจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์คือ

1. ควรวางแผนการจัดการที่ให้ความสำคัญกับกลุ่มอาชีพรัฐเป็นหลัก เนื่องจากเป็นกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีอิทธิพลสูง ที่สามารถผลักดันกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ได้เป็นอย่างดี หลังจากนั้นจึงวางแผนการจัดการโดยขยายผลไปยังกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียอื่นๆ ซึ่งเป็นกลุ่มรอง

2. ทุกกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียมีผลประโยชน์ร่วมกันคือการใช้ประโยชน์ทางด้าน “นันทนาการ” ซึ่งเป็นความต้องการและความคาดหวังหลักที่มีต่อสวนสาธารณะและสวนพฤกษชาติศรีนครเขื่อนขันธ์ จึงควรยึดผลประโยชน์ด้านนันทนาการในการชักจูงทุกกลุ่มผู้มีส่วนได้ส่วนเสียในฐานะผู้มาเยือนให้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการจัดการสวนศรีนครเขื่อนขันธ์ในด้านอื่นๆ ต่อไป เช่นการจัดการด้านทรัพยากรทางธรรมชาติภายในสวนศรีนครเขื่อนขันธ์

3. ควรมีการประชาสัมพันธ์เพื่อกระจายข่าวสารต่างๆ ของสวนศรีนครเขื่อนขันธ์โดยช่องทางการสื่อสารที่หลากหลาย เพื่อให้เข้าถึงผู้มีส่วนได้ส่วนเสียทุกกลุ่ม รวมถึงควรมีการวัดและการเฝ้าติดตามความพึงพอใจของผู้มีส่วนได้เสียแต่ละกลุ่มอย่างสม่ำเสมอเพื่อนำความคิดเห็นไปพัฒนาการจัดการให้เป็นรูปธรรมต่อไป

REFERENCES

Jindarak, P. 2016. **Community Tourism and Participation in Conservation of Green Areas in Bang Krachao Sub-district and Bang Nam Phueng Subdistrict, Phra Pradaeng District, Samut Prakan Province.** M.S.'s Thesis, Kasetsart University.

Khuean Khan Green Area Management Center. 2015. **Document Summary of the City Central Park Project.** Seedling Nursery Part, Bureau of Forest Promotion, Royal Forest Department. Bangkok.

Andrew, T. 2012. Development and testing of a community stakeholder park audit tool.

American Journal of Preventive Medicine.42 (3): 242-249

Sargento, O.J. 1995. **Participatory of Major Stakeholder in the Conversation of the Makiling Forest Reserve**, Ph.D. Thesis.University of the Philippines, Los Banos

Sunthornhao, P. 2008. **Participatory Land Allocation in Huai Dau Watershed, Nong Phok District, Roi Et Province, Thailand as a Forestry Extension Management Tool.** Ph.D. Thesis. University of the Philippines, Los Banos

Sunthornhao, P. 2009. **Interaction among stakeholder representatives and their stakes in participatory forest resources management**. Thai J. For.28(1) : 82-95

Cochran, W.G.1953. **Sampling Techniques.** John Wiley & Son.Inc, New York.

นิพนธ์ต้นฉบับ

ความหลากหลายของพืชในระบบวนเกษตรและความมั่นคงทางอาหารของชุมชนตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่

Plant Diversity in Agroforestry System and Food Security of Community in Mae Tha Sub-District, Mae On District, Chiang Mai Province

พงษ์พิชัย กลัดวัง* **Pongpichai Kladwang***
สุรินทร์ อ้นพรม **Surin Onprom**
วิพักตร์ จินตนา **Vipak Jintana**

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand
*Corresponding Auther, E-mail: pongpichaikladwang@hotmail.com

รับต้นฉบับ 28 มิถุนายน 2561 รับแก้ไข 23 กรกฎาคม 2561 รับลงพิมพ์ 31 กรกฎาคม 2561

ABSTRACT

Agro-forestry is a land use practices that are intentional combined trees with crops and or livestock. The agro-forestry system would contribute to conserve, restore forest resources and help to enhance biodiversity as well as to stabilize the natural and environmental ecosystem. This research aimed at studying plant diversity and potential role of agro-forestry system in household food security. The study was conducted in the Community Land Allocation Project of Chiang Mai province using household interviews and biodiversity assessment at plot level.

The study found that there were 243 plant species in the agro-forestry system. These included 144 woody perennial tree species and 99 species of agricultural crops. The woody perennial tree species can be classified into 5 groups that were trees (77 species), fruit trees (26 species), shrub (27 species), palm and rattan (7 species) and bamboo (7 species). Diversity index of woody perennial tree species was 2.99. In addition, the research revealed the potential role of agro-forestry system in 4 aspects that were source of food, source of fuel wood, creating suitable environment for cropping and source of family income. It was found that there were 163 woody perennial tree species can provide food products of family, 87 species of tree species for fuel wood, 9 species of nitrogen fixing tree species and average family income earned from agro-forestry was 112,942 baht per year.

Keywords: Agroforestry, Biodiversity, Food tree, Food security

บทคัดย่อ

ระบบวนเกษตรเป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ผสมผสานองค์ประกอบระหว่างไม้ยืนต้นกับพืชเกษตร และหรือปศุสัตว์ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยอนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ และช่วยเพิ่มพูนความหลากหลายทางชีวภาพ และคงความสมดุลของธรรมชาติและสภาพแวดล้อม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืช และวิเคราะห์ศักยภาพของระบบวนเกษตรต่อความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือน โดยเลือกศึกษาระบบวนเกษตรในพื้นที่โครงการจัดที่ดินทำกินให้กับชุมชน จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 59 ครัวเรือน ด้วยการสัมภาษณ์รายครัวเรือนร่วมกับการสำรวจความหลากหลายของชนิดพันธุ์พืชในแปลงวนเกษตร

จากการศึกษา พบชนิดพันธุ์พืชในระบบวนเกษตร ทั้งสิ้น 243 ชนิด ประกอบด้วย พืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้ 144 ชนิด และพืชเกษตร จำนวน 99 ชนิด สำหรับพืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้ จำแนกเป็น ไม้ป่า 77 ชนิด ไม้ผล 26 ชนิด ไม้พุ่ม 27 ชนิด ปาล์มและหวาย 7 ชนิด ไผ่ 7 ชนิด ดัชนีความหลากหลายของพืชอายุยืนยาว เท่ากับ 2.99 ระบบวนเกษตรมีศักยภาพต่อความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือนใน 4 ด้าน ได้แก่ การเป็นแหล่งพืชอาหาร แหล่งไม้เชื้อเพลิง สร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเพาะปลูก และสร้างรายได้ให้กับครัวเรือน พบว่า มีชนิดพืชที่สามารถเป็นอาหารของครัวเรือนทั้งสิ้น 163 ชนิด ไม้เชื้อเพลิง 87 ชนิด พืชที่สามารถตรึงไนโตรเจน 9 ชนิด และเกษตรกรที่ทำวนเกษตรมีรายได้เฉลี่ย เท่ากับ 112,942 บาทต่อครัวเรือนต่อปี

คำสำคัญ: วนเกษตร ความหลากหลายทางชีวภาพ พืชอาหาร ความมั่นคงทางอาหาร

คำนำ

วนเกษตร (Agro-forestry) เป็นรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ผสมผสานองค์ประกอบระหว่างไม้ยืนต้นกับพืชเกษตรและหรือปศุสัตว์ซึ่งเป็นระบบที่ช่วยอนุรักษ์ ฟื้นฟูทรัพยากรป่าไม้ และช่วยเพิ่มพูนความหลากหลายทางชีวภาพ และคงความสมดุลของธรรมชาติและสภาพแวดล้อมได้ (Jamroenprucksa and Khlangsap, 1998; Jintana, 2007) นอกจากนี้ ระบบวนเกษตรยังช่วยสร้างรายได้ของครัวเรือนและเพิ่มความมั่นคงทางอาหารให้กับชุมชน (Preechapany *et al.* 2003; Thailand Environment Institute, 2011) องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ ได้นิยามคำว่าความมั่นคงอาหาร ว่าหมายถึงการที่ประชาชนมีปริมาณอาหารเพื่อการบริโภคที่เพียงพอ มีความหลากหลายของประเภทอาหารที่ได้รับ และอาหารนั้นมีคุณค่าทางโภชนาการและความสะอาดปลอดภัย รวมทั้งประชาชนสามารถเข้าถึงอาหารอันเกิดจากระบบการกระจายอย่างทั่วถึงและมีเสถียรภาพ (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006) ทั้งนี้ การสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพส่งผลกระทบต่อความมั่นคงทางอาหารของมนุษย์ เพราะอาหารทั้งหมดที่มนุษย์บริโภคได้มาจากพืชและสัตว์ในระบบธรรมชาติ หรือมนุษย์นำมาเพาะเลี้ยงในด้านการเกษตร และการที่จะเกิดความมั่นคงทางอาหารได้นั้นจะต้องมีฐานทรัพยากรที่เป็นจุดเริ่มต้นของระบบการผลิตอาหาร ในแง่นี้ การทำวนเกษตรของเกษตรกรจึงมีความสำคัญต่อระดับความมั่นคงทางอาหารของชุมชนท้องถิ่น เพราะเกษตรกรสามารถผลิตและเข้าถึงอาหารได้อย่างมีเสถียรภาพแม้ในยามที่ต้องเผชิญกับภาวะวิกฤตจากการเปลี่ยนแปลงทั้งทางเศรษฐกิจ และสิ่งแวดล้อม

ชุมชนแม่ทาตั้งอยู่ที่ตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ เป็นชุมชนดั้งเดิมตั้งถิ่นฐานในบริเวณที่ราบหุบเขา ประกอบด้วย 7 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านทาม่อน หมู่ที่ 2 บ้านท่าข้าม หมู่ที่ 3 บ้านค้อกลาง หมู่ที่ 4 บ้านห้วยทราย หมู่ที่ 5 บ้านป่าน้อต หมู่ที่ 6 บ้านดอนชัย และหมู่ที่ 7 บ้านใหม่ดอนชัย ชุมชนริเริ่มและมีรูปแบบการจัดการทรัพยากรดิน น้ำ ป่าไม้มาตั้งแต่ พ.ศ. 2530

เริ่มจากการจัดตั้งป่าชุมชน สร้างระเบียบการดูแลจัดการใช้ประโยชน์จากป่า และชาวบ้านบางส่วนมีการทำเกษตรอินทรีย์ ต่อมาในปีพ.ศ. 2558 รัฐบาลมีนโยบายในการจัดที่ดินทำกินให้กับเกษตรกรผู้ยากไร้และเลือกชุมชนแม่ทาเป็นพื้นที่นำร่อง โดยนโยบายฯ ดังกล่าวมีการอนุญาตให้ชุมชนสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในรูปแบบกรรมสิทธิ์ร่วมหรือเป็นเจ้าของร่วมกันของสมาชิกชุมชน เป็นระยะเวลา 30 ปี มีการกำหนดเงื่อนไขของการอนุญาตและจัดสรรที่ดินทำกินคือ ห้ามซื้อขายหรือเปลี่ยนการถือครองแปลงที่ดิน (National Land Policy Committee, 2016) สำหรับแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อให้เกิดความยั่งยืนนั้น ทางรัฐบาลมีนโยบายให้เกษตรกรที่ได้รับอนุญาตและจัดสรรที่ดินมีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมโดยจะมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกษตรกรนำระบบวนเกษตรไปปรับประยุกต์ใช้

บทความนี้ นำเสนอผลการศึกษาสถานภาพการใช้ปรับใช้ระบบวนเกษตรของเกษตรกรในพื้นที่โครงการจัดที่ดินทำกินให้กับชุมชนในพื้นที่ตำบลแม่ทา จังหวัดเชียงใหม่ รวมถึงผลการวิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดพืชในระบบวนเกษตร และศักยภาพของความหลากหลายในระบบวนเกษตรต่อความมั่นคงทางอาหารของชุมชน

อุปกรณ์และวิธีการ

สถานที่ศึกษา

ชุมชนตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ สูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 520 เมตร เป็นพื้นราบระหว่างหุบเขาซึ่งเป็นภูเขาสูงไปทางทิศใต้ตลอดแนว ทางทิศตะวันออก ติดกับเขตจังหวัดลำปาง และทิศใต้ติดกับเขตจังหวัดลำพูน ครอบคลุมพื้นที่ 72,680 ไร่ ประชากรส่วนใหญ่มีอาชีพทางการเกษตร เช่น ปลูกข้าวโพด ทำสวนลำไย ปลูกพืชผัก เป็นต้น

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ เกษตรกรในพื้นที่โครงการจัดที่ดินทำกินให้กับชุมชนตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีการทำวนเกษตรในพื้นที่ จำนวน 59 ครัวเรือน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การรวบรวมข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 สัมภาษณ์รายครัวเรือนด้วยแบบสัมภาษณ์ จำนวน 59 ครัวเรือน และขั้นตอนที่ 2 สำรวจความหลากหลายของชนิดพืชในระบบวนเกษตร จำนวน 35 แปลง โดยนับจำนวนพืชทุกชนิดที่พบจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่ กลุ่มแรก พืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้ประกอบด้วย ไม้ป่า ไม้ผล ไม้พุ่ม ปาล์มและหวาย และไผ่ กลุ่มที่สอง พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย 1. การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสังคมศาสตร์ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย คะแนนสูงสุด และค่าคะแนนต่ำสุด 2. การวิเคราะห์ความหลากชนิดของพืชโดยแบ่งขนาดแปลงวนเกษตร ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มพื้นที่แปลงวนเกษตรขนาดน้อยกว่า 5 ไร่ ขนาด 5 – 10 ไร่ และขนาดมากกว่า 10 ไร่ 3. การวิเคราะห์บทบาทของระบบวนเกษตรต่อความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือน ครอบคลุม 4 ประเด็น ได้แก่ การผลิตอาหารของครัวเรือน การสร้างรายได้ของครัวเรือน แหล่งเชื้อเพลิงของครัวเรือน และการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเพาะปลูก 4. หาค่าดัชนีความหลากชนิดของพืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้ทั้งหมดโดยใช้สมการของ Shannon-Wiener (Washington, 1984) ดังนี้

$$H' = \sum_{i=1}^{s} (p_i)(\ln p_i)$$

เมื่อ H' = ดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener

Pi = อัตราส่วนของความมากมายของจำนวนตัวชนิดที่ i เทียบกับจำนวนทั้งหมด (N) เมื่อ i = 1, 2, 3,...,S

S = จำนวนชนิดที่พบในสังคม

ผลและวิจารณ์

สถานภาพทางเศรษฐกิจและการปรับใช้ระบบวนเกษตรในพื้นที่ศึกษา

จากการศึกษา พบเกษตรกรที่มีการทำวนเกษตรกรทั้งสิ้น 59 ครัวเรือน หรือคิดเป็นร้อยละ 5 ของเกษตรกรทั้งหมดในพื้นที่โครงการจัดที่ดินทำกินให้กับชุมชน พื้นที่รวมของระบบวนเกษตร เท่ากับ 263.16 ไร่ รายละเอียดแสดงใน Table 1

Table 1 Population and distribution of household who practiced agro-forestry system in each village.

Village no. and name	Total population (household)	No. of household practiced agro-forestry (%)
No. 1 Bantamon	212	16 (7.55%)
No. 2 Bantakam	149	7 (4.70%)
No. 3 Bankorglaang	114	4 (3.51%)
No. 4 Banhuaysaai	220	14 (6.36%)
No. 5 Banpaanod	106	9 (8.49%)
No. 6 Bandonchai	110	4 (3.64%)
No. 7 Banmaidonchai	121	5 (4.13%)
Total	1,032	59 (5%)

เกษตรกรที่ทำวนเกษตรกรมากที่สุด ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านทาม่อน จำนวน 16 ครัวเรือน (ร้อยละ 27.12) พื้นที่ 63.2 ไร่ รองลงมาได้แก่ หมู่ที่ 4 บ้านห้วยทราย 14 ครัวเรือน (ร้อยละ 23.73) พื้นที่ 33.3 ไร่ หมู่ที่ 5 บ้านป่านอต 9 ครัวเรือน (ร้อยละ 15.25) พื้นที่ 100.31 ไร่ หมู่ที่ 2 บ้านท่าข้าม จำนวน 7 ครัวเรือน (ร้อยละ 11.86) พื้นที่ 16.33 ไร่ หมู่ที่ 7 บ้านใหม่ 5 ครัวเรือน (ร้อยละ 8.47) พื้นที่ 14.84 ไร่ หมู่ที่ 6 บ้านดอนชัย 4 ครัวเรือน (ร้อยละ 6.78) พื้นที่ 24.31 ไร่ และหมู่ที่ 3 บ้านค้อกลาง 4 ครัวเรือน (ร้อยละ 6.78) พื้นที่ 10.87 ไร่ ตามลำดับ แสดงใน Figure 1

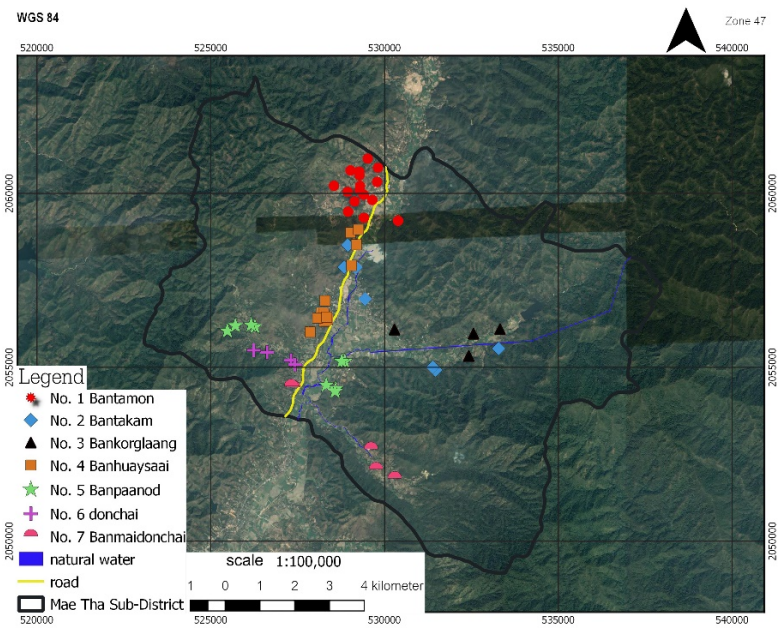


Figure 1 Location of agro-forestry plots in the studied area.

เกษตรกรถือครองที่ดินเฉลี่ยครอบครัวละ 8 ไร่ สามารถจำแนกขนาดการถือครองที่ดิน ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มแรก ถือครองที่ดินน้อยกว่า 5 ไร่ มีจำนวน 41 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 69.49 กลุ่มที่สอง ถือครองที่ดินตั้งแต่ 5 ไร่ แต่ไม่เกิน 10 ไร่ มีจำนวน 13 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 22.03 และกลุ่มที่สาม ถือครองที่ดินมากกว่า 10 ไร่ มีจำนวน 5 ครัวเรือน คิดเป็นร้อยละ 8.47 เกษตรกรมีรายได้เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 112,942 บาทต่อครัวเรือน มีเงินออมเฉลี่ยต่อครัวเรือน เท่ากับ 37,110 บาท มีหนี้สินเฉลี่ยต่อครัวเรือน เท่ากับ 106,625 บาท เมื่อพิจารณาสภาพทางเศรษฐกิจของครัวเรือนจำแนกตามขนาดการถือครองที่ดิน พบว่า กลุ่มที่ถือครองที่ดินน้อยกว่า 5 ไร่ มีรายได้เฉลี่ย เท่ากับ 107,766 บาทต่อปี มีเงินออมเฉลี่ย 30,534 บาท และมีหนี้สินเฉลี่ย 106,840 บาท กลุ่มที่สอง (ถือครองที่ดิน 5 – 10 ไร่) มีรายได้เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 113,283 บาท มีเงินออมเฉลี่ย 64,291 บาท และมีหนี้สินเฉลี่ย เท่ากับ 112,500 บาท สำหรับกลุ่มที่สาม (ถือครองที่ดินตั้งแต่ 10 ขึ้นไป) มีรายได้เฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 166,522 บาท มีเงินออมเฉลี่ย 19,400 บาทต่อครัวเรือน และมีหนี้สินเฉลี่ย เท่ากับ 89,167 บาท โดยรายละเอียดแสดงใน Table 2

เกษตรกรถือครองที่ดินขนาดแตกต่างกัน ซึ่งเกษตรกรที่ถือครองที่ดินตั้งแต่ 10 ไร่ ขึ้นไป คือผู้เริ่มทำวนเกษตรมาก่อนหลายปี จนกระทั่งแปลงวนเกษตรมีไม้ยืนต้นเพื่อให้ผลผลิตในระยะยาว กับพืชเกษตรและผักพื้นบ้านที่ให้ผลผลิตในระยะสั้น จึงทำให้มีรายได้เฉลี่ยต่อปีสูงกว่า เกษตรกรที่ถือครองที่ดิน 5 – 10 ไร่ และที่ดินน้อยกว่า 5 ไร่ แต่อย่างไรก็ตาม รายได้ เงินออม และหนี้สิน จากผลผลิตในระบบวนเกษตรก็ขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการแปลงวนเกษตร สภาพพื้นที่ทำกิน และการเลือกปลูกชนิดพืช เช่นกัน

นอกจากนี้ยังมีข้อคิดเห็นของเกษตรกรสำหรับการพัฒนาระบบวนเกษตรให้มีความหลากหลายของพืช คือความเหมาะสมของขนาดพื้นที่ในการเลือกชนิดปลูก รวมไปถึงพืชที่ให้ผลผลิตเพื่อการบริโภคและมีราคาสูงตามท้องตลาด สอดคล้องกับการศึกษาของ Onprom and Permpoon (2017) พบว่า เงื่อนไขในการตัดสินใจของเกษตรกรในการปลูกต้นไม้ร่วมกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในรูปแบบวนเกษตรมากที่สุด 3 เงื่อนไข คือ ปัจจัยตลาดรองรับผลผลิต ปัจจัยความมั่นคงในการถือครองที่ดินและปัจจัยความพร้อมด้านเงินลงทุน

Table 2 Economic status of farmers practiced agro-forestry categorized by land size.

Land size (Rai)	No. of Household (%)	Income (Baht/household/ year)	Saving (Baht/household)	Debt (Baht/household/ year)
< 5	41 (69.49%)	107,766	30,534	106,840
5 – 10	13 (22.03%)	113,283	64,291	112,500
> 10	5 (8.47%)	166,522	19,400	89,167
Total	59 (100%)	112,942	37,110	106,625

ความหลากชนิดของพืชในระบบวนเกษตร

จากการศึกษาพบพืชทั้งสิ้น 243 ชนิด ประกอบด้วยพืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้ จำนวน 144 ชนิด ซึ่งมากกว่าที่พบในพื้นที่สวนยางพาราระบบวนเกษตรในอำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา (Muangsan *et al.* 2017) ที่พบชนิดพันธุ์ไม้จำนวน 11 ชนิด และมากกว่าที่พบในพื้นที่วนเกษตรแบบสวนบ้าน บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี ที่พบจำนวน 58 ชนิด (Samphanpanich, 1994) ค่าดัชนีความหลากหลายของพืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้เท่ากับ 2.99 จำแนกเป็นไม้ป่า 77 ชนิด ไม้ผล 26 ชนิด

ไม้พุ่ม 27 ชนิด ปาล์มและหวาย 7 ชนิด และไผ่ 7 ชนิด พบพืชเกษตรและผักพื้นบ้าน จำนวน 99 ชนิด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ไม้ป่า (trees) เป็นไม้ใหญ่หรือไม้ยืนต้น มีลำต้นเป็นไม้เนื้อแข็งขนาดใหญ่ มีลำต้นหลักตั้งตรงต้นเดียวแล้วจึงแตกกิ่งก้านบริเวณยอด จากการศึกษาไม้ป่าที่พบมากที่สุดในระบบวนเกษตร 5 ชนิด ได้แก่ สัก (*Tectona grandis* L.f.) จามจุรี (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub. var. xylocarpa.) มะกอกป่า (*Spondias pinnata* (L.f.) Kurz.) และขี้เหล็ก (*Senna siamea* (Lam.) Irwin & Barneby.) ความถี่ เท่ากับ 28 13 13 11 และ 11 แปลง ตามลำดับ

2. ไม้ผล (fruit trees) คือ ต้นไม้ที่มีผลและสามารถนำมารับประทานได้ มีตั้งแต่ลำต้นขนาดเล็กไปจนถึงลำต้นขนาดใหญ่ ไม้ผลที่พบมากที่สุด 5 ชนิด ได้แก่ ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour. subsp. longan var. longan.) มะม่วง (*Mangifera indica* L.) กระท้อน (*Sandoricum koetjape* (Burm.f.) Merr.) มะขาม (*Tamarindus indica* L.) และขนุน (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) ความถี่ เท่ากับ 21 20 19 16 และ 14 แปลง ตามลำดับ

3. ไม้พุ่ม (shrub) ลำต้นมีเนื้อไม้แข็งแต่ขนาดเล็กกว่าไม้ป่า และมีลำต้นหลักหลายต้น มีกิ่งก้านสาขาบริเวณใกล้โคนต้น ลักษณะเป็นพุ่มสูงไม่เกิน 5 เมตร มีอายุหลายปี ไม้พุ่มที่พบมากที่สุด 5 ชนิด ได้แก่ เพกา (*Oroxylum indicum* (L.) Kurz.) มะนาว (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle.) มะกรูด(*Citrus hystrix* DC.) เสี้ยว (*Desmodium renifolium* (L.) Schindl. var. oblatum) และตะขบป่า (*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.) ความถี่ เท่ากับ 22 13 11 11 และ 7 แปลง ตามลำดับ

4. ปาล์มและหวาย (palm and rattan) ปาล์มลำต้นเป็นข้อ มีใบบนยอดเพียงที่เดียว ไม่แตกกิ่งก้าน มีก้านใบที่ยาวและใหญ่ หวาย เป็นพันธุ์ไม้เลื้อยหรือไม้รอเลื้อยตระกูลปาล์ม ลำเถาชอบพันเกาะต้นไม้ใหญ่ มีกาบหุ้มต้น และมีหนามแหลม ปาล์มและหวายที่พบมากที่สุด 5 ชนิด ได้แก่ มะพร้าว (*Cocos nucifera* L. var. Nucifera.) อินทผาลัม (*Phoenix dactylifera*.) เต่าร้าง (*Caryota bacsonensis* Magalon.) หมากแดง (*Cyrtostachys renda* Blume.) และระกำ (*Salacca wallichiana* C.Mart.) ความถี่ เท่ากับ 5 3 1 1 และ 1 แปลง ตามลำดับ

5. ไผ่ (bamboo) เป็นไม้ไม่ผลัดใบ ขึ้นเป็นกอ ลำต้นเป็นปล้องๆ ไผ่ที่พบมากที่สุด 5 ชนิด ได้แก่ ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble.) ไผ่ซาง (*Dendrocalamus strictus* (Roxb.) Nees.) ไผ่หวาน (*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch.) ไผ่บง (*Bambusa nutans* Wall.) และไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* (Munro) Munro.) ความถี่ เท่ากับ 15 9 7 7 และ 3 แปลง ตามลำดับ

6. พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน (agricultural and vegetables) ได้แก่กลุ่มพืชไร่ (agronomy หรือ field crop) ประกอบด้วยธัญพืชชนิดต่าง ๆ ถั่วที่ปลูกเอาเมล็ด พืชเส้นใยและพืชอาหารสัตว์ กลุ่มพืชหัว ที่มีรากหรือลำต้นใต้ดินใช้สะสมอาหาร กลุ่มพืชเกาะเกี่ยวหรือมีลักษณะเป็นเถาเลื้อยเกาะเกี่ยวกับต้นไม้ พืชเกษตรและผักพื้นบ้านพบมากที่สุด 5 ชนิด ได้แก่ กล้วย (*Musa sapientum* L.) พริกขี้หนู (*Capsicum frutescens* var. frutescens) ตะไคร้ (*Cymbopogon nardus* Rendle.) ชะอม (*Acacia pennata* (L.) Willd. subsp. insuavis (Lace) I.C.Nielsen.) และสับปะรด (*Ananas comosus* (L.) Merr.) รายละเอียดแสดงใน Table 3

Table 3 List of selected woody perennial tree species found in agro-forestry system.

Scientific name	Family	Frequency (no. of plot)
Trees		
Tectona grandis L.f.	LAMIACEAE	28
Samanea saman (Jacq.) Merr.	FABACEAE	13
Xylia xylocarpa (Roxb.) Taub. var. xylocarpa.	FABACEAE	13
Spondias pinnata (L.f.) Kurz.	ANACARDIACEAE	11
Senna siamea (Lam.) Irwin & Barneby.	FABACEAE	11
Fruit trees		
Dimocarpus longan Lour. subsp. longan var. longan.	SAPINDACEAE	21
Mangifera indica L.	ANACARDIACEAE	20
Sandoricum koetjape (Burm.f.) Merr.	MELIACEAE	19
Tamarindus indica L.	FABACEAE	16
Artocarpus heterophyllus Lam.	MORACEAE	14
Shrub		
Oroxylum indicum (L.) Kurz.	BIGNONIACEAE	22
Citrus aurantifolia (Christm.) Swingle.	RUTACEAE	13
Citrus hystrix DC.	RUTACEAE	11
Desmodium renifolium (L.) Schindl. var. oblatum	FABACEAE	11
Flacourtia indica (Burm.f.) Merr.	FLACOURTIACEAE	7
Palm and rattan		
Cocos nucifera L. var. Nucifera.	PALMAE	5
Phoenix dactylifera.	PALMAE	3
Caryota bacsonensis Magalon.	PALMAE	1
Cyrtostachys renda Blume.	PALMAE	1
Salacca wallichiana C.Mart.	PALMAE	1
Bamboo		
Thyrsostachys siamensis Gamble.	GRAMINEAE	15
Dendrocalamus strictus (Roxb.) Nees.	GRAMINEAE	9
Bambusa multiplex (Lour.) Raeusch.	GRAMINEAE	7
Bambusa nutans Wall.	GRAMINEAE	7
Gigantochloa albociliata (Munro) Munro.	GRAMINEAE	3
Agriculture and Vegetables		
Musa sapientum L.	MUSACEAE	29
Capsicum frutescens var. frutescens	SOLANACEAE	21
Cymbopogon nardus Rendle.	GRAMINEAE	20
Acacia pennata (L.) Willd. subsp. insuavis (Lace) I.C.Nielsen.	FABACEAE	19
Ananas comosus (L.) Merr.	BROMELIACEAE	19

ความหลากชนิดของพืชจำแนกตามขนาดการถือครองที่ดินของเกษตรกร พบว่าพื้นที่ขนาดเล็ก (น้อยกว่า 5 ไร่) พบพืชทั้งหมด 180 ชนิด ค่าดัชนีความหลากชนิดของไม้ยืนต้นที่ให้เนื้อไม้เท่ากับ 2.56 จำแนกเป็นไม้ป่า 45 ชนิด ไม้ผล 20 ชนิด ไม้พุ่ม 17 ชนิด ปาล์มและหวาย 1 ชนิด ไผ่ 5 ชนิด พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน 92 ชนิด ในขณะที่พื้นที่ขนาดกลาง (5 – 10 ไร่) พบพืชทั้งหมด ชนิด 155 ชนิด ค่าดัชนีความหลากชนิดของไม้ยืนต้นที่ให้เนื้อไม้ เท่ากับ 3.11 จำแนกเป็น ไม้ป่า 52 ชนิด ไม้ผล 18 ชนิด ไม้พุ่ม 20 ชนิด ไผ่ 5 ชนิด พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน 60 ชนิด สำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ตั้งแต่ 10 ไร่ขึ้นไป พบพืชทั้งหมด 144 ชนิด ค่าดัชนีความหลากหลายของพืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้เท่ากับ 2.73 จำแนกเป็น ไม้ป่า 40 ชนิด ไม้ผล 21 ชนิด ไม้พุ่ม 15 ชนิด ปาล์มและหวาย 6 ชนิด ไผ่ 4 ชนิด พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน 57 ชนิด รายละเอียดแสดงใน Table 4

Table 4 Plant diversity and diversity index of agro-forestry system categorized by land size.

Study area	Trees (SP.)	Fruit trees (SP.)	Shrub (SP.)	Palm and Rattan (SP.)	Bamboo (SP.)	Total (SP.)	Shannon Wiener Index	Agriculture and Vegetables (SP.)
< 5	45	20	17	1	5	88	2.56	92
5 – 10	52	18	20	0	5	95	3.11	60
> 10	40	21	15	6	4	86	2.73	57
Total	77	26	27	7	7	144	2.99	100

เมื่อพิจารณาพื้นที่ขนาดกลาง (5 – 10 ไร่) มีความหลากชนิดของไม้ยืนต้นที่ให้เนื้อไม้มากที่สุด นั้นก็เพราะว่าพื้นที่ขนาดกลาง มีอัตราส่วนของความมากมายของจำนวนชนิดไม้ยืนต้นมากกว่าพื้นที่อื่น โดยรูปแบบแปลงวนเกษตรจะปลูกแบบผสมผสาน มีไม้ยืนต้นเป็นแถวเป็นแนว พืชเกษตรและผักพื้นบ้านเป็นไม้พื้นล้าง ส่วนพื้นที่ขนาดเล็ก เกษตรกรนิยมปลูกไม้ยืนต้นเป็นแนวเขตแปลง หรือปลูกเพื่อให้ร่มเงาแก่พืชพื้นเกษตรและผักพื้นบ้าน ส่วนพื้นที่ขนาดใหญ่เกษตรกรนิยมปลูกรูปแบบแบ่งโซนพื้นที่ โดยแบ่งไม้ยืนต้นพืชเกษตรและผักพื้นบ้านออกจากกัน

จากการวิเคราะห์ความหลากหลายของชนิดพืชอายุยืนยาว พบว่า กลุ่มขนาดพื้นที่ 5 - 10 ไร่ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.11 มีค่าสูงใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าเต็งรังและป่าเบญจพรรณในการศึกษาของ Lakawiwattanakun (1996) ได้ในพื้นที่ตำบลแม่ทา ที่พบว่า พื้นที่ป่าเต็งรังมีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 83 ชนิด พื้นที่ป่าเบญจพรรณมีจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 103 ชนิด ค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.35 และ 3.80 ตามลำดับ

ระบบวนเกษตรกับความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือน

สามารถจำแนกบทบาทของระบบวนเกษตรต่อความมั่นคงทางอาหารของครัวเรือน ออกเป็น 4 ด้าน ได้แก่ 1. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านการผลิตอาหารที่เพียงพอ 2. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านเป็นแหล่งไม้เชื้อเพลิงสำหรับการปรุงอาหาร 3. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเพาะปลูกพืชอาหาร และ 4. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านการสร้างรายได้ (Table 5) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านการผลิตอาหารที่เพียงพอ พบว่า ในระบบวนเกษตรกรมีพืชที่สามารถนำมาบริโภคและเป็นอาหารของมนุษย์ ทั้งสิ้น 164 ชนิด สามารถจำแนกเป็น ไม้ป่า จำนวน 12 ชนิด ชนิดที่นิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร ได้แก่ มะกอกป่า (*Spondiaspinnata* (L.f.) Kurz.) ขี้เหล็ก (*Senna siamea*

(Lam.) Irwin &Barneby.) มะแฟน (*Protium serratum* Engl.) ไกร (*Ficusbenghalensis* L.)และหว้า (*Syzygiumcumini* (L.) Skeels.) ไม้ผล จำนวน 26 ชนิด ชนิดที่นิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร ได้แก่ ลำไย (*DimocarpuslonganLour.* subsp. longan var. longan.) มะม่วง (*Mangiferaindica* L.) มะขาม (*Tamarindusindica* L.) ขนุน (*Artocarpusheterophyllus* Lam.*)* และกระท้อน (*Sandoricumkoetjape* (Burm.f.) Merr.) ไม้พุ่ม จำนวน 14 ชนิด ชนิดที่นิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร ได้แก่ เพกา (*Oroxylumindicum* (L.) Kurz.) มะกรูด (*Citrus hystrix* DC.) เสี้ยว (*Desmodiumrenifolium* (L.) Schindl. var. oblatum (Baker ex Kurz) Ohashi.) มะนาว (*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle.) และต้างหลวง (*Trevesiapalmata* (Roxb. ex Lindl.) Vis.) ปาล์มและหวาย จำนวน 5 ชนิด ชนิดที่นิยมนำมารับประทานเป็นอาหาร ได้แก่ มะพร้าว (*Cocos nucifera* L. var. Nucifera.) เต่าร้าง (*Caryota bacsonensis* Magalon.) อินทผาลัม (*Phoenix dactylifera*.) ระกำ (*Salacca wallichiana* C.Mart.) และหวาย (*Dendrobium pensile* Ridl.) ไผ่ จำนวน 7 ชนิด ชนิดที่นิยมนำมารับประทาน ได้แก่ ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble.*)* ไผ่บงหวาน (*Bambusa sp.*) ไผ่บง (*Bambusa nutans* Wall.) ไผ่หวาน (*Bambusa multiplex* (Lour.) Raeusch.) และไผ่ตง (*Dendrocalamus asper* (Roem. &Schult) Backer ex Heyne.)

2. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านเป็นแหล่งไม้เชื้อเพลิงสำหรับการปรุงอาหาร ฟืนและถ่านจากต้นไม้มีความสำคัญในการใช้ชีวิตประจำวัน ไม้เชื้อเพลิงช่วยให้ทำอาหารที่มีความปลอดภัยสำหรับการบริโภค อีกทั้งยังสามารถสร้างรายได้ให้แก่ครัวเรือน โดยพืชที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงจะได้จากการตัดแต่งกิ่งไม้ยืนต้นในกลุ่มของไม้ผลของเกษตร จากการสำรวจ พบพืชที่เป็นไม้เชื้อเพลิง ทั้งสิ้น 87 ชนิด ซึ่งชนิดที่นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมากที่สุดคือ ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour. subsp. longan var. longan.)

3. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านการสร้างสิ่งแวดล้อมที่เอื้อต่อการเพาะปลูก ต้นไม้ในระบบวนเกษตรจัดว่าเป็นระบบที่เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ที่นำไปสู่ความมั่นคงทางอาหาร จากการสำรวจ พบพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศ ทั้งสิ้น 9 ชนิด ได้แก่ จามจุรี (*Samanea saman* (Jacq.) Merr.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz.) กระถินณรงค์ (*Acacia auriculaeformis* A.Cunn. ex Benth.) ส้มป่อย (*Acacia concinna* (Willd.) DC.) ชะอม (*Acacia pennata* (L.) Willd. subsp. Insuavis (Lace) I.C. Nielsen.) แคบ้าน (*Sesbania grandiflora* (L.) Desv.) มะขามป่า (*Albizia odoratissima* (L.f.) Benth.) พะยูง (*Dalbergia cochinchinensis* Pierre.) และชิงชัน (*Dalbergia oliveri* Gamble.) ชนิดไม้ที่เกษตรกรนิยมปลูก คือ ชะอม (*Acacia pennata* (L.) Willd. subsp. insuavis (Lace) I.C.Nielsen.) เพราะชะอมเป็นพืชอาหารในแปลงวนเกษตรและยังจำหน่ายผลผลิตเพื่อเป็นรายได้ของครัวได้อีกด้วย

4. บทบาทของระบบวนเกษตรด้านการสร้างรายได้ของครัวเรือน รายได้จากผลผลิตในระบบวนเกษตรโดยผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้นจากผลผลิตที่หลากหลาย สามารถสร้างรายได้ให้กับครัวเรือน ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อหาอาหาร การซื้ออาหารจากรายได้ที่ได้รับจากพืชชนิดเดียวอาจทำให้เกิดความไม่มั่นคงทางอาหาร ซึ่งการมีรายได้จากผลผลิตที่หลากหลายสามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบที่จะเกิดกับตัวเกษตรกรได้ จากการสำรวจพบว่า ระบบวนเกษตรสร้างรายได้ในครัวเรือนเฉลี่ยต่อปี เท่ากับ 112,942 บาท/ครัวเรือน เมื่อพิจารณารายได้เฉลี่ยต่อปีตามขาดพื้นที่ เท่ากับ 107,766 บาท/ครัวเรือน 113,283 บาท/ครัวเรือน และ 166,522 บาท/ครัวเรือน

Table 5 Potential roles of agro-forestry in supporting household food security.

Data type	Size of plot (Rai)			Total
	< 5	5 – 10	> 10	
1) No. of food tree species (species)	132	107	105	163
2) No. of tree species for fuel wood (species)	56	63	60	87
3) No. of nitrogen fixing trees pecies (species)	8	8	5	9
4) Family income from agroforestry system (baht/household)	107,766	113,283	166,522	112,942

สรุป

โครงการจัดที่ดินทำกินให้กับชุมชนตำบลแม่ทา อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่ มีเกษตรกรผู้ทำวนเกษตร ทั้งสิ้น 59 ครัวเรือน ขนาดพื้นที่รวมทั้งสิ้น 263.16 ไร่ รายได้เฉลี่ยต่อปีจากการทำวนเกษตร ทั้งสิ้น 112,942 บาท/ครัวเรือน หรือเฉลี่ยต่อเดือน เท่ากับ 9,412 บาท/ครัวเรือน พบชนิดพืชภายในระบบวนเกษตร ทั้งสิ้น 243 ชนิด จำแนกเป็นไม้ป่า 77 ชนิด ไม้ผล 26 ชนิด ไม้พุ่ม 27 ชนิด ปาล์มและหวาย 7 ชนิด ไผ่ 7 ชนิด พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน 99 ชนิด ค่าดัชนีความหลากหลาย ของพืชอายุยืนยาว เท่ากับ 2.99

เมื่อวิเคราะห์ความหลากหลายของพืชอายุยืนยาวที่ให้เนื้อไม้ ตามขนาดพื้นที่ที่แตกต่างกัน พบว่า กลุ่มพื้นที่ขนาด 5 - 10 ไร่ มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 3.11 ซึ่งมากกว่ากลุ่มพื้นที่ขนาดน้อยกว่า 5 ไร่ ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.56 และกลุ่มพื้นที่ขนาดมากกว่า 10 ไร่ ที่มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.73 เมื่อพิจารณาความหลากชนิดของพืชในระบบวนเกษตร พบจำนวนพืชที่เป็นอาหาร ทั้งสิ้น 163 ชนิด จำแนกเป็น ไม้ป่า 12 ชนิด ไม้ผล 26 ชนิด ไม้พุ่ม 14 ชนิด ปาล์มและหวาย 5 ชนิด ไผ่ 7 ชนิด พืชเกษตรและผักพื้นบ้าน 99 ชนิด พืชที่ใช้เป็นไม้เชื้อเพลิง ทั้งสิ้น 87 ชนิด ซึ่งพืชที่นิยมนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงมากที่สุดคือ ลำไย (*Dimocarpus longan* Lour. subsp. longan var. longan.) พืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ ทั้งสิ้น 9 ชนิด ซึ่งพืชที่สามารถตรึงไนโตรเจนจากอากาศและนิยมปลูก คือ ชะอม (*Acacia pennata* (L.) Willd. subsp. insuavis (Lace) I.C.Nielsen.) เพราะเป็นพืชอาหารในแปลงวนเกษตรและสามารถจำหน่ายผลผลิตเป็นรายได้ในครัวเรือน

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือ 1) ควรมีการศึกษาวิจัยเรื่อง นิเวศบริการหรือการประเมินปริมาณการกักเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระบบวนเกษตรของชุมชนตำบลแม่ทา ซึ่งหากมีผู้ศึกษาวิจัยเรื่องนี้ จะสามารถจัดทำข้อมูลต่อไร่ในระบบวนเกษตร เพื่อทำฐานข้อมูลให้แก่ชุมชนและเกษตรกรผู้ทำระบบวนเกษตรได้ 2) ควรมีการศึกษาการใช้ประโยชน์สมุนไพรหรือผักพื้นบ้านจากระบบวนเกษตรภายในชุมชน จากการศึกษาพบว่า ครัวเรือนใช้ประโยชน์พืชเกษตรหรือผักพื้นบ้านทั้งสิ้น 99 ชนิด จากส่วนของราก ลำต้น ใบ ดอก ผล และเมล็ด แต่ยังไม่มีการศึกษาถึงสรรพคุณการรักษาโรคหรือการบรรเทาอาการต่างๆ 3) การสร้างมูลค่าเพิ่มโดยการแปรรูปผลผลิตจากระบบวนเกษตรให้มีศักยภาพมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาผู้วิจัยมองว่า พืชที่ควรสร้างมูลค่าเพิ่มจากระบบวนเกษตรภายในชุมชนตำบลแม่ทา คือ ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble.) เพราะ สำรวจพบจำนวนไผ่รวกในพื้นที่จำนวนมาก อีกทั้งไผ่รวกยังใช้ประโยชน์เพื่อรับประทานจากหน่อไผ่และลำต้นไผ่ได้อีกมากมาย ผู้วิจัยมองว่าสามารถแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มได้มากกว่านี้ จนสามารถส่งผลผลิตไปขายสู่ตลาดนอกชุมชนได้

REFERENCES

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2006. **World Food and Agriculture in Review**. The State of Food and Agriculture.

Jamroenprucksa, M. and S. Khlangsap, 1998. **Important Crops in Agroforestry Systems.** 1st edition. Bangkok.

Jintana, V. 2007. **Agroforestry and Management System**. Department of Forest Management, Faculty of Forestry, Kasetsart University. Bangkok.

Lakawiwattanakun, T. 1996. **Agro-forestry promotion series.**

Muangsan, P. M. Jamroenprucksa, R. Pothitan, and K. Meekaew, 2017. Comparative ecological characteristics and return in smallholding rubber-based monoculture and agroforestry in Nam Noi sub-district, Hat Yai district, Songkhla province. **Thai Journal of Forestry** 36 (1): 68-78.

National Land Policy Committee. 2016. **Guide to organizing arable land for the community according to government policy**. 1st edition. Office of Natural Resources and Environmental Policy and Planning, Bangkok.

Onprom, S. and K. Permpoon, 2017. Selection of appropriate trees for agroforestry system by applying analytical hierarchy process (AHP) technique. **Thai Journal of Forestry** 36 (1): 79-88.

Preechapany, P. C. Choocharoen, M. Phokaiphiphat, I. Singkham, P. Uthumpun, W. Chirasukthaweekul, 2003. Local Ecological Knowledge on Highland Agroforestry Systems and Watershed Management, **Royal Project Foundation Research Report.** 149 pages.

Samphanpanich, P. 1994. **Structural characteristic, litterfall production and decomposition Rate in Home Garden Agroforestry System in Amphoe Muang, Changwat Nonthaburi**. M.S. Thesis, Kasetsart University.

Thailand Environment Institute. 2011. **Integrated biodiversity value project towards the management of natural resources in Thailand**. **Bangkok.**

Washington, H. G. 1984. **Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems**. Water Research 18: 653-694.

Thai J. For. 38 (1) : 156-167 (2019) วารสารวนศาสตร์ 38 (1) : 156-167 (2562)

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของการเติมสารประกอบโบรอนต่อคุณสมบัติทางกายภาพเชิงกล และการหน่วงไฟในแผ่นชิ้นไม้อัด

Effect of Added Boron Compounds on Physical, Mechanical and Fire Retardant Properties in Particleboard

สุภาวรรณ พึ่งสุข[1]
ทรงกลด จารุสมบัติ[1*]
ธีระ วีณิน[2]

Suphawan Prungsuk[1]
Songklod Jarusombuti[1*]
Teera Veenin[2]

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

รับต้นฉบับ 28 กันยายน 2561 รับแก้ไข 1 พฤศจิกายน 2561 รับลงพิมพ์ 9 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

This research studies on properties of added boron compound particleboard panels for improving of the potential in fire retardant. Using Boric acid and Borax (BA : BX) mixture (1 : 1.5), BA : BX (1.5 : 1) and Disodium octaborate tetrahydrate (DOT), at 1%, 1.5% and 2% content were applied to the particleboard with urea formaldehyde. Physical and mechanical properties of treated particleboard were evaluated according to Thai Industrial Standard for Flat Pressed Particleboards (TIS) 876-2004. Fire retardant property was determined by flammability testing (25.853) provided by Federal Aviation Regulations (FAR). Particleboard treated with BA : BX (1 : 1.5) at 2% showing the best fire-retardant property, particularly in terms of burn length and flame time, but modulus of rupture and internal bonding value of particleboard did not meet the standard of TIS 876-2004. The fire retardants affected the physical and mechanical properties of particleboard. However, boron compounds had excellent fire retardants effectiveness over untreated.

Keywords: Boron compounds, Fire retardant, Particleboard, Rubberwood

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติของแผ่นชิ้นไม้อัดที่เติมสารประกอบโบรอนในการเพิ่มประสิทธิภาพการหน่วงไฟ โดยใช้กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ อัตราส่วน 1 ต่อ 1.5, กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ อัตราส่วน 1.5 ต่อ 1 และสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต โดยมีความเข้มข้นของสารหน่วงไฟ ได้แก่ ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 ของปริมาณกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลตามมาตรฐาน Thai Industrial Standard for Flat Pressed Particleboards (TIS) 876-2004 และทดสอบความสามารถในการติดไฟตามมาตรฐาน Federal Aviation Regulations (FAR) 25.853 ปรากฏว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีอัตราส่วนของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีการหน่วงไฟได้ดีที่สุด แต่มีค่ามอดูลัสแตกหักและความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ไม่ผ่านมาตรฐาน TIS 876-2004 อย่างไรก็ตามแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอนทำให้คุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลลดลง แต่ประสิทธิภาพการหน่วงไฟดีกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอน

คำสำคัญ: สารประกอบโบรอน การหน่วงไฟ แผ่นชิ้นไม้อัด ไม้ยางพารา

คำนำ

ในปัจจุบันอาคารบ้านเรือนมักมีเหตุจากเพลิงไหม้บ่อยครั้ง สาเหตุมาจากอุบัติเหตุ ความประมาท หรือภัยธรรมชาติ ซึ่งสารหน่วงไฟมีความสำคัญในการปรับปรุงคุณสมบัติของชิ้นงานที่ไม่ต้องการให้เกิดการติดไฟ สามารถดับลงได้เองเมื่อไม่สัมผัสกับเปลวไฟ มีบทบาทสำคัญในการแก้ไขข้อจำกัดด้านการทนความร้อน ช่วยลดการแพร่กระจายของไฟ ทำให้การลุกลามไฟช้าลงและยับยั้งการก่อตัวของควัน เพื่อช่วยลดการสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สิน สารหน่วงไฟที่ใช้ทั่วไป ได้แก่ ฟอสฟอรัส, ไนโตรเจน, โบรอนและอื่นๆ (Rowell and Dietenberger, 2013) มีการพัฒนาสารหน่วงไฟให้มีส่วนประกอบที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม เช่น ชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์, วัสดุก่อสร้าง และเฟอร์นิเจอร์ เป็นต้น

สารประกอบโบรอนโดยทั่วไปนำมาป้องกันการทำลายจากการเชื้อราในเนื้อไม้ ซึ่งได้แก่ กรดบอริก, เกลือบอแรกซ์ และสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต อีกทั้งเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ ไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์เกิดการเปลี่ยนสี ราคาไม่แพง และหาได้ง่าย เป็นสารที่สามารถสัมผัสได้โดยไม่เกิดอันตราย นอกจากคุณสมบัติดังกล่าวแล้วสารประกอบโบรอนสามารถนำมาหน่วงไฟได้ (Chen *et al*., 1997) โดยปกติกรดบอริกและเกลือบอแรกซ์จะถูกนำมาใช้งานร่วมกัน เนื่องจากเกลือบอแรกซ์เป็นสารที่ช่วยลดการลามไฟทำให้มีการเผาไหม้บนผิววัสดุลดลง ส่วนกรดบอริกเป็นสารที่ลดการระอุของเปลวไฟแต่ช่วยลดการลามไฟได้เพียงเล็กน้อย (Baysal *et al*., 2007; Yu *et al*., 2017)

แผ่นชิ้นไม้อัด ประกอบด้วยชิ้นไม้หรือวัสดุลิกโนเซลลูโลสที่ถูกย่อยให้มีขนาดต่างๆ โดยใช้สารยึดติดและปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ความร้อน, ความดัน, ความชื้น, ตัวเร่งปฏิกิริยา และอื่นๆ ในการผลิตเป็นแผ่นชิ้นไม้อัด (Thoemen *et al*., 2010) ซึ่งถูกนำมาใช้งานเป็นจำนวนมากภายในอาคารบ้านเรือน เช่น ผนัง, เฟอร์นิเจอร์ และสิ่งตกแต่ง เป็นต้น โดยแผ่นชิ้นไม้อัดนั้นมีข้อเสีย คือ มีคุณสมบัติการหน่วงไฟต่ำ เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่เกิดการเผาไหม้ได้ดี (Kollmann and Cote, 1968) ดังนั้นแผ่นชิ้นไม้อัดโดยทั่วไปไม่สามารถหน่วงไฟได้ ซึ่งอาจกลายเป็นเชื้อเพลิงที่ทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้ การที่จะลดการลุกลามของเพลิงไหม้บนแผ่นชิ้นไม้อัดนั้นต้องใช้สารหน่วงไฟช่วยในการยับยั้งการลุกลามของไฟ (Baysal *et al*., 2007; Nussbaum, 1988) ดังนั้นการวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของสารประกอบโบรอนต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของแผ่นชิ้นไม้อัด

จากไม้ยางพาราที่มีประสิทธิภาพในการหน่วงไฟบนแผ่นชิ้นไม้อัด

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

ในการทดลองชนิดไม้ที่นำมาใช้ คือ ไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) จากบริษัท *เมโทรปาร์ติเกิล* จำกัด ที่มีความชื้นประมาณร้อยละ 5-7 ส่วนสารหน่วงไฟที่ใช้คือ สารประกอบโบรอน ได้แก่ กรดบอริก (Boric acid : BA) เกลือบอแรกซ์ (Borax : BX) และสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต (Disodium octaborate tetrahydrate : DOT) ที่ได้จากบริษัท เชียงไทยเทรดดิ้ง จำกัด สำหรับกาวใช้ในการทดลอง คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ มีปริมาณเนื้อกาวร้อยละ 65 จาก*บริษัท ทีโอเอ-โคฟเคม* อินดัสตรีส์ จำกัด

วิธีการทดลอง

1. การเตรียมกาว

กาวที่ใช้ในงานวิจัยคือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ โดยปริมาณกาวชั้นผิวและชั้นไส้ร้อยละ 12 ต่อน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ สารประกอบโบรอนที่ใช้ ได้แก่ กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ที่มีอัตราส่วน 1 ต่อ 1.5, กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ที่มีอัตราส่วน 1.5 ต่อ 1 และสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต โดยใช้ความความเข้มข้น 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 ต่อน้ำหนักของกาว ชั่งน้ำหนักกาวแล้วเทลงในเครื่องปั่น จากนั้นใส่สารลงไปในกาวปั่นจนกระทั่งเป็นเนื้อเดียวกัน

2. การเตรียมแผ่นชิ้นไม้อัด

นำชิ้นไม้ใส่ในเครื่องผสมกาว แล้วนำกาวที่ผสมสารประกอบโบรอนจึงพ่นลงบนชิ้นไม้ ขณะที่เครื่องผสมกาวกำลังหมุน เมื่อพ่นกาวจนหมดจึงนำไม้ออกจากเครื่องผสมกาว ชั่งน้ำหนักให้ได้ความหนาแน่นของแผ่นชิ้นไม้อัด 750 กิโลกรัมต่อตารางเมตร โดยอัตราส่วนชั้นผิวต่อชั้นไส้ร้อยละ 40 ต่อ 60 โดยน้ำหนัก จากนั้นโรยชิ้นไม้ลงในกล่องที่มีขนาด 35x35 เซนติเมตร ใช้แท่งเหล็กที่มีความหนา 10 มิลลิเมตร แล้วนำเข้าเครื่องอัดร้อนโดยอัดด้วยความดัน 35 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที จำนวน 3 ซ้ำ เมื่ออัดแผ่นเสร็จแล้ว นำไปปรับสภาวะ 7 วัน

3. การทดสอบคุณสมบัติแผ่นชิ้นไม้อัด

การทดสอบหาความหนาแน่น (Density), ความชื้น (Moisture content : MC), การพองตัวตามความหนา (Thickness swelling : TS), ทดสอบความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า (Internal bonding : IB), ทดสอบค่ามอดูลัสแตกหัก (Modulus of rupture : MOR) และค่ามอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity : MOE) ใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐาน Thai Industrial Standard for Flat Pressed Particleboards 876-2004 (Thai Industrial Standard, 2004) สำหรับการทดสอบความสามารถในการหน่วงไฟตามมาตรฐาน Federal aviation regulations (FAR) 25.853 (Horner, 2000) เพื่อทดสอบหาระยะเวลาการเผาไหม้ (Flame Time : FT) และระยะการเผาไหม้ (Burn Length : BL) การวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบแฟคทอเรียลในแผนแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (1 Control+3x3 factorials in completely randomized design) และวิเคราะห์ข้อมูลค่าความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test

ผลและวิจารณ์

แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีนำมาทดสอบหาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น ความชื้น และการพองตัวตามความหนา ทดสอบหาคุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ มอดูลัสแตกหัก มอดูลัสยืดหยุ่น ความต้านแรงดึงตั้งฉากผิวหน้า และทดสอบการหน่วงไฟ ตาม Table 1 ดังนี้

Table 1 Average values of physical, mechanical and fire retardant properties of the specimens.

Type		Std.	Control	BA:BX (1:1.5) 1%	BA:BX (1:1.5) 1.5%	BA:BX (1:1.5) 2%	BA:BX (1.5:1) 1%	BA:BX (1.5:1) 1.5%	BA:BX (1.5:1) 2%	DOT 1%	DOT 1.5%	DOT 2%	P-value
Density	Avg	400-900	773.65^{ab}	776.25^{a}	770.63^{ab}	759.60^{b}	777.23^{a}	776.50^{a}	758.69^{b}	758.53^{b}	767.06^{ab}	772.99^{ab}	0.04*
(kg/m^3)	SD		1.22	6.75	2.76	10.57	3.86	2.23	10.65	7.36	9.81	16.26	
MC	Avg	4-13	8.24^{c}	8.31^{bc}	8.26^{bc}	8.29^{bc}	8.34^{abc}	8.39^{ab}	8.44^{a}	8.28^{bc}	8.32^{bc}	8.32^{bc}	0.03*
(%)	SD		0.02	0.02	0.02	0.07	0.11	0.04	0.08	0.02	0.01	0.12	
TS	Avg	≤12	3.92^{de}	5.95^{c}	4.41^{d}	7.83^{ab}	3.08^{e}	4.06^{de}	8.36^{a}	7.66^{ab}	6.57^{c}	6.96^{bc}	0.00*
(%)	SD		0.35	0.63	0.37	0.11	0.11	0.71	0.50	0.69	0.95	0.65	
IB	Avg	≥0.40	0.49^{a}	0.32^{cde}	0.27^{ef}	0.33^{cd}	0.48^{a}	0.42^{b}	0.34^{c}	0.24^{f}	0.28^{def}	0.28^{def}	0.00*
(MPa)	SD		0.01	0.01	0.03	0.05	0.03	0.06	0.03	0.06	0.03	0.01	
MOR	Avg	≥14	18.96^{a}	16.81^{bc}	16.41^{c}	13.71^{e}	19.84^{a}	17.68^{b}	15.18^{d}	17.32^{bc}	16.53^{c}	13.69^{e}	0.00*
(MPa)	SD		0.99	0.13	0.23	1.13	0.10	0.24	0.43	0.23	0.31	0.47	
MOE	Avg	≥1800	2433.00^{b}	2315.92^{c}	2338.75^{c}	2298.33^{cd}	2379.92^{bc}	2222.92^{de}	2157.50^{e}	2532.58^{a}	2392.00^{b}	2157.17^{f}	0.00*
(MPa)	SD		14.29	15.01	68.91	94.97	62.64	28.13	23.72	39.26	20.11	28.38	
FT	Avg	-	49.63^{a}	42.83^{ab}	33.27^{ab}	27.47^{b}	43.87^{ab}	42.60^{ab}	47.27^{ab}	43.90^{ab}	46.00^{ab}	31.57^{ab}	0.23^{ns}
(second)	SD		21.37	15.82	3.20	2.60	6.22	4.30	11.61	4.61	11.24	5.91	
BL	Avg	-	132.84^{ab}	106.93^{d}	106.43^{d}	82.55^{e}	111.17^{cd}	107.95^{d}	103.72^{d}	125.98^{bc}	145.03^{a}	105.83^{d}	0.00*
(mm)	SD		5.61	16.53	5.74	11.00	8.44	0.00	11.20	11.21	1.76	3.67	

Remarks: Avg = Average; SD = Standard Deviation; std. = standard; * = significant; ns = non-significant

คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความหนาแน่นและความชื้น

จากการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดตามมาตรฐาน Thai Industrial Standard for Flat Pressed Particleboards (TIS 876-2004) (Thai Industrial Standard, 2004) แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนมีความหนาแน่นเฉลี่ย 773.65 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีความหนาแน่นเฉลี่ยในช่วง 759.60-776.25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีความหนาแน่นเฉลี่ยในช่วง 758.53-777.23 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีความหนาแน่นเฉลี่ยในช่วง 758.53-772.99 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดทั้งที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนและผสมสารประกอบโบรอนมีค่าที่ผ่านมาตรฐาน TIS 876-2004 (Thai Industrial Standard, 2004) โดยกำหนดความหนาแน่นในช่วง 400-900 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แสดงใน Figure 1

จากการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดตามมาตรฐาน TIS 876-2004 แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนมีค่าความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 8.24 แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 8.26-8.31 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 8.34-8.44 ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าความชื้นเฉลี่ยอยู่ในช่วงร้อยละ 8.28-8.32 ซึ่งเป็นแผ่นชิ้นไม้อัดทั้งที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนและผสมสารประกอบโบรอนมีค่าที่ผ่านมาตรฐาน TIS 876-2004 โดยกำหนดความชื้นในช่วงร้อยละ 4-13 (Thai Industrial Standard, 2004) แสดงใน Figure 2

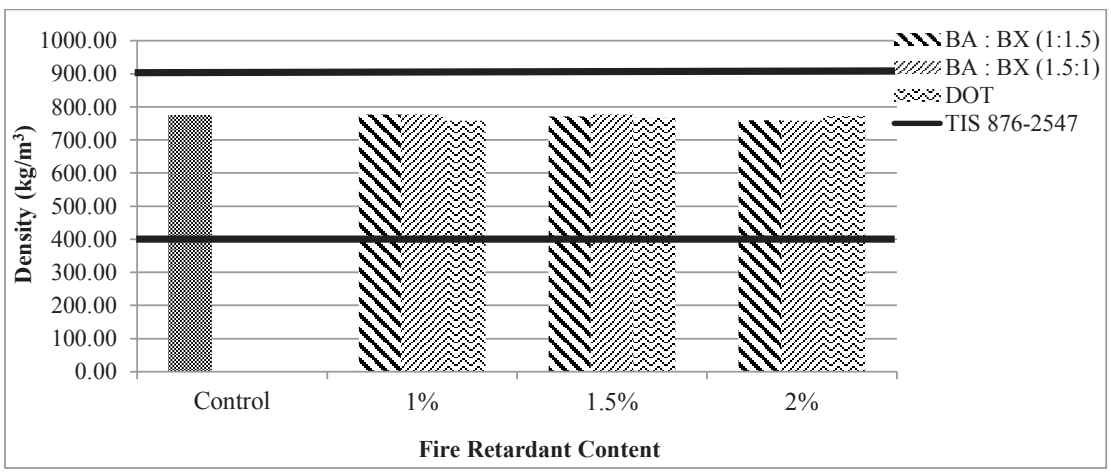


Figure 1 Density of the specimens.

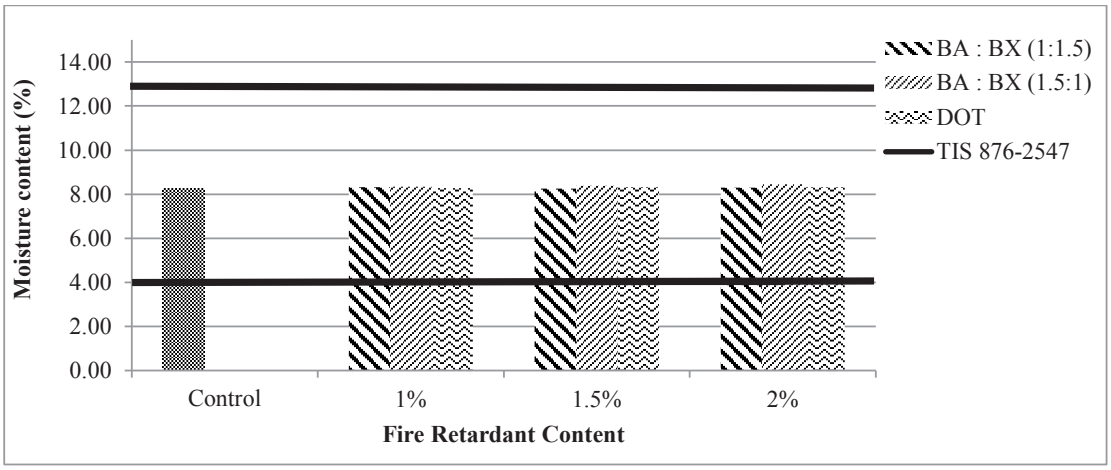


Figure 2 Moisture content of the specimens.

2. การพองตัวตามความหนา

ค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนมีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 3.92 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 5.95, 4.41 และ 7.83 ตามลำดับ แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 3.08, 4.06 และ 8.36 ตามลำดับ ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าการพองตัวตามความหนาเฉลี่ยร้อยละ 7.66, 6.57 และ 6.96 ตามลำดับ โดยแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนและแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอนทุกระดับความเข้มข้นมีค่าเฉลี่ยการพองตัวตามความหนาผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 876-2004 โดยกำหนดค่าการพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 12 (Thai Industrial Standard, 2004) ปรากฏใน Figure 3

การพองตัวตามความหนาของแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 มีการพองตัวน้อยกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอน ซึ่งค่าการพองตัวตามความหนาจะเพิ่มขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารประกอบโบรอนที่มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Ayrilmis *et al.* (2012) ในการทดลองแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอนโดยใช้กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1 ที่มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 4, 8 และ 12 พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารประกอบโบรอนส่งผลให้ค่าการพองตัวตามความหนาเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากสารหน่วงไฟเป็นสารที่ดูดความชื้นได้ง่าย อีกทั้งกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์มีคุณสมบัติที่ไม่กันน้ำจึงทำให้เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารหน่วงไฟจึงมีการดูดซึมน้ำได้ง่ายยิ่งขึ้น

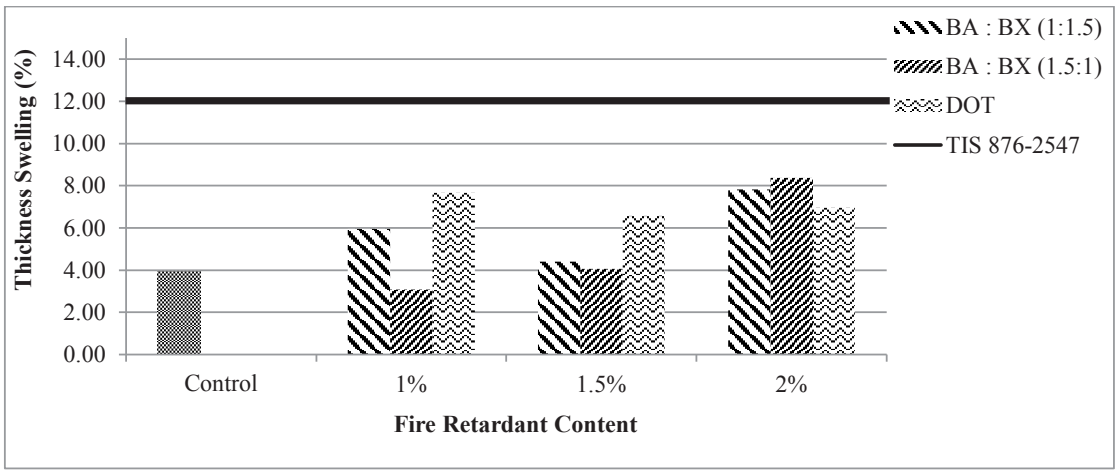


Figure 3 Thickness swelling of the specimens.

คุณสมบัติทางเชิงกล

1. มอดูลัสแตกหัก

ค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนมีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 18.96 เมกะพาสคาล แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 1 และ 1.5 มีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 16.81 และ 16.41 เมกะพาสคาล ตามลำดับ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 19.84, 17.68 และ 15.18 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 มีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 17.32 และ 16.53 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 876-2004 โดยกำหนดค่ามอดูลัสแตกหักของแผ่นชิ้นไม้อัดมากกว่าหรือเท่ากับ 14 เมกะพาสคาล (Thai Industrial Standard, 2004) ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 และแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 2 มีค่ามอดูลัสแตกหักเฉลี่ย 13.71 และ 13.69 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 876-2004 (Thai Industrial Standard, 2004) แสดงใน Figure 4

จากการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอนมีค่าความแข็งแรงลดลงเมื่อเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอน โดยสารประกอบโบรอนที่มีอัตราส่วนกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 จะมีค่าความแข็งแรงที่มากที่สุดเทียบกับสารประกอบโบรอนที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 และ สารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรตในระดับความเข้มข้นเดียวกัน เมื่อระดับความเข้มข้นของสารประกอบโบรอนมากทำให้ค่ามอดูลัสแตกหักลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nagieb *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสารประกอบโบรอนต่อคุณสมบัติเชิงกล โดยใช้กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 5 ต่อ 1 ที่ 3 ระดับความเข้มข้น ได้แก่ ร้อยละ 0.5, 1 และ2 พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารประกอบโบรอนทำให้มอดูลัสแตกหักมีค่าลดลง เนื่องจากสารหน่วงไฟเป็นเกลืออนินทรีย์เป็นได้ทั้งกรดหรือด่าง ส่งผลให้เซลลูโลสในไม้เสื่อมสภาพ ทำให้คุณสมบัติความแข็งแรงลดลง (Ustaomer and Usta, 2012)

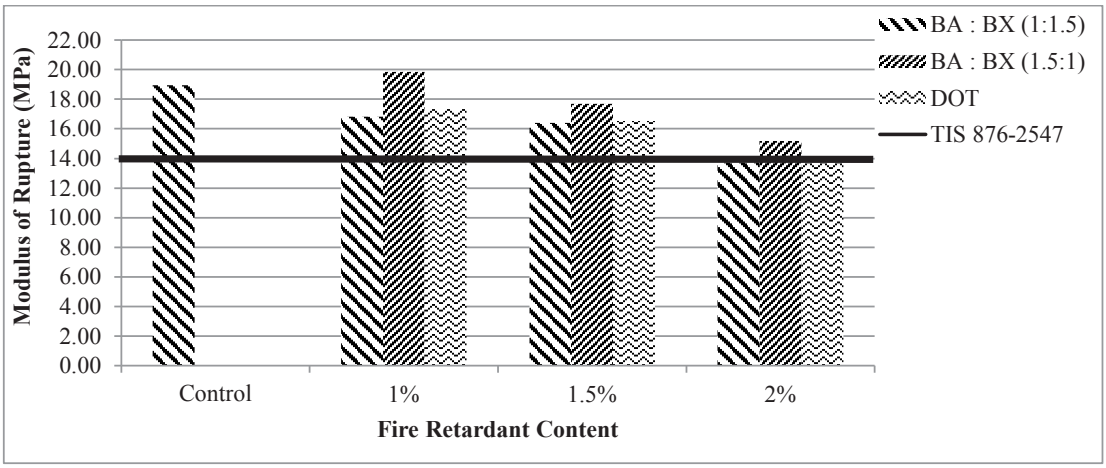


Figure 4 Modulus of rupture of the specimens.

2. มอดูลัสยืดหยุ่น

ค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัดที่ได้จากการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอน มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2433.00 เมกะพาสคาล แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2315.92, 2338.75 และ 2298.33 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2379.92, 2222.92 และ 2157.50 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ย 2532.58, 2392.00 และ 2157.17 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ซึ่งแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนและแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอนทุกระดับความเข้มข้น มีค่าเฉลี่ยมอดูลัสยืดหยุ่นผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 876-2004 โดยกำหนดค่ามอดูลัสยืดหยุ่นของแผ่นชิ้นไม้อัดมากกว่าหรือเท่ากับ 1800 เมกะพาสคาล (Thai Industrial Standard, 2004) แสดงใน Figure 5

จากการทดสอบแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารประกอบโบรอนพบว่ามีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นลดลง เมื่อเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอนแต่ในแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรตร้อยละ 1 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นที่มากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอน แสดงถึงแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่สามารถแตกหักได้ง่าย แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารประกอบโบรอนความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรตมีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นมากกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 และกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 มีค่ามอดูลัสยืดหยุ่นสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 และแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต จากการทดสอบค่าของมอดูลัสยืดหยุ่นเมื่อเพิ่มสารประกอบโบรอนในแผ่นชิ้นไม้อัดจะมีค่าลดลง เนื่องจากการที่พันธะของกลูโคสถูกไฮโดรไลซิสจากการที่เติมสารหน่วงไฟในขณะทำการอัดร้อน ทำให้โครงสร้างของเซลลูโลสในไม้สั้นลงค่ามอดูลัสยืดหยุ่นจึงลดลง (Nagieb *et al.*, 2011; Zaidon *et al.*, 1998)

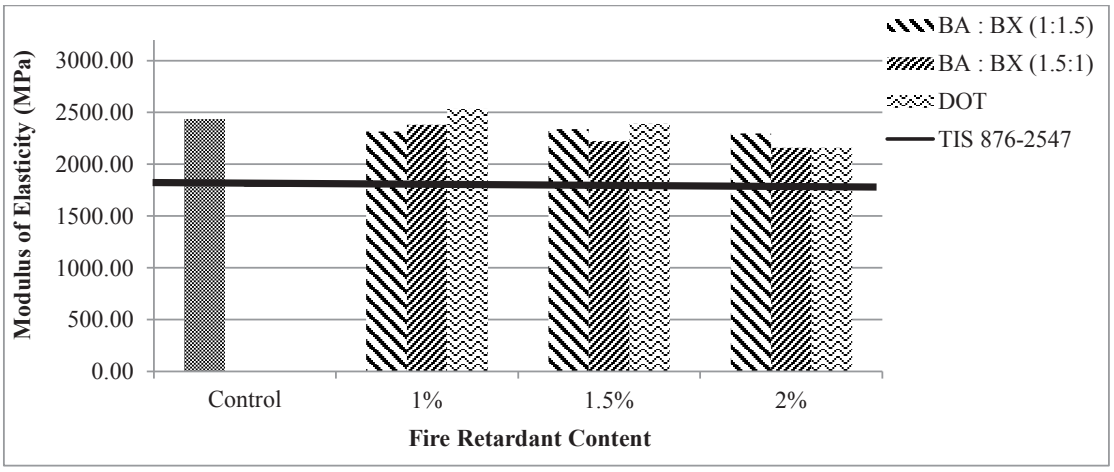


Figure 5 Modulus of elasticity of the specimens.

3. ความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า

ค่าความต้านแรงดึงผิวตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนมีค่าความต้านแรงดึงผิวตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.49 เมกะพาสคาล แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าความต้านแรงดึงผิวตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.32, 0.27 และ 0.33 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีค่าความต้านแรงดึงผิวตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.48, 0.42 และ 0.34 เมกะพาสคาล ตามลำดับ ส่วนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ร้อยละ 1 1.5 และ 2 มีค่าความต้านแรงดึงผิวตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ย 0.24, 0.28 และ 0.28 เมกะพาสคาล ตามลำดับ แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอน และแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ร้อยละ 1 และ 1.5 เท่านั้นที่มีค่าความต้านแรงดึงผิวตั้งฉากกับผิวหน้าเฉลี่ยที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน TIS 876-2004 โดยกำหนดค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าของแผ่นชิ้นไม้อัดมากกว่าหรือเท่ากับ 0.40 เมกะพาสคาล (Thai Industrial Standard, 2004) แสดงใน Figure 6

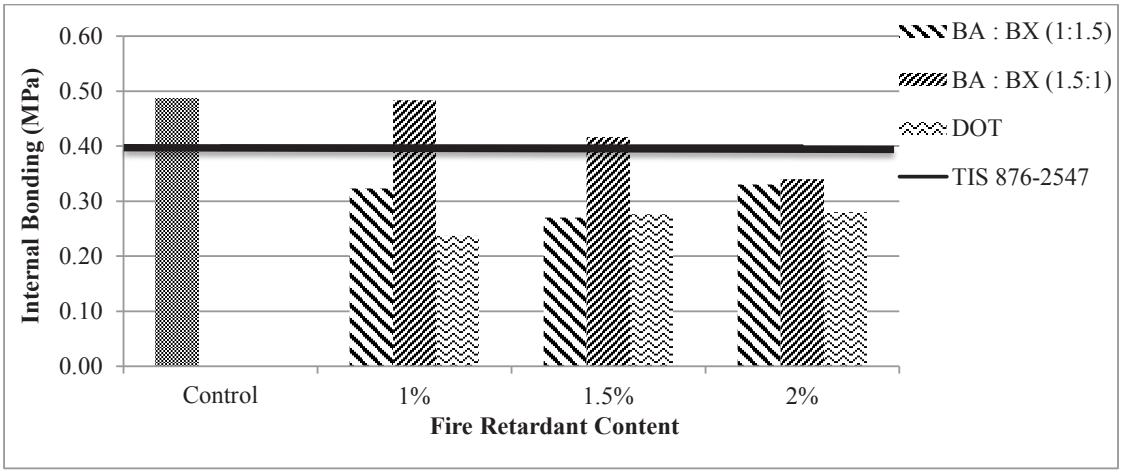


Figure 6 Internal bonding of the specimens.

จากผลการทดสอบความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 มีค่ามากกว่าแผ่นชิ้นไม้แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 และที่ผสมสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรตในทุกระดับความเข้มข้น ในแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอนมีค่าความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าสูงกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Yalinkilic *et al*. (1998) ที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 5 ต่อ 1 ในกาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์บนแผ่นชิ้นไม้อัด ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.25, 1 และ 4.70 เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้น ส่งผลให้ความต้านทานแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้ามีการยืดเหนี่ยวภายในแผ่นชิ้นไม้อัดลดลง เนื่องจากความเป็นกรดในสารหน่วงไฟเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาของกาว ส่งผลต่อระยะเวลาการเซ็ตตัวของกาวเร็วขึ้นทำให้มีการยึดติดระหว่างผิวไม้ลดลง ในขณะที่ทำการอัดแผ่นชิ้นไม้อัดจึงส่งผลให้ความแข็งแรงในแผ่นชิ้นไม้อัดลดลง

ทดสอบความสามารถในการติดไฟ

1. ระยะเวลาการเผาไหม้และระยะทางการเผาไหม้

จากการทดสอบระยะเวลาการเผาไหม้ของแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีระยะเวลาที่เกิดการเผาไหม้สั้นลงเมื่อเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอน ที่มีระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 49.63 วินาที ปรากฏใน Table 1 โดยที่แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ร้อยละ 2 ระยะเวลาการเผาไหม้เฉลี่ย 27.47 วินาที ซึ่งเป็นระยะเวลาในการหน่วงไฟได้สั้นกว่าแผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 และแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต

จากการทดสอบระยะทางการเผาไหม้ของแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่ผสมสารประกอบโบรอนมีระยะการเผาไหม้เฉลี่ย 132.84 มิลลิเมตร แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 1.5 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1.5 ต่อ 1 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารไดโซเดียมออกตะบอเรตเตตระไฮเดรต ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 1.5 และ 2 มีระยะทางการเผาไหม้ที่สั้นลง โดยที่แผ่นชิ้นไม้อัดที่มีส่วนผสมของกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ระยะทางการเผาไหม้เฉลี่ย 82.55 มิลลิเมตร แสดงใน Table 1 ดังนั้นในแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีอัตราส่วนของเกลือบอแรกซ์จะช่วยลดการลามไฟแต่ยังคงเกิดการระอุของเปลวไฟบนวัสดุทำให้มีระยะทางการเผาไหม้ที่สั้นลง ส่วนกรดบอริกลดการระอุของเปลวไฟแต่ช่วยลดการลามไฟได้เพียงเล็กน้อย เนื่องจากกลไกของสารประกอบโบรอนนั้นเมื่อวัสดุสัมผัสอุณหภูมิที่สูงขึ้น สารประกอบโบรอนจะทำหน้าที่เคลือบบนผิววัสดุ เพื่อป้องกันออกซิเจนและความร้อนเข้าทำปฏิกิริยากับวัสดุก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ (Yu *et al*., 2017) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suwanno *et al*. (2017) ได้ทำการศึกษาการต้านทานไฟของสารประกอบโบรอนในไม้ยางพารา พบว่า มีอัตราการลุกไหม้ลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารประกอบโบรอน อีกทั้งสอดคล้องกับงานวิจัย แผ่นใยไม้อัดความหนาแน่นปานกลางจากใยมะพร้าว โดยใช้กรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 พบว่า สารประกอบโบรอนทำให้การติดไฟช้าลงและลดอัตราการเผาไหม้ (Rejeesh and Saju, 2017)

สรุป

อิทธิพลของสารประกอบโบรอนต่อคุณสมบัติทางกายภาพเมื่อเทียบกับแผ่นชิ้นไม้อัดที่ไม่มีสารประกอบโบรอน แผ่นชิ้นไม้อัดที่ผสมสารประกอบโบรอนการพองตัวตามความหนาเพิ่มขึ้น อีกทั้งสารประกอบโบรอนส่งผลให้ความแข็งแรงของแผ่นชิ้นไม้อัดลดลง ความ

ต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าลดลง ดังนั้น สารประกอบโบรอนส่งผลทำให้มีการพองตัวตามความหนา ความแข็งแรงและความต้านทานแรงดึงตั้งฉากผิวหน้าลดลง

อิทธิพลของสารประกอบโบรอนต่อการหน่วงไฟบนแผ่นชิ้นไม้อัดมีประสิทธิภาพที่ช่วยปรับปรุงการหน่วงไฟบนแผ่นชิ้นไม้อัดดีขึ้น เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นทำให้ลดระยะเวลาการเผาไหม้และระยะทางการเผาไหม้ได้ดียิ่งขึ้น โดยที่สารหน่วงไฟบนแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารประกอบโบรอนอัตราส่วนกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 ช่วยปรับปรุงให้ระยะทางการเผาไหม้และระยะเวลาที่เกิดการเผาไหม้สั้นลงช่วยหน่วงไฟดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารประกอบโบรอนชนิดอื่น แต่มีความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

จากผลการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะคือแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีกรดบอริกต่อเกลือบอแรกซ์ 1 ต่อ 1.5 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 2 มีการหน่วงไฟที่ดีที่สุด แต่มีมอดูลัสแตกหักและความต้านแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้าที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ควรศึกษาเพิ่มเติมในการเพิ่มร้อยละของกาวต่อน้ำหนักอบแห้งของชิ้นไม้ที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นชิ้นไม้อัดที่มีสารประกอบโบรอนหรือทำการศึกษาหาระดับความเข้มข้นของสารประกอบโบรอนที่มีระดับความเข้มข้นที่ลดลงเพื่อความเหมาะสมต่อการนำมาใช้งาน

คำนิยม

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ บริษัท *เมโทรปาร์ติเกิล* จำกัด และบริษัท เชียงไทยเทรดดิ้ง จำกัด ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการทำวิจัยครั้งนี้

REFERENCES

Ayrilmis, N., T. Akbulut, T. Dunker, Z. Candan, R.H. White, F. Mengeloglu, U. Buyuksari, Z. Candan and E. Avici. 2012. Effect of Boron and Phosphate compounds on physical, mechanical, and fire properties of wood–polypropylene composites. **Construction and Building Materials** 33: 63-69.

Baysal, E., M. Altinok, M. Colak, S.K. Ozaki and H. Toker. 2007. Fire resistance of Douglas Fir (*Pseudotsuga menzieesi*) treated with borates and natural extractives. **Bioresource Technology** 98: 1101-1105.

Chen, P.Y.S., M.E. Puttmann, L.H. Williams and D.D. Stoke, 1997. Treatment of hardwood lumber with borate preservation. **Forest Products Journal** 47: 63–68.

Horner, A. 2000**. Aircraft Materials Fire Test Handbook**. Available Source: https://www.fire.tc.faa.gov/Handbook, July 10, 2018.

Kollmann, F. and W.A. Cote. 1968. **Principles of Wood Science and Technology I. Solid Wood**. Springer-Verlag, Berlin.

Nagieb, Z.A., M.A. Nassar and M.G. El-Meligy. 2011. Effect of addition of boric acid and borax on fire-retardant and mechanical properties of urea formaldehyde saw dust composites. **International Journal of Carbohydrate Chemistry** 2011: 1-6.

Nussbaum, R. 1988. The Effect of Low Concentration Fire Retardant Impregnations on Wood Charring Rate and Char Yield. **Journal of Fire Sciences** 6: 290–306.

Rejeesh, C.R. and K.K. Saju. 2017. Effect of chemical treatment on fire retardant properties of medium density coir fiber boards. **Wood and Fiber Science** 49 (3): 332-337.

Rowell, R.M. and M.A. Dietenberger. 2013. Thermal Properties, Combustion, and Fire Retardancy of Wood, pp. 127-149. *In* R.M. Rowell. **Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites**, Second ed., CRC Press, New York.

Suwanno, T., T. Veenin and S. Jarusombuti. 2017. Study on fire-retardant of rubberwood preservation with boron compounds. **Thai Journal of Forestry** 36 (1): 129-135.

Thai Industrial Standard. 2004. **Thai Industrial Standard for Flat Pressed Particleboards**. TIS 876-2004.

Thoemen, H., M. Irle and M. Sernek. 2010. **Wood-Based Panels - An Introduction for Specialists**. Brunel University Press, London.

Ustaomer, D. and M. Usta. 2012. The effects of boron compounds and different melamine contents in MDF resins on some properties of MDF panels. **Bioresources** 7(1): 437-446.

Yalinkilic, M.K., M. Takahashi, Y. Imamura and Z. Demirci. 1998. Effect of boron addition to adhesive and/or surface coating on fire-retardant properties of particleboard. **Wood and Fiber Science** 30 (4): 348-359.

Yu, L., J. Cai, H. Li, D. Qin and B. Fei. 2017. Effect of boric acid and/or borax treatments on the fire resistance of bamboo filament. **Bioresources** 12(3): 5296-5307.

Zaidon, A., H. Rayehan, M.T. Paridah and M.Y. Nor yuziah. 1998. Incorporation of a preservative in particleboard : properties and durability. **Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science** 21(2): 83-92

Thai J. For. 38 (1) : 168-182 (2019) **วารสารวนศาสตร์ 38 (1) : 168-182 (2562)**

Short communications

ความหลากชนิดของมดที่พบบริเวณผิวดินในระบบการปลูกกาแฟแบบวนเกษตร

Species Diversity of Ground Dwelling Ants at Coffee Plantation in Agroforestry System

ลักขิกา ปัญญารักษา[1]
ปิยะวรรณ สุทธิประพันธ์[1]*
ไสว บูรณพานิชพันธุ์[1]
วียะวัฒน์ ใจตรง[2]

Lakkhika Panyaraksa[1]
Piyawan Suttiprapan[1]*
Sawai Buranapanichpan[1]
Weeyawat Jaitrong[2]

[1]คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200
Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand
[2]พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ เทคโนธานี ต.คลองห้า อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
Thailand Natural History Museum, National Science Museum, Technopolis, Khlong 5, Khlong Luang, Pathum Thani 12120, Thailand
*Corresponding Author, E-mail: piyawanss43@gmail.com

รับต้นฉบับ 12 กันยายน 2561 รับแก้ไข 31 ตุลาคม 2561 รับลงพิมพ์ 6 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

Species diversity of ground dwelling ants at coffee plantation in agroforestry system was studied in two coffee plantations: 1) Huai Pong, Mae Chae Dee subdistrict, Wiang Pa Pao district, Chiang Rai province and 2) Pa Miang Chae Son, Chae Son subdistrict, Mueang Pan district, Lampang province. The aim of this study was to investigate ground dwelling ants in two different coffee plantations management, during rainy seasons (June-August, 2016), winter seasons (October, 2016-January, 2017) and summer seasons (March-May, 2017). Ants were collected and separated by using Winkler extractor from collected leaf litter and soil in both sites. A total of 49 species, 36 genera in 9 subfamilies was found in the two study areas. Pa Miang Chae Son with few managements and less disturbance found 38 ant species 27 genera in 8 subfamilies and 28 ant species are not found in another study area. Huai Pong with well management total 21 ant species 18 genera in 5 subfamilies were collected that less species richness and 11 ant species are specific area. Rainy seasons was higher species richness in both sites. The highest number of ants is subfamily Myrmicinae (42.86%). *Tetramorium polymorphum* was the most abundant species in Pa Miang Chae Son while *Technomyrmex yamanei* was the most abundant species in Huai Pong. The species diversity index indicated that the diversity in Pa Miang Chae Son (3.515) was higher than Huai Pong (2.587). The result of this study revealed that field management and disturbance affected on ant diversity.

Keywords: diversity, ground dwelling ants, agroforestry system, arabica coffee

บทคัดย่อ

การศึกษาความหลากชนิดของมดที่พบบริเวณผิวดินในแปลงปลูกกาแฟระบบวนเกษตร 2 พื้นที่ คือ 1) บ้านห้วยโป่ง ตำบลแม่เจดีย์ใหม่ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย และ 2) บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง เพื่อทราบชนิดของมดที่อาศัยอยู่บริเวณผิวดินในแปลงปลูกกาแฟที่มีการจัดการที่แตกต่างกัน ทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ. 2559) ฤดูหนาว (ตุลาคม พ.ศ. 2559-มกราคม พ.ศ. 2560) และฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2560) โดยทั้งสองพื้นที่เก็บตัวอย่างชั้นใบไม้และผิวดินแล้วแยกตัวอย่างมดด้วย Winkler extractor ผลการศึกษาพบมดทั้งหมด 49 ชนิด 36 สกุล 9 วงศ์ย่อย โดยแปลงกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนที่มีการจัดการแปลงและการรบกวนน้อย พบมดจำนวน 38 ชนิด 27 สกุล 8 วงศ์ย่อย ในจำนวนนี้พบมด 28 ชนิดเฉพาะในพื้นที่บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน และแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่งที่มีการจัดการแปลงที่ดีพบจำนวนชนิดน้อยกว่า คือ 21 ชนิด 18 สกุล 5 วงศ์ย่อย เป็นชนิดมดที่พบเฉพาะแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่งจำนวน 11 ชนิด ทั้งนี้ในฤดูฝนมีความหลากชนิดของมดมากที่สุด มดในวงศ์ย่อย Myrmicinae มีจำนวนชนิดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.86 ของจำนวนชนิดมดที่พบทั้งหมด แปลงกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนพบมด *Tetramorium polymorphum* มีความชุกชุมมากที่สุด ในขณะที่แปลงกาแฟบ้านห้วยโป่ง พบมด *Technomyrmex yamanei* มีความชุกชุมมากที่สุด ดัชนีความหลากชนิดของมดในแปลงปลูกกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนมีค่าเท่ากับ 3.515 ซึ่งมากกว่าบ้านห้วยโป่งที่มีค่าเท่ากับ 2.587 จากผลการศึกษาเห็นได้ว่าการจัดการแปลงและการรบกวนพื้นที่จะมีผลต่อความหลากหลายชนิดของมดบนผิวดิน

คำสำคัญ: ความหลากหลาย มดบริเวณผิวดิน ระบบวนเกษตร กาแฟอาราบิก้า

คำนำ

มดเป็นแมลงในวงศ์ Formicidae อันดับ Hymenoptera เป็นแมลงสังคมชั้นสูง (eusocial insects) (Bolton, 1994) ซึ่งมีการแบ่งสมาชิกภายในรังเป็นวรรณะต่างๆ การอยู่ร่วมกันของมดงานอย่างน้อยสองรุ่น และการช่วยกันเลี้ยงดูตัวอ่อน (Hölldobler and Wilson, 1990) โดยทั่วไปแล้วมดมีบทบาทเป็นตัวห้ำ หรือผู้บริโภคซากพืช ซากสัตว์ สามารถกินเหยื่อได้หลากหลายชนิด รวมถึงสัตว์ขาปล้องชนิดอื่น ๆ และเมล็ดพืช (Jaitrong, 2011; Shattuck, 1999) อีกทั้งยังมีส่วนช่วยให้ระบบนิเวศอยู่ในสภาวะสมดุล มดมีถิ่นอาศัยได้หลากหลาย ทั้งในพื้นที่ป่าธรรมชาติ พื้นที่เกษตรกรรมเชิงเดี่ยว หรือพื้นที่เพาะปลูกพืชเกษตรร่วมกับต้นไม้ใหญ่ในป่า ซึ่งมดแต่ละชนิดมีความสามารถในการปรับตัว หรือสามารถอยู่ได้ในสภาพที่ค่อนข้างแตกต่างกัน มดบางชนิดสามารถพบได้เฉพาะในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกรบกวน ในขณะที่มดบางชนิดทนต่อการรุกรานได้เป็นอย่างดี เนื่องจากมดตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพที่อยู่อาศัย และการถูกรบกวน (Anderson *et al*., 2002; Bruhl *et al*., 2003) ดังนั้นการทำกิจกรรมในพื้นที่ อาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของมดได้ทางหนึ่ง เนื่องจากการรุกรานของมนุษย์ส่งผลทำให้สังคมพืช ดิน ซากพืช เศษกิ่งไม้ และอุณหภูมิของดินเปลี่ยนไป (MacKay *et al*., 1991) และส่งผลต่อความหลากชนิดของมดที่น้อยลงมากเมื่อเทียบกับในพื้นที่ป่าธรรมชาติ (Dias *et al*., 2013)

การปลูกกาแฟอาราบิก้าในภาคเหนือของประเทศไทยปัจจุบันเป็นผลจากการที่มูลนิธิโครงการหลวงส่งเสริมให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงทำการปลูกเพื่อทดแทนการปลูกฝิ่น และการทำไร่เลื่อนลอย ซึ่งแต่เดิมเกษตรกรทำการปลูกกาแฟกลางแจ้งบริเวณพื้นที่ลาดเอียง หรือตามไหล่เขา จึงทำให้มีการตัดไม้ทำลายป่าเผากำจัดเศษวัชพืช ส่งผลให้พื้นที่ป่าลดลงอย่างต่อเนื่อง และเกิดการระบาดของศัตรูพืช ต่อมาภาครัฐได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกกาแฟร่วมกับไม้โตเร็ว หรือ

การปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงาเพื่อลดปัญหาดังกล่าว (Highland Research and Development Institute, 2013) การทำกิจกรรมของมนุษย์เพื่อเปลี่ยนแปลงป่าธรรมชาติเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าในการทำวนเกษตร โดยไม่คำนึงถึงการอนุรักษ์ของพื้นที่อาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพของพื้นที่รวมทั้งแมลงที่มีประโยชน์ในพื้นที่ ดังนั้นการศึกษาความหลากชนิดของมดที่อยู่บริเวณผิวดินในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าในระบบวนเกษตรจึงสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งเพื่อให้ทราบความหลากหลายของชนิดมดที่อยู่บริเวณผิวดิน การแพร่กระจายตามฤดูกาล ความชุกชมของมดในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าที่มีการจัดการแตกต่างกัน รวมทั้งให้ทราบชนิดของมดที่มีประโยชน์ในพื้นที่ ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่รวมทั้งเกิดประโยชน์ในทางเกษตรด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาความหลากชนิดของมดในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าในลักษณะวนเกษตร คือ การปลูกกาแฟใต้ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่ โดยมีลักษณะพื้นที่เป็นป่าดิบเขา มีลักษณะการจัดการและความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางแตกต่างกัน 2 พื้นที่ ได้แก่

1. แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้า บ้านห้วยโป่ง ตำบลแม่เจดีย์ใหม่ อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พิกัด 19°5′24″ เหนือ และ 99°21′41″ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,160 เมตร โดยมีลักษณะพื้นที่เป็นเนินเขา ปลูกกาแฟใต้ร่มเงาไม้ป่าเช่น พญาเสือโคร่ง (*Prunus*) และอาโวคาโด ต้นกาแฟมีอายุประมาณ 5-10 ปี ปริมาณของแสงแดดที่ส่องถึงพื้นมีปานกลาง ปลูกกาแฟโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก มีการตัดแต่งกิ่งกาแฟ และกำจัดวัชพืชอย่างสม่ำเสมอ (Figure 1A)

2. แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้า บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน ตำบลแจ้ซ้อน อำเภอเมืองปาน จังหวัดลำปาง พิกัด 18°49′23″ เหนือ และ 99°23′6″ ตะวันออก ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 990 เมตร ลักษณะพื้นที่เป็นเนินเขา ปลูกกาแฟร่วมกับเหมี้ยงหรือชาภายใต้ร่มเงาของต้นไม้ใหญ่หลากหลายชนิด ต้นกาแฟมีอายุประมาณ 5-10 ปี สภาพแปลงค่อนข้างโปร่ง ปริมาณของแสงแดดส่องถึงพื้นมาก เนื่องจากต้นไม้ใหญ่ขึ้นอยู่ห่างกัน แปลงมีความชื้นต่ำ ปลูกกาแฟโดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก มีการตัดแต่งกิ่งกาแฟ และกำจัดวัชพืชน้อย (Figure 1B) แปลงปลูกกาแฟทั้ง 2 พื้นที่ไม่มีการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช



(A) (B)

Figure 1 Coffee plantations in Huai Pong (A) and Pa Miang Chae Son (B).

การเก็บตัวอย่างมด

ทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 3 ฤดูกาล คือ ฤดูฝน (มิถุนายน-สิงหาคม พ.ศ. 2559) ฤดูหนาว (ตุลาคม พ.ศ. 2559-มกราคม พ.ศ. 2560) และฤดูร้อน (มีนาคม-พฤษภาคม พ.ศ. 2560) ในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าทั้งสองพื้นที่ ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างมดอย่างเป็นระบบ โดยวางแปลงเก็บตัวอย่างมดขนาด 30 × 30 เซนติเมตร บนพื้นดินใต้ทรงพุ่มกาแฟจำนวน 20 ต้น แต่ละต้น ห่างกันประมาณ 5 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินลึกประมาณ 5 เซนติเมตร และซากใบที่อยู่ในแปลงขนาด 30 × 30 เซนติเมตรใส่ถุงพลาสติก แล้วทำการร่อนเอาใบไม้และดินบางส่วนออกด้วยตะแกรงขนาดความถี่ของตาข่าย 1 × 1 เซนติเมตร ส่วนที่เหลือบรรจุลงในถุงผ้าตาข่ายขนาดความถี่ 4 × 4 มิลลิเมตร จากนั้นนำถุงผ้าตาข่ายไปแขวนในถุงผ้ารูปทรงกรวย (Winkler bag) ที่ติดขวดบรรจุแอลกอฮอล์ไว้ด้านล่าง แล้วแขวนถุงผ้าไว้ ณ ห้องปฏิบัติการสาขาวิชากีฏวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปล่อยให้มดทั้งหมดตกจากถุงผ้าลงสู่ขวดแอลกอฮอล์ด้านล่างเป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วแยกมดในขวดแอลกอฮอล์ออกจากดินและสัตว์กลุ่มอื่น ๆ และเก็บรักษาไว้ในแอลกอฮอล์ 75% เพื่อนำไปวิเคราะห์จำแนกชนิดมด โดยนำตัวอย่างมดที่เก็บได้มาทำการจัดรูปร่าง และศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของมดเพื่อจำแนกตัวอย่างมดในระดับวงศ์ย่อย สกุล และชนิด โดยใช้หนังสือคู่มือจำแนกสกุลมดในประเทศไทย (Jaitrong, 2011) และหนังสือ Australian Ants: Their Biology and Identification (Shattuck, 1999) หรือจำแนกโดยผู้เชี่ยวชาญด้านมด ในกรณีที่ไม่สามารถจำแนกสกุลหรือชนิดของมดได้

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Wiener's Index) ดัชนีการกระจายตัว (Evenness index) ดัชนีความคล้ายคลึง (Similarity index) (Krebs, 1999) และ ค่าความชุกชุม (Frequency occurrence) (Pettingill, 1970) โดยแบ่งเป็นแต่ละระดับ ดังนี้ ได้แก่ พบมาก = 70 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป พบปานกลาง = ระหว่าง 40 ถึงน้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ และพบน้อย = น้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ทางสถิติ เปรียบเทียบความแตกต่างของความหลากชนิดของมดในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ และเปรียบเทียบในแต่ละฤดู โดยใช้การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทางสถิติแบบ Independent Samples T Test

ผลและวิจารณ์

จำนวนชนิดของมด

การศึกษานี้พบมดทั้งสิ้น 49 ชนิด 34 สกุล 9 วงศ์ย่อย จากตัวอย่างที่เก็บได้ทั้งหมด 339 ตัว โดยพื้นที่ปลูกกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน พบมด 38 ชนิด 25 สกุล 8 วงศ์ย่อย และบ้านห้วยโป่ง 21 ชนิด 18 สกุล 5 วงศ์ย่อย (Table 1) เห็นได้ว่าชนิดของมดในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟทั้งสองค่อนข้างน้อย สอดคล้องกับรายงานของ Mohamed (1996) ที่พบว่า มดในประเทศมาเลเซียมีจำนวนชนิดมากที่สุดในพื้นที่ป่าที่ไม่ถูกรบกวน และจำนวนชนิดลดลงในพื้นที่ป่าที่ถูกเปลี่ยนแปลงสภาพและถูกรบกวนโดยมนุษย์ และการศึกษาความหลากชนิดของมดในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา จังหวัดชลบุรี พบชนิดมดในพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่อยู่อาศัยและชุมชนมีจำนวน 43, 47 และ 34 ชนิด ตามลำดับ (Wanishsakulpong, 2007) ซึ่งพบมีจำนวนชนิดใกล้เคียงกับแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ เนื่องจากสภาพพื้นที่ถูกเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่ามาเป็นพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์โดยมนุษย์นั่นเอง และจากการศึกษาความหลากหลายของมดในพื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์แตกต่างกัน ในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน พบว่าความหลากหลายมดในพื้นที่รกร้างสูงกว่าในสวนมะม่วง และเคหสถาน (Kaewrungruang *et al*., 2016) และความหลากชนิดและองค์ประกอบชนิดของสังคมมดบริเวณพื้นดินในพื้นที่เกษตรกรรมเขตร้อนในจังหวัดระยอง (Prabphal and Khachonpisitsak,

2017) พบจำนวนชนิดมดใกล้เคียงกับแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ นอกจากนี้การศึกษาของ Torchote *et al*. (2010) พบว่า ความหลากชนิดของมดในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบมีสูงกว่าพื้นที่ป่าสักและสวนทุเรียน เปรียบเทียบกับการศึกษาโครงสร้างทางสังคมมดบริเวณพื้นดินในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร (Pannavalee *et al*., 2016) และผลของระดับการรบกวนพื้นที่ใช้ประโยชน์ต่อองค์ประกอบชนิดมดในสวนสาธารณะพระนคร กรุงเทพมหานคร (Yamjarus *et al*., 2017) พบจำนวนชนิดน้อยกว่าในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ที่มีกิจกรรมของมนุษย์ส่งผลต่อจำนวนชนิดและความหลากหลายของมด ซึ่งพื้นที่ที่มีการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์อย่างหนาแน่นส่งผลต่อความหลากชนิดและโครงสร้างประชากรของมด โดยเฉพาะพื้นที่ที่เป็นสังคมเมือง

Table 1 Subfamilies, genera and species of ants were collected at coffee plantation in Huai Pong (HP) and Pa Miang Chae Son (PMCS).

Subfamily	HP		PMCS		Total		% Occurrence
	Genus	Species	Genus	Species	Genus	Species	
1. Amblyoponinae	-	-	1	1	1	1	2.04
2. Dolichoderinae	1	1	2	2	3	3	6.12
3. Dorylinae	-	-	2	2	2	2	4.08
4. Ectatomminae	-	-	1	2	1	2	4.08
5. Formicinae	3	5	5	6	7	9	18.37
6. Myrmicinae	9	9	7	16	11	21	42.86
7. Ponerinae	4	5	6	8	7	9	18.37
8. Proceratiinae	-	-	1	1	1	1	2.04
9. Pseudomyrmecinae	1	1	-	-	1	1	2.04
Total	18	21	25	38	34	49	100

เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาความหลากชนิดของมดในพื้นที่สถานีวิจัยและศูนย์ฝึกอบรมเกษตรที่สูงขุนช่างเคี่ยน (ไร่หน้า) ซึ่งเป็นแปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าแบบเชิงเดี่ยว พบชนิดมดที่อาศัยอยู่บริเวณผิวดินเพียง 34 ชนิด (Onishi *et al*., 2016) ซึ่งจำนวนน้อยกว่ามดที่พบทั้งหมดในแปลงปลูกกาแฟที่ปลูกแบบวนเกษตร แสดงให้เห็นว่าระบบวนเกษตรหรือการปลูกพืชใต้ร่มเงาของป่าไม้ส่งผลกระทบน้อยกว่า หรืออาจเอื้อประโยชน์ในการอาศัยของมดมากกว่า เนื่องจากร่มเงาจากต้นไม้ป่าสามารถลดปริมาณของแสงแดดที่ส่องลงมายังพื้นดินได้ ส่งผลให้อุณหภูมิ และความชื้นภายในแปลงมีความเหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมด นอกจากนี้ยังเพิ่มที่อยู่อาศัยของมด และแหล่งอาหาร เช่น เมล็ดพันธุ์พืช น้ำหวานจากเพลี้ยปากดูดที่อาศัยบนต้นกาแฟ และแมลงอื่นๆ เป็นต้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Borkhataria *et al*. (2012) ที่พบว่าความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตรวมถึงมดจะมีสูงในแปลงกาแฟที่ปลูกภายใต้ร่มเงาต้นไม้ใหญ่

จากการศึกษาพบว่า มดในวงศ์ย่อย Myrmicinae มีจำนวนชนิดมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 42.86 ของจำนวนชนิดมดที่พบทั้งหมด รองลงมาคือวงศ์ย่อย Formicinae และ Ponerinae พบจำนวนชนิดมดเท่ากันคิดเป็นร้อยละ 18.37 วงศ์ย่อย Dolichoderinae พบจำนวนชนิดมดร้อยละ 6.12 ในขณะที่วงศ์ย่อย Dorylinae และ Ectatomminae พบจำนวนชนิดมดร้อยละ 4.08 เท่ากัน ส่วนวงศ์ย่อย Amblyoponinae, Proceratiinae และ Pseudomyrmecinae พบจำนวนชนิดมดน้อยที่สุดคิดเป็นร้อยละ 2.04 (Table 1)

การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษาความหลากหลายของมดในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย และประเทศอาร์เจนตินาที่พบมดในวงศ์ย่อย Myrmicinae มากที่สุด (Calcaterra *et al.*, 2010; Kaewrungruang *et al*., 2016; Lopwichan and Khachonpisitsak, 2015; Phongam *et al*., 2015) โดยป่าไม้ในเขตร้อนส่วนใหญ่มักพบมดในวงศ์ย่อยนี้มีความหลากชนิดมากที่สุด เนื่องจากมีสมาชิกกลุ่มใหญ่ที่สุดในบรรดามดทั่วโลก อาศัยได้ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลาย กินอาหารได้หลายชนิด จึงสามารถพบได้มากและบ่อยกว่ามดกลุ่มอื่น (Bakhtiar, 2000) แสดงให้เห็นว่าสภาพป่าที่ถูกเปลี่ยนแปลงมาเป็นพื้นที่ใช้ประโยชน์แบบวนเกษตร ยังคงมีสภาพแวดล้อมใกล้เคียงกับป่าธรรมชาติเดิม โดยมีพืชอาศัยและแหล่งอาหารที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของมด

ในการศึกษาครั้งนี้พบมดในสกุล *Tetramorium* มากที่สุด (6 ชนิด) คิดเป็นร้อยละ 12.24 ของชนิดมดที่พบทั้งหมด รองลงมาคือสกุล *Pheidole* และ *Nylanderia* มีจำนวน 4 และ 3 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 8.16 และ 6.12 ของชนิดมดที่พบทั้งหมด (Table 2) ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าอาจมีความเหมาะสมต่อการเป็นที่อยู่อาศัยของมดทั้งสามสกุลนี้ ทั้งนี้มดในสกุล *Tetramorium* และ *Pheidole* พบได้ทั่วไปบนพื้นดิน สร้างรังอยู่ตามพื้นดิน ในขอนไม้ผุ และกองใบไม้ที่ทับถมกันบนพื้นดิน กินอาหารได้หลากหลายชนิด บางครั้งเป็นผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์และดำรงชีวิตเป็นตัวห้ำ (Jaitrong, 2011; Shattuck, 1999) สอดคล้องกับการศึกษาของ Phongam *et al*. (2015) ที่พบมดสกุล *Pheidole* มีจำนวนชนิดสูงสุดในป่าไผ่บริเวณอุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ และ Calcaterra *et al*. (2010) พบว่ามดสกุล *Pheidole* มีจำนวนชนิดสูงสุดจากการสำรวจมดบนพื้นดินและในเศษกองใบไม้

Table 2 Number of ant species in rainy season (R), winter season (W) and summer season (S) at coffee plantation in Huai Pong (HP) and Pa Miang Chae Son (PMCS).

Subfamily	Species	HP			PMCS			Total	% of frequency
		R	W	S	R	W	S		
Amblyoponinae	*Mystrium camillae*	0	0	0	2	0	0	2	0.59
Dolichoderinae	*Bothriomyrmex* sp.	0	0	0	0	0	1	1	0.29
	Iridomyrmex anceps	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Technomyrmex yamanei	8	1	10	0	0	0	19	5.60
Dorylinae	*Aenictus doydeei*	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Ooceraea sp.	0	0	0	4	0	0	4	1.18
Ectatomminae	*Gnamptogenys bicolor*	0	0	0	3	1	0	4	1.18
	Gnamptogenys sp.	0	0	0	1	0	0	1	0.29
Formicinae	*Anoplolepis gracilipes*	0	0	0	0	1	0	1	0.29
	Myrmoteras binghamii	1	0	1	0	0	0	2	0.59
	Nylanderia sp. 1	0	0	1	11	2	0	14	4.13
	Nylanderia sp. 2	1	0	6	0	0	0	7	2.06
	Nylanderia sp. 3	0	0	6	5	0	0	11	3.24
	Paratrechina longicornis	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Plagiolepis sp.	0	0	0	7	7	1	15	4.42
	Polyrhachis tibialis	1	0	0	0	0	0	1	0.29
	Pseudolasius sp.	0	0	0	4	8	0	12	3.54

Table 2 (Cont.)

Subfamily	Species	HP			PMCS			Total	% of frequency
		R	W	S	R	W	S		
Myrmicinae	*Aphaenogaster* sp.	6	0	0	0	0	0	6	1.77
	Cardiocondyla sp.	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Carebara diversa	0	0	0	0	20	0	20	5.90
	Carebara sp.	0	0	4	1	1	0	6	1.77
	Crematogaster sp.	0	0	0	2	1	0	3	0.88
	Kartidris matertera	1	0	3	0	0	0	4	1.18
	Lophomyrmex birmanus	3	8	4	1	7	0	23	6.78
	Monomorium chinense	1	0	0	0	0	0	1	0.29
	Myrmecina sp.	0	0	1	0	0	0	1	0.29
	Pheidole plagiaria	0	0	0	0	3	0	3	0.88
	Pheidole dugasi	0	0	0	36	4	0	40	11.80
	Pheidole sp. 1	0	0	0	3	0	0	3	0.88
	Pheidole sp. 2	1	0	3	0	0	0	4	1.18
	Strumigenys sp. 1	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Strumigenys sp. 2	0	0	1	1	0	0	2	0.59
	Tetramorium polymorphum	0	0	0	23	22	0	45	13.27
	Tetramorium wroughtonii	0	0	0	0	5	0	5	1.47
	Tetramorium sp. 1	0	2	2	2	0	4	10	2.95
	Tetramorium sp. 2	0	0	0	0	7	0	7	2.06
	Tetramorium sp. 3	0	0	0	6	0	0	6	1.77
	Tetramorium sp. 4	0	0	0	1	0	0	1	0.29
Ponerinae	*Anochetus graeffei*	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Anochetus myops	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Brachyponera chinensis	3	0	0	1	0	0	4	1.18
	Ectomomyrmex astutus	2	0	0	1	0	0	3	0.88
	Ectomomyrmex sp.	2	0	0	1	0	0	3	0.88
	Emeryopone buttelreepeni	0	0	0	1	0	0	1	0.29
	Hypoponera sp.	0	8	9	5	7	0	29	8.55
	Leptogenys sp.	0	0	0	0	4	0	4	1.18
	Platythyrea parallela	1	0	0	0	0	0	1	0.29
Proceratiinae	*Discothyrea* sp.	0	0	0	1	0	0	1	0.29
Pseudomyrmecinae	*Tetraponera* sp.	2	0	0	0	0	0	2	0.59
	No. of species	14	4	13	31	16	3	49	100
	Total	33	19	51	130	100	6	339	100

โครงสร้างทางสังคมของมด

ผลการวิเคราะห์ความหลากชนิดพบว่าแปลงปลูกกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน มีค่าดัชนีความหลากชนิดของมดเท่ากับ 3.515 ซึ่งมากกว่าค่าที่ได้จากแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่ง (2.587) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในลักษณะเดียวกันดัชนีการกระจายตัวของชนิดมดในแปลงปลูกกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน (0.966) มากกว่าบ้านห้วยโป่ง (0.850) (Figure 2) เนื่องจากค่าการกระจายตัวมีความสัมพันธ์กับจำนวนชนิดของมด แสดงให้เห็นว่าระบบการปลูกกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนมีความเหมาะสมต่อการเป็นแหล่งอาศัยของมด เนื่องจากมีการรบกวนน้อย มีการจัดการภายในแปลงน้อย มีการกำจัดวัชพืชบริเวณโคนต้นกาแฟเพียงเล็กน้อย ทำให้พื้นที่ไม่ค่อยถูกรบกวน มดจึงมีแหล่งสร้างรัง หากิน และหลบภัยมาก ขณะที่การปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่งมีการจัดการภายในแปลงอย่างสม่ำเสมอ มีการรบกวนของพื้นที่อย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้จำนวนชนิดของมดที่อาศัยตามพื้นดินมีน้อยกว่า ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Philpott and Armbrecht (2006) ได้รายงานว่าการตัดแต่งกิ่งของต้นกาแฟมากเกินไปอาจทำให้มดมีที่ทำรังน้อยลง เนื่องจากเศษกองใบไม้และกิ่งของต้นกาแฟที่เอื้ออำนวยต่อการเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของมดมีปริมาณลดลง

เมื่อพิจารณาความแตกต่างของระดับความสูงจากน้ำทะเล พบว่าระดับความสูงจากน้ำทะเลมีผลต่อความหลากชนิดของมด โดยความสูงจากน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนชนิด ดัชนีความหลากชนิด และดัชนีการกระจายตัวของมดลดน้อยลง โดยแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่ง (ความสูง 1,160 เมตร) พบจำนวนชนิดมด 21 ชนิด ซึ่งน้อยกว่าบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน (ความสูง 990 เมตร) ที่พบจำนวนชนิดมด 21 ชนิด (Figure 2) ทั้งนี้อาจเนื่องจากอุณหภูมิและความชื้นมีค่าลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ซึ่งปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อการปรากฏของมด (Prasityousil, 2001) สอดคล้องกับการศึกษาของ Onishi *et al*. (2016) ซึ่งพบว่าพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลมากมักพบจำนวนชนิดมดน้อยลง นอกจากนี้ความสูงจากระดับน้ำทะเลที่เพิ่มขึ้นยังส่งผลให้ความหนาแน่นของประชากรลดลง โดยแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่ง และบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนมีความหนาแน่นเฉลี่ยของมดเท่ากับ 9.54 และ 21.85 ตัวต่อตารางเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความหนาแน่นของมดที่พบในสังคมพืชป่าดิบเขาที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 1,000 เมตรขึ้นไป พบมีความหนาแน่นน้อยกว่าสังคมพืชป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณซึ่งมีความสูงจากระดับน้ำทะเล 100-600 เมตร (Poonjampa and Wiwatwittaya, 2004) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป จะทำให้มีปัจจัยจำกัดต่อการปรากฏของมด ส่งผลให้จำนวนชนิดมด ความหลากชนิด การกระจายตัว และความหนาแน่นของมดลดลง

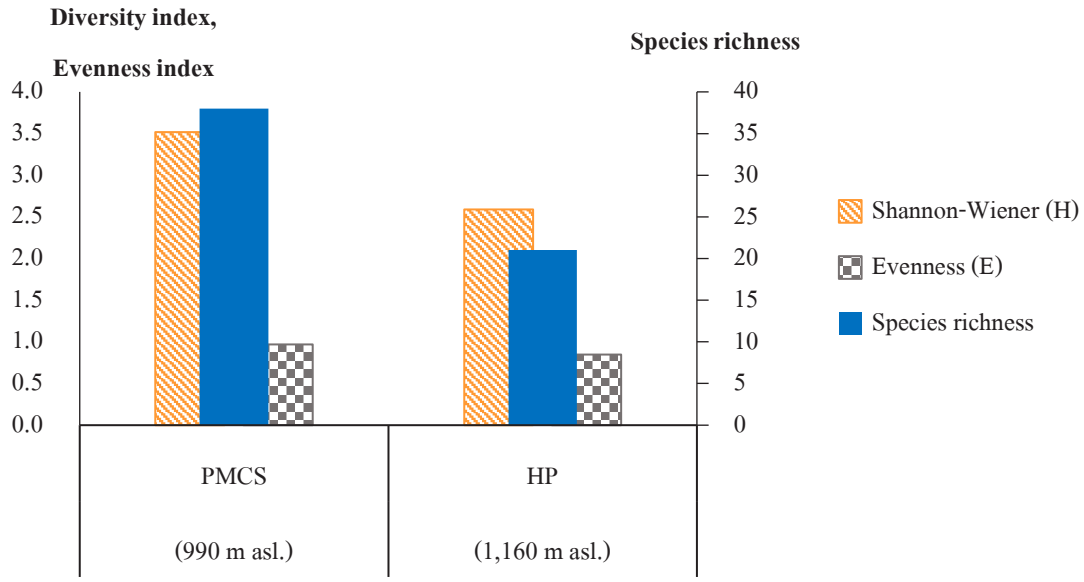


Figure 2 Species richness, diversity index and evenness index at coffee plantations in Huai Pong (HP) and Pa Miang Chae Son (PMCS) during August, 2016 – May, 2017.

ความสามารถในการแพร่กระจายของมดในแปลงปลูกกาแฟภายใต้ร่มเงา พบมด 10 ชนิดมีการกระจายตัวได้ดีในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ คิดเป็นร้อยละ 20.41 ของชนิดมดที่พบทั้งหมด ได้แก่ *Nylanderia* sp. 1, *Nylanderia* sp. 3, *Lophomyrmex birmanus*, *Carebara* sp., *Strumigenys* sp. 2, *Tetramorium* sp. 1, *Brachyponera chinensis*, *Ectomomyrmex astutus*, *Ectomomyrmex* sp. และ *Hypoponera* sp. (Table 2) มดทั้ง 10 ชนิด มีการกระจายตัวได้ดี และสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่มีการเปลี่ยนแปลงได้อย่างดีในพื้นที่ที่มีความแตกต่างในด้านสภาพของพื้นที่ และพันธุ์พืช ทั้งนี้มดที่พบเฉพาะที่ คือ เฉพาะในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่งมีจำนวน 11 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 22.45 และบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน จำนวน 28 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 57.14 แสดงให้เห็นว่าชนิดมดเหล่านี้มีความเฉพาะเจาะจงต่อแหล่งที่อยู่อาศัย สภาพแวดล้อม และอาหาร สามารถอาศัยอยู่ได้ในบางพื้นที่ที่มีภูมิอากาศและลักษณะของพันธุ์พืชที่เหมาะสมกับการดำรงชีวิต (Prasityousil, 2001) สามารถชี้ให้เห็นว่ากิจกรรมการรบกวนหรือการจัดการแปลงที่มีมากส่งผลให้จำนวนชนิดมดบริเวณผิวดินลดลง

ความหลากชนิดของมดในแต่ละฤดูกาลจากทั้งสองพื้นที่ศึกษาพบมีแนวโน้มในทิศทางเดียวกัน คือ พบชนิดมดมากในฤดูฝน และลดลงในฤดูร้อนและหนาว ตามลำดับ โดยแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่ง พบจำนวนชนิดมดในฤดูฝน ฤดูร้อน และฤดูหนาว จำนวน 14, 13 และ 4 ชนิด ตามลำดับ และบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนพบ 31, 16 และ 3 ชนิด ตามลำดับ (Table 3) สอดคล้องกับดัชนีความหลากชนิด ในแปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่ง พบว่ามีค่าสูงในฤดูฝน และฤดูร้อน แล้วลดลงในฤดูหนาว ในขณะที่บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน พบดัชนีความหลากชนิดมีค่าสูงในฤดูฝน และฤดูหนาว และน้อยลงในฤดูร้อน (Table 3) แสดงให้เห็นว่าฤดูฝนมีความหลากหลายของมดสูงกว่าฤดูหนาว และฤดูร้อนในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ โดยดัชนีความหลากชนิดของมดในแต่ละฤดูกาลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สอดคล้องกับการศึกษาของ Rust *et al.* (2000) ในพื้นที่สวนส้มของมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียที่พบกิจกรรมการหาอาหารของมด *Linepithema humile*

สูงสุดอยู่ในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนตุลาคมซึ่งเป็นฤดูฝน และ Hölldobler and Wilson (1990) พบว่ามดจะอพยพขึ้นลงภายในรังเมื่อฤดูกาลเปลี่ยนแปลง และมดออกหาอาหารในฤดูฝนมากกว่าในฤดูแล้ง

Table 3 Shannon index, evenness index and index of dominance in each season at Coffee plantation in Huai Pong (HP) and Pa Miang Chae Son (PMCS) during August, 2016 – May, 2017.

Study site	Species richness			Shannon index		
	Rainy	Winter	Summer	Rainy	Winter	Summer
HP	14	4	13	2.341	1.120	2.297
PMCS	31	16	3	2.638	2.377	0.868

การศึกษาความสามารถในการแพร่กระจายของมด พบมด 7 ชนิด มีการกระจายตัวได้ดีในทุกฤดูกาล คิดเป็นร้อยละ 14.29 ของชนิดมดที่พบทั้งหมด ได้แก่ *Technomyrmex yamanei*, *Nylanderia* sp. 1, *Plagiolepis* sp., *L. birmanus*, *Carebara* sp., *Tetramorium* sp. 1 และ *Hypoponera* sp. มดเหล่านี้พบได้บ่อย กระจายทั่วไปในระบบนิเวศวนเกษตร และพบได้ทุกฤดูกาล มดที่พบกระจายตัวได้ใน 2 ฤดูกาลมีจำนวน 11 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 22.45 มดที่มีการกระจายตัวเพียงฤดูกาลเดียว พบจำนวน 31 ชนิด คิดเป็นร้อยละ 63.27 วิเคราะห์ชนิดมดที่พบเฉพาะเจาะจงเพียงฤดูกาลเดียวนั้น พบมีจำนวนชนิดมากในฤดูฝน 23 ชนิด รองลงมาคือฤดูหนาว และฤดูร้อน พบ 6 และ 2 ชนิด ตามลำดับ การศึกษานี้พบมดที่กระจายตัวเพียงช่วงสั้น ๆ ของปีมากกว่าร้อยละ 60 อาจเป็นเพราะระยะเวลาการศึกษาเพียงแค่ 1 ปี ซึ่งค่อนข้างสั้น แต่อย่างไรก็ตามมดที่มีการกระจายตัวน้อยเหล่านี้อาจมีปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการปรากฏของมด เช่น ปริมาณความชื้นในดิน อุณหภูมิ หรือความหนาแน่นของพันธุ์ไม้ใหญ่ในแปลงปลูกกาแฟ ดังนั้นเพื่อการอนุรักษ์ความหลากหลายทางชีวภาพ อาจต้องทำการศึกษาปัจจัย และความสัมพันธ์ของมดกับปัจจัยเหล่านี้อย่างละเอียดต่อไป

วิเคราะห์ความคล้ายคลึงของชนิดมดในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ พบว่ามีค่าความคล้ายคลึงกันเท่ากับร้อยละ 33.89 แสดงให้เห็นว่าจำนวนชนิดของมดที่พบในสองพื้นที่มีความแตกต่างกันไม่มากนัก เนื่องจากสภาพโครงสร้างของแปลงปลูกกาแฟมีลักษณะคล้ายกัน มดที่เข้ามาอาศัยหรือหากินในพื้นที่ทั้งสองจึงเป็นกลุ่มหรือชนิดที่ใกล้เคียงกัน แต่อย่างไรก็ตามยังมีความแตกต่างกันของมดบางชนิดที่ปรากฏในพื้นที่ ทั้งนี้อาจเป็นปัจจัยย่อยบางอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดเอียงของพื้นที่ รวมทั้งระบบการจัดการพื้นที่วนเกษตร

ความคล้ายคลึงของมดในแต่ละฤดูกาล พบว่าฤดูฝนกับฤดูร้อนมีค่าความคล้ายคลึงกันของมดมากที่สุด ร้อยละ 46.43 รองลงมาคือ ฤดูหนาวกับฤดูร้อน และฤดูฝนกับฤดูหนาว มีค่าเท่ากับร้อยละ 42.43 และ 40.68 ตามลำดับ (Table 4) สอดคล้องกับจำนวนชนิดของมดในฤดูฝนและฤดูร้อนที่มีจำนวนชนิดสูงกว่าฤดูหนาว แสดงให้เห็นว่าฤดูหนาว อาจมีอุณหภูมิ และความชื้นไม่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิต และการออกหาอาหารของมด

Table 4 Percentage of similarity index in each season at coffee plantations in Huai Pong (HP) and Pa Miang Chae Son (PMCS) during August, 2016 – May, 2017.

Seasonal	Rainy	Winter	Summer
Rainy	-	68.57	86.67
Cool	-	-	73.68
Summer	-	-	-

การปรากฏของมดในพื้นที่

แปลงปลูกกาแฟบ้านห้วยโป่งมีความชุกชุมของมดน้อย คิดเป็นร้อยละ 30.38 ในขณะที่บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนมีความชุกชุมปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 69.62 ของจำนวนมดที่พบทั้งหมด การวิเคราะห์ความชุกชุมของมดในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ พบมดในวงศ์ย่อย Myrmicinae มีความชุกชุมของชนิดมากที่สุด มีจำนวนมากที่สุด 192 ตัว โดยเป็นมด *Tetramorium polymorphum* ที่มีความชุกชุมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 13.27 (45 ตัว) (Table 2) เช่นเดียวกับความชุกชุมของชนิดมดในแปลงกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อนที่พบมด *T. polymorphum* มีความชุกชุมคิดเป็นร้อยละ 19.07 (45 ตัว) (Table 2) ซึ่งมดชนิดนี้มักสร้างรังอยู่ใต้ก้อนหินขนาดใหญ่ในพื้นที่ป่าธรรมชาติ (Yamane and Jaitrong, 2011) รองลงมาเป็นมด *Pheidole dugasi*, *Carebara diversa*, *Plagiolepis* sp. และ *Nylanderia* sp.1 มีความชุกชุมคิดเป็นร้อยละ 16.95, 8.47, 6.36 และ 5.51 ตามลำดับ ขณะที่แปลงกาแฟบ้านห้วยโป่ง พบมด *T. yamanei* มีความชุกชุมพบมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 18.45 (19 ตัว) (Table 2) ซึ่งมดชนิดนี้จัดอยู่ในสกุลมดเอวแบน (*Technomyrmex*) ถือเป็นมดชนิดเด่น พบได้ในทุกฤดูกาล และพบอาศัยอยู่ทั้งบนต้นกาแฟ และอาศัยตามพื้นดิน เนื่องจากการหาอาหารของมดงานพบได้ทั่วไปทั้งบนพื้นดิน และบนต้นไม้ยิ่งไปกว่านั้นรังของมดสกุลนี้ยังพบได้ทั้งในกิ่งแห้งของต้นไม้หรือสร้างรังตามใบ (Shattuck, 1999) นอกจากนี้ ยังมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกันกับเพลี้ยหอยสีเขียว ซึ่งเป็นแมลงศัตรูของกาแฟอาราบิก้าอีกด้วย (Onishi *et al*., 2016; Sangtow *et al*., 2018)

การใช้ประโยชน์จากมดในพื้นที่ระบบนิเวศวนเกษตรกาแฟ

ผลจากการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่ปลูกกาแฟร่วมกับต้นไม้ใหญ่ที่รกทึบ และการจัดการกับแปลงปลูกกาแฟน้อยจะมีความหลากหลายของมดมากกว่าพื้นที่ปลูกกาแฟเชิงเดี่ยว หรือแปลงปลูกกาแฟระบบวนเกษตรที่มีการจัดการอย่างเข้มข้น ดังนั้นตามนโยบายของมูลนิธิโครงการหลวงที่ให้เกษตรกรปลูกกาแฟแทนการปลูกฝิ่นหรือไร่เลื่อนลอย รวมทั้งส่งเสริมการปลูกกาแฟใต้ร่มเงาของไม้ป่านั้น ไม่เพียงแต่เป็นการลดการบุกรุกป่าเพียงอย่างเดียว แต่ยังช่วยป้องกันการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพของพืชและสัตว์ในพื้นที่ได้อีกทางหนึ่ง

การศึกษานี้พบมดเฉพาะที่อาศัยอยู่บนพื้นดิน 49 ชนิดซึ่งถือว่าค่อนข้างหลากหลายสำหรับพื้นที่ศึกษาที่มีขนาดไม่ใหญ่มาก หากมีการศึกษามดครอบคลุมทุกแหล่งอาศัย ตั้งแต่ในดิน ไม้ผุ กองใบไม้ที่ทับถมบนพื้นป่า หรือแม้แต่บนเรือนยอดของต้นไม้แล้วอาจพบชนิดมดที่หลากหลายมากกว่านี้ ซึ่งมดที่มีอยู่มากมายนี้เป็นกลไกหนึ่งที่ทำให้ระบบนิเวศวนเกษตรอยู่ในสภาวะสมดุล จากการบริโภค และเป็นแหล่งอาหารให้กับสัตว์ชนิดอื่น (Jaitrong, 2011; Jaitrong and Yamane, 2011, 2013) มดหลายชนิดสามารถใช้ควบคุมปริมาณของแมลงศัตรูพืชได้ทางหนึ่ง (National Science and Technology Development Agency, 2018) และจากการศึกษานี้พบมด 10 ชนิดที่มีการกระจายตัวได้ดีในระบบนิเวศวนเกษตรกาแฟทั้งสองพื้นที่ได้แก่ *Nylanderia* sp. 1, *Nylanderia* sp. 3, *L. birmanus*, *Carebara* sp., *Strumigenys* sp. 2, *Tetramorium* sp. 1, *B. chinensis*.,

E. astutus, *Ectomomyrmex* sp. และ *Hypoponera* sp. โดยมดทั้ง 10 ชนิดนี้ส่วนใหญ่มีการดำรงชีวิตเป็นตัวห้ำ และสามารถกินอาหารได้หลากหลายชนิด ซึ่งมด *Tetramorium* sp. 1 จัดอยู่ในสกุล *Tetramorium* พบมีรายงานเป็นตัวห้ำของมอดเจาะผลกาแฟ (*Hypothenemus hampei*) ในประเทศโคลัมเบีย (Philpott and Armbrecht, 2006) แสดงให้เห็นว่ามดเหล่านี้อาจจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมแมลงศัตรูพืชในระบบวนเกษตรได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะแมลงศัตรูกาแฟ นอกจากนี้ Egonyu *et al*. (2015) เคยใช้มด *Plagiolepis* ควบคุมปริมาณของมอดเจาะกิ่งกาแฟ (*Xylosandrus compactus*) ในประเทศยูกันดา ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Onishi *et al*. (2017) พบว่ามดในสกุล *Dolichoderus, Tapinoma* และ *Technomyrmex* ที่พบทางภาคเหนือของประเทศไทยเป็นศัตรูของมอดเจาะผลกาแฟ ซึ่งชนิดมดที่มีรายงานการเป็นตัวห้ำของแมลงศัตรูกาแฟมาแล้วนั้นเป็นชนิดมดที่พบในการศึกษาในครั้งนี้เช่นกัน

การศึกษานี้พบมดบางชนิดเป็นมดต่างถิ่น เช่น มด *Anoplolepis gracilipes* และ *Tapinoma melanocephalum* ซึ่งสามารถปรับตัวได้ดีหากพื้นที่ป่าถูกรบกวน ดังนั้นหากต้องการป้องกันมดต่างถิ่นเหล่านี้เข้าไปรุกรานสัตว์ผิวดินท้องถิ่นในพื้นที่ป่า จึงควรมีการจัดการพื้นที่วนเกษตรบางประการ เช่น การมีแนวกันชนที่เป็นป่าธรรมชาติระหว่างพื้นที่วนเกษตรกับแหล่งชุมชน หรือมีระบบจัดการกับพืชเกษตรในพื้นที่วนเกษตรเท่าที่จำเป็น นอกเหนือจากการป้องกันมดต่างถิ่นแล้ว การดูแลรักษาสภาพระบบวนเกษตรให้เป็นธรรมชาติที่สุดยังจะช่วยรักษาความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่ได้ด้วย ซึ่งจากการศึกษาพบมดบางชนิดที่มีความจำเพาะเจาะจงกับบางพื้นที่ เช่น มด *Mystium camillae* และ *Aenictus doydeei* พบเฉพาะพื้นที่บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน ในขณะที่มด *T. yamanei* และ *Kartidris matertera* พบได้เฉพาะพื้นที่สูงบ้านห้วยโป่ง หากพื้นที่ป่าถูกรบกวนมากมดเหล่านี้อาจได้รับผลกระทบได้

สรุป

จากการศึกษาความหลากชนิดของมดในพื้นที่แปลงปลูกกาแฟอาราบิก้าแบบวนเกษตร พบมดทั้งหมด 49 ชนิด 34 สกุล 9 วงศ์ย่อย โดยพบมดในวงศ์ย่อย Myrmicinae มีจำนวนชนิดมากที่สุด สกุลมดที่พบจำนวนชนิดมาก คือ มดสกุล *Tetramorium, Pheidole* และ *Nylanderia* โดยเป็นสกุลมดที่พบทั่วไปตามพื้นดิน กินอาหารได้หลากหลาย และดำรงชีวิตเป็นตัวห้ำ ค่าดัชนีความหลากชนิด และค่าการกระจายตัวของมดในแปลงปลูกกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน มากกว่าบ้านห้วยโป่ง ซึ่งจำนวนชนิดมดมีความสัมพันธ์กับการจัดการภายในแปลงและระดับความสูงจากน้ำทะเล การศึกษาความหลากชนิดของมดในแต่ละฤดูกาลพบสูงในฤดูฝน มดที่มีการกระจายตัวได้ดีในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ พบ 10 ชนิด ได้แก่ *Nylanderia* sp. 1, *Nylanderia* sp. 3, *L. birmanus*, *Carebara* sp., *Strumigenys* sp. 2, *Tetramorium* sp. 1, *B. chinensis*., *E. astutus*, *Ectomomyrmex* sp. และ *Hypoponera* sp. มดที่มีความเฉพาะเจาะจงกับพื้นที่บ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน พบ 11 ชนิด เช่น มด *Mystium camillae* และ *Aenictus doydeei* เป็นต้น สำหรับบ้านห้วยโป่งพบ 28 ชนิด เช่นมด *T. yamanei* และ *Kartidris materteral* เป็นต้น มด *T. polymorphum* มีความชุกชุมมากที่สุดในแปลงกาแฟบ้านป่าเหมี้ยง-แจ้ซ้อน ซึ่งมดสกุลนี้มีการดำรงชีวิตเป็นตัวห้ำ และผู้บริโภคซากพืชซากสัตว์ อาจนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูกาแฟบางชนิดได้ ขณะที่มด *T. yamanei* มีความชุกชุมพบมากที่สุดในแปลงกาแฟบ้านห้วยโป่ง โดยมักพบมีความสัมพันธ์ร่วมกับเพลี้ยหอยสีเขียวซึ่งเป็นแมลงศัตรูกาแฟ จึงอาจต้องมีการกำจัดมดชนิดนี้ออกจากแปลงปลูกกาแฟ ความคล้ายคลึงของชนิดมดในแปลงปลูกกาแฟทั้งสองพื้นที่ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันมากนัก สำหรับความคล้ายคลึงของมดในแต่ละฤดูกาล พบว่าฤดูฝนกับฤดูร้อนมีค่าความคล้ายคลึงกันของมดมากที่สุด นอกจากนี้ชนิดมดต่างถิ่น และชนิดมดที่มีความเฉพาะเจาะจงกับพื้นที่ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดการพื้นที่ระบบนิเวศเกษตรกาแฟได้

คำนิยม

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนการทำวิจัยในครั้งนี้

REFERENCES

Andersen, A.N., B.D. Hoffmann, W.J. Muller and A.D. Griffiths. 2002. Using ants as bioindicator in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology** 39 (1): 8-17.

Bakhtiar, E.Y. 2000. **The Use of Three Insect Groups as Biological Indicators in Three Ecohabitats of Sabah**. M.S. Thesis, Universiti Malaysia Sabah.

Bolton, B. 1994. **Identification Guide to the Ant Genera of the World**. Harvard University Press, Cambridge.

Borkhataria, R.R., J.A. Collazo and M. J. Groom. 2012. Species abundance and potential biological control services in shade vs. sun coffee in Puerto Rico. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 151, doi: 10.1016/j.agee.2012.01.025.

Bruhl, C.A., T. Eltz and K.E. Linsenmair. 2003. Size does matter-effects of tropical rainforest fragmentation on the leaf litter ant community in Sabah, Malaysia. **Biodiversity and Conservation** 12: 1371-1389.

Calcaterra, L.A., F. Cuezzo, S.M. Cabrera and J.A. Briano. 2010. Ground ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in the Ibera´ Nature Reserve, the largest wetland of Argentina. **Annals of the Entomological Society of America** 103 (1): 71-83.

Dias, N.S., R. Zanetti, M.S. Santos, M.F.G.V. Peneflor, S.M.F. Broglio and J.H.C. Delabie. 2013. The impact of coffee and pasture agriculture on predatory and omnivorous leaf-litter ants. **Journal of Insect Science** 13(29). Available source: http://www.insectscience.org/13.29, April 20, 2017.

Egonyu, J. P., J. Baguma, I. Ogari, G. Ahumuza, S. Kyamanywa, P. Kucel, G.H. Kagezi, M. Erbaugh, N. Phiri, B.J. Ritchie and W.W. Wagoire. 2015. The formicid ant, *Plagiolepis* sp., as a predator of the coffee twig borer, *Xylosandrus compactus*. **Biological Control** 91: 42-46.

Highland Research and Development Institute. 2013. **Growing Coffee to Reduce Burn.** Available source: http://www2.hrdi.or.th/HighlandDevelop/detail/2127/, December 15, 2015. (in Thai)

Hölldobler, B. and E.O. Wilson. 1990. **The Ants**. Springer-Verleg, Berlin.

Jaitrong, W. 2011. **Key to the Ant Genera in Thailand**. Natural History Museum of the National Science Museum, Pathum Thani province. (in Thai)

Jaitrong, W. and S. Yamane. 2011. Synopsis of *Aenictus* species groups and revision of the *A. currax* and *A. laeviceps* groups in the eastern Oriental, Indo-Australian and Australasian regions. **Zootaxa** 3128: 1-46.

Jaitrong, W. and S. Yamane. 2013. The *Aenictus ceylonicus* species group (Hymenoptera, Formicidae, Aenictinae) from Southeast Asia. **Journal of Hymenoptera Research** 31: 165-233.

Kaewrungruang, M., R. Dokmaithes and S. Sanguansub. 2016. Diversity of ant in different land use types at Kasetsart University, Kamphaeng

Saen campus. **Khon Kaen Agriculture Journal** 44 (2): 287-294.

Krebs, C.J. 1999. **Ecological Methodology**. Addison-Wesley Educational Publishers, Inc., Boston.

Lopwichan, S. and S. Khachonpisitsak. 2015. Ant diversity in Nong Tha Yu Arboretum, Si Racha district, Chon Buri province, ***In*** **Proceedings of the 7th National Science Research Conference**, March 30-31, 2015. Naresuan University, Phitsanulok.

MacKay, W.P., M.A. Rebeles, B.H.C. Arredondo, R.A.D. Rodriguez, D.A. Gonzalez and S.B. Vinson. 1991. Impact of slashing and burning of a tropical rain forest on the native ant fauna (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 18: 257-268.

Mohamed, M. 1996. A review of research on ants in Malaysia, pp. 373-383. *In* I.M. Turner, C.H. Diong, S.S.L. Lim and P.K.L. Ng. eds. **Biodiversity and the Dynamics of Ecosystems** (DIWPA Series Volume 1). DIWPA, Kyoto.

National Science and Technology Development Agency. 2018. **Management Guide to the Teak Beehole Borer (*Xyleutes caramicus*)**. National Science and Technology Development Agency, Pathum Thani province. (in Thai)

Onishi, Y., P. Suttiprapan, J. Kulsarin, W. Jaitrong and F. Ito. 2017. Behavioral interactions between coffee berry borers and ants in Chiang Mai, Thailand. **Journal of Agriculture** 33 (1): 1-8.

Onishi, Y., W. Jaitrong, P. Suttiprapan, S. Buranapanichpan, Y. Chanbang and F. Ito. 2016. Ant species diversity in coffee plantation in Chiang Mai province, northern Thailand. **The Thailand Natural History Museum Journal** 10 (1): 33-48.

Pannavalee, R., D. Wiwatwittaya and S. Suksard. 2016. Terrestrial ant communities structure in Kasetsart University, Bangkhen campus, Bangkok. **Thai Journal of Forestry** 35 (2): 1-10.

Pettingill, O.S. 1970. **A Laboratory and Field Manual of Ornithology.** Burgess Publishing Company, Minneapolis.

Philpott, S. M. and I. Armbrecht. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. **Ecological Entomology** 31 (4): 369-377.

Phongam, J., P. Pitaktunsakul and T. Soompee. 2015. Species diversity of ants in the bamboo forest, Khuean Srinagarindra National Park Kanchanaburi province. **Journal of Kanchanaburi Rajabhat University** 4 (1): 82-90.

Poonjampa, R and D. Wiwatwittaya. 2004. Comparison of species diversity of ants in plant communities at Khao Yai National Park. **Thai Journal of Forestry** 23 (1): 24-36.

Prabphal, K. and S. Khachonpisitsak. 2017. Species diversity and composition of terrestrial ant communities in tropical agricultural system: A case study of Rayong Province, Eastern Thailand. **Burapha Science Journal** 22 (3): 538-556.

Prasityousil, P. 2001. **Ant Diversity and Distribution in Doi Inthanon National Park, Chiang Mai Province**. M.S. Thesis, Chiang Mai University.

Rust, M.K., D.A. Reierson, E. Paine and L.J. Blum. 2000. Seasonal activity and bait preference of Argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Agricultural and Urban Entomology** 17 (4): 201-212.

Sangtow, W., P. Suttiprapan, W. Jaitrong and S. Buranapanichpan. 2018. Species of ants and their relationship with green scale insects on arabica coffee trees in Northern Thailand. **Journal of Agriculture** 34 (3): 469-480.

Shattuck, S.O.1999. **Australian Ants: Their Biology and Identification**. CSIRO Publishing, Collingwood.

Torchote, P., D. Sitthicharoenchai and C. Chaisuekul. 2010. Ant species diversity and community composition in three different habitats: mixed deciduous forest, teak plantation and fruit orchard. **Tropical Natural History** 10 (1): 37-51.

Wanishsakulpong, W. 2007. **Species Richness of Ants in Kasetsart University, Si Racha Campus, Chon Buri Province**. M.S. Thesis, Kasetsart University.

Yamane, S. and W. Jaitrong. 2011. A first species of *Tetramorium* (Hymenoptera, Formicidae, Myrmicinae) with a polymorphic worker caste. **Insecta Matsumurana**. 67: 61-74.

Yamjarus, J., D. Wiwatwittaya and S. Suksard. 2017. Effects of land use disturbance levels on species composition of ants at Phra Nakhon park, Bangkok. **Thai Journal of Forestry** 36 (1): 145-155.

Thai J. For. 38 (1) : 183-194 (2019) **วารสารวนศาสตร์ 38 (1) : 183-194 (2562)**

Short communications

ความหลากหลายของมดในป่าไผ่ที่แตกต่างกันบริเวณป่าชุมชนเขาหินปูน ในจังหวัดกาญจนบุรี

Diversity of Ants in Different Bamboo Forest Types on Limestone Hills Community Forest in Kanchanaburi Province

ปิยะพร พิทักษ์ตันสกุล* **Piyaporn Pitaktunsakul***

ณรงค์ศักดิ์ พิทักษ์ตันสกุล **Narongsak Pitaktunsakul**

จิราพร โพธิ์งาม **Jiraporn Phongam**

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี 71190

Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University 71190

*Corresponding Author, E-mail: ppiyaporn@kru.ac.th

รับต้นฉบับ 12 กันยายน 2561 รับแก้ไข 2 พฤศจิกายน 2561 รับลงพิมพ์ 6 พฤศจิกายน 2561

ABSTRACT

This research investigated ant diversity in four different bamboo forest types: 1) mixed bamboo forest between *Thyrsostachys siamensis* Gamble and *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz; 2) *T. siamensis* Gamble; 3) *Gigantochloa densa* and 4) *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz. on limestone hills, Pu-Teuy Community forest in Kanchanaburi province, western Thailand during December 2017 – March 2018. Ants were collected using honey baiting and hand collecting methods. A total of 48 species of ants, belonging to 30 genera in eight subfamilies, was collected. Among them 27, 27, 26 and 24 species of ants were found in a mixed bamboo forest between, a *T. siamensis* bamboo forest, a *G.densa* bamboo forest and a *G.albociliata* bamboo forest, respectively. Total species richness of ants did not differ significantly among the four types of bamboo forest. The most common ant species were the native *Diacama vargens*, *Odontoponera denticulata*, *Pheidole inornata* and *Pheidole pieli*, which occurred in 100%, 79.17%, 62.50% and 62.50% of the samples, and the exotic invaders *Tapinoma melanocephalum*, *Anoplolepis gracilipes*, *Paratrechina longicornis* and *Monomorium pharaonis* which were in 88.33%, 62.50%, 50% and 50% of samples, respectively. The *G. densa* bamboo forest, especially, had abundant leaf litter and fertile soil, and some rarer more cryptic ant species, e.g. *Pheidole tandjongensis*, *Odontomachus rixosus*, *Ectomomyrmex astutus* and *Ectomomyrmex* sp. 1, were found in the leaf litter or rotting wood. This study found that biodiversity is similar to the study of the diversity of ants in other parts of Thailand.

Keywords: Ant diversity, Bamboo forest, Pu-teuy community forest, Kanchanaburi province

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของมดในป่าไผ่เขาหินปูนที่แตกต่างกัน 4 ประเภท ได้แก่ 1) ป่าผสมระหว่างไผ่รวกกับไผ่ไร่ (*Thyrsostachys siamensis* Gamble และ *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz 2) ป่าไผ่รวก (*T. siamensis* Gamble) 3) ป่าไผ่ผาก (*Gigantochloa densa*) และ 4) ป่าไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.) บริเวณป่าชุมชนบ้านพุเตย ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ถึง เดือนมีนาคม พ.ศ. 2561 โดยมีวิธีดำเนินการสำรวจมด 2 วิธี คือการใช้กับดักน้ำหวาน และการเก็บด้วยมือ จากการศึกษาพบมดทั้งสิ้น 47 ชนิด 30 สกุล จาก 8 วงศ์ย่อย โดยพบความหลากชนิดของมดในป่าไผ่ผสมระหว่างไผ่รวกกับไผ่ไร่ 27 ชนิด ป่าไผ่ไร่ 27 ชนิด ป่าไผ่ผาก 26 ชนิด และป่าไผ่รวก 24 ชนิด ทั้งนี้พบว่าความหลากหลายทางชนิดพันธุ์ของมดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในป่าไผ่ทั้ง 4 ประเภท ชนิดพันธุ์ท้องถิ่นของมดที่มีความสำคัญและพบมากสุดคือ มดหนามคู่ดำ (*Diacama vargens*) มดไอ้ชื่น (*Odontoponera denticulata*) มดคันกระโดด (*Pheidole inornata*) และมดคันหัวแบน (*Pheidole pieli*) โดยพบการปรากฏ ร้อยละ 100.00, 79.17, 62.50 และ 62.50 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีชนิดพันธุ์รุกรานต่างถิ่นที่สำคัญ คือ มดเหม็น (*Tapinoma melanocephalum*) มดน้ำผึ้ง (*Anoplolepis gracilipes*) มดรำคาญขายาว (*Paratrechina longicornis*) และ มดละเอียดบ้าน (*Monomorium pharaonis*) ซึ่งพบมีการปรากฏร้อยละ 88.33, 62.50, 50 และ 50 ตามลำดับ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในป่าไผ่ผากซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของเศษซากใบไม้และความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง พบมดชนิดที่หายาก อาทิ มดคันทานโจ (*Pheidole tandjongensis*) มดกระโดดเหลือง (*Odontomachus rixosus*) มดปุยฝ้ายป่า (*Ectomomyrmex astutus*) และ สกุลมดปุยฝ้าย (*Ectomomyrmex* sp. 1) ซึ่งเป็นชนิดพันธุ์ที่มักพบในเศษซากของใบหรือในไม้ผุ ซึ่งผลการศึกษานี้พบว่าความหลากหลายทางชีวภาพมีความใกล้เคียงกับการศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของมดในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย

คำสำคัญ: สังคมมด ป่าไผ่ ป่าชุมชนบ้านพุเตย ไทรโยค กาญจนบุรี

คำนำ

มดเป็นแมลงสังคมที่พบเห็นได้โดยทั่วไป ถือเป็นแมลงที่เด่นมากในระบบนิเวศต่าง ๆ ทั้งความหลากหลาย และบทบาททางนิเวศวิทยา โดยมดมีบทบาทเป็นผู้บริโภค ซึ่งถือเป็นกลไกหนึ่งของระบบนิเวศให้สามารถดำเนินไปได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ในปัจจุบันพบมดที่สามารถระบุชื่อแล้วทั่วโลก 15,490 ชนิด จาก 408 สกุล (Antwiki, 2018) มดส่วนใหญ่เป็นตัวห้ำหรือผู้ล่า (predators) ซึ่งกินแมลงหรือสัตว์ขนาดเล็ก นอกจากนี้มดยังสามารถกินพืช (herbivores) เช่น มดในสกุล *Pheidole* จะกินบางส่วนของเมล็ดพืชเท่านั้น และเมล็ดพืชเหล่านั้นยังสามารถที่จะงอกต่อไปได้และยังช่วยให้เมล็ดพืชเหล่านั้นสามารถกระจายพันธุ์ออกไปได้กว้างขวางอีกทั้งยังงอกได้เร็วกว่าปกติอีกด้วย (Shattuck, 1999) นอกจากนี้มดยังสามารถนำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ทางชีววิทยา (bioindicator) ของความหลากหลาย การเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และผลกระทบจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ต่าง ๆ ในประเทศไทย ซึ่งได้เคยมีการนำมดมาไปใช้เป็นตัวบ่งชี้สังคมพืชในอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (Poonjampa and Wiwatwitaya, 2004)

ป่าชุมชนบ้านพุเตย ตั้งอยู่ที่ หมู่ที่ 8 ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี มีเนื้อที่ประมาณ 330 ไร่ มีสภาพสังคมพืชสามแบบ คือ ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ และป่าพรุ มีไม้ไผ่กระจายอยู่ทั่วพื้นที่ จากการสำรวจเบื้องต้นพบว่ามีไม้ไผ่ไม่น้อยกว่า

8 ชนิดที่พบในป่าชุมชนบ้านพุเตย และในตำบลท่าเสา ชุมชนมีความผูกพันกับไผ่มาช้านาน เนื่องจากพื้นที่อยู่ติดกับแนวเขตป่าอนุรักษ์ มีการนำไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์หลากหลาย อาทิ นำหน่อมารับประทานสด การทำหน่อไม้อัดปี๊บ การทำหน่อไม้แห้ง การนำลำไม้ไผ่มาจักสาน โดยเฉพาะการสานเข่ง ซึ่งสามารถยึดเป็นอาชีพเสริมได้ หรือแม้กระทั้งการนำมาทำเครื่องเรือน เฟอร์นิเจอร์ และเครื่องใช้ต่าง ๆ เป็นต้น อย่างไร ก็ตามการนำไม้ไผ่มาใช้ประโยชน์แต่เพียงอย่างเดียวอาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายของพื้นที่หากขาดแนวคิดเชิงอนุรักษ์ การศึกษาความหลากชนิดของมดในระบบนิเวศป่าไผ่บริเวณป่าชุมชนบ้านพุเตย จึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษา เพื่อให้ทราบความหลากชนิด การแพร่กระจาย ความชุกชุมของมดในระบบนิเวศป่าไผ่ ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับบ่งชี้สภาพนิเวศของป่า และนำไปสู่การวางแผนจัดการพื้นที่ในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านพุเตย ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี เนื้อที่ประมาณ 330 ไร่ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณ มีป่าพรุและป่าเต็งรังเนื้อที่ไม่มากนัก การศึกษานี้จึงเลือกสำรวจเฉพาะในป่าเบญจพรรณ (เนื่องจากมีเนื้อที่มากที่สุด) โดยศึกษาเปรียบเทียบความหลากหลายของมดในป่าไผ่ที่แตกต่างกัน 4 ประเภท ได้แก่ 1) ป่าไผ่ผสม (mixed bamboo forest) ที่ความสูง 254 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (พิกัด 14°19′49″N, 98°58′33″E) เป็นป่าที่มีไผ่สองชนิด ได้แก่ ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) และไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz) ขึ้นปะปนกัน พื้นที่ค่อนข้างลาดชัน 2) ป่าไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) ที่ความสูง 207 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (พิกัด 14°19′53″N, 98°58′26″E) ป่าไผ่เชิงเดี่ยวขึ้นอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขา 3) ป่าไผ่ผาก (*Gigantochloa densa*) ที่ความสูง 254 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (พิกัด 14°19′47″N, 98°58′34″E) เป็นป่าไผ่เชิงเดี่ยวอยู่บริเวณแนวหุบเขา และ 4) ป่าไผ่ไร่ (*Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz) ที่ความสูง 275 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง (พิกัด 14°19′44″N, 98°58′38″E) เป็นป่าไผ่เชิงเดี่ยวอยู่บริเวณพื้นที่ค่อนข้างลาดชัน (Figure 1A-D) โดยการศึกษานี้ได้ดำเนินการสำรวจ 3 ครั้ง ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2561



Figure 1 Bamboo forest types: A, *Thyrsostachys siamensis* Gamble mixed with *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz; B, *Thyrsostachys siamensis* Gamble; C, *Gigantochloa densa* ; D, *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.

การเก็บตัวอย่าง

ในพื้นที่ป่าไผ่แต่ละประเภทได้ทำการเก็บตัวอย่างแบบสุ่มอย่างเป็นระบบ (systematic random sampling method) โดยมีวิธีการสำรวจและเก็บตัวอย่าง 2 วิธีการ โดยดัดแปลงจากวิธีการของ Hashimoto *et al*. (2001) ดังนี้

1. วิธีการวางกับดักน้ำหวาน (honey baiting trap) ใช้สำลีแผ่นขนาด 2.5 × 2.5 เซนติเมตร ชุบน้ำหวานความเข้มข้น 60% วางตามพื้นดินจำนวน 45 จุด แต่ละจุดห่างกัน 5 เมตร เป็นแนวเส้นตรง หลังจากวางสำลีแผ่นชุบน้ำหวานจุดที่ 45 แล้วเสร็จ วางทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วบันทึกชนิดและจำนวนตัวมดที่เข้ามาที่กับดักน้ำหวานแต่ละจุด ชนิดมดที่ไม่สามารถระบุชื่อได้ในภาคสนาม ทำการเก็บตัวอย่างดองในแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 85% เพื่อการวิเคราะห์แยกชนิดในห้องปฏิบัติการ

2. วิธีการจับด้วยมือ (hand collecting) ทำการเก็บมดที่อาศัยอยู่ตามต้นไผ่ ตั้งแต่โคนต้นถึงที่ระดับความสูงประมาณ 2 เมตรจากพื้นดิน จำนวน 10 กอ (แต่ละกอมีไผ่ประมาณ 28-32 ลำ) ใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างมดกอละ 30 นาที

การจำแนกชนิดมด

ตัวอย่างที่เก็บได้จากภาคสนามได้ทำการวิเคราะห์แยกสกุลตาม Wiwatwitaya and Jaitrong (2001); Jaitrong (2011); Bolton (1994); Hölldobler and Wilson (1990); Shattuck (1999) และวิเคราะห์แยกชนิดโดยเปรียบเทียบกับตัวอย่างมดที่ระบุชื่อแล้วและเก็บรักษาไว้ ณ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ตัวอย่างมดจากการศึกษานี้ได้เก็บรักษาไว้ ณ พิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดมดเพื่อเปรียบเทียบแต่ละพื้นที่ศึกษา โดยการใช้ดัชนีของ Shannon-Weiener's Index (Krebs, 1999)

2. ดัชนีความสม่ำเสมอของชนิด Shannon-Weiener Evenness (Pielou, 1966)

3. ค่าความชุกชุม (frequency occurrence) คำนวณจากความถี่ในการปรากฏของมดในแต่ละครั้งที่สำรวจ (Krebs, 1999) โดยระดับของความชุกชุม ได้แก่ พบมากที่สุด = 81 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป พบมาก = น้อยกว่า 81 ถึง 61 เปอร์เซ็นต์; ปานกลาง = น้อยกว่า 61 ถึง 41 เปอร์เซ็นต์; พบน้อย = น้อยกว่า 41 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ และพบน้อยมาก = น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์

4. ค่าดัชนีความคล้ายคลึง Sorrensen Index (Sorrensen, 1984)

5. ทดสอบทางสถิติเกี่ยวกับความแตกต่างระหว่างกลุ่มประชากรมด โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Independent Sample T-test โดยโปรแกรม SPSS

ผลและวิจารณ์

จำนวนชนิดและองค์ประกอบชนิดของมด

การศึกษานี้ พบมดทั้งสิ้น 47 ชนิด 30 สกุล จาก 8 วงศ์ย่อย วงศ์ย่อยที่พบจำนวนชนิดมากที่สุด ได้แก่ วงศ์ย่อย Myrmicinae (วงศ์ย่อยมดคันไฟ) 19 ชนิด (39.58% ของมดทั้งหมดที่พบ) รองลงมาคือ วงศ์ย่อย Formicinae (วงศ์ย่อยมดแดง) และวงศ์ย่อย Ponerinae (วงศ์ย่อยมดไอ้ชื่น) 12 และ 10 ชนิด (25.00% และ 20.83%) ตามลำดับ ในขณะที่วงศ์ย่อยอื่น ๆ พบน้อย เพียง 1-3 ชนิด (Table 1) การศึกษานี้สอดคล้องกับการศึกษามดที่หากินอยู่ตามพื้นดินหรือตามลำต้นไม้ในพื้นที่อื่น ๆ ของประเทศไทย (Watanasit *et al*., 2008; Torchote *et al*., 2010; Watanasit and Nhu-eard, 2011; Jongjitvimol and Wattanachaiyingcharoen, 2010; Thongphak and Kulsa, 2014; Kaewrungruang *et al*., 2016) และในประเทศใกล้เคียง (Hosoishi *et al*., 2013; Dac and Phuong, 2016) คือ พบมดวงศ์ย่อย Myrmicinae, Fomicinae และ Ponerinae มากกว่าวงศ์ย่อยอื่น ๆ เนื่องจากมดทั้ง 3 วงศ์ย่อยนี้มีความหลากหลายมากที่สุดในโลก โดยเฉพาะในเขตร้อน (Hölldobler and Wilson; 1990; Bolton, 1994) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ Jaitrong and Jeenthong (2014) และ Jaitrong and Ting-nga (2005) ซึ่งรายงานไว้ว่ามดทั้งสามวงศ์ย่อยที่กล่าวข้างต้นโดยเฉพาะวงศ์ย่อย Myrmicinae และ Ponerinae ส่วนใหญ่สร้างรังอยู่ในดิน ใต้กองใบไม้ เศษไม้ หรือในไม้ผุที่อยู่บนพื้นป่า ดังนั้นมดที่หากินอยู่ตามพื้นป่าหรือตามลำต้นไม้อย่างในการศึกษานี้จึงมีมดในวงศ์ย่อย Myrmicinae, Fomicinae และ Ponerinae เป็นมดที่พบได้จำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Phongam *et al.* (2015) ที่ได้ทำการศึกษามดในป่าไผ่ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรีที่พบมดในวงศ์ย่อย Myrmicinae มีจำนวนชนิดมากที่สุด พบ 58 ชนิด (ร้อยละ 43.61) รองลงมาคือ วงศ์ย่อย Formicidae และ Ponerinae พบ 31 และ 22 ชนิด (ร้อยละ 23.31 และ 16.54) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้แตกต่างจากการศึกษามดบนร่มไม้ (canopy ants) โดยบนร่มไม้มีความหลากหลายของมดวงศ์ย่อย Formicinae มากกว่าวงศ์ย่อย Myrmicinae (Watanasit *et al*., 2005; Watanasit *et al*., 2008) ซึ่งองค์ประกอบมดบนร่มไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าโตนงาช้าง และใน

พื้นที่อนุรักษ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา มีมดสกุล *Polyrhachis* (สกุลมดหนาม) ในวงศ์ย่อย Formicinae มากที่สุด เช่นเดียวกับที่ Onishi *et al*. (2016) พบมด *Polyrhachis* มากที่สุดบริเวณทรงพุ่มกาแฟบนที่สูงทางภาคเหนือ Liefke *et al*. (1998) และ Jaitrong *et al*. (2007) พบมดสกุล *Polyrhachis* หลายชนิดสร้างรังและหากินอยู่ตามร่มไม้ ในขณะที่ Yanoviak *et al*. (2007) พบมดสกุล *Camponotus* (สกุลมดตะลาน) ในวงศ์ย่อย Formicinae มากที่สุดบนร่มไม้ในป่าแถบแอฟริกากลาง การศึกษาครั้งนี้พบมดสกุล *Camponotus* และ *Polyrhachis* น้อยมาก จากข้อมูลข้างต้นชี้ให้เห็นว่ามดที่อาศัยอยู่ตามพื้นดินกับมดที่อาศัยอยู่บนร่มไม้หรือพุ่มไม้อาจมีโครงสร้างประชากรแตกต่างกัน ดังนั้นการศึกษาครั้งต่อไปควรให้ความสำคัญกับมดบนร่มไม้ซึ่งยังไม่เคยมีรายงานเลยในป่าไผ่หรือป่าเบญจพรรณในประเทศไทย

Table 1 Number of ant genera, species and percentages for each subfamily in bamboo forest at Ban Pu-teuy community forest, Tha Sao subdistrict, Sai Yok district, Kanchanaburi province

Subfamilies	Genera	Species	%
1. Dolichoderinae	3	3	6.38
2. Dorylinae	1	1	2.13
3. Ectatomminae	1	1	2.13
4. Formicinae	8	11	23.40
5. Myrmicinae	7	19	40.43
6. Ponerinae	8	10	21.28
7. Proceratinae	1	1	2.13
8. Pseudomyrmecinae	1	1	2.13
Total	**30**	**47**	**100**

จากมดทั้งหมด 47 ชนิด เป็นมดที่หากินอยู่ตามพื้นดิน 44 ชนิด (กับดักน้ำหวาน) พบอยู่ตามลำต้นไผ่ 26 ชนิด (เก็บด้วยมือ) และพบได้ทั้งบนพื้นดินและลำต้นไผ่ 21 ชนิด มดที่พบบนลำต้นไผ่ส่วนใหญ่ มักมีความสัมพันธ์กับเพลี้ยอ่อน และอาศัยสร้างรังอยู่ตามใบไผ่หรือกาบของลำไผ่ มดหลายชนิดที่พบในการศึกษานี้มักเลี้ยงเพลี้ยอยู่บริเวณหน่อไผ่ เช่น มด *Dolichoderus thoracicus* (มดก้นห้อยธรรมดา) มด *Anoplolepis gracilipes* (น้ำผึ้ง) และมด *Tapinoma melanocephalum* (มดเหม็น) ฯลฯ

การศึกษานี้พบมดในป่าไผ่แต่ละประเภทระหว่าง 24-27 ชนิด ซึ่งจำนวนชนิดไม่แตกต่างกันมากนัก (Table 4) แต่ชนิดที่พบในป่าไผ่แต่ละประเภทมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย คือ มด *Gnamptogenys binghami* (มดค่อมบิงแฮม) และมด *Carebara diversa* (มดง่ามทุ่ง) พบเฉพาะในป่าไผ่ผสม มด *Prenolepis jacobsoni* (มดอกคอดสุมาตรา) มด *Crematogaster difformis* (มดฮี้โป่งดำ) และมด *Pheidole protea* (มดคันโปรเตีย) พบเฉพาะในป่าไผ่รวก มด *Monomorium chinense* (มดละเอียดจีน) มด *Pheidole tandjongensis* (มดคันทานโจ) มด *Odontomachus rixosus* (มดกระโดดเหลือง) มด *Ectomomyrmex astutus* (มดปุยฝ้ายป่า) และมด *Ectomomyrmex* sp. 1 (มดปุยฝ้าย) พบเฉพาะในป่าไผ่ผาก ในขณะที่ มด *Dorylus laevigatus* (มดเสี้ยนดินทุ่ง) มด *Leptogenys hysterica* (มดเล็บหวีดำเล็ก) และมด *Polyrhachis halidayi* (มดหนามปล้องไผ่) พบเฉพาะในป่าไผ่ไร่ เห็นได้ว่ามดส่วนใหญ่ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นมดที่พบได้ทั่วประเทศยกเว้นมด *D. laevigatus* และมด *G. binghami* พบได้ค่อนข้างยาก (Jaitrong and Nabhitabhata, 2005) หากมีการติดตาม

มดที่กล่าวข้างต้นอย่างต่อเนื่องอาจพบการแพร่กระจายที่กว้างขึ้น อย่างไรก็ตามการศึกษาครั้งนี้พบมดเด่นที่สามารถแพร่กระจายได้ในป่าไผ่ทุกประเภทจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ มด *D. thoracicus*, *T. melanocephalum, A. gracilipes, Paratrechina longicornis* (มดรำคาญขายาว), *Monomorium pharaonis* (มดละเอียดบ้าน), *Pheidole inornata* (มดคันกระโดด), *Pheidole pieli* (มดคันหัวแบน), *Odontoponera denticulata* (มดไอ้ชื่นดำ) และ *Diacamma vargens* (มดหนามคู่ดำ) ซึ่ง Jaitrong and Nabhitabhata (2005) รายงานการพบมดทั้ง 9 ชนิดจากทั่วทั้งประเทศ

ความหลากหลายของมด

การศึกษานี้พบมดทั้งสิ้น 47 ชนิด เมื่อวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์มด (Shannon-Wiener's Index) และค่าความสม่ำเสมอ (Evenness) ของการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์มดที่หากินอยู่ตามพื้นดิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30±0.11 และ 0.73±0.02 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแยกตากประเภทของป่าไผ่ พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความสม่ำเสมอดังแสดงใน Table 2 แต่เมื่อทดสอบค่าสถิติพบว่ามีจำนวนมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\chi^2 = 7.942$, Sig. = 0.047) ดังแสดงใน Table 3 และเมื่อพิจารณารายคู่พบว่าระดับ จำนวนมดที่พบในป่าไผ่ผสมกับไผ่ไร่ และ ป่าไผ่ไร่กับไผ่ผากมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($\chi^2 = 7.942$, Sig. = 0.047) เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่มีไผ่แต่ละชนิดขึ้นกระจายอยู่ในระดับความสูงที่ต่างกันมีทั้งที่เป็นพื้นที่ลักษณะลาดชันและเป็นหุบเขาที่มีร่องห้วยไหลผ่านในช่วงฤดูฝน โดยเฉพาะป่าไผ่ผากมีการกระจายมากในที่อยู่บริเวณที่ลุ่มริมห้วยซึ่งแตกต่างจากไผ่ชนิดอื่น ๆ ทำให้พบจำนวนตัวของมดต่ำสุด ดังแสดงใน Table 4

Table 2 Shannon-Wiener's Index (H′) and Evenness (J′) of ants in different bamboo forest types.

	Type of bamboo forests				$\bar{X}$±SD
	A	B	C	D	
Shannon-Wiener's Index (H′)	2.24	2.37	2.41	2.14	2.30±0.11
Evenness (J′)	0.72	0.75	0.75	0.71	0.73±0.02

A, *Thyrsostachys siamensis* Gamble mixed with *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz;
B, *Thyrsostachys siamensis* Gamble; C, *Gigantochloa densa*;
D, *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.

Table 3 The statistical difference of the abundance of ants' occurrence in four different bamboo forest types: A-D, bamboo forest types;

bamboo forest types	Number of ants	χ^2	Sig.
A	614	7.942*	0.047
B	653		
C	596		
D	688		

Remarks: * Sig. < 0.05
A, *Thyrsostachys siamensis* Gamble mixed with *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz;
B, *Thyrsostachys siamensis* Gamble; C, *Gigantochloa densa*;
D, *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.

Table 4 Comparison of statistical differences among pairs in four bamboo forest types

bamboo forest types	A	B	C	D
A	-	614^{a},653^{a}	614^{a},596^{a}	614^{a},688^{b}
B		-	653^{a},596^{a}	653^{a},688^{a}
C			-	596^{a},688^{b}
D				-

Remarks: * Sig. < 0.05 ; a,a non significant at 0.05 ; a,b significant at 0.05
A, *Thyrsostachys siamensis* Gamble mixed with *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz;
B, *Thyrsostachys siamensis* Gamble; C, *Gigantochloa densa*;
D, *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.

ค่าดัชนีความหลากหลายของชนิดมดในการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษามดในป่าเบญจพรรณหรือในป่าไผ่เขาหินปูนในจังหวัดกาญจนบุรี และภูมิภาคอื่นๆ (Boumas and Wiwatwitaya, 2005; Saksoowong *et al*., 2008; Jongjitvimol and Wattanachaiyingcharoen, 2010; Thongphak and Kulsa, 2014) ทั้งนี้อาจเนื่องจากป่าเบญจพรรณในแต่ละพื้นที่มีลักษณะโครงสร้างป่าที่ใกล้เคียงกันคือมีไผ่เป็นองค์ประกอบหลัก โครงสร้างประชากรมดจึงใกล้เคียงกันตามไปด้วย

ความชุกชุมของมด

การศึกษานี้สามารถแบ่งระดับความชุกชุมของมดจากข้อมูลร้อยละการปรากฏออกเป็น 5 ระดับ (Table 5) ซึ่งสามารถแจกแจงรายละเอียดได้ดังนี้

ป่าไผ่ผสม (ไผ่รวกและไผ่ไร่) มดที่พบบ่อยมากพบ 5 ชนิด ได้แก่ มด *D. vagens, T. melanocephalum, A. gracilipes, P. inornata* และ *P. pieli* มดที่พบบ่อย พบ 6 ชนิด ได้แก่ *O. denticulata*, *D. thoracicus*, *P. longicornis*, *Crematogaster* (*Orthocrema*) sp. 2, *G. binghamii* และ *Plagiolepis* sp. 1 มดที่พบปานกลาง พบ 3 ชนิด ได้แก่ *M. pharaonis*, *Tetramorium walshi* และ *Nylanderia* sp. 1 มดที่พบน้อย พบ 8 ชนิด ได้แก่ *Nylanderia* sp. 2, *Pheidole plagiaria*, *A. grafferi*, *T. kraepelini*, *Crematogaster coriaria*, *M. floricola*, *Camponotus* (*Myrmemblys*) sp.1 และ *C. diversa* และมดที่พบน้อยมาก พบ 5 ชนิด ได้แก่ *Pseudoneoponera rufipes* (มดปุยฝ้ายขาแดง) *Cataulacus granulatus*, *Pheidole* sp. 3, *Nylanderia* sp.4 และ *Pheidole* sp.4

ป่าไผ่รวก มดที่พบบ่อยมากพบ 2 ชนิด ได้แก่ มด *D. vagens* และ *O. denticulata* มดที่พบบ่อย 1 ชนิด ได้แก่ *T. melanocephalum* มดที่พบปานกลาง 9 ชนิด ได้แก่ *A. gracilipes*, *A. grafferi*, *C. rogenhoferi*, *Crematogaster rogenhoferi*, *C. coriaria*, *L. diminuta*, *M. pharaonis*, *P. inornata*, และ *T. walshi* มดที่พบน้อย 10 ชนิด ได้แก่ *D. thoracicus, P. pieli, P. longicornis, Nylanderia* sp. 2, *Crematogasster* (*Orthocrema*) sp. 2, *P. planifrons*, *Pseudoneoponera rufipes*, *Nylanderia* sp. 1, *T. allaborans* และ *C. difformis* และมดที่พบน้อยมาก พบ 6 ชนิด ได้แก่ *T. kraepelini, Myrmecaria brunnea, Camponotus rufoglaucus, P. jacobsoni, P. protea* และ *Probolomyrmex* sp. 1

ป่าไผ่ผาก มดที่พบบ่อยมากพบ 7 ชนิด ได้แก่ มด *D. vagens, T. melanocephalum, D. thoracicus, O. denticulata, P. inornata*, *P. pieli,* และ *M. chinense* มดที่พบบ่อย 4 ชนิด ได้แก่ *Nylanderia* sp. 2*, L. diminuta*, *P. planifrons* และ *O. rixosus* มดที่พบปานกลาง 4 ชนิด ได้แก่ *P. plagiaria*, *T. kraepelini, C. cataulacus* และ *Pheidole* sp. 3 มดที่พบน้อย 10 ชนิด ได้แก่ *A. gracilipes*, *P. longicornis, M. pharaonis*, *A. grafferi*, *P. rufipes*, *O. smaragdina*, *Nylanderia* sp. 3, *B. luteipes*, *E. astutus* และ *Ectomomyrmex* sp. 1 และมดที่พบน้อยมาก 1 ชนิด ได้แก่ *P. Tandjongensis*

ป่าไผ่ไร่ มดที่พบบ่อยมากพบ 2 ชนิด ได้แก่ มด *D. vagens* และ *C. regenhoferi* มดที่พบบ่อย 5 ชนิด ได้แก่ *T. melanocephalum, O. denticulata, A. gracilipes*,

P. longicornis และ *M. pharaonis* มดที่พบปานกลาง 4 ชนิด ได้แก่ *D. thoracicus, P. pieli, T. walshi* และ *O. smaragdina* มดที่พบน้อย 8 ชนิด ได้แก่ *P. inornata, C.* (*Orthocrema*) sp.2*, P. plagiaria, Nylanderia* sp. 3, *M. floricola, T. allaborans*, *Nylanderia* sp. 4 และ *P. halidayi* และมดที่พบน้อยมาก 5 ชนิด ได้แก่ *P. rufipes*, *M. brunnea*, *Pheidole* sp. 4, *D. laevigatus* และ *L. hysterica*

Table 5 Frequency occurrence of ants in four different bamboo forest types: A-D, bamboo forest types;

Frequency occurrence	Type of bamboo foerst			
	A	B	C	D
	No. of ants (%)	No. of ants (%)	No. of ants (%)	No. of ants (%)
Very common	5 (18.52)	2 (7.41)	7 (26.92)	2 (8.33)
Common	6 (22.22)	1 (3.70)	4 (15.38)	5 (20.83)
Uncommon	3 (11.11)	8 (29.63)	4 (15.38)	4 (16.67)
Rare	8 (29.63)	10 (37.04)	10 (38.46)	8 (33.33)
Very rare	5 18.52)	6 (22.22)	1 (3.85)	5 (20.83)
Total	27	27	26	24

Remarks: A, *Thyrsostachys siamensis* Gamble mixed with *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz;
B, *Thyrsostachys siamensis* Gamble; C, *Gigantochloa densa*;
D, *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.

เมื่อพิจารณาในภาพรวมจะเห็นได้ว่าระดับความชุกชมของชนิดมดในป่าไผ่ทั้ง 4 ป่าสามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม คือ 1) ชนิดมดที่มีความชุกชุมในระดับพบบ่อยมาก พบบ่อย และพบปานกลางใกล้เคียงกัน อยู่ที่ 11-15 ชนิด ซึ่งเป็นชนิดที่สามารถแพร่กระจายได้ทั่วทั้งประเทศ (Jaitrong and Nabhtabhata, 2005) 2) มดที่มีระดับความชุกชุมระดับพบน้อยซึ่งมีจำนวนชนิดใกล้เคียงกันโดยพบอยู่ที่ 8-10 ชนิดในแต่ละป่า และ 3) พบน้อยพบว่ามีจำนวนชนิดที่พบแตกต่างกันโดยพบตั้งแต่ 1- 6 ชนิดในแต่ละป่า ซึ่งในกลุ่มที่พบน้อยจะเห็นได้ว่าเป็นชนิดที่มีแหล่งสร้างรังและหากินอยู่ในดินหรือในขอนไม้ผุ เช่นมด *Pseudoneoponera rufipes* และ *Probolomyrmex* sp. 1 จึงมีโอกาสน้อยที่จะพบมดเหล่านี้ออกหากินตามพื้นดิน (Jaitrong and Ting-nga, 2005)

เมื่อพิจารณาในภาพรวมของพื้นที่ป่าไผ่ทั้งหมดพบว่าชนิดมดที่มีความชุกชุมมากที่สุด 9 ลำดับแรก ได้แก่ *D. vagens, T. melanocephalum, O. denticulata, D. thoracicus, A. gracilipes, P. inornata*, *P. pieli, P. longicornis* และ *M. pharaonis* ซึ่งส่วนใหญ่สามารถพบได้ทั่วไปจากทั่วทุกภาคของประเทศ (Jaitrong and Nabhitabhata, 2005) ในจำนวนนี้มี 4 ชนิด ได้แก่ *T. melanocephalum, A. gracilipes, P. longicornis* และ *M. pharaonis* เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ควรเฝ้าระวังการแพร่ระบาด โดยเฉพาะมด *A. gracilipes* เนื่องจากเป็นชนิดมดต่างถิ่นผู้รุกราน (Wetterer, 2005)

ความคล้ายคลึงของมด

จากผลการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึง (Sorrensen's similarity coefficient) ของมดระหว่างป่าไผ่ทั้งสี่ประเภท ได้แก่ป่าไผ่ผสม ป่าไผ่รวก ป่าไผ่ผาก และป่าไผ่ไร่ โดยใช้ข้อมูลจำนวนชนิดมดที่พบ พบว่าในป่าไผ่แต่ละประเภทมีจำนวนชนิดมดไม่แตกต่างกันมากนัก (24-27 ชนิด) ดังได้กล่าวแล้วข้างต้น แต่พบว่าชนิดมดที่ปรากฏในป่าไผ่แต่ละประเภทค่อนข้างแตกต่างกันส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงกันของมดที่ปรากฏในป่าไผ่แต่ละประเภทมีความคล้ายคลึงกันน้อย (Table 6) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโครงสร้างสังคมของป่าไผ่มีลักษณะแบบเดียวกัน คือ

มีไผ่ชนิดเดียวเป็นองค์ประกอบหลัก และอยู่ใกล้กัน นอกจากนี้พื้นที่ป่าไผ่ของป่าชุมชนบ้านพุเตยมีการกระจายและขนาดพื้นที่ไม่กว้างมากนัก จึงส่งผลให้จำนวนชนิดจึงใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาสภาพพื้นที่ป่าไผ่โดยละเอียดพบว่าป่าไผ่แต่ละประเภทขึ้นอยู่ในลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกัน ทำให้ชนิดของมดที่ปรากฏในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ตัวอย่างเช่น ระหว่างป่าไผ่ผสมกับป่าไผ่ผากมีความคล้ายคลึงกันน้อยที่สุด เนื่องจากป่าไผ่ผากขึ้นอยู่บริเวณลำห้วยที่ค่อนข้างชื้น มีใบไม้ หรือขอนไม้อยู่บนพื้นป่ามากกว่าในป่าไผ่ผสม ซึ่งขึ้นอยู่บนที่ลาดชัน ในขณะที่ป่าไผ่ผสมกับป่าไผ่ไร่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด อาจเป็นเพราะป่าทั้งสองประเภทขึ้นอยู่ในพื้นที่ลาดเหมือนกัน มีสิ่งปกคลุมพื้นป่าในปริมาณใกล้เคียงกัน (Figure 1)

Table 6 The Sorrensen's similarity coefficient of ants from the four bamboo forests. Remark:

Type of bamboo forest	A	B	C	C
A	-	0.37	0.33	0.37
B	-	-	0.36	0.34
C	-	-	-	0.34
D	-	-	-	-

Remarks: A, *Thyrsostachys siamensis* Gamble mixed with *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz;
B, *Thyrsostachys siamensis* Gamble; C, *Gigantochloa densa*;
D, *Gigantochloa albociliata* (Munro) Kurz.

สรุป

การศึกษานี้พบมดทั้งสิ้น 47 ชนิด 30 สกุล จาก 8 วงศ์ย่อย วงศ์ย่อยที่พบจำนวนชนิดมากที่สุดได้แก่ วงศ์ย่อย Myrmicinae (วงศ์ย่อยมดคันไฟ) 19 ชนิด รองลงมาคือวงศ์ย่อย Formicinae (วงศ์ย่อยมดแดง) และ วงศ์ย่อย Ponerinae (วงศ์ย่อยมดไอ้ชื่น) 12 และ 10 ชนิด ตามลำดับ ในขณะที่วงศ์ย่อยอื่น ๆ พบน้อย เพียง 1-3 ชนิด จากมดทั้งหมด 47 ชนิดที่พบ เป็นมดที่หากินอยู่ตามพื้นดิน 44 ชนิด (กับดักน้ำหวาน) พบอยู่ตามลำต้นไผ่ 26 ชนิด (เก็บด้วยมือ) และพบได้ทั้งบนพื้นดินและลำต้นไผ่ 21 ชนิด

จำนวนชนิดของมดในป่าไผ่แต่ละประเภทไม่แตกต่างกันมากนัก (24-27 ชนิด) แต่พบว่าชนิดมดที่ปรากฏในป่าไผ่แต่ละประเภทค่อนข้างแตกต่างกัน ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์ความคล้ายคลึงของมดที่ปรากฏในป่าไผ่แต่ละประเภทมีความคล้ายคลึงกันน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากความต่างกันของลักษณะพื้นที่ที่ป่าไผ่นั้นขึ้นอยู่ (ความลาดเอียง ราบ หรืออยู่บริเวณหุบเขา) และปริมาณของสิ่งปกคลุมพื้นป่า

วิเคราะห์ดัชนีความหลากหลายของชนิดพันธุ์มด (Shannon-Wiener's Index) และค่าความสม่ำเสมอ (Evenness) ของการแพร่กระจายของชนิดพันธุ์มดที่หากินอยู่ตามพื้นดิน พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.30±0.11 และ 0.73±0.02 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาแยกตามประเภทของป่าไผ่ พบว่ามีค่าดัชนีความหลากหลายและค่าดัชนีความสม่ำเสมอของชนิดมดในการศึกษานี้มีค่าใกล้เคียงกับการศึกษามดในป่าเบญจพรรณหรือในป่าไผ่ที่อื่น ๆ แต่มีค่าสูงกว่ามดบนร่มไม้ที่เคยมีการศึกษาจากทางภาคใต้ของประเทศไทย

ในพื้นที่ป่าชุมชนบ้านพุเตย ตำบลท่าเสา อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี พบมดที่มีความชุกชุมมากที่สุด 9 ลำดับแรกได้แก่ *D. vagens, T. melanocephalum, O. denticulata, D. thoracicus, A. gracilipes, P. inornata*, *P. pieli, P. longicornis* และ *M. pharaonis* ซึ่งส่วนใหญ่สามารถพบได้ทั่วไปจากทั่วทุกภาคของประเทศ ในจำนวนนี้มี 4 ชนิด ได้แก่ *T. melanocephalum, A. gracilipes, P. longicornis* และ *M. pharaonis* เป็นชนิดพันธุ์ต่างถิ่นที่ควรเฝ้าระวังการแพร่ระบาด โดยเฉพาะมด *A. gracilipes*

คำนิยม

โครงการวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนจากศูนย์ความเป็นเลิศด้านความหลากหลายทางชีวภาพ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ประจำปีงบประมาณ 2560-62 รหัสโครงการ (BDC-PG2-160009) จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อองค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่อนุญาตให้เข้าเทียบตัวอย่างมดในพิพิธภัณฑ์ธรรมชาติวิทยา

REFERENCES

Antwiki. 2018. **Category: Extant species.** Available source: http://www.antwiki.org/wiki/Category:Extant_species, October 9, 2018.

Bolton, B. 1994. **Identification Guide to the Ant Genera of the World.** Harvard University Press.

Bourmas, C. and D. Wiwatwitaya. 2005. Species diversity of ants at Huay Khayeng, Thong Pha Phum district, Kanchanaburi province. **Thai J. For.** 24: 59-72.

Dac, N.D. and N.L.T. Phuong. 2016. Diversity and abundance of ants (Hymenoptera: Formicidae) in Phu Luong, Thai Nguyen province, Vietnam. **Journal of Vietnamese Environment** 8(1): 45-49.

Hashimoto, Y., S.K. Yamane and M. Mohamed. 2001. How to design an inventory method for ground-level ants in tropical forests. **Nature abs Human Activities** 6: 25-30.

Hölldobler, B. and E.O. Wilson. 1990. **The Ants.** Cambridge: Belknap Press.

Hosoishi, S., A. Le Ngoc, S.K. Yamane and K. Ogata. 2013. Ant diversity in rubber plantations (*Hevea brasiliensis*) of Cambodia. **Asian Myrmecology** 5: 69-77.

Jaitrong, W., P. Kumthong and S. Hasin. 2007. Nest structure and nesting habitats of *Polyrhachis muelleri* Forel, 1893 in Eastern Thailand (Hymenoptera: Formicinae). ***The Thailand Natural History Museum Journal*** 2(1): 19-25.

Jaitrong, W. and T. Jeenthong. 2014. Ant faunae of Mu Koh Lanta National Park, Krabi province, pp. 47-61. *In* D. Prathumthong, W. Sanguansombat and W. Jaitrong, eds. **The Rapid Biodiversity Assessment of Mu Koh Lanta**.

Jaitrong, W. and J. Nabhitabha. 2005. A list of known ant species of Thailand (Formicidae: Hymenoptera). **The Thailand Natural History Museum Journal** 1(1): 9-54.

Jaitrong W. and T. Ting-nga. 2005. Ant fauna of Peninsular Botanical Garden (Khao Chong), Trang Province, Southern Thailand (Hymenoptera: Formicidae). **The Thailand Natural History Museum Journal** 1(2): 137-147.

Jaitrong, W. 2011. **Identification Guide to the Ant genera of Thailand.** National Science Museum, Pathum Thani.

Jongjitvimol, T. and W. Wattanachaiyingcharoen. 2010. Species diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) at the mixed deciduous forest in Phanom Rung Historical Park, Buriram province. **NU Science Journal** 7(1): 114-123.

Kaewrungruang, M., R. Dokmaithes and S. Sanguansub. 2016. Diversity of ant in different land use types at Kasetsart University, Kamphaeng Saen campus. **Khon Kaen Agriculture Journal** 44(2): 287-294.

Krebs, J.C. 1999. **Ecological methodology.** Vol. 620 benjamin/Cummings, Menlo Park, California.

Liefke, C., W.H.O. Dorow, B. Hölldobler and U. Maschwitz. 1998. Nesting and food resourses of syntopic species of the ant genus *Polyrhachis*

(Hymenoptewra, Formicidae) in West-Malaysia. **Insectes Sociaux** 45: 411-425.

Onishi, Y., W. Jaitrong, P. Suttiprapan, S. Buranapanichpan, Y. Chanbang and F. Ito. 2016. Ant species diversity in coffee plantation in Chiang Mai province, northern Thailand. **The Thailand Natural History Museum Journal** 10 (1): 33-48.

Phongam, J., P. Pitaktunsakul, T. Soompee. 2015. Species diversity of ants in the bamboo forest, Khuean Srinagarindra National Park Kanchanaburi Province. **Journal of Kanchanaburi Rajabhat University** 4 (1) : 82-90

Pielou, E.C. 1966. Shannon's formula as a measure of species diversity: its use and misure. **Am. Nat.** 100: 463-465.

Poonjampa, R. and D. Wiwatwitaya. 2004. Comparison of species diversity of ants in plant communities at Khao Yai National Park. **Thai Journal of Forestry** 23: 24-36.

Shattuck, S.O. 1999. **Australian Ants**. Their biology and identification. **Monographs on Invertebrate Taxonomy** 3: 226 pp.

Sorrensen, B. 1984. Physical Measurement as Risk Indicators for Low-Back Trouble over One Year Period. **Journal of Spinal Disorders and Techniques** 9: 106-119.

Thongphak, D. and C. Kulsa. 2014. Diversity and community composition of ants in the mixed deciduous forest, the pine forest and the para rubber plantation at Chulaborn Dam, Chaiyaphum Province, the northeastern Thailand. **IJERD – International Journal of Environmental and Rural Development (2014)** 5-1: 72-76.

Torchote, P., D. Sitthicharoenchai and C. Chaisuekul. 2010. Ant species diversity and community composition in three different habitats: mixed deciduous forest, teak plantation and fruit orchard. **Tropical Natural History** 10(1): 37-51.

Watanasit, S., S. Tongjerm and D. Wiwatwitaya. 2005. Composition of canopy ants (Hymenoptera: Formicidae) at Ton Nga Chang Wildlife Sanctuary, Songkhla province, Thailand. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 27(Suppl. 3): 665-673.

Watanasit, S., N. Noon-anant and A. Phlappueng. 2008. Diversity and ecology of ground dwelling ants at Khao Nan National Park, southern Thailand. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 30(6): 707-712.

Watanasit, S. and T. Nhu-eard. 2011. Diversity of ants (Hymenoptera: Formicidae) in two rubber plantations in Songkhla Province, southern Thailand. **Songklanakarin J. Sci. Technol.** 33 (2): 151-161.

Wetterer, J. K. 2005. Worldwide distribution and potential spread of the long-legged ant, *Anoplolepis gracilipes* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology** 45:77-97.

Wiwatwitaya, D. and W. Jaitrong. 2001. **Identification Guide to the ants of Khao Yai National Park**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.

Yanoviak, S.P., B.L. Fisher and A. Alonso. 2007. Arboreal ant diversity (Hymenoptera: Formicidae) in a central African forest. **African Journal of Ecology** 46(1): 60 - 66.

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

ต้นฉบับเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ ควรมีการตรวจทานการใช้ภาษาและคำสะกดต่างๆ อย่างถี่ถ้วนก่อนนำเสนอ ความยาวไม่เกิน 12 หน้า กระดาษ A4 (ไม่รวมหน้าแรก)

การพิมพ์

1. การพิมพ์ใช้ตัวอักษร Angsana New ขนาด 16 สำหรับภาษาไทย และ Time New Roman ขนาด 11 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. **REFERENCES** กำหนดเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด หลักเกณฑ์และรูปแบบการเขียนเอกสารและสิ่งอ้างอิงให้ยึดตามคู่มือวิทยานิพนธ์ สายวิทยาศาสตร์ ปีล่าสุดของบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สามารถดาวน์โหลดได้ที่ www.grad.ku.ac.th/thesis/template_ss.php ก่อนส่งต้นฉบับควรตรวจทานการอ้างอิงในเนื้อหาและในท้ายบทให้ตรงกัน และถูกต้องตามหลักเกณฑ์ที่ระบุไว้ในคู่มือดังกล่าว
   7.1 การอ้างอิง (citation) ในเนื้อหาใช้ระบบ name-and-year system
   7.2 การเรียงลำดับเอกสารเรียงอ้างอิงตามลำดับตัวอักษรชื่อผู้เขียน 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 **และขอให้แทรกไฟล์ภาพและตารางในเนื้อหา** 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 ทุกบทความจะได้รับการกลั่นกรองเบื้องต้นจากกองบรรณาธิการเพื่อพิจารณาถึงความสำคัญของบทความ ความเหมาะสมต่อวารสารวนศาสตร์ รวมถึงคุณภาพเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์และข้อมูลที่นำเสนอ บทความที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานจะถูกปฏิเสธ (reject) โดยไม่จำเป็นต้องส่งพิจารณาตรวจทาน ส่วนบทความที่ผ่านเกณฑ์เบื้องต้นจะถูกส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ (referee) ในแต่ละสาขาทำการพิจารณากลั่นกรอง (peer review) โดยชื่อของผู้ประพันธ์และผู้ทรงคุณวุฒิจะถูกปิดเป็นความลับ ข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิจะได้รับการทบทวนจากกองบรรณาธิการ และส่งต่อไปยังผู้ประพันธ์เพื่อดำเนินการเปลี่ยนแปลงบทความตามคำแนะนำดังกล่าว และส่งผลงานที่ปรับแก้ไขแล้วมายังกองบรรณาธิการเพื่อตัดสินใจขั้นสุดท้ายสำหรับการยอบรับ (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) 1 ชุด และแบบเสนอต้นฉบับ (submission form) 1 ชุด พร้อมส่งไฟล์ต้นฉบับ และแบบเสนอต้นฉบับ ทาง e-mail: cho_gick@hotmail.com ในรูป Microsoft Office Word 2003/2007/XP 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

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

สอบถามรายละเอียดการสมัครเพิ่มเติมได้ที่
ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถนนงามวงศ์วาน ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2561-4761, 0-2942-8899

ลงชื่อ.....ผู้สมัคร
(.....)
...../...../.....