

นิพนธ์ต้นฉบับ

อิทธิพลของการป้องกันไฟต่อการเปลี่ยนแปลงสังคมพืชในสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน
อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลกThe Influence of Fire Protection on Plant Community Changes in
Sakunothayan Botanical Garden, Wang Thong District, Phitsanulok
Provinceนิรุต ไผ่เรือง^{1*}เชิดศักดิ์ ทัพโพ¹แหลมไทย อาษานอก²Nirut Pairuang^{1*}Chirdsak Thapayai¹Lamthai Asanok²¹ คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand

² สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่ เฉลิมพระเกียรติ แพร่ 54140

Agroforestry, Maejo University Phrae Campus, Phrae 54140, Thailand

* Corresponding Author, E-mail: nirut_pai@hotmail.com.

รับต้นฉบับ 24 กันยายน 2562

รับแก้ไข 28 พฤศจิกายน 2562

รับลงพิมพ์ 2 ธันวาคม 2562

ABSTRACT

The influence of fire protection on plant community changes was carried out to identify tree species and composition changed by the effect of long term fire protection at Sakunothayan Botanical Garden, Wangthong district, Phitsanulok province. Systematic sampling, in a total of 26 plots of size 20 m x 20 m, was done throughout the study area from March to June, 2017. Tree species, number of individual trees, and girth at breast height (GBH) were measured. Soil samples in each plot were also collected to be analyzed in a laboratory. Seventy nine species, 66 genera, and 34 families of trees were identified and enumerated. *Pterocarpus macrocarpus*, *Millettia leucantha*, and *Dipterocarpus obtusifolius* had the three highest values of IVI as 25.4%, 21.7% and 16.4%, respectively. Cluster analysis (CA) of tree data was used to separate plant communities into 3 groups as deciduous dipterocarp forest (DDF), mixed deciduous forest (MDF), and ecotone area (ECA) or secondary forest. After long term fire protection, the dominant tree species in DDF and ECA were not successful in regenerating because their seedlings and saplings could not establish and survive. Conversely, seedlings and saplings of dominant tree species in MDF were able to establish throughout the forest area. The effected of fire protection made soil moisture in MDF significantly different from DDF. Due to no

forest fire to destroy them, the seedlings and saplings of MDF species could further survive and establish themselves. Therefore, the dominant species and tree composition of DDF gradually changed to MDF.

Long term fire protection was directly responsible in decreasing the area under DDF as the dominant tree species were not able to successfully undergo natural regeneration. Therefore the prescribed burning of forest in Sakunothayan Botanical Garden should be introduced to manage a successful natural regeneration, especially in DDF.

Keywords: Forest fire, Plant community, Sakunothayan, Phitsanulok

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของการป้องกันไฟต่อการเปลี่ยนแปลงสังคมพืชในสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อระบุชนิดของไม้ต้น และศึกษาโครงสร้างของสังคมพืชที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากอิทธิพลของการกันไฟต่อเนื่องเป็นเวลานาน ด้วยการวางแปลงตัวอย่างแบบเป็นระบบ ขนาด 20x20 เมตร กระจายทั่วพื้นที่ จำนวน 26 แปลง ทำการเก็บข้อมูลชนิด จำนวนต้น และขนาดเส้นรอบวงเพียงอกของไม้ต้น ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน 2560 พร้อมทั้งเก็บตัวอย่างดินในแต่ละแปลง เพื่อตรวจวิเคราะห์สมบัติในห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษาพบว่า มีชนิดไม้ต้น 79 ชนิด 66 สกุล 34 วงศ์ โดยประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) สาธร (*Millettia leucantha*) และยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) เป็นชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญ (IVI) สูงสุด 3 อันดับแรก เท่ากับร้อยละ 25.4, 21.7 และ 16.4 ตามลำดับ สามารถจัดกลุ่มหมู่ไม้ (CA) ออกเป็น 3 สังคมพืช ได้แก่ สังคมป่าเต็งรัง (DDF) สังคมป่าผสมผลัดใบ (MDF) และบริเวณรอยต่อของป่า (ECA) หรือสังคมป่ารุ่นสอง สำหรับความสามารถในการสืบต่อพันธุ์ของชนิดไม้เด่นแต่ละหมู่ไม้ พบว่า ในสังคมป่าเต็งรังและบริเวณรอยต่อของป่า ไม่ประสบความสำเร็จ เนื่องจากไม่พบกล้าไม้และไม้รุ่นของชนิดพันธุ์ดังกล่าวในพื้นที่ ต่างจากชนิดพันธุ์เด่นในสังคมป่าผสมผลัดใบ ที่มีการสืบต่อพันธุ์ได้ดี เพราะว่าพบทั้งกล้าไม้และไม้รุ่นเจริญอยู่เป็นจำนวนมาก ผลที่เกิดขึ้นจากการกันไฟป่าต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้ดินในป่าบริเวณรอยต่อของสังคมพืช มีความชื้นต่างจากป่าเต็งรังอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้เมล็ดไม้ของพืชในป่าผสมผลัดใบที่อยู่ใกล้เคียง สามารถรูกกล้าเข้ามาเจริญเป็นกล้าไม้และตั้งตัวเป็นไม้รุ่นได้มากขึ้น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงชนิดพันธุ์เด่นและโครงสร้างของสังคมพืชจากป่าเต็งรังและบริเวณรอยต่อของสังคมไปเป็นป่าผสมผลัดใบ เนื่องจากไม่มีไฟป่าเป็นตัวกำจัดกล้าไม้และไม้รุ่นของชนิดไม้จากป่าเบญจพรรณที่รูกกล้าเข้ามาให้หมดไป

การป้องกันไฟป่าต่อเนื่องเป็นเวลายาวนาน ส่งผลให้พื้นที่ป่าเต็งรังมีพื้นที่ลดลง เนื่องจากชนิดไม้เด่นในสังคมไม่ประสบความสำเร็จในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ ดังนั้น แนวทางในการอนุรักษ์และจัดการป่าไม้ในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน จึงควรมีการเผาป่าแบบมีการควบคุม เพื่อให้โครงสร้างป่าและชนิดไม้เด่นในสังคมของป่าเต็งรังสามารถสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติได้ตามปกติ

คำสำคัญ: ไฟป่า สังคมพืช สุโกณทยาน พิษณุโลก

คำนำ

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดขึ้นและดำรงอยู่ของป่าไม้และสังคมพืชประเภทต่างๆ ในประเทศไทยล้วนเป็นปฏิกริยาร่วมกันระหว่างปัจจัยสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สภาพอากาศ (climatic factors) สภาพดิน (edaphic factor) สภาพภูมิประเทศ (topographic factors) และอิทธิพลของสิ่งมีชีวิต (biotic factors) ที่เกี่ยวข้อง สำหรับป่าผลัดใบเขตร้อนอย่างเช่นในประเทศไทยแล้ว ปัจจัยทางกายภาพที่เป็นปัจจัยจำกัด (limiting factor) ควบคุมการเปลี่ยนแปลงชนิดและโครงสร้างในสังคมที่สำคัญ ก็คือ ไฟป่า (forest fire) ที่มีส่วนทำให้ประเภทของป่าไม้และโครงสร้างสังคมพืชเปลี่ยนแปลงไป (Bunyavejchewin *et al.*, 2016) รวมไปถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับสมบัติของดินและการหมุนเวียนแร่ธาตุ (Wanthongchai *et al.*, 2014) โดยไฟป่าเป็นทั้งผู้สร้างและผู้ทำลาย กล่าวคือ ช่วยทำให้เศษใบไม้ที่ร่วงหล่นตามพื้นป่า มีการหมุนเวียนแร่ธาตุได้เร็วขึ้น ช่วยกำจัดวัชพืช โรคและแมลง รวมไปถึงการรักษาโครงสร้างป่า ทำให้ภูเขาระบัดเป็นอาหารของสัตว์ป่า (Seub Nakhasathien Foundation, 2019) แต่ในทางตรงกันข้าม ไฟป่าทำให้อัตราการเติบโตของต้นไม้ลดลง ทำลายสิ่งมีชีวิตในดินที่มีประโยชน์ สารอาหารบางชนิด ส่งผลให้อัตราการเติบโตของต้นไม้ลดลง หรือทำให้ต้นไม้อ่อนแอ จนโรคและแมลงสามารถเข้าทำอันตรายได้ (Akaakara, 2000)

อย่างไรก็ตาม พรรณพืชส่วนใหญ่ในป่าไม้ที่มีไฟเกิดขึ้นเป็นประจำทุกปี เช่น พรรณไม้ในป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest) และป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) จะมีการปรับตัวให้อยู่รอดจากไฟป่าที่ปกติเป็นไฟผิวดินลุกลามเผาไหม้เศษกิ่งไม้และใบไม้ตามพื้นป่าด้วยการสร้างเปลือกที่หนามากขึ้น มีระบบรากแข็งแรงและเก็บสารอาหารสำคัญไว้ใต้ดิน จัดเป็นป่าไม้ประเภทสุดยอดด้วยไฟ (fire climax community) ดังนั้น พฤติกรรมของไฟป่าทั้งในเรื่องของความถี่และความรุนแรง จึงเป็นปัจจัยสำคัญหนึ่งที่ควบคุมโครงสร้างของสังคมพืชประเภทนี้ เนื่องจากไฟป่าที่มี

ความรุนแรงและมีความถี่มาก ทำให้ความสามารถในการแตกหน่อและสืบต่อพันธุ์ของการเกิดของกล้าไม้และไม้รุ่นลดลง (Wanthongchai *et al.*, 2014) ดังนั้น หากมีการป้องกันไฟป่าต่อเนื่องกันนานหลายปี โดยไม่มีไฟป่าเกิดขึ้น ชนิดไม้และโครงสร้างของสังคมพืชในป่าผลัดใบดังกล่าวก็จะเปลี่ยนแปลงไป (Santisuk, 2012)

สวนพฤกษศาสตร์สุโขทัย ตั้งอยู่บริเวณทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 12 (ถนนสายพิษณุโลก-หล่มสัก) อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก จัดเป็นสวนพฤกษศาสตร์ขนาดเล็ก มีพื้นที่ประมาณ 814 ไร่ มีลำน้ำเข็กไหลผ่านทางด้านทิศใต้ ทำให้เกิดน้ำตกและเกาะแก่งกลางน้ำหลายจุด ได้รับความนิยมจากประชาชนและนักท่องเที่ยวจำนวนมาก สภาพป่าไม้ของสวนพฤกษศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง เนื้อดินชั้นบนเป็นดินร่วนปนทราย ชั้นล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนเศษหินหรือกรวด ชั้นดินตื้น และมักพบชั้นหินในความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร เนื้อดินส่วนใหญ่สีน้ำตาล น้ำตาลปนแดง หรือแดงปนเหลือง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ สภาพภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินเขา ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 65 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,100-1,200 มิลลิเมตร (Phitsanulok Provincial of Tourism and Sports, 2019)

เนื่องจากพื้นที่โดยรอบสวนพฤกษศาสตร์สุโขทัย เป็นชุมชนและพื้นที่ทางการเกษตร ทั้งนาข้าวและสวนผลไม้ ทำให้มีการเผาวัสดุทางการเกษตรเกิดไฟลุกลามเข้ามาในพื้นที่เป็นสาเหตุของไฟป่าอยู่บ่อยครั้ง (Forest Fire Control Division, 2016) สวนพฤกษศาสตร์จึงทำแนวกันไฟโดยรอบสวนพฤกษศาสตร์เพื่อป้องกันไฟป่าไม่ให้เกิดขึ้นและสร้างความเสียหายต่อพื้นที่ป่าไม้ ส่งผลให้มีไฟป่าเกิดขึ้นในพื้นที่เป็นเวลานานต่อเนื่องมากกว่าสิบปี เมื่อคณะผู้วิจัยเข้ามาศึกษาเรื่องของชนิดไม้และโครงสร้างป่าในสวนพฤกษศาสตร์สังเกตพบว่าชนิดไม้หลายชนิดที่ปกติเกิดและกระจายพันธุ์ในป่าผสมผลัดใบ เริ่มรุกร้าเข้ามาเป็นองค์ประกอบหลักในป่าเต็งรัง ทำให้ป่าเต็งรังได้ลดลงไป ดังนั้น เพื่อ

ให้เกิดความเข้าใจถึงสาเหตุสำคัญของการเปลี่ยนแปลงนี้ ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการวางแผนตัวอย่าง เพื่อศึกษาโครงสร้างป่า องค์ประกอบของชนิดไม้ การสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ และเปรียบเทียบความคล้ายคลึงระหว่างสังคมพืชที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของการป้องกันไฟต่อเนื่องเป็นเวลานาน เพื่อประยุกต์องค์ความรู้ที่ได้รับจากการวิจัยไปใช้ในการจัดการป่าไม้ของสวนพฤกษศาสตร์สิรินธร อุทยานแห่งชาติปางสีดา จังหวัดสระแก้ว อย่างยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนตัวอย่างเก็บข้อมูล

1. วางแผนแบบเป็นระบบ (systematic sampling) ขนาด 20x20 เมตร ครอบคลุมทั่วทั้งพื้นที่ โดยแต่ละแปลงตัวอย่างมีแปลงขนาด 5x5 เมตร ซ้อนทับที่บริเวณกึ่งกลางของแปลง (Figure 1) ทั้งนี้แปลงตัวอย่างต้องอยู่ห่างจากสิ่งรบกวน เช่น เส้นทาง ถนน แม่น้ำ และสิ่งก่อสร้าง ไม่น้อยกว่า 50 เมตร โดยแต่ละแปลงตัวอย่างอยู่ห่างกัน 200 เมตร ได้จำนวนแปลงทั้งหมด 26 แปลง

2. เก็บข้อมูลไม้ต้น (tree) โดยวัดขนาดเส้นรอบวงเพียงอก (girth at breast height; GBH, ระดับความสูง 1.30 เมตร) ที่มีขนาดตั้งแต่ 15 เซนติเมตรขึ้นไป ระบุชนิดและจำนวนต้นที่พบ หากไม่สามารถระบุชนิดได้ ทำการเก็บตัวอย่างใบ ดอก และผล ของพืชที่พบ เพื่อนำไประบุชนิดที่ถูกต้องด้วยการเปรียบเทียบกับตัวอย่างพรรณไม้แห้ง (herbarium specimens) ที่เก็บรักษาไว้ในหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช ร่วมกับการใช้รูปวิธาน (taxonomic key) จากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้อง

3. เก็บข้อมูลไม้รุ่น (sapling) ที่มีขนาดเส้นรอบวงเพียงอกน้อยกว่า 15 เซนติเมตร และกล้าไม้ (seedling) ภายในแปลงขนาด 5x5 เมตร โดยระบุชนิดและนับจำนวนต้นที่พบทั้งไม้รุ่นและกล้าไม้รวมกัน

4. ศึกษาโครงสร้างทางด้านตั้ง (profile diagram) ของสังคมพืช ด้วยการวางแผนขนาด 10x50

เมตร ในบริเวณของป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และบริเวณรอยต่อของป่า พื้นที่ละ 1 แปลง ทำการระบุชนิด วัดขนาดเส้นรอบวงเพียงอก ความสูงและตำแหน่งของต้นไม้ภายในแปลงตัวอย่าง

5. เก็บตัวอย่างดินชั้นบนที่มีความลึก 15 เซนติเมตร บริเวณกึ่งกลางแปลงขนาด 10x10 เมตร จำนวน 4 จุด และบริเวณกึ่งกลางแปลงขนาด 20x20 เมตร อีก 1 จุด รวมเป็นจำนวน 5 จุด โดยเก็บตัวอย่างดินจุดละ 500 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมี ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. คำนวณหาค่าความหนาแน่น (Density: D) ความถี่ (Frequency: F) ความเด่น (Dominance: Do) และดัชนีค่าความสำคัญ (Importance Value Index: IVI) ของไม้ต้นที่พบ ตามวิธีการของ Kutintara (1999)

2. วิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่ไม้ (cluster analysis) ด้วยวิธีการ relative Sorensen distance และ Ward's linkage method โดยโปรแกรม PC-ORD 6 (McCune and Mefford, 2011)

3. คำนวณหาค่าดัชนีความหลากหลายชนิด (species diversity index) จากสมการของ Shannon-Wiener index และคำนวณค่าดัชนีความคล้ายคลึงของแต่ละสังคมพืชหรือหมู่ไม้ จากสมการของ Sorensen ตามวิธีการของ Marod (2011)

4. นำตัวอย่างดินทั้ง 5 จุด ในแต่ละแปลง มาผสมคลุกเคล้ากัน ให้น้ำหนักประมาณ 1,000 กรัม เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ได้แก่ พีเอช (pH) ความชื้นในดิน (soil moisture) อินทรีย์วัตถุ (OM) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) อนุภาคทราย (sand) อนุภาคทรายแป้ง (silt) อนุภาคดินเหนียว (clay) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWC) รวมไปถึงสารอาหารในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg)

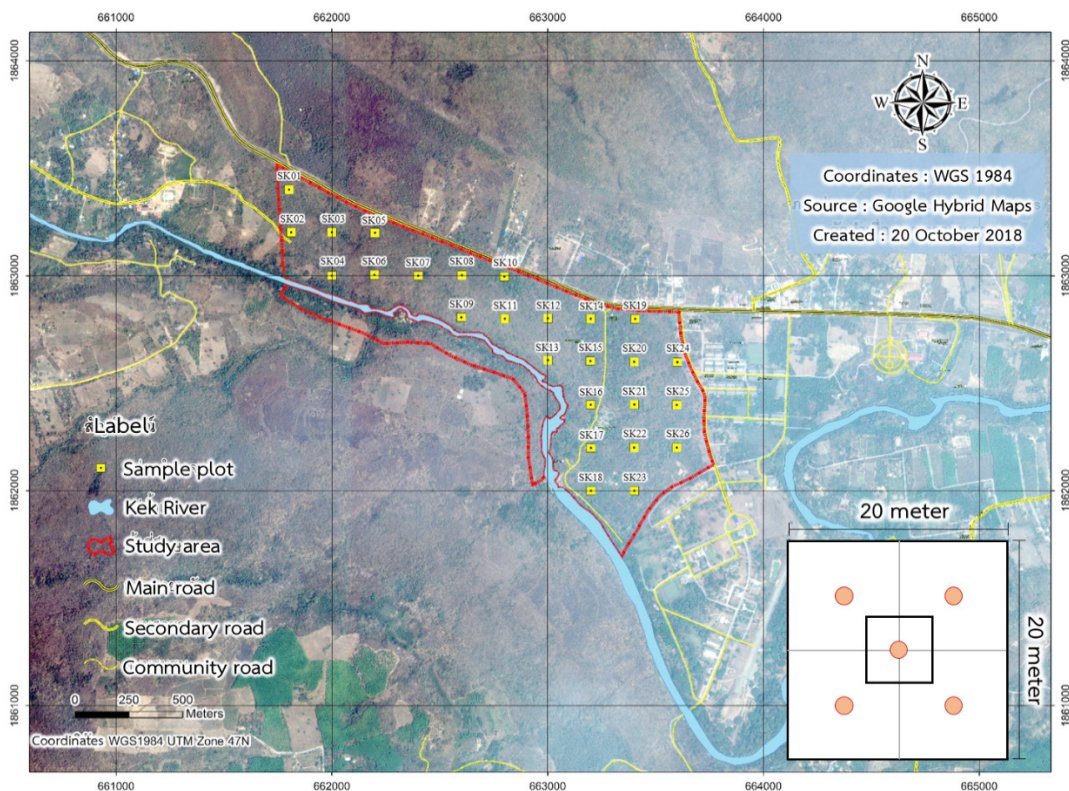


Figure 1 Location of sampling plots in the study area of Sakunothayan Botanical Garden.

Remarks ○ = point of soil collected ■ = sampling plot and plot number

ผลและวิจารณ์

ชนิดพันธุ์เด่นและโครงสร้างสังคมพืช

ผลการศึกษาจากการวางแผนสำรวจสังคมพืชในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน พบชนิดไม้ต้นทั้งหมด 79 ชนิด 66 สกุล 32 วงศ์ มีจำนวนต้นไม้ในแปลงทั้งหมด 714 ต้น มีความหนาแน่น 687 ต้น/เฮกตาร์ และมีพื้นที่หน้าตัด (basal area) รวม 28.3 ตร.ม./เฮกตาร์ โดยประดู่ป่า (*Pterocarpus macrocarpus*) และสาธร (*Millettia leucantha*) เป็นชนิดไม้ที่มีความหนาแน่นสูงสุดสองอันดับแรก เท่ากับ 75 และ 63 ต้น/เฮกตาร์ ตามลำดับ แคหัวหมู (*Markhamia stipulata*) มีความถี่สัมพัทธ์สูงสุดเท่ากับร้อยละ 5.9 ส่วนพื้นที่หน้าตัดรวมของไม้ต้นแต่ละชนิด พบว่า ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) มีค่าสูงสุด เท่ากับ 2.8 ตร.ม./เฮกตาร์ (Table 1)

เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์การจัดกลุ่มหมู่ไม้ที่ความคล้ายคลึงร้อยละ 25 ในพื้นที่สวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน พบว่า สามารถแบ่งออกเป็น 3 สังคม (Figure 2) ได้แก่ สังคมป่าเต็งรัง (DDF) สังคมป่าผสมผลัดใบ (MDF) และสังคมรอยต่อของป่า (ECA) ซึ่งมีลักษณะเป็นป่ารุ่นสองที่มีการทดแทน โดยป่าเต็งรังพบไม้ต้นทั้งหมด 34 ชนิด 30 สกุล 21 วงศ์ ชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ ประดู่ป่า ยางเหียง มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) แดง (*Xylia xylocarpa*) และเต็ง (*Shorea obtusa*) เท่ากับ ร้อยละ 49.3, 42.5, 25.5, 16.9 และ 16.2 ตามลำดับ ป่าผสมผลัดใบพบไม้ต้นทั้งหมด 52 ชนิด 45 สกุล 25 วงศ์ มีชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูงสุด 5 อันดับแรก ได้แก่ สาธร ประดู่ป่า แคหัวหมู ยมหิน (*Chukrasia tabularis*) และตีนนก (*Vitex pinnata*) เท่ากับ ร้อยละ

40.0, 19.7, 17.6, 16.6 และ 15.3 ตามลำดับ ส่วนบริเวณรอยต่อของป่า พบไม้ต้นทั้งหมด 47 ชนิด 44 สกุล 25 วงศ์ มีชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูงสุด 5 อันดับ

แรก ได้แก่ ดิ้วขน ตะแบกแดง อะราง พะยอม และแคห้วยหมู โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 28.4, 22.9, 21.0, 19.4 และ 16.5 ตามลำดับ

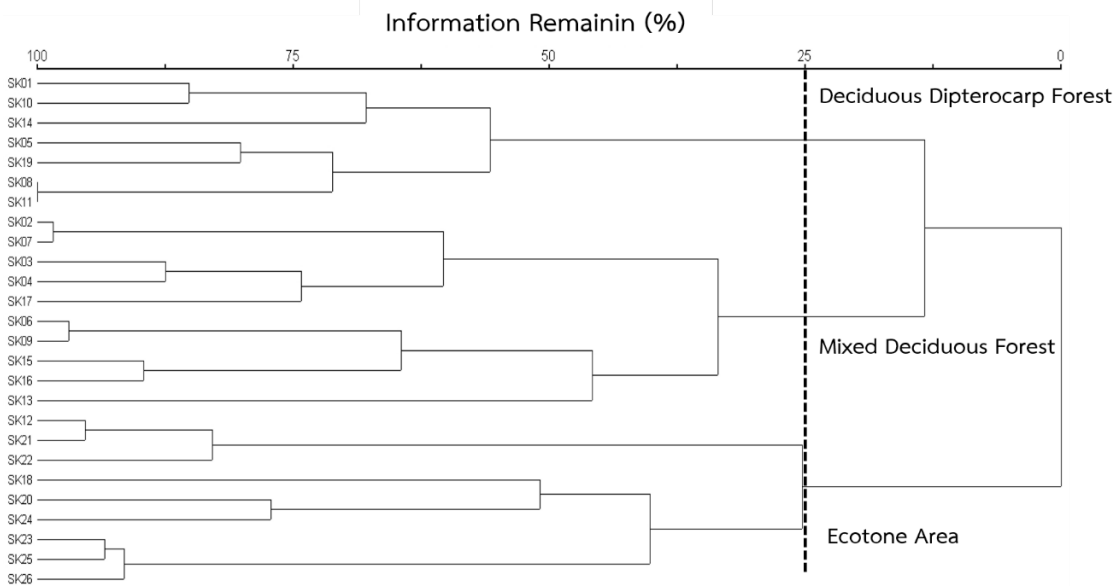


Figure 2 The dendrogram of tree species in Sakunothayan Botanical Garden.

เมื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มของหมู่ไม้ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 สังคม โดยชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญเป็นอันดับต้นๆ ของสังคมป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบ คือ ประดู่ป่า เนื่องจากมีความสามารถในการปรับตัว เติบโตได้เร็ว และดำรงชีวิตอยู่ได้ในสภาพที่มีความแห้งแล้งสูง สอดคล้องกับ Niamrat and Marod (2005) ที่รายงานว่า ประดู่ป่าเป็นชนิดไม้ที่ต้องการแสงมาก อดทนต่อความแห้งแล้ง ทำให้กระจายพันธุ์ได้ดีในพื้นที่ศึกษา ซึ่งการจัดกลุ่มของหมู่ไม้ในสวนพฤกษศาสตร์สุกโนทยาน ที่สามารถแบ่งออกเป็น 3 สังคมได้นั้น เพราะมีชนิดไม้เด่นร่วมที่มีความหนาแน่นของจำนวนต้นของการปรากฏต่างกัน ดังนี้

ป่าเต็งรังแยกออกจากสังคมอื่นได้จากชนิดไม้เด่นดั้งเดิม คือ ยางเหียง และเต็ง ซึ่งเป็นไม้วงศ์ยางผลัดใบที่เป็นไม้ดัชนีของป่าเต็งรังและเป็นชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูงเป็นอันดับแรกๆ ในป่าเต็งรังหลายพื้นที่ เช่น ป่าเต็งรังในอุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่มียางเหียงเป็นชนิดไม้เด่น เช่นเดียวกันกับ

ป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี ที่มีเต็งเป็นชนิดไม้เด่น (Bunyavejchewin, 2012) โดยสาเหตุสำคัญที่ทำให้ยางเหียงและเต็ง เป็นชนิดไม้เด่นในสังคมป่าเต็งรัง เนื่องจากไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถขึ้นได้ดีในพื้นที่แห้งแล้ง ดินมีอนุภาคทราย และต้องการแสงมาก ที่เป็นลักษณะสำคัญของป่าเต็งรังทั่วไป (Gardner *et al.*, 2000)

ป่าผสมผลัดใบมีชนิดไม้เด่น ได้แก่ สาธร ประดู่ป่า แคห้วยหมู และยมหิน โดย สาธร และยมหิน เป็นชนิดไม้สำคัญของป่าผสมผลัดใบ (Santisuk, 2012) เนื่องจากเป็นพื้นที่ริมแม่น้ำ ทำให้มีความชุ่มชื้นสูงกว่าบริเวณอื่น อีกทั้งยังเป็นบริเวณที่มีแม่น้ำของทั้งสองชนิดอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้เมล็ดไม้มีโอกาสแพร่กระจาย เติบโต และตั้งตัวได้ดี สอดคล้องกับการศึกษาของ The Forest Herbarium (2013) ที่รายงานว่า สาธร และยมหิน เป็นชนิดไม้เด่นในป่าผสมผลัดใบที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ เนื่องจากต้องการความชื้นสูง เช่นเดียวกับกับป่าผสมผลัดใบในพื้นที่ศึกษา

Table 1 Characteristics of tree community (only the top five species in terms of IVI orders are shown) in Sakunothayan Botanical Garden, Wang Thong district, Phitsanulok province.

No.	Species	D (individual.ha ⁻¹)	BA (m ² .ha ⁻¹)	RD (%)	RF (%)	RDo (%)	IVI (%)
Sukunothayan Botanic Garden							
1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	75	2.5	10.9	5.6	8.9	25.4
2	<i>Millettia leucantha</i>	63	2.1	9.2	4.9	7.5	21.7
3	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	25	2.8	3.6	2.8	10.0	16.4
4	<i>Markhamia stipulata</i>	44	0.6	6.4	5.9	2.1	14.5
5	<i>Canarium subulatum</i>	26	1.2	3.8	4.5	4.2	12.6
6	Others	453	19.1	66.0	76.2	67.3	209.5
Total		687	28.3	100	100	100	300
Deciduous dipterocarp forest							
1	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	161	5.2	22.3	8.6	18.4	49.3
2	<i>Dipterocarpus obtusifolius</i>	82	6.5	11.4	8.6	22.5	42.5
3	<i>Canarium subulatum</i>	64	2.3	8.9	8.6	8.1	25.5
4	<i>Xylia xylocarpa</i>	54	1.1	7.4	5.7	3.8	16.9
5	<i>Shorea obtusa</i>	39	1.4	5.5	5.7	5.02	16.2
6	Others	321	12.1	44.6	62.9	42.2	149.6
Total		721	28.7	100	100	100	300
Ecotone area							
1	<i>Cratoxylum formosum</i>	83	2.6	12.6	5.1	10.7	28.4
2	<i>Lagerstroemia calyculata</i>	58	2.0	8.8	6.1	8.0	22.9
3	<i>Peltophorum dasyrachis</i>	53	2.2	7.9	4.1	8.9	21.0
4	<i>Shorea roxburghii</i>	33	2.0	5.0	6.1	8.3	19.4
5	<i>Markhamia stipulata</i>	58	0.6	8.8	5.1	2.6	16.5
6	Others	378	15.1	56.9	73.5	61.4	191.8
Total		664	24.6	100	100	100	300
Mixed deciduous forest							
1	<i>Millettia leucantha</i>	138	4.1	20.2	6.8	13.1	40.0
2	<i>Pterocarpus macrocarpus</i>	53	1.9	7.7	5.9	6.1	19.7
3	<i>Markhamia stipulata</i>	50	0.8	7.3	7.6	2.6	17.6
4	<i>Chukrasia tabularis</i>	35	2.3	5.1	4.2	7.2	16.6
5	<i>Vitex pinnata</i>	23	2.5	3.3	4.2	7.8	15.3
6	Others	385	19.9	56.4	71.2	63.2	190.7
Total		683	31.5	100	100	100	300

บริเวณรอยต่อของป่า มีพรรณไม้เด่น ได้แก่ ตั๊กแตน ตะแบกแดง อะราง พะยอม และแคหัวหมู โดยมี ตั๊กแตน และอะราง เป็นชนิดไม้เบิกนำ เนื่องจากอยู่ใน บริเวณใกล้แม่น้ำและมีความชื้นสูง เหมาะสมต่อการ เติบโต สอดคล้องกับการศึกษาของ Marod *et al.* (2017) ที่พบว่า อะรางเป็นชนิดไม้เบิกนำของป่าผสมผลัดใบ ใน สภาพแวดล้อมที่ไม่แห้งแล้งมาก เช่นเดียวกับกับรายงาน ของ Paoin and Paoin (2011) ที่รายงานว่า อะรางเป็น ไม้โตเร็วที่ต้องการแสง สามารถเติบโตได้ดีในพื้นที่โล่ง

ริมลำธารที่มีความชุ่มชื้น ส่วนการกระจายของตั๊กแตนที่ พบทั่วไปในบริเวณรอยต่อของป่านั้น เนื่องจากเป็นบริเวณ ที่มีแสงไม่จำนวนมาก มีกล้าไม้และไม้รุ่น เกิดและตั้งตัว ได้ดี ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการป้องกันไฟป่ามาเป็นระยะ เวลานาน สอดคล้องกับ Bunyavejchewin *et al.* (2016) ที่รายงานว่า ป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ภายหลังจากการป้องกันไฟป่า ทำให้เรือนยอดชั้นล่าง และพื้นป่าค่อนข้างรกทึบ ส่งผลให้ตั๊กแตนมีการสืบต่อพันธุ์ ตามธรรมชาติได้มาก

Table 2 Characteristics of seedlings and saplings in Sakunothayan Botanical Garden, Wang Thong district, Phitsanulok province (* only the top 5 species in terms of their IVI values are shown).

No.	Species	D (individual.ha ⁻¹)	RD (%)	RF (%)	IVI (%)
Deciduous dipterocarp forest					
1	<i>Chukrasia tabularis</i>	7,600	20.0	6.0	26.0
2	<i>Polyalthia debilis</i>	6,629	17.4	6.0	23.5
3	<i>Litsea glutinosa</i>	3,543	9.3	6.0	15.4
4	<i>Markhamia stipulata</i>	1,371	3.6	5.2	8.8
5	<i>Zollingeria dongnaiensis</i>	1,029	2.7	5.2	7.9
6	Others	17,829	47.0	71.6	118.4
Total		38,000	100	100	200
Ecotone area					
1	<i>Chukrasia tabularis</i>	3,200	14.5	5.8	20.3
2	<i>Sindora siamensis</i>	3,422	15.5	4.7	20.2
3	<i>Markhamia stipulata</i>	1,689	7.7	9.3	17.0
4	<i>Peltophorum dasyrachis</i>	2,933	13.3	3.5	16.8
5	<i>Polyalthia debilis</i>	2,089	9.5	2.3	11.8
6	Others	8,711	39.5	74.4	113.9
Total		22,044	100	100	200
Mixed deciduous forest					
1	<i>Chukrasia tabularis</i>	6,240	23.9	7.0	30.9
2	<i>Helicteres viscida</i>	2,880	11.0	2.0	13.0
3	<i>Markhamia stipulata</i>	1,320	5.1	7.0	12.1
4	<i>Polyalthia debilis</i>	2,360	9.0	3.0	12.0
5	<i>Millettia leucantha</i>	960	3.7	7.0	10.7
6	Others	12,360	47.3	74.0	121.3
Total		26,120	100	100	200

จากข้อมูลของกล้าไม้และไม้รุ่น (Table 2) ทั้ง 3 สังคม พบว่า ชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูงเป็นอันดับแรกๆ เป็นชนิดไม้ในกลุ่มเดียวกัน ได้แก่ ยมหิน แควหัวหมู และไข่เต่า (*Polyalthia debilis*) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกล้าไม้และไม้รุ่นของยมหิน ที่มีทั้งจำนวนต้น ความหนาแน่น และความถี่สูงมากที่สุด ทั้ง 3 บริเวณ เนื่องจากยมหินมีการติดผลและเมล็ดเป็นจำนวนมาก เมล็ดมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบาและมีปีก ทำให้ปลิวไปตามกระแสลมได้ง่าย นอกจากนี้ยมหินยังเป็นชนิดไม้ที่เติบโตเร็วมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในระยะกล้าไม้ (The Forest Herbarium, 2013) ส่งผลให้ยมหิน ประสบความสำเร็จในการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติได้ดี จนกลายเป็นชนิดไม้เด่นของทั้งป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และบริเวณรอยต่อของป่า ในสวนพฤกษศาสตร์สิรินธร

ในทางตรงกันข้าม กลับพบว่ากล้าไม้และไม้รุ่นของชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรัง ได้แก่ ยางเหียง มะกอกเกลื้อน และประดู่ป่า มีจำนวนต้นและความหนาแน่นน้อยมาก ไม่สามารถเป็นชนิดไม้ที่มีดัชนีค่าความสำคัญสูงเป็น 5 อันดับแรกได้เลย (Table 2) เนื่องจากการป้องกันไฟป่าในพื้นที่ต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้โครงสร้างของป่าเปลี่ยนแปลงไป กล้าไม้และไม้รุ่นของไม้เด่นในป่าเต็งรังไม่สามารถสืบต่อพันธุ์ได้ เพราะมีสภาพอ่อนแอและลดจำนวนลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Bunyaveichewin *et al.* (2016) ที่รายงานว่า ป่าเต็งรังในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง ภายหลังจากการกันไฟป่ามาเป็นเวลานาน จะมีกล้าไม้ของชนิดพันธุ์เด่นจากป่าผสมผลัดใบ เข้ามาเจริญและตั้งตัวได้มากขึ้น เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเติบโต ดินมีความชื้นสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณที่อยู่ริมน้ำ

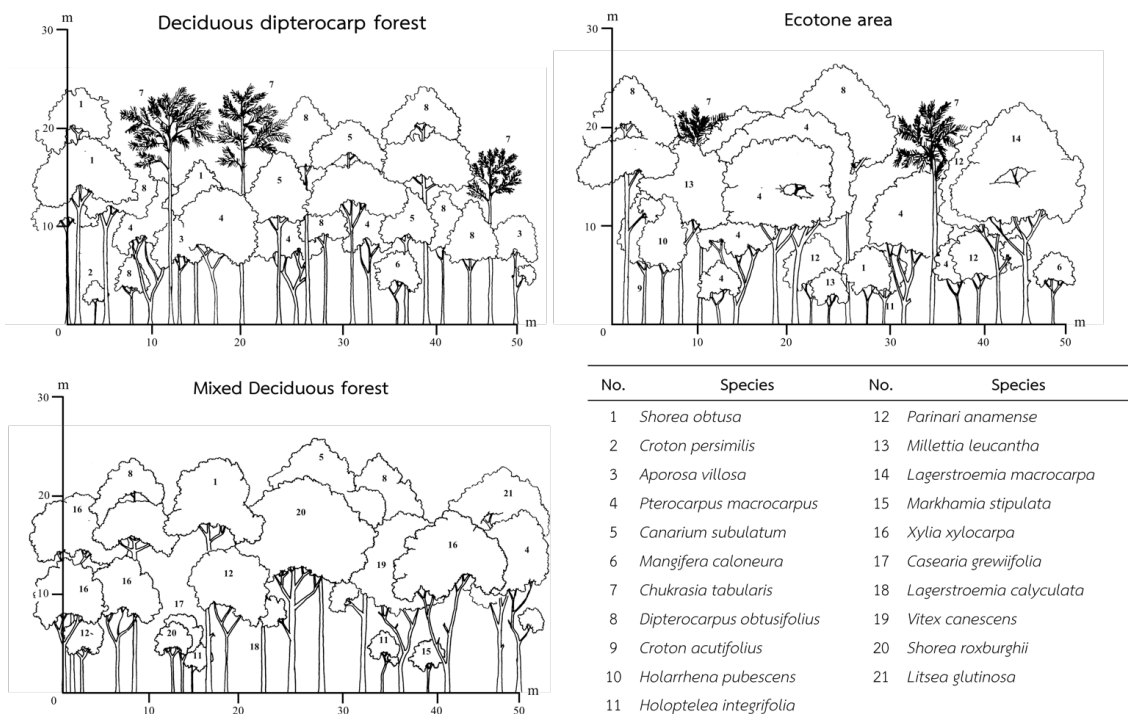


Figure 3 Tree profile diagrams showing canopy layers in each plant community of Sakunothayan Botanical Garden.

จากภาพแสดงโครงสร้างทางด้านตั้งของสังคมพืช (Figure 3) ชี้ให้เห็นว่า ยางเหียงยังคงเป็นชนิดพันธุ์

เด่นในชั้นเรือนยอดของป่าเต็งรัง ร่วมกับเต็ง ยมหิน และมะกอกเกลื้อน ส่วนบริเวณรอยต่อระหว่างป่าเต็งรังกับ

ป่าผสมผลัดใบ แม้ว่าอย่างเหียงจะยังเป็นชนิดพันธุ์เด่นในเรือนยอดชั้นบนก็ตาม แต่พบว่ามีชนิดไม้ของป่าผสมผลัดใบหลายชนิด ได้แก่ ตะแบกแดง อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) สารธร และประดู่ป่า เจริญรุกกล้าเข้ามาเป็นพืชเด่นในเรือนยอดชั้นรอง อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาข้อมูลใน Table 3 ที่พบว่า ค่าดัชนีความคล้ายคลึง (Sorensen's similarity index) ของไม้ต้น ไม้รุ่นและกล้าไม้ ระหว่างพื้นที่ป่าทั้ง 3 บริเวณนี้ พบว่าองค์ประกอบของกล้าไม้และไม้รุ่น ระหว่างป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง มีค่าความคล้ายคลึงกันมากที่สุด รองลงมาคือ ความคล้ายคลึงระหว่างป่าผสมผลัดใบและบริเวณรอยต่อป่า แต่ค่าความคล้ายคลึงระหว่างป่าเต็งรังและบริเวณรอย

ต่อป่า มีค่าในระดับปานกลาง แสดงว่า อิทธิพลของการป้องกันไฟในพื้นที่ต่อเนื่องเป็นเวลานาน ได้ส่งเสริมให้กล้าไม้และไม้รุ่นของชนิดพันธุ์จากป่าผสมผลัดใบ สามารถตั้งตัวและเติบโตต่อไปได้ เนื่องจากไม่มีไฟป่าเป็นตัวกำจัดให้กล้าไม้และไม้รุ่นพวกนี้หมดไป ตรงกันข้ามกับกล้าไม้และไม้รุ่นของชนิดพันธุ์ในป่าเต็งรังที่จะค่อยๆ หายไป ดังจะเห็นได้จากข้อมูลของกล้าไม้และไม้รุ่นของทั้ง 3 สังคมพืช (Table 2) ที่มีเพียงยมหินและสารธร ซึ่งเป็นชนิดไม้เด่นของป่าผสมผลัดใบเท่านั้นที่สามารถสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติได้ดี และตั้งตัวเป็นไม้เด่นที่มีดัชนีค่าความสำคัญ

Table 3 Similarity index based on Sorensen index between 3 forest areas in Sakunothayan Botanic Garden, Wang Thong district, Phitsanulok province.

Plant community	Tree			Sapling		
	DDF	ECA	MDF	DDF	ECA	MDF
T-DDF	-	49.38	53.49	50.60	42.67	43.04
T-ECA	50.62	-	48.48	41.61	50.00	43.48
T-MDF	46.51	51.52	-	53.47	47.31	55.67
S-DDF	49.4	58.39	46.53	-	53.33	63.83
S-ECA	57.33	50	52.69	46.67	-	62.79
S-MDF	56.96	56.52	44.33	36.17	37.21	-

Remark : the value above diagonal are similarity indices, while below diagonal are dissimilarity indices.

ความสัมพันธ์ของสมบัติดินต่อสังคมพืช

การวิเคราะห์สมบัติของดินบางประการ เพื่อหาความสัมพันธ์กับสังคมพืช พบว่า ดินในป่าผสมผลัดใบ มีพีเอช อนุภาคดินเหนียว และปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่าป่าเต็งรังและบริเวณรอยต่อป่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ส่วนความชื้นในดินนั้น มีค่ามากกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($p < 0.01$) เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวมีพื้นที่ผิวมากกว่าอนุภาคดินทราย ทำให้กักเก็บความชื้นไว้ในดินได้ดีกว่า รวมทั้งองค์ประกอบของชนิดพันธุ์ในป่าผสมผลัดใบ ยังมีซากพืช (litter) จำนวนมากปกคลุมพื้นดิน ทำให้ความชื้นในดินระเหยช้าลง

เมื่อพิจารณาความหนาแน่นรวมของดินทั้ง 3 บริเวณ พบว่า มีค่าค่อนข้างต่ำ เพียง 1.1–1.3 กรัม/ลบ.ซม. แสดงว่าพื้นที่ป่าไม้ในสวนพฤกษศาสตร์ สกุนโทยาน ภายหลังการกันไฟต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสม ส่งเสริมให้ดินมีความพรุนและความร่วนซุยมากขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Wattanasuksakul *et al.* (2012) ที่พบว่า ไฟป่าจะทำลายซากพืชบริเวณหน้าดิน ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง เมื่อเกิดฝนตกจะทำให้อนุภาคดินแตกกระจายอุดช่องว่างระหว่างเม็ดดิน ทำให้ดินมีความหนาแน่นมากขึ้น สำหรับปริมาณสารอาหารนั้น พบว่า ไนโตรเจนใน

ดินทั้ง 3 สังคม มีค่าระหว่างร้อยละ 0.23–0.26 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์สูง สอดคล้องกับปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่มีค่าสูงเช่นเดียวกัน (Land Development Department,

2010) เนื่องจากมีการปลดปล่อยไนโตรเจนระหว่างการย่อยสลายของซากพืชโดยเฉพาะส่วนใบ (Kiriratnikom *et al.*, 2016)

Table 2 Correlation from the data analyzed between soil characteristics and plant community types in Sakunothayan Botanical Garden, Wang Thong district, Phitsanulok province.

Soil characteristics	DDF	ECA	MDF
pH*	4.86 ^{ab} ± 0.44	4.64 ^b ± 0.48	5.55 ^a ± 0.95
Soil moisture (%) **	16.92 ^b ± 1.12	19.93 ^b ± 4.26	24.80 ^a ± 3.08
Bulk Density (%)	1.14 ± 0.25	1.22 ± 0.28	1.33 ± 0.26
Organic matter (%)	4.72 ± 1.98	5.55 ± 1.02	4.65 ± 1.69
Sand (%)	69.57 ± 13.99	64.78 ± 11.76	59.20 ± 21.28
Silt (%)	22.86 ± 11.60	27.00 ± 10.44	24.78 ± 9.96
Clay (%) *	7.57 ^b ± 2.51	8.22 ^{ab} ± 2.11	10.56 ^a ± 3.43
CEC (meq/100g Soil)	6.67 ± 3.10	6.44 ± 1.48	7.43 ± 4.44
Available water capacity (%)	8.47 ± 2.17	6.97 ± 2.22	5.96 ± 1.91
Nitrogen (%)	0.24 ± 0.04	0.23 ± 0.03	0.26 ± 0.05
Phosphorus (mg/kg)	11.17 ± 5.52	7.77 ± 7.41	7.73 ± 6.04
Potassium (mg/kg)	69.00 ± 28.59	92.38 ± 24.99	85.63 ± 27.28
Calcium (mg/kg)	326.94 ± 121.43	372.97 ± 168.27	338.28 ± 166.38
Magnesium (mg/kg)*	20.46 ^b ± 13.94	18.10 ^b ± 14.70	48.83 ^a ± 29.35

Remarks: Significance * $p < 0.05$ and ** $p < 0.01$

สรุป

ป่าผลัดใบในสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก สามารถจัดกลุ่มหมู่ไม้ออกเป็น 3 สังคม ได้แก่ ป่าเต็งรัง ป่าผสมผลัดใบ และบริเวณรอยต่อป่าหรือสังคมป่ารุ่นสอง มีประดู่ป่า สารภี และตัวขน เป็นไม้เด่นอันดับแรกของแต่ละสังคม ตามลำดับ ผลของการป้องกันไฟป่าทำให้ชนิดไม้เด่นในป่าเต็งรัง และบริเวณรอยต่อป่า ประสบปัญหาในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ เนื่องจากกล้าไม้และไม้รุ่นไม่สามารถแข่งขันและตั้งตัวได้ มีเพียงชนิดไม้เด่นของป่าผสมผลัดใบเท่านั้น ที่ประสบความสำเร็จในการสืบต่อพันธุ์ เพราะสภาพแวดล้อมภายหลังการกันไฟ ได้แก่วัสดุชั้นและความหนาแน่นของดิน มีความเหมาะสม

ต่อการเติบโต รวมทั้งไม่มีไฟป่าเป็นตัวก้ำกัลดักกล้าไม้และไม้รุ่นของป่าผสมผลัดใบให้หมดไป ดังนั้น หากต้องการอนุรักษ์ชนิดไม้เด่นและโครงสร้างของป่าเต็งรังไว้ ควรมีการเฝ้าระวังได้การควบคุมในพื้นที่ป่าเต็งรังตามความเหมาะสมต่อไป

คำนิยาม

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายพจน์ ชินปัญชนะ หัวหน้าสวนพฤกษศาสตร์สุโกณทยาน และเจ้าหน้าที่ทุกท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์และอำนวยความสะดวกในการเข้าศึกษาวิจัยในพื้นที่ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาคิชาวิทยาการธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ช่วยเหลือในการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในการวิจัยครั้งนี้ จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

REFERENCES

- Akaakara, S. 2000. **Forest Fire Control for Thailand**. Forest Fire Control Division, Forest Protection and Fire Control Bureau, Royal Forest Department, Bangkok. (in Thai)
- Bunyavejchewin, S. 2012. **Structure and Dynamics of Deciduous Dipterocarp Forest**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- _____, Y. Jamlongrat, R. Buasalee and P. Rayanggul. 2016. **Trees & forest of Huai Kha Kaeng Wildlife Sanctuary**. Amarin Printing & Publishing, Bangkok. (in Thai)
- Forest Fire Control Division. 2016. **Strategies for Solving Forest Fire and Smog Problems Annual Report 2016**. Forest Protection and Fire Control Office, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)
- Gardner, S., P. Sidisunthorn and V. Anusarnsunthorn. 2000. **A Field Guide to Forest Trees of Northern Thailand**. Kobfai Publishing Project, Bangkok. (in Thai)
- Kiriratnikom, A., S. Kiriratnikom and T. Sumpunthamit. 2016. Litter decomposition and nutrient release in Ban Nong-Tin Community Forest, Phapayom district, Phatthalung province. **Thaksin Journal** 19(2): 33–41. (in Thai)
- Kutintara, U. 1999. **Ecology Fundamental Basics in Forestry**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- Land Development Department. 2010. **Operating Manual for Chemical Soil Analysis Process**. Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. (in Thai)
- Marod, D. 2011. **Sampling Technique and Plant Community Analysis**. Department of Forest Biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai)
- _____, P. Duengkae, J. Thongsawi, W. Phumphuang, S. Thinkampheang, A. Kullawong and S. Hermhuk. 2017. Tree stands clustering and carbon stock assessment of deciduous dipterocarp forest at Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus, Sakon Nakhon province. **Thai Forest Ecological Research Journal** 1(1): 1–9. (in Thai)
- McCune, B. and M.J. Mefford. 2011. **PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data Version 6.08**. MjM Software. Gleneden Beach, Oregon.
- Niamrat, W. and D. Marod. 2005. Seedling establishment of climax species under the eucalyptus plantations and open areas. **Thai Journal of Forestry** 24: 35–47.
- Paoin, T. and N. Paoin. 2011. **Medicine Tree**. Offset Place Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)
- Phitsanulok Provincial of Tourism and Sports. 2019. **Sakunothayan Botanic Garden**. Available Source: [www.phitsanulokscanme.com/Sakunothayan Botanic Garden](http://www.phitsanulokscanme.com/Sakunothayan%20Botanic%20Garden), September 8, 2019. (in Thai)
- Santisuk, T. 2012. **Forest of Thailand**. The Forest Herbarium, Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation. Prachachon Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)

Seub Nakhasathien Foundation. 2019. **Forest Protection-Forest Fire**. Available Source: <https://www.seub.or.th/blogging>, September 8, 2019. (in Thai)

The Forest Herbarium. 2013. **Tree Species Selection Guide for Afforestation and Flood Prevention: The North East**. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation, Bangkok. (in Thai)

Wanthongchai, K., J. Bauhus and J. G. Goldammer. 2014. Effects of past burning frequency

on woody plant structure and composition in dry dipterocarp forest. **Thai Journal of Forestry** 33(3): 109–130.

Wattanasuksakul, S., S. Khamyong, N. Anongrak and K. Sri-ngernyuang. 2012. Impacts of forest fire on soil physico-chemical properties and nutrient storages in dry dipterocarp forest in Takin Silvicultural Research Station, Chiang Mai province. **Journal of Agriculture** 28(1): 19–29. (in Thai)
