การสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

วิทยานิพนธ์

ของ

วรรณชัย วรรณสิงห์

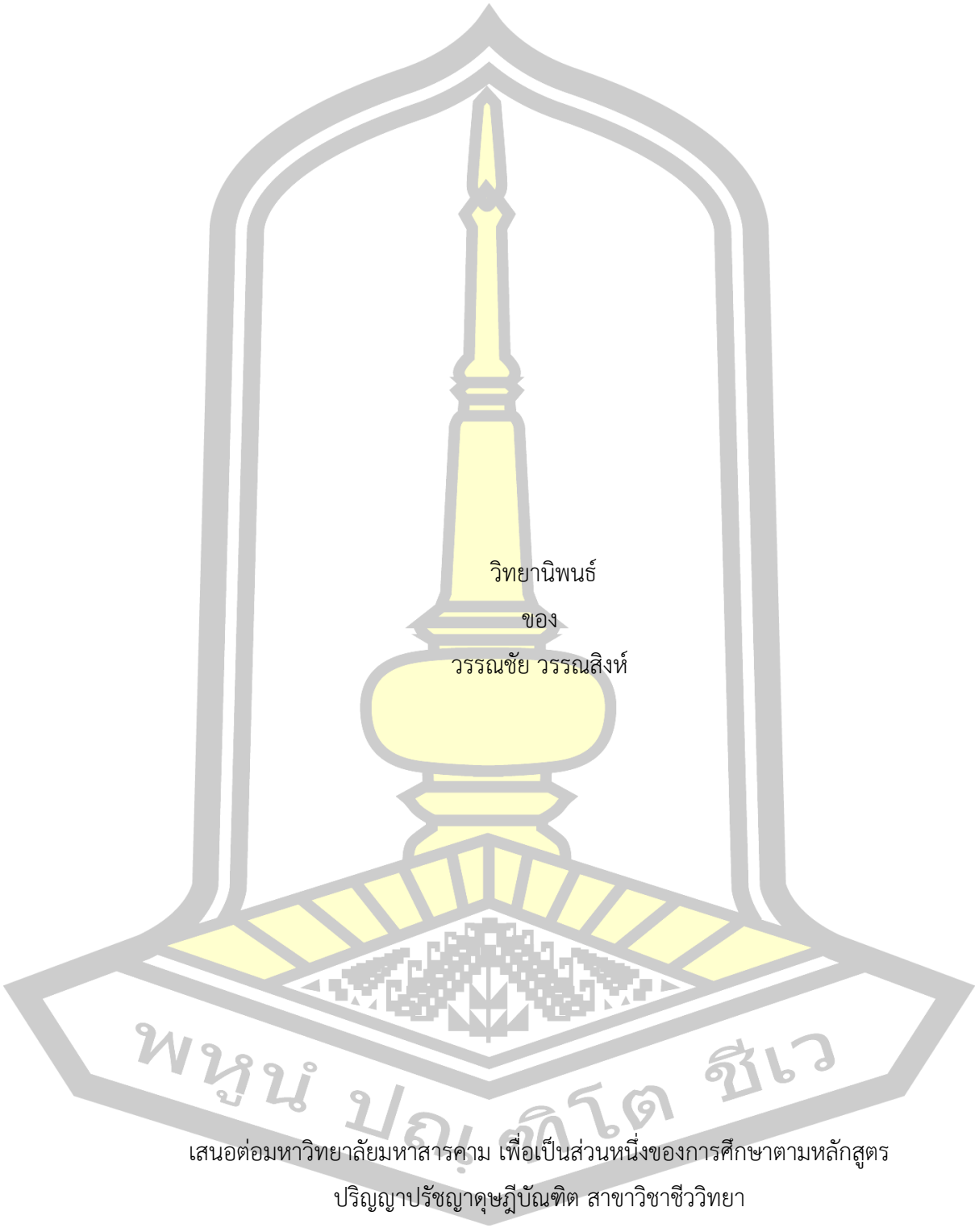
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

เมษายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม



วิทยานิพนธ์

ของ

วรรณชัย วรรณสิงห์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

เมษายน 2562

สงวนลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Litter Accumulation and Soil Organic Carbon Content in Community Forests in Maha Sarakham Province

Wannachai Wannasing

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Doctor of Philosophy (Biology)

April 2019

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายวรรณชัย วรรณสิงห์ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รศ. ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผศ. ดร. ภูวดล โกมณเฑียร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อ. ดร. ญาณวุฒิ อุทรักษ์)

.....กรรมการ
(ผศ. ดร. ชนิดาพร ตุ้มปี่สุวรรณ)

.....กรรมการ
(อ. ดร. เอกพจน์ ศรีฟ้า)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(ผศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ชื่อเรื่อง การสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

ผู้วิจัย วรรณชัย วรรณสิงห์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูวดล โกมณเฑียร

อาจารย์ ดร. ญาณวุฒิ อุทรักษ์

ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต **สาขาวิชา** ชีววิทยา

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2562

บทคัดย่อ

ซากพืชและปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าเป็นส่วนหนึ่งในวัฏจักรคาร์บอนของโลกที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ป่าชุมชนเป็นพื้นที่ที่มนุษย์ใช้ประโยชน์และอนุรักษ์ไปด้วยกัน การศึกษาความสำคัญของป่าชุมชนในด้านการบรรเทาปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจึงมีความสำคัญมากขึ้น การศึกษาครั้งนี้ได้ดำเนินการในป่าชุมชน 3 พื้นที่ (นาสีนวน โคกหนองคอง และหนองเม็ก-หนองฮี) ในจังหวัดมหาสารคาม ในแต่ละพื้นที่ป่าได้ทำการศึกษาทั้งในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของการใช้ประโยชน์มากและพื้นที่มีความเข้มข้นของการใช้ประโยชน์น้อย

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ มีค่าเฉลี่ยของค่าต่างๆ ดังนี้ ปริมาณการสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนในซากพืชเท่ากับ 248.76±9.60 กรัม/ตารางเมตร และ 116.92±4.51 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเท่ากับ 34.79±1.99 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอย มีค่าเท่ากับ 166.81±4.91 กรัม/ตารางเมตร และ 78.40±2.31 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ตามลำดับ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณคาร์บอนสะสมในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น มีค่าเท่ากับ 89.29±10.22 ตัน/เฮกตาร์ และ 41.97±4.80 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด (ในซากพืช รากฝอย คาร์บอนอินทรีย์ในดิน และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น) ในพื้นที่ป่าชุมชนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 78.71±11.40 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ทั้งนี้พบว่าป่าหนองเม็ก-หนองฮี มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญเท่ากับ 96.22±18.65 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ นอกจากนี้ ป่านาสีนวนมีปริมาณการสะสมซากพืช ปริมาณคาร์บอนในซากพืช มวลชีวภาพของรากฝอย และปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (304.17±13.86 กรัม/ตารางเมตร 142.96±6.51 กรัม

คาร์บอน/ตารางเมตร 194.04±9.27 กรัม/ตารางเมตร และ 91.20±4.36 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร ตามลำดับ) ป่าหนองเม็ก-หนองฮีมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน มากที่สุดอย่างไม่มีนัยสำคัญ (39.83±4.98 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น และมีปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (116.94±25.16 ตัน/เฮกตาร์ และ 54.97±11.82 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ)

เมื่อเปรียบเทียบตามความเข้มข้นการใช้ประโยชน์พบว่า ค่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด ในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของการใช้ประโยชน์น้อยมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นของการใช้ประโยชน์มากอย่างไม่มีนัยสำคัญ (84.49±17.34 และ 72.93±6.66 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ) พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย มีค่าเฉลี่ยปริมาณการสะสมซากพืช (278.25±13.15 กรัม/ตารางเมตร) ปริมาณคาร์บอนในซากพืช (130.78±6.18 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (112.20±17.01 ตัน/เฮกตาร์) ปริมาณคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (52.73±8.00 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) มากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญ แต่พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (39.87±3.37 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) มวลขีวภาพของรากฝอย (177.94±7.05 กรัม/ตารางเมตร) ปริมาณคาร์บอนในรากฝอย (83.63±3.31 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร) มากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและค่าปฏิกิริยาดิน เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (r = 0.504 และ r = 0.623 ตามลำดับ)

คำสำคัญ : คาร์บอนในดิน, ป่าเต็งรัง, มวลชีวภาพของรากฝอย, ซากพืช, ป่าชุมชน

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

TITLE Litter Accumulation and Soil Organic Carbon Content in Community Forests in Maha Sarakham Province

AUTHOR Wannachai Wannasing

ADVISORS Assistant Professor Bhuvadol Gomontean , Ph.D.
Yannawut Uttaruk , Ph.D.

DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Biology

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2019

ABSTRACT

Plant litters and soil organic carbon (SOC) storages of forests are part of the global carbon cycle related to climate change. The community forests are the areas that human use and conserve together. Therefore, the studies of community forests are important for mitigating the problem of climate change. This study was conducted in the three community forests (Nasinuan, Khok Nong Kong, and Nong Mek-Nong Hee) in Maha Sarakham Province. In each community forest, the study areas comprise two levels of utilization areas: low concentration and high concentration.

Overall of the three community forests, the average of plant litter accumulations and carbon contents in litters were 248.76±9.60 g/m^2, 116.92±4.51 gC/m^2, respectively. An average of soil organic carbon storages was 34.79±1.99 tC/ha. The average of fine root biomass and carbon content in fine root biomass were 166.81±4.91 g/m^2, 78.40±2.31 gC/m^2, respectively. Above ground biomass of trees and carbon contents of tree biomass were 89.29±10.22 t/ha, 41.97±4.80 tC/ha, respectively. An average of total carbon storages (litters, fine root, SOC, and above ground biomass of trees) was 78.71±11.40 tC/ha. Nong Mek-Nong Hee forest showed the significant highest total carbon storages (96.22±18.65 tC/ha). Nasinuan showed the significant highest amount of litter accumulations, carbon content in litter, fine root biomass, and carbon content in fine root biomass (304.17±13.86 g/m^2,

142.96±6.51 gC/m^2, 194.04±9.27 g/m^2, and 91.20±4.36 gC/m^2, respectively). Nong Mek-Nong Hee forest showed non-significantly highest SOC storages (39.83±4.98 tC/ha) and significantly highest above ground biomass of trees and carbon in above ground biomass of trees (116.94±25.16 t/ha, and 54.97±11.82 tC/ha, respectively).

In comparison between levels of utilization, total carbon storages in the area with low concentrations of utilization were not significantly higher than the area with high concentrations of utilization (84.49±17.34 and 72.93±6.66 tC/ha, respectively). The low concentration of utilization area showed the significantly highest litter accumulations (278.25±13.15 g/m^2, carbon contents in the litters (130.78±6.18 gC/m^2), above ground biomass of trees (112.20±17.01 t/ha), and carbon content in above ground biomass of trees (52.73±8.00 tC/ha) than the high concentration of utilization area. However, the high concentration of the utilization area showed significantly higher SOC storage (39.87±3.37 tC/ha), fine root biomass contents (177.94±7.05 g/m^2), and carbon contents in fine root biomass (83.63±3.31 gC/m^2) than the low concentrations of utilization area. The fine root biomass and soil reaction were the factors most correlated to SOC storage (r = 0.504 and r = 0.623. respectively).

Keyword : Soil organic carbon, Dry dipterocarp forest, Fine root biomass, Plant litter, Community forest

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงจนเป็นเล่มสมบูรณ์ได้ในวันนี้ ต้องขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูวดล โกมณเฑียร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ดร. ญาณวุฒิ อุทรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ค่อยให้ความรู้ คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ รวมถึงช่วยตรวจทานแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหาในการทำวิทยานิพนธ์ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี พร้อมด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิดา พร ตุ้มปี่สุวรรณ และ ดร.เอกพจน์ ศรีฟ้า ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม เป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการเขียนเล่มวิทยานิพนธ์และการเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ และรองศาสตราจารย์ ดร.อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการสอบวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ที่ให้คำชี้แนะสำหรับทำวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มงคล อุดชาชน ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้ห้องปฏิบัติการในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจในความกรุณาของอาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างมาก จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้ออุปกณ์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างสำหรับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณพ่อบุญขวัญ สุวรรณภักดี และพ่อนิยม โคกแปะ ที่ให้ความช่วยเหลือในการสำรวจและเก็บข้อมูลพรรณไม้ รวมถึงให้ความรู้เกี่ยวกับพื้นที่และรายชื่อพรรณไม้ท้องถิ่นในภาคสนาม และขอบคุณคุณชวญัฐ เจริญชัยวัฒนโชติ และคุณศศิประภา คุณชื่น ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในภาคสนามสำหรับการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย) ที่ให้ทุนสำหรับการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ตลอดระยะเวลาในการศึกษา

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่และญาติพี่น้อง ที่เป็นกำลังใจที่สำคัญอย่างยิ่งในการศึกษา ตลอดจนให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้วยดีเสมอมาตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้จนสำเร็จด้วยดี

วรรณชัย วรรณสิงห์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3

1.4 สมมุติฐานของการวิจัย 3

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ป่าชุมชน 6

2.2 ปริมาณซากพืช 7

2.3 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย 16

2.4 ปริมาณคาร์บอนในดิน 21

2.5 ป่าไม้ 27

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 34

3.1 ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดมหาสารคาม 34

3.2 ลักษณะภูมิประเทศ 34

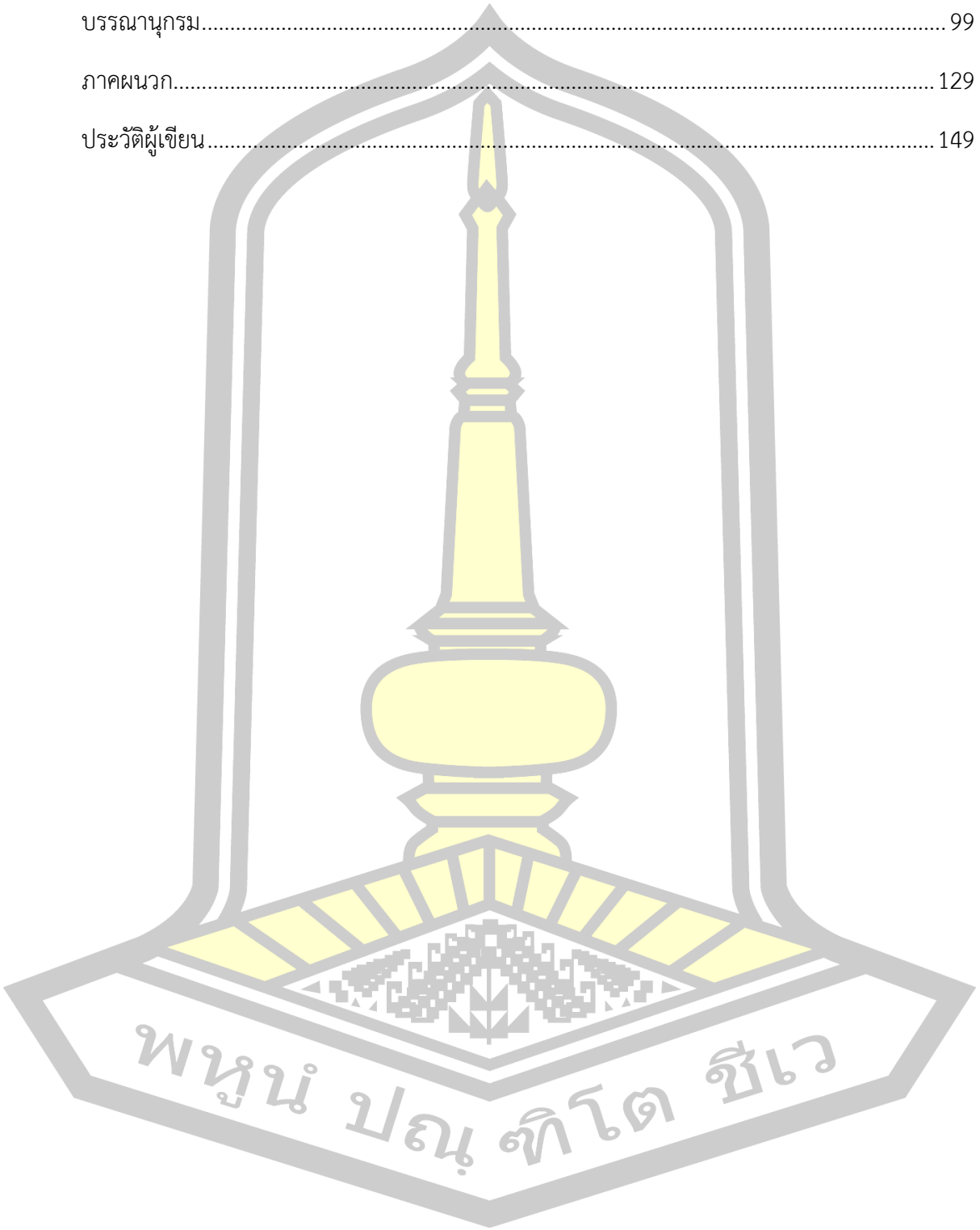
3.3 ลักษณะภูมิอากาศ 35
3.4 พื้นที่ศึกษา 36
3.5 สำรวจและเก็บตัวอย่าง 38
3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง 39
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 43
บทที่ 4 ผลการวิจัย 44
4.1 สมบัติของดินในป่าชุมชน 44
4.2 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าชุมชน 56
4.3 ปริมาณซากพืชในป่าชุมชน 59
4.4 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในป่าชุมชน 61
4.5 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในป่าชุมชน 80
4.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม 82
บทที่ 5 อภิปรายผลการวิจัย 84
5.1 สมบัติของดินในป่าชุมชน 84
5.2 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าชุมชน 88
5.3 ปริมาณซากพืชในป่าชุมชน 89
5.4 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในป่าชุมชน 90
5.5 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในป่าชุมชน 91
5.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม 92
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 94
6.1 สรุปผลการวิจัย 94

6.2 ข้อเสนอแนะ 98

บรรณานุกรม 99

ภาคผนวก 129

ประวัติผู้เขียน 149



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 ปริมาณซากใบและซากพืชทั้งหมดในพื้นที่ป่าไม้ 9

ตาราง 2 ปริมาณซากพืชในพื้นที่ป่าไม้บนโลก 11

ตาราง 3 พื้นที่ป่าไม้ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย 13

ตาราง 4 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยจำแนกตามปีในช่วง 15 ปี 13

ตาราง 5 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไบโอมต่างๆ บนโลก 18

ตาราง 6 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไม้ที่มีสภาพแตกต่างกัน 20

ตาราง 7 มวลของคาร์บอนอินทรีย์ในชุดดินต่างๆ บนโลก 22

ตาราง 8 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสะสมในดินในไบโอมประเภทต่างๆ บนโลก 25

ตาราง 9 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและดินป่าธรรมชาติของประเทศไทย 26

ตาราง 10 สรุปผลการกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามระดับความลึก ประเทศไทย 26

ตาราง 11 ความหลากชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ ของประเทศไทย 28

ตาราง 12 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสะสมในมวลชีวภาพในไบโอมประเภทต่างๆ บนโลก 31

ตาราง 13 ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ ของประเทศไทย 32

ตาราง 14 ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดมหาสารคาม ปี พ.ศ. 2550-2558 35

ตาราง 15 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน 40

ตาราง 16 ปริมาณความหนาแน่นรวมดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 46

ตาราง 17 ปริมาณความชื้นในดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 47

ตาราง 18 อุณหภูมิดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 48

ตาราง 19 เนื้อดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 49

ตาราง 20 ค่าปฏิกิริยาดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 51

ตาราง 21 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 53
ตาราง 22 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 54
ตาราง 23 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด . 55
ตาราง 24 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 57
ตาราง 25 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน 58
ตาราง 26 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด 58
ตาราง 27 ปริมาณซากพืชแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 60
ตาราง 28 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 60
ตาราง 29 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 64
ตาราง 30 ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Weiner Index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index) ของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 64
ตาราง 31 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม 65
ตาราง 32 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย จังหวัดมหาสารคาม 69
ตาราง 33 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก จังหวัดมหาสารคาม 72
ตาราง 34 ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก 75
ตาราง 35 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 76
ตาราง 36 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 76
ตาราง 37 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ป่าชุมชนและแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 81

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดในการดำเนินงานวิจัย 5

ภาพประกอบ 2 โครงสร้างเกี่ยวกับหน้าที่หลักของซากพืชในระบบนิเวศป่าไม้ 9

ภาพประกอบ 3 การกระจายผลผลิตปฐมภูมิสุทธิในพื้นที่ต่างๆ บนโลก 10

ภาพประกอบ 4 แผนที่พื้นที่ป่าไม้ จังหวัดมหาสารคาม 15

ภาพประกอบ 5 ประเภทของรากฝอย 16

ภาพประกอบ 6 ความสามารถของรากฝอยแบ่งตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก 17

ภาพประกอบ 7 แหล่งสะสมคาร์บอนบนโลก 23

ภาพประกอบ 8 พื้นที่ศึกษาในป่าชุมชนนาสีนวน (NN) ป่าชุมชนโคกหนองคอง (KK) และป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี (NMH) จังหวัดมหาสารคาม 37

ภาพประกอบ 9 การสุ่มเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพของรากฝอยและตัวอย่างดิน 39

ภาพประกอบ 10 ค่าปฏิกิริยาดินในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม (A) พื้นที่ป่าชุมชน (B) พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ และ (C) ระดับความลึกของดิน 52

ภาพประกอบ 11 การกระจายตามชั้นความสูงและชั้นความโตของพรรณไม้ในพื้นที่ที่มีป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม 77

ภาพประกอบ 12 การกระจายตามชั้นความสูงและความโตของพรรณไม้ในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากของจังหวัดมหาสารคาม 77

ภาพประกอบ 13 การกระจายตามชั้นความสูงของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 78

ภาพประกอบ 14 การกระจายตามชั้นความโตของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ 79

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ป่าไม้เป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่ที่สุดในระบบนิเวศบกบนโลก (Domke *et al*., 2016) ซึ่งมีการกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass) และมวลชีวภาพใต้พื้นดิน (Below ground biomass) (Deveny *et al*., 2009) ในขณะเดียวกันยังช่วยเพิ่มปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินจากการย่อยสลายซากพืช (Domke *et al*., 2016) และช่วยหมุนเวียนวัฏจักรสารและรักษาสมดุลในระบบนิเวศป่าไม้ (Haywood & Stone, 2017; Prasad & Lakshmi, 2015) แต่อย่างไรก็ตาม ป่าไม้ก็มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สู่ชั้นบรรยากาศเช่นกัน (Van der Werf *et al*., 2009) ผ่านกระบวนการย่อยสลายตามธรรมชาติ (Domke *et al*., 2016) และการทำลายพื้นที่ป่าหรือการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเพื่อใช้ประโยชน์ของมนุษย์ (Robinson *et al*., 2007; Deveny *et al*., 2009; Cardinale *et al*., 2012) เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศจำนวนมากในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งสังเกตจากระยะเวลาที่ผ่านมาประมาณ 200 กว่าปี เริ่มจาก ปี ค.ศ. 1760 โลกเริ่มมีการปฏิวัติด้านอุตสาหกรรม (Industrial Revolution) โดยใช้เครื่องจักรไอน้ำมาประดิษฐ์เป็นเครื่องจักรทอผ้าโดยใช้ถ่านฟืนจากไม้และเชื้อเพลิงฟอสซิล (ถ่านหิน) เป็นแหล่งพลังงานในการผลิตสิ่งค้าอุตสาหกรรม (Beck, 1999) จากนั้นเป็นต้นมาการปฏิวัติอุตสาหกรรมได้แพร่ขยายไปยังยุโรปตะวันตก อเมริกาเหนือ รัสเซียและญี่ปุ่น จนขยายไปทั่วโลก ส่งผลให้มีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศเพิ่มขึ้นอย่างมหาศาล (Robinson *et al*., 2007) ปริมาณและระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ในทุกปี โดยในเดือนมิถุนายน 2561 ระดับความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไดซ์ในชั้นบรรยากาศที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 410.79 ppm (McGee, 2018) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการลดลงของพื้นที่ป่าบนโลก จากการรายงานของ (Keenan *et al*., 2015) พบว่าปัจจุบันโลกมีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 3,999,134 ล้านเฮกตาร์ หรือร้อยละ 31.00 ของพื้นดินบนโลก ในขณะที่ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 102,240,981.88 ไร่ (ร้อยละ 31.60 ของพื้นที่ประเทศ) (กรมป่าไม้, 2558ก) และจังหวัดมหาสารคามมีพื้นที่ป่าประมาณ 138,896.37 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.96 ของพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม (กรมป่าไม้, 2558ข) โดยพื้นที่ป่าของจังหวัดสามารถแบ่งตามประเภทของป่าไม้ ได้แก่ ป่าสงวนแห่งชาติมีพื้นที่ป่าประมาณ 18,188 ไร่ เขตห้ามล่าสัตว์ป่าดูนลำพันมีพื้นที่ป่าประมาณ 376 ไร่ ป่าวนอุทยานโกสัมพีมีพื้นที่ป่าประมาณ 177 ไร่ ป่าวนอุทยานชีหลง มีพื้นที่ป่าประมาณ 279 ไร่ ป่าตาม พ.ร.บ. ป่าไม้ พ.ศ.2484 มีพื้นที่ป่าประมาณ

5,626 ไร่ และป่าในเขตที่ดินตามหนังสือสำคัญและป่าในเขตที่ดินตามหนังสือสำคัญสำหรับที่หลวงมีพื้นที่ป่าประมาณ 4,133 ไร่ (กรมป่าไม้, 2559) ส่วนพื้นที่ป่าที่เหลือยังไม่ได้จำแนก

จากสถานการณ์ป่าธรรมชาติในประเทศไทยที่ลดลงเป็นผลจากการติดตามและดูแลพื้นที่ป่าไม่ทั่วถึง เนื่องจากการจัดการป่าไม้ที่ภาครัฐเป็นผู้ดูแลและกำหนดเงื่อนไขในการใช้ประโยชน์พื้นที่ป่าเพียงฝ่ายเดียว ก่อให้เกิดความขัดแย้งอย่างรุนแรงระหว่างเจ้าหน้าที่ของรัฐและชุมชนในท้องถิ่นที่ต้องอาศัยและใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่า ส่งผลให้ภาครัฐมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการป่าโดยใช้วิธีการกระจายอำนาจให้ชุมชนและองค์กรชุมชนในท้องถิ่นเข้ามามีส่วนร่วมกับภาครัฐในการจัดการป่า ซึ่งกำหนดให้พื้นที่ป่าที่เกิดจากความร่วมมือของประชาชนในท้องถิ่นกับเจ้าหน้าที่ของภาครัฐเป็นพื้นที่ป่าชุมชน (Community forest) (Kiriratnikom & Sumpunthamit, 2013) โดยสอดคล้องกับบทบัญญัติในรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยปี พ.ศ. 2550 ได้กำหนดการมีส่วนร่วมในการจัดการการบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งความหลากหลายทางชีวภาพอย่างสมดุลและยั่งยืน ในมาตรา 66 รวมถึงสิทธิของบุคคลที่จะมีส่วนร่วมกับรัฐและชุมชนในการอนุรักษ์ บำรุงรักษา และการได้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ และความหลากหลายทางชีวภาพ ในมาตรา 67 (รัฐธรรมนูญ, 2550) จากการศึกษาการจัดการป่าไม้ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าประมาณ 171 ล้านไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 53.33 ของพื้นที่ประเทศ (กรมป่าไม้, 2557) ซึ่งผลจากความร่วมมือในการจัดตั้งพื้นที่ป่าชุมชนเพื่อการจัดการป่าไม้ในประเทศประสบความสำเร็จ (Brown, 1999) ทำให้ในปัจจุบันกรมป่าไม้ได้อนุมัติโครงการจัดตั้งป่าชุมทั่วประเทศจำนวน 8,684 โครงการ 8,427 หมู่ รวมเป็นพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด 4,907,754 ไร่ (กรมป่าไม้, 2561) และจากการจัดการป่าที่ดีมีผลต่อด้านเศรษฐกิจทำให้ชุมชนมีรายได้จากการประเมินมูลค่าป่าไม้ผ่านโครงการซื้อขายคาร์บอนภาคป่าไม้ ประเมินมูลค่าจากการเก็บผลผลิตต่างๆ จากป่าไม้ ด้านสังคมทำให้เกิดการรวมกลุ่มทำกิจกรรมต่างๆ ร่วมกันก่อให้เกิดความสามัคคีในของชุมชน และด้านสิ่งแวดล้อมก่อให้เกิดการเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ รักษาสิ่งแวดล้อม อนุรักษ์ดินและน้ำ ช่วยลดการบุกรุกพื้นที่ป่า เพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพ และเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนซึ่งช่วยลดสภาวะโลกร้อน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ, 2557; FAO, 2017) ผลจากการจัดการป่าไม้ของภาครัฐบาลในส่วนของป่าไม้ในเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจายพบว่าป่าเบญจพรรณประถมภูมิและทุติยภูมิ จังหวัดเพชรบุรี มีปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ 500.48 และ 158.68 ตัน/เฮกตาร์ มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้เท่ากับ 250.24 และ 79.34 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (สนธยา จำปานิล และนันทนา คชเสนี, 2547) ซึ่งมีปริมาณแตกต่างจากป่าเบญจพรรณประถมภูมิและทุติยภูมิ จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ไม่มีการจัดการหรือไม่มีหน่วยงานใดเข้ามาดูแลพบว่าพื้นที่ป่ามีปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ 107.62 และ 52.74 ตัน/เฮกตาร์ มีการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้เท่ากับ 50.58 และ 24.79 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ (Kaewkrom *et al*., 2011)

จากการรายงานปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ในพื้นที่ป่าทั้งสองพื้นที่เหล่านั้น แสดงให้ถึงความสำคัญของการจัดการป่าไม้ซึ่งมีผลต่อพื้นที่ป่าไม้ทั้งทางโดยตรงและทางอ้อม

จากการศึกษาเอกสารและรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าการศึกษาปริมาณการสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม ยังไม่เป็นที่สนใจมากนักเนื่องจากพื้นที่ป่าชุมชนมีขนาดเล็กและการกระจายทั่วพื้นที่ของจังหวัด แต่มีความสำคัญต่อชุมชนที่อาศัยในพื้นที่โดยรอบ เช่น เป็นแหล่งผลิตอาหาร พืชสมุนไพรและของป่าประเภทอื่นๆ รวมถึงเป็นแหล่งรวบรวมความหลากหลายทางชีวภาพ แหล่งกักเก็บคาร์บอนและหมุนเวียนคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวเชิงนิเวศในชุมชน ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณการสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม เพื่อจัดทำเป็นข้อมูลพื้นฐานและนำไปใช้ในการบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศป่าไม้ระดับท้องถิ่นให้มีความยั่งยืนและมั่นคงสืบต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาปริมาณการสะสมซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

1.2.2 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาปริมาณการสะสมซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

1.3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

1.4 สมมุติฐานของการวิจัย

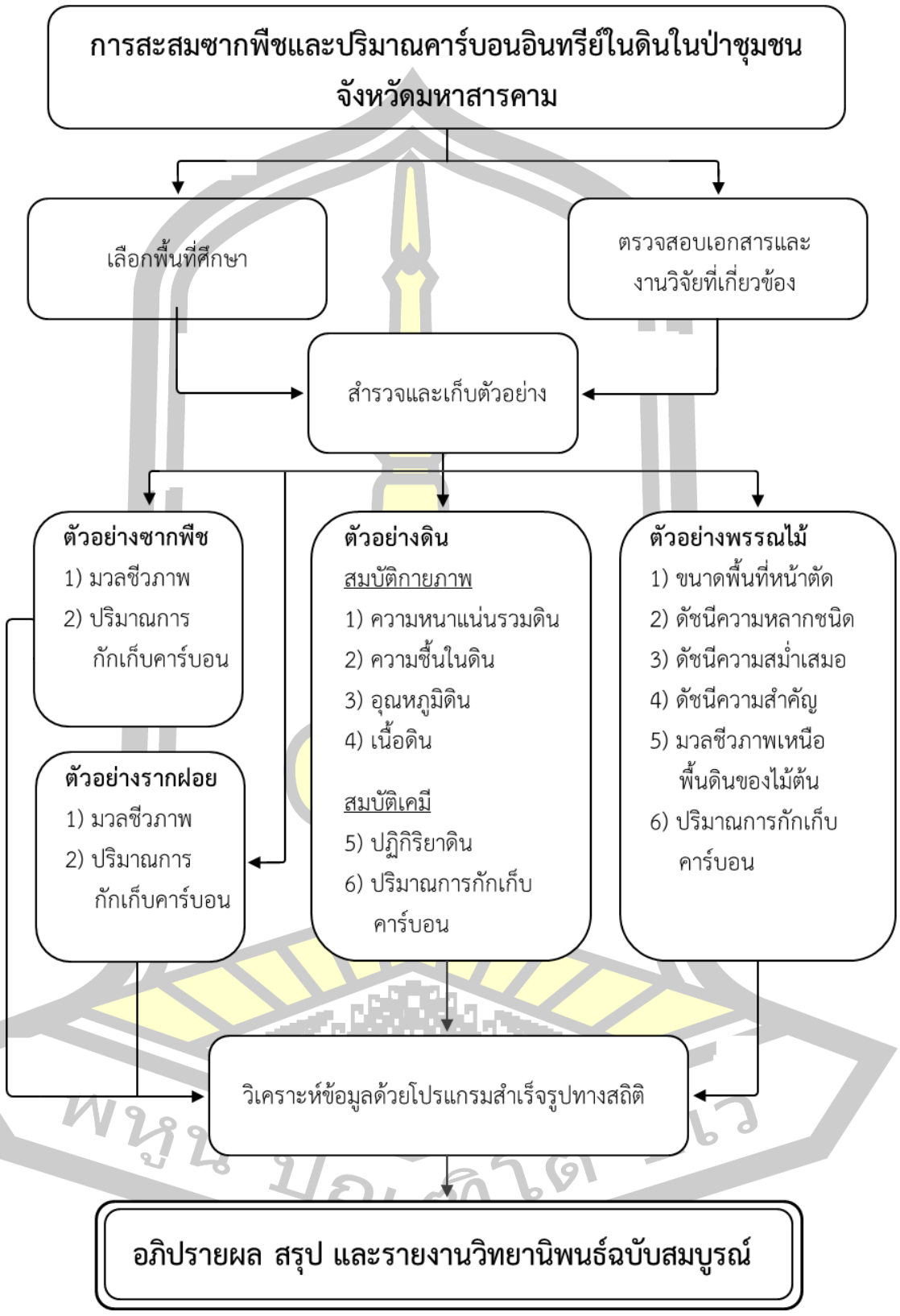
สภาพป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันน่าจะมีอิทธิพลต่อปริมาณการสะสมซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ทราบถึงปริมาณการสะสมซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

1.5.2 ทราบถึงความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณซากพืช ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 1 กรอบความคิดในการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ป่าชุมชน

ป่าชุมชน มาจากคำว่า Community forest หรือ Social forest เป็นคำที่เพิ่งเกิดและเป็นที่ยอมรับกันตั้งแต่ พ.ศ. 2530 ในฐานะทางเลือกในการจัดการทรัพยากรป่าไม้และเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาความยากจนของประชาชนในชนบท โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนในเขตป่าไม้ของรัฐ (สุรินทร์ อ้นพรม, 2554) โดยคำว่า ป่าชุมชน มีนักวิชาการและหน่วยงานต่างๆ ให้ความหมายไว้ดังนี้

ประชาไท (2548) ป่าชุมชน หมายถึง พื้นที่ป่าทั้งที่เป็นป่าบกและป่าชายเลนที่อยู่รอบชุมชนหรือใกล้เคียงกับชุมชน โดยที่ชุมชนใช้อาศัยทำมาหากินและเลือกใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนทั้งในเชิงเศรษฐกิจและการรักษาระบบนิเวศ โดยชุมชนเป็นผู้วางแผน ตัดสินใจว่าต้องการอะไรจากป่า ต้องการเมื่อไร จะดูแลรักษา ฟื้นฟูและพัฒนาป่าชุมชนอย่างไร มีขอบเขตขนาดไหนที่ชุมชนจะดูแลได้ทั่วถึง โดยทั้งนี้แผนการจัดการป่าของชุมชน อาจจะกำหนดเป็นลายลักษณ์อักษรหรือเป็นจารีตประเพณี เป็นวิถีชีวิตในการจัดการป่าก็ได้ขึ้นอยู่กับชุมชนเป็นผู้กำหนด

พรพิมล ชำรัมย์ (2556) ป่าชุมชน หมายถึ พื้นที่ที่ถูกชาวบ้านร่วมกันอนุรักษ์ไว้ ตลอดจนร่วมกันใช้ประโยชน์ ซึ่งมีการนำระบบประเพณี ความเชื่อ มาเป็นตัวควบคุม เป็นแบบแผนการจัดการซึ่งแต่ละชุมชนก็จะแตกต่างกันไป ตามลักษณะโครงสร้างทางภูมิศาสตร์ สังคม และวัฒธรรม ความเชื่อ ประเพณีของชุมชนนั้นๆ

สมหญิง สุนทรวงษ์ (2557) ป่าชุมชน หมายถึ วิถีปฏิบัติและเป็นการปรับตัวของการจัดการทรัพยากรภายในชุมชนในการช่วยลดปัญหาความยากจนและความเหลื่อมล้ำทางสังคมของคนในชุมชน จากการถูกแย่งชิงทรัพยากรเพื่อการพัฒนาประเทศ และเป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาพื้นที่ป่าและความสมบูรณ์ของนิเวศป่าไม้ เพื่อให้ระบบนิเวศคงความสมดุลย์ เนื่องจากป่าชุมชนเป็นกลไกที่สำคัญที่เป็นช่องทางให้ชุมชนเข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์ จัดการ ฟื้นฟูให้ป่ามีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้น และมีการใช้ทรัพยากรและผลผลิตจากป่าได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความมั่นคงแห่งชีวิตของคนในชุมชน ดังนั้นเมื่อคนในชุมชนมีความเป็นอยู่ดีขึ้นจึงไม่ต้องอพยพย้ายถิ่นฐาน และที่สำคัญยิ่งคือเพิ่มความสามารถให้กับมนุษยชาติ ได้เรียนรู้การอยู่อย่างสมดุลกับธรรมชาติและดำรงชีพอยู่ได้อย่างมีความสุข

ฉลาดชาย รมิตานนท์ (2561) ป่าชุมชน หมายถึง ที่ดิน และ/หรือ ที่ดินป่าไม้ ที่ชุมชนได้ดำเนินการหรือได้รับอนุญาตตามกฎหมายให้ดำเนินการร่วมกับพนักงานเจ้าหน้าที่ จัดการกิจการงานด้านป่าไม้อย่างต่อเนื่อง ภายใต้กฎหมาย กฎระเบียบ ข้อบังคับ ข้อปฏิบัติและแผนงานที่เกี่ยวข้องซึ่ง

อาจสอดคล้องกับความเชื่อและวัฒนธรรมของชุมชนท้องถิ่นนั้นด้วย การจัดการ หรือดำเนินการดังกล่าว ก็เพื่อการอนุรักษ์ และให้ชุมชนได้ใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน

ดังนั้นป่าชุมชนจากนักวิชาการและหน่วยงานต่างๆ ให้ความหมายไว้สามารถสรุปได้ว่า ป่าชุมชน คือ พื้นที่ป่าธรรมชาติหรือป่าที่ประชาชนได้ร่วมมือกันจัดทำขึ้นร่วมกับเจ้าหน้าที่ของภาครัฐในการจัดการด้านป่าไม้เพื่อการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน โดยมีแนวทางการปฏิบัติให้สอดคล้องกับความเชื่อและวัฒนธรรมของชุมชนท้องถิ่น

อย่างไรก็ตาม ป่าชุมชนก็ถือว่าเป็นป่าไม้ที่มีความสำคัญในระบบนิเวศเหมือนกับพื้นที่ป่าทั่วไป คือเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและมวลชีวภาพใต้พื้นดิน ช่วยเพิ่มปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินผ่านกระบวนการย่อยสลายซากพืชและช่วยหมุนเวียนวัฏจักรสารและรักษาสมดุลในระบบนิเวศป่าไม้ นอกจากนั้นยังมีความสำคัญกับชุมชนในระดับท้องถิ่นที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่ป่าชุมชนอย่างมาก เนื่องจากป่าชุมชนเป็นแหล่งอาหาร ยารักษาโรคและพื้นที่ประกอบพิธีตามขนบธรรมเนียม ประเพณีและความเชื่อของชุมชนท้องถิ่นนั้นด้วย

2.2 ปริมาณซากพืช

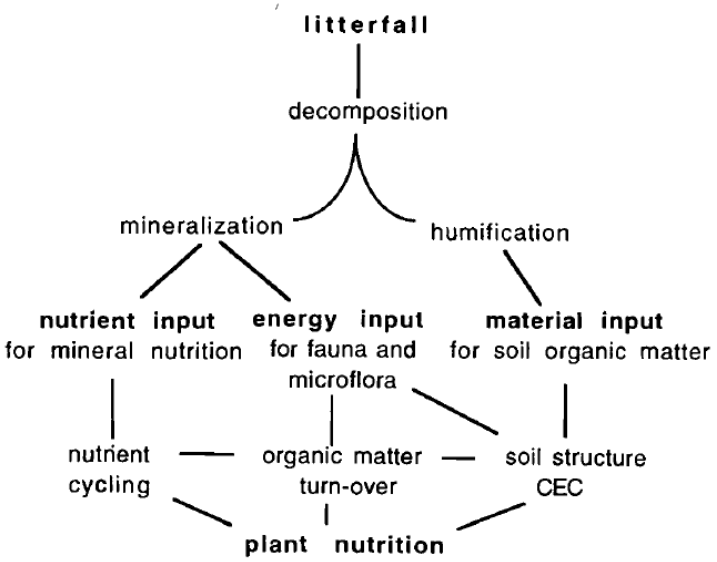
ปริมาณซากพืช คือ ซากพืช (litter) หรือ ผลผลิตเศษซากพืช (litter production) หมายถึง ชิ้นส่วนต่างๆ ของพืชที่ตายหรือหมดอายุขัยแล้วร่วงหล่นสู่พื้นดินหรือสะสมอยู่บนพื้นดิน ได้แก่ ใบไม้ กิ่งไม้ เปลือก ดอก ผล เมล็ดและลำต้น รวมถึงรากที่ตายที่ยังอยู่ภายในดิน (พงษ์ศักดิ์ สหุนาพุ, 2538) อย่างไรก็ตาม ซากพืชไม่ได้รวมถึงไม้ที่มีขนาดใหญ่ ลำต้นหรือผลที่มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก (ศรีศักดิ์ ธานี, 2540) เมื่อเวลาผ่านไปซากพืชที่ร่วงหล่นและทับถมกันจะย่อยสลายทำให้เกิดการเพิ่มอินทรียวัตถุและเพิ่มธาตุอาหารของพืชในป่าที่มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ (Carlisle *et al*., 1966) ประเภทของซากพืชสามารถจำแนกตามขนาดของเส้นผ่าศูนย์ของซากพืชออกเป็น 2 ประเภท คือ ประเภทหยาบ มีเส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุมากกว่า 2 เซนติเมตร และประเภทละเอียดหรือขนาดเล็ก ซึ่งมีเส้นผ่าศูนย์กลางของวัตถุน้อยกว่า 2 เซนติเมตร (Lonsdale, 1988) โดยทั่วไปปริมาณซากพืชที่อยู่เหนือพื้นดินของป่าไม้ สามารถนำมาวิเคราะห์หาปริมาณของซากพืชได้หลายวิธี เช่น การใช้วิธี litter trap ในการรองรับซากพืชที่ล่วงหล่นจากต้นไม้ ซึ่งปริมาณการล่วงหล่นของซากพืชจะมีปริมาณแตกต่างกันไปตาม ชนิดของหมู่ไม้ อายุของไม้ ความหนาแน่นของหมู่ไม้ สภาพภูมิอากาศ ความอุดมสมบูรณ์ของดินและทิศทางในการรับแสงสว่างของพืช เป็นต้น (Bray & Gorham, 1964; Tsutsumi *et al*., 1983) นอกจากนี้ลักษณะของพื้นที่และภูมิอากาศยังเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตของซากพืชที่แตกต่างกัน เช่น ในเขตหนาว เขตอบอุ่นและเขตร้อน (3.5, 5.5 และ 11.0 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ) (Bray & Gorham, 1964) รวมถึงฤดูกลาลที่แตกต่างก็มีผลต่อปริมาณผลผลิตของซากพืช โดยสัมพันธ์กับร้อยละของชนิดไม้ผลัดใบที่พบในพื้นที่

(Teixeira *et al*., 2012) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ (Ewel, 1976) พบว่าป่าเขตร้อนจะมีปริมาณการผลิตของซากพืชสูงกว่าป่าเขตอบอุ่น และการวางแปลงขนาด 1x1 เมตร (Lopes *et al*., 2009) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากเพราะว่าเป็นวิธีการที่ใช้เก็บตัวอย่างได้ง่าย เช่น การรายงานผลผลิตและการสะสมของซากพืชในพื้นที่ Caatinga ประเทศบราซิล พบว่ามีผลผลิตซากพืช 2.85 ตัน/เฮกตาร์ (Lopes *et al*., 2009) และรายงานการศึกษาการสะสมคาร์บอนในป่าแห้งเขตร้อน (tropical dry forest) ประเทศบราซิล พบว่ามีปริมาณการสะสมซากพืช 2.62 ตัน/เฮกตาร์ (Júnior *et al*., 2016)

2.2.1 ความสำคัญของซากพืชในระบบนิเวศป่าไม้

ปริมาณซากพืชในระบบนิเวศมาจากกระบวนการเจริญเติบโตของพืชในพื้นป่าไม้โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสง ที่อาศัยการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศแล้วเปลี่ยนสภาพเป็นเซลลูโลสและกลายเป็นมวลชีวภาพในที่สุด (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546) เมื่อถึงฤดูแล้งหรือฤดูป่าไม้ผลัดใบต้นไม้เกือบทุกชนิดที่อยู่ในป่าจะมีการผลัดใบและมีการทับถมของใบไม้ในบริเวณพื้นดิน เรียกว่า ซากพืช สาเหตุที่พืชผลัดไม้ในช่วงฤดูแล้งเพื่อลดอัตราการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืช โดยป่าไม้ที่มีการผลัดใบของต้นไม้มากก็จะมีการสะสมของซากพืชในพื้นที่ป่าไม้มากเช่นกัน และที่สำคัญมวลชีวภาพของซากพืชเหล่านี้ยังมีความสำคัญในระบบนิเวศป่าไม้จำนวนมาก เช่น เป็นผลผลิตแรกในระบบนิเวศและแหล่งหมุนเวียนของอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารและพลังงานจากพืชไปสู่ดินในระบบนิเวศป่าไม้ (Kara *et al*., 2014) (ภาพประกอบ 2) ช่วยปกคลุมพื้นดินลดอัตราการสูญเสียน้ำและความชื้นของดิน เป็นที่อยู่อาศัยและหลบภัยจากผู้ล่าของสัตว์ขนาดเล็กหรือสัตว์หน้าดิน (Lavelle *et al*., 1994) และยังมีบทบาทสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศของโลก เพราะว่าจากการรายงานของ Ngo *et al*. (2013) การสะสมคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินในป่าไม้เขตร้อนคิดเป็นร้อยละ 50 และคาร์บอนสะสมในดินที่ระดับความลึก 1 เมตร อีกประมาณร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Bray & Gorham (1964) พบว่าซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ประกอบด้วย ใบไม้ กิ่ง เปลือกและผล คิดเป็นร้อยละ 60-76, 12-15, 1-14 และ 1-17 ตามลำดับ ซึ่งมีศักยภาพในการสะสมคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพแหล่งหนึ่งของคาร์บอนที่สะสมในระบบนิเวศป่าไม้ (ตาราง 1) เมื่อเวลาผ่านไปซากพืชในพื้นที่ป่าจะเป็นแหล่งเพิ่มปริมาณคาร์บอนในดิน โดยกระบวนการย่อยสลายจากกลุ่มผู้ย่อยสลาย (Novara *et al*., 2015) และอีกปัจจัยที่มีความสำคัญเกี่ยวกับอัตราการย่อยสลายของซากพืชคือ ปริมาณความชื้น โดยในช่วงที่มีความชื้นมากป่าไม้จะมีอัตราการย่อยสลายซากพืชได้มากส่งผลให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่สะสมในระบบนิเวศป่าไม้อย่ารวดเร็ว (Podong *et al*., 2013) ตรงกันข้ามในขณะที่มีการย่อยสลายซากพืชที่ส่งผลให้เกิดการสูญสียคาร์บอนแต่เป็นการเพิ่มสารอาหารและหมุนเวียนแร่ธาตุในดิน ทำให้โครงสร้างดินดีและ

ช่วยลดอัตราการพังทลายของดิน (Nagler *et al*., 2000) นอกจากนี้ปริมาณซากพืชในพื้นที่ป่ายังได้รับผลกระทบทางกายภาพต่างๆ เช่น การกระทำเชิงกลของน้ำฝน อุณหภูมิ ลมและหรือการตอบสนองทางกายภาพของพืชต่อการเปลี่ยนแปลงด้านสิ่งแวดล้อม (Podong *et al*., 2013; Santiago & Mulkey, 2005)



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างเกี่ยวกับหน้าที่หลักของซากพืชในระบบนิเวศป่าไม้

ที่มา: Bernhard-Reversat & Loumento (2002)

ตาราง 1 ปริมาณซากใบและซากพืชทั้งหมดในพื้นที่ป่าไม้

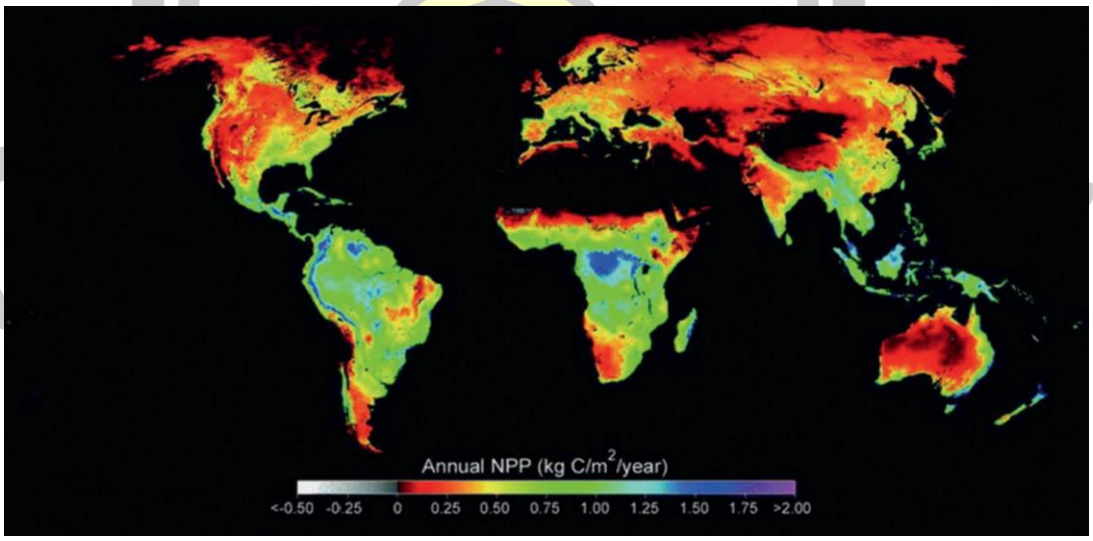
พื้นที่	ซากใบ (กรัม/ตร.ม./ปี)	ซากพืชทั้งหมด (กรัม/ตร.ม./ปี)
ป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen)	260	370
ป่าผลัดใบ (Deciduous)	240	320
ป่าเขตอาร์คติก (Arctic)	70	100
ป่าเขตหนาว (Cold temperate)	250	350
ป่าเขตอบอุ่น (Warm temperate)	360	550
ป่าแถบเส้นศูนย์สูตร (Equatorial)	680	1090

ที่มา: Bray & Gorham (1964); Reichle (1981)

2.2.2 ปริมาณซากพืชในพื้นที่ป่าไม้บนโลก

ในปัจจุบันโลกมีพื้นที่ป่าไม้ประมาณ 3,999,134 ล้านเฮกตาร์ หรือร้อยละ 31.00 ของพื้นดินบนโลก (Keenan *et al*., 2015) ซึ่งในปี ค.ศ. 2015 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดบนโลกลดลงร้อยละ 3 โดยอ้างอิงพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดของโลกในปี ค.ศ. 1990 มีพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 4,128,269 ล้านเฮกตาร์ (Keenan *et al*., 2015) ในขณะเดียวกันพบว่าป่าไม้ในปี ค.ศ. 2015 เพิ่มขึ้นร้อยละ 1.30 ของพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดของโลก เมื่อเปรียบเทียบในปี ค.ศ. 2014 (พื้นที่ป่าไม้ทั้งหมด 3,947,145 ล้านเฮกตาร์) (FAO, 2015) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานสถานการณ์ของพื้นที่ป่าไม้ของโลก (Macdicken *et al*., 2015) พบว่าจากผลการประเมินทรัพยากรป่าไม้ในปี ค.ศ. 2015 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่ม ซึ่งส่งผลให้อัตราการสูญเสียป่าไม้และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากป่าไม้ลดลงและที่สำคัญรัฐบาลจะต้องมีการจัดการเกี่ยวกับป่าไม้ให้มีความยั่งยืนและมั่นคงเพิ่มขึ้นเพื่อให้พื้นที่ป่าคงอยู่และเพิ่มขึ้นต่อไป

จากการรายงานสถานการณ์พื้นที่ป่าไม้ของโลกในข้างต้นทำให้ทราบถึงพื้นที่ป่าไม้ทั้งหมดบนโลก และสามารถนำไปประเมินปริมาณการสะสมซากพืชและผลผลิตปฐมภูมิสุทธิ (Net Primary Production: NNP) ในพื้นที่ต่างๆ รวมถึงการประเมินและติดตามศักยภาพการสะสมคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพจากปริมาณผลผลิตปฐมภูมิสุทธิและมวลชีวภาพในพื้นที่ทั้งหมดบนโลกได้จากการรายงานของ Running *et al*. (2004) โดยพบในพื้นที่ป่าฝนเขตร้อนมีปริมาณผลผลิตปฐมภูมิสุทธิสูงที่สุดและพบน้อยที่สุดในพื้นที่ทะเลทรายและพื้นที่หนาวเย็น (ภาพประกอบ 3) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงปริมาณผลลิตหลักของป่าไม้ที่มีค่ามากที่สุดพบในเขตร้อนและมีปริมาณลดลงเมื่อละติจูดเพิ่ม (Roy *et al*., 2001)



ภาพประกอบ 3 การกระจายผลผลิตปฐมภูมิสุทธิในพื้นที่ต่างๆ บนโลก

ที่มา: Running *et al*. (2004)

โดยจากการศึกษาปริมาณของซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ บนโลกจากอดีตถึงปัจจุบัน (ตาราง 2) สามารถนำมาประเมินปริมาณการสะสมคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพของซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ต่างๆ ที่เหลือบนโลกได้ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อลักษณะทางภูมิประเทศหรือละติจูดที่แตกต่างกันปริมาณการสะสมของซากพืชก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นและลดลงเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาณพืชในพื้นที่ป่าฝนเขตร้อนมีปริมาณน้อยเนื่องจากมีอัตราการย่อยสลายของซากพืชในอัตราที่สูง ในขณะเดียวกันป่าเขตหนาวมีอัตราการย่อยสลายน้อยกว่าป่าฝนเขตร้อน (Packham *et al*., 1992; Schlesinger, 1997)

ตาราง 2 ปริมาณซากพืชในพื้นที่ป่าไม้บนโลก

ประเภท	พื้นที่	ปริมาณซากพืช (ตัน/เฮกตาร์/ปี)	ที่มา
ป่าดิบเขา	หมู่เกาะนิวกีนี ประเทศอินโดนีเซีย	7.55	Edwards, 1977
ป่าดงดิบ	ประเทศมาเลเซีย	10.60	Spain, 1984
ป่าดงดิบ	ประเทศอินโดนีเซีย	8.44-11.74	Hardiwinoto *et al*, 1996
ป่าดิบเขา	ประเทศมาเลเซีย	8.80-12.00	Proctor, 1983
ป่าผลัดใบ	เกียวโต ประเทศญี่ปุ่น	4.05-4.86	Sakai & Tsutsumi, 1986
ป่าไม้ใบใหญ่เขตอบอุ่น		4.42	Liu et al., 2004
ป่าไม้ไม่ผลัดใบ	ฮอกไกโด ประเทศญี่ปุ่น	3.52-3.69	Hardiwinoto *et al*, 1996
ป่าสน	ใช้ข้อมูลจากทั่วยุโรปและเอเชีย	4.70	Liu *et al*., 2004
ป่าสนเขตอบอุ่น	ใช้ข้อมูลจากทั่วยุโรปและเอเชีย	3.47	Liu *et al*., 2004
ป่าสนเขตอบอุ่น	ใช้ข้อมูลจากทั่วยุโรปและเอเชีย	4.09	Liu *et al*., 2004
ป่าสนเขตอบอุ่น	ใช้ข้อมูลจากทั่วยุโรปและเอเชีย	4.77	Liu *et al*., 2004
ป่าเส้นศูนย์สูตร		9.30	O' Neill & DeAngelis, 1981
Arctic Zone	ใช้ข้อมูลจากทั่วยุโรปและเอเชีย	3.30	Liu *et al*., 2004
Cooling Zone	ใช้ข้อมูลจากทั่วยุโรปและเอเชีย	4.60	Liu *et al*., 2004

ที่มา: ดัดแปลงจาก Hanpattanakit (2014)

2.2.3 ปริมาณซากพืชในพื้นป่าไม้ ประเทศไทย

จากการรายงานข้างต้นพบว่าร้อยละของปริมาณซากพืชที่พบในพื้นที่ป่าไม้ล้วนมีการศึกษาและประเมินมาจากพื้นที่ป่าไม้ในธรรมชาติ อาจกล่าวได้ว่าหากต้องการศึกษาปริมาณการสะสมซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ต้องทราบถึงสถานการณ์ของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศก่อน ดังนั้นจึงสามารถสรุปสถานการณ์ของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศได้ดังนี้

ในปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ปกคลุมพื้นที่ประมาณ 171 ล้านไร่ (หรือประมาณร้อยละ 53 ของพื้นที่ประเทศ) โดยพื้นที่ป่าที่มากที่สุดอยู่ในภาคเหนือ รองลงคือ ภาคตะวันตก ภาคใต้ ภาคตะวันออก ภาคกลาง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ (ตาราง 3) (กรมป่าไม้, 2558ข; ธวัชชัย สันติสุข, 2555) ต่อมาพื้นที่ป่าของประเทศได้ถูกทำลายและมีแนวโน้มลดลงทุกปี (ตาราง 4) เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเพื่อตอบสนองต่อการเพิ่มขึ้นของประชากรและการพัฒนาด้านสังคมและเศรษกิจของประเทศอย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันพื้นที่ป่าที่เหลือส่วนใหญ่กระจายตามเทือกเขาแนวชายแดนไทย-พม่า ในเขตจังหวัดเชียงราย แม่ฮ่องสอน ตาก กาญจนบุรีและเพชรบุรี ลงไปถึงภาคใต้ในเขตจังหวัดระนอง พังงา สุราษฎร์ธานีและนครศรีธรรมราช จนสุดชายแดนไทย-มาเลเซีย ทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ป่าเหลือน้อยที่สุด ซึ่งจะพบป่ากระจายอยู่เฉพาะในเขตจังหวัดชัยภูมิ เลย อุดรธานี สกลนคร นครราชสีมาและอุบราชธานี นอกจากนั้นจะมีพื้นที่ป่าอยู่บ้างในเขตบริเวณรอยต่อ 5 จังหวัด ได้แก่ จังหวัดสระแก้ว ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ระยองและจันทบุรี (ธวัชชัย สันติสุข, 2555)

ใน พ.ศ. 2549 ประเทศไทยมีเนื้อที่ป่าประมาณ 99,157,875 ไร่ หรือร้อยละ 30.92 ของเนื้อที่ของประเทศ โดยมีการประเมินพื้นที่ป่าไม้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-5TM พบว่าประเทศไทยประกอบป่าไม้หลายชนิด ซึ่งไม่รวมเนื้อที่สวนผลไม้และสวนยางพารา สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest) และป่าผลัดใบ (deciduous forest) (กรมป่าไม้, 2552; ธวัชชัย สันติสุข, 2555)

ใน พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีเนื้อที่ป่าที่เหลืออยู่ทั้งหมด 163,656.64 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 31.62 ของพื้นที่ประเทศ ซึ่งประเทศไทยมีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 513,115 ตารางกิโลเมตร (กรมป่าไม้, 2552; ธวัชชัย สันติสุข, 2555) จากข้อมูลสถิติของพื้นที่ป่าไม้ในปี พ.ศ. 2557 พบว่าพื้นที่ป่ามีการเพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2556 (163,391.269 ตารางกิโลเมตร) ร้อยละ 0.05 หรือประมาณ 265.38 ตารางกิโลเมตร (ศศิน เฉลิมลาภ และคณะ, 2558) จากการรายงานพื้นที่ป่าไม้ที่เหลือในประเทศข้างต้นส่วนจะพบพื้นที่ป่าไม้ในพื้นที่เขตป่าอนุรักษ์ ได้แก่ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าและพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ซึ่งได้รับความคุ้มครองด้วยกฎหมายป่าไม้หลายฉบับ ป่าและสังคมพืชทุกชนิดที่เคยมีอยู่ดั้งเดิมในปัจจุบันยังคงเหลืออยู่บ้างตามพื้นที่ป่าอนุรักษ์ทั่วประเทศ (ธวัชชัย สันติสุข, 2555)

ตาราง 3 พื้นที่ป่าไม้ในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศไทย

ภูมิภาค	พื้นที่รวม	พื้นที่ป่าไม้	ร้อยละพื้นที่ป่าไม้
		(ไร่)	(ไร่)
ภาคเหนือ	60,044,825.57	38,769,417.82	64.57
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	104,823,161.31	15,748,932.23	15.02
ภาคตะวันออก	21,550,025.73	4,679,846.84	21.72
ภาคกลาง	56,925,631.11	11,902,120.56	20.91
ภาคตะวันตก	34,041,709.01	20,125,606.85	59.12
ภาคใต้	46,133,508.32	11,059,476.32	23.97
รวม	323,518,861.06	102,285,400.62	31.62

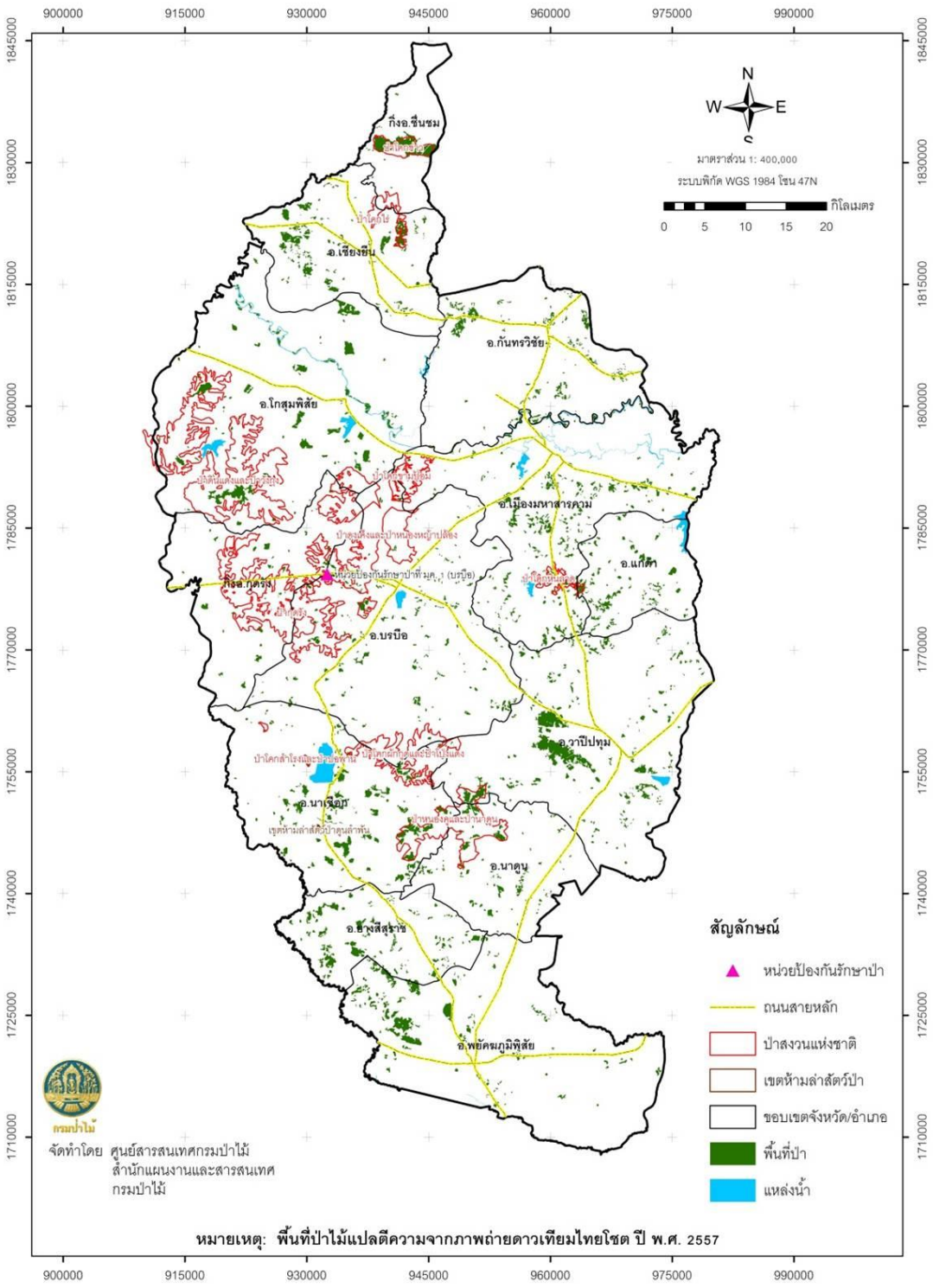
ที่มา: กรมป่าไม้ (2558ข)

ตาราง 4 พื้นที่ป่าไม้ของประเทศไทยจำแนกตามปีในช่วง 15 ปี

พ.ศ.	เนื้อที่ป่า	
	(ไร่)	(ร้อยละพื้นที่ประเทศ)
2525	97,875,000	30.52
2528	94,291,250	29.40
2531	89,876,875	28.03
2532	89,635,625	27.95
2534	85,436,250	26.64
2536	83,471,250	26.03
2538	82,178,125	25.62
2541	81,076,250	25.28
2543	106,319,250	33.15
2547	104,744,375	32.66
2548	100,625,813	31.38
2549	99,157,875	30.92
2551	107,241,031	33.44
2556	102,119,538	31.57
2557	102,285,400	31.62

ที่มา: กรมป่าไม้ (2557)

จากการรายงานสถานการณ์ของพื้นที่ป่าไม้ในประเทศไทยตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันพบว่าพื้นที่ป่าไม้ของประเทศมีแนวโน้มลดลง ในขณะเดียวกันก็มีการศึกษาและการประเมินอัตราการสะสมของปริมาณซากพืชในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย ซึ่งผลการศึกษาพบว่าป่าไม้ในแต่ละประเภทมีอัตราการเจริญเติบโตและการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้แตกต่างกันออกไป เช่น ป่าดิบเขามีปริมาณซากพืช 6.42-6.88 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Boonyawat & Ngampongsai, 1974; Jampanin, 2004) ป่าสนอายุ 12 ปี มีปริมาณซากพืช 11.35 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Thaiutsa *et al*., 1978) ป่าเต็งรังมีปริมาณซากพืช 4.30-6.42 ตัน/เฮกตาร์/ปี (ศิริวัฒน์ เผ่าวงศา, 2519; ประพันธ์ สัมพันธ์พานิช, 2537; สัจจาพร หงษ์ทอง, 2537; ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ, 2547; ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ และคณะ, 2549; อำไพ พรลีแสงสุวรรณ และคณะ, 2559; Hanpattanakit *et al*., 2010;) ป่าเบญจพรรณ มีปริมาณซากพืช 6.86-9.01 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Chinsukjaiprasert, 1984; Suksawang, 1989; Jampanin, 2004) ป่าดิบแล้ง มีปริมาณซากพืช 7.68-11.35 ตัน/เฮกตาร์/ปี (ประพันธ์ สัมพันธ์พานิช, 2537; ธิติ วิสารัตน์ และชลธิดา เชิญขุนทด, 2548; Chunkao & Boonyawat, 1980; Jampanin, 2004) ป่าดินชื้น มีปริมาณซากพืช 23.11 ตัน/เฮกตาร์/ปี (ประพันธ์ สัมพันธ์พานิช, 2537) ป่าไผ่ มีปริมาณซากพืช 4.81 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Thaiutsa *et al*., 1978) ป่าสัก อายุ 10 ปี มีปริมาณซากพืช 4.81 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Aksornkaew *et al*., 1972) ป่าสักและป่าผลัดใบ มีปริมาณซากพืช 7.92 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Thaiutsa *et al*., 1978) ป่าพรุ มีปริมาณซากพืช 6.70 ตัน/เฮกตาร์/ปี (Bunyavejchewin *et al*., 1996) ส่วนปริมาณซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดมหาสารคาม จากการรายงานข้อมูลเกี่ยวกับจังหวัดมหาสารคาม พบว่า มีเนื้อที่ทั้งหมด 3,504,859.92 ไร่ ประกอบด้วยพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่าทั้งหมด 3,365,695.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 96.04 ของพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม และพื้นที่ป่าทั้งหมด 138,896.37 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.96 ของพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม กรมป่าไม้ (2558ข) (ภาพประกอบ 4) จากเนื้อที่ป่าไม้ทั้งหมดของจังหวัดพบว่ามีพื้นที่ป่าชุมชนที่อยู่ในเขตสงวนแห่งชาติ ป่าชุมชนตามพระราชบัญญัติป่าไม้ (พ.ร.บ. ป่าไม้ พ.ศ. 2484) และป่าชุมชนทั่วไปที่ขึ้นทะเบียนกับกรมป่าไม้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543-2558 มีเนื้อที่ป่าไม้ทั้งหมด 29,207 ไร่ (ร้อยละ 0.83 ของเนื้อที่ป่าไม้ทั้งหมดของจังหวัด) (กรมป่าไม้, 2559) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปริมาณซากพืชและการสะสมซากพืชในพื้นที่ป่าไม้ของจังหวัดมหาสารคาม พบว่ายังไม่มีการรายงานหรือการศึกษาใดๆ มาก่อน

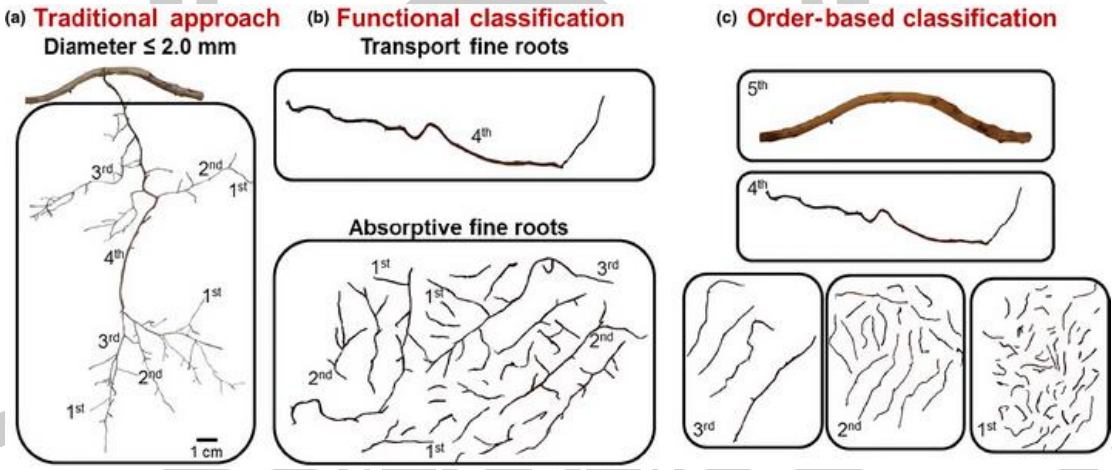


ภาพประกอบ 4 แผนที่พื้นที่ป่าไม้ จังหวัดมหาสารคาม

ที่มา: ศูนย์สารสนเทศกรมป่าไม้ (2557)

2.3 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย

รากฝอย (fine root) คือ รากพืชที่มีขนาดเล็กมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ≤2 มิลลิเมตร (Claus & George, 2005; Röderstein *et al*., 2005; Finér *et al*., 2011; Solly *et al*., 2013) ระบบรากฝอยของพืชจะมีลักษณะเป็นเครือข่ายซับซ้อน โดยประกอบด้วยรากแขนงจำนวนมากซึ่งจะเกี่ยวข้องกับ mychorrizal hyphae เนื่องจากความซับซ้อนของระบบรากฝอยมีความสำคัญจึงต้องมีการระบุหรือจำแนกไม่เพียงแต่จำแนกเฉพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก แต่ยังต้องมีการระบุหน้าที่ของรากฝอยด้วย (Majdi *et al*., 2005) โดยทั่วไปแล้วรากฝอยมีปริมาณน้อยกว่ารากแบบหยาบ ซึ่งรากทั้งสองส่วนนี้เมื่อรวมกันเป็นมวลชีวภาพของราก (Vogt *et al*., 1998) โดยทั่วไปรากฝอยพบมากที่สุดที่ระดับความลึก 15 เซนติเมตร จากชั้นผิวดิน ซึ่งมีประมาณร้อยละ 41-61 ของมวลชีวภาพที่ความลึกจากผิวดินถึง 60 เซนติเมตร และมีปริมาณลดลงตามความลึกของดินเพิ่มขึ้น (Fukuzawa *et al*., 2013) จากการรายงานของ McCormack *et al*. (2015) ได้จำแนกประเภทของรากฝอยออก 3 แบบ คือ 1) จำแนกแบบดั้งเดิมตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (≤2 มิลลิเมตร) 2) จำแนกตามหน้าที่ (การดูดซึมและการขนส่ง) และ 3) จำแนกตามลำดับการแตกแขนงของราก (ภาพประกอบ 5)



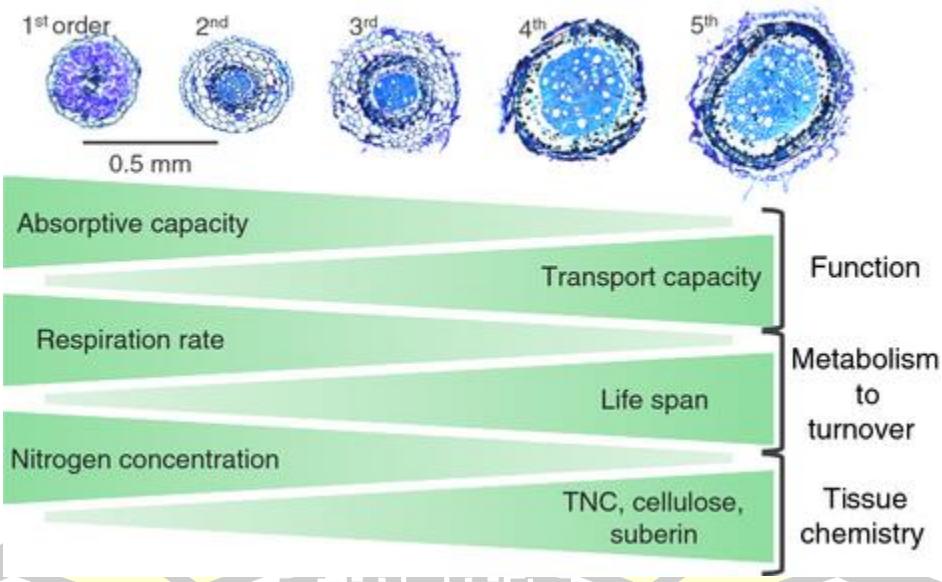
ภาพประกอบ 5 ประเภทของรากฝอย
ที่มา: McCormack *et al*. (2015)

2.3.1 หน้าที่และความสำคัญของมวลชีวภาพของรากฝอย

มวลชีวภาพของรากฝอยมีบทบาทหน้าที่และความสำคัญเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของคาร์บอน เช่น การสะสมคาร์บอน การดูดซึมและหมุนเวียนสารอาหารและแร่ธาตุต่างๆ ในระบบนิเวศป่าไม้ (Clark *et al*., 2001; Trumbore & Gaudinski, 2003; Röderstein *et al*., 2005; Brunner & Godbold, 2007; Helmisaari *et al*., 2007; Malhi *et al*., 2011; Smyth *et al*., 2013; Raich

et al., 2014; Addo-Danso *et al*., 2016) ซึ่งรากฝอยเหล่านั้นดูเหมือนจะเป็นสิ่งสำคัญในด้านการเป็นตัวผลิตหลักของระบบนิเวศ (Kalyn & Van Rees, 2006) เนื่องจากรากฝอยมีช่วงชีวิตสั้นและมีอัตราการหมุนเวียนสูง (Joslin *et al*., 2006) โดยการดูดซับคาร์บอนผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและจะถูกส่งไปที่รากและ Symbiosis ที่อยู่บริเวณราก (Litton *et al*., 2007; McCormack *et al*., 2015) ซึ่งกระบวนการนี้อาจจะทำให้มีการจัดการที่มีปริมาณมากกว่าในส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (Moser *et al*., 2011) การเคลื่อนย้ายคาร์บอนในบริเวณใต้พื้นดินประมาณร้อยละ 22-63 ของผลผลิตมวลรวมทั้งหมดของป่า (Litton *et al*., 2007) การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอนที่ต่อเนื่องนี้ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากการควบคุมของดิน

ขนาดของรากฝอยที่แตกต่างกันจะมีความสามารถในการดูดซับสารอาหาร แร่ธาตุ การขนส่ง อัตราการหายใจ ช่วงชีวิตของราก (อายุ) และการสะสมไนโตรเจนแตกต่างกัน (ภาพประกอบ 6) (McCormack *et al*., 2015)



ภาพประกอบ 6 ความสามารถของรากฝอยแบ่งตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของราก
ที่มา: McCormack *et al*. (2015)

การประเมินมวลชีวภาพของรากฝอยมีหลายวิธีทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยการประเมินทางตรงประกอบด้วยวิธี include ingrowth-core (Persson, 1979; Vogt *et al*., 1998) (mini) rhizotrons (Taylor *et al*., 1990; Majdi, 1996), soil-core/sequential-coring (Makkonen & Helmisaari, 1999; Lauenroth, 2000) soil-pit (Millikin & Bledsoe, 1999; Park *et al*., 2007) และ monolith (Makita *et al*., 2011) และการประเมินทางอ้อมโดยการใช้วิธี empirical models (Shinozaki *et al*., 1964; Kurz *et al*., 1996)

2.3.2 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไบโอมต่างๆ ของโลก

มวลชีวภาพของรากฝอยของพืชคาดว่าเป็นตัวผลิตหลักประมาณร้อยละ 33 ทั่วโลก (Gill & Jackson, 2000) ดังนั้นการหมุนเวียนรากฝอยของพืชจึงมีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตของพืช ปฏิสัมพันธ์พืช ปริมาณคาร์บอนในดินและการหมุนเวียนของธาตุอาหาร โดยอัตราการหมุนเวียนรากของพืชมีความแตกต่างกันมากทั้งในชนิดเดียวกันและในระหว่างระบบนิเวศต่างๆ (Majdi *et al*., 2005) ซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องคืออัตราการเจริญเติบโตของพืชที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง และยังพบว่ามวลชีวภาพรากของฝอยยังมีความสัมพันธ์กับอัตราการเจริญเติบโตของรากฝอย (Valverde-Barrantes *et al*., 2007) ซึ่งจากการรายงานปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไบโอมต่างๆ ของโลก (Finér *et al*., 2011) สามารถสรุปรายละเอียดดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไบโอมต่างๆ บนโลก

ประเภทของไบโอ	มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร)	ที่มา
Boreal		
Boreal evergreen needleleaf	135	Vogt *et al*., 1986
Boreal deciduous	129	Vogt *et al*., 1996
Boreal needleleaf evergreen	152	Vogt *et al*., 1996
Boreal	290	Jackson *et al*., 1996
Boreal	230	Jackson *et al*., 1997
Picea abies and Pinus sylvestris	275	Finér *et al*., 2007
Temperate		
Cold temperate evergreen needleleaf	502	Vogt *et al*., 1986
Warm temperate deciduous broadleaf	705	Vogt *et al*., 1986
Cold temperate deciduous	654	Vogt *et al*., 1996
Cold temperate needleleaf evergreen	509	Vogt *et al*., 1996
Warm temperate broadleaf deciduous	750	Vogt *et al*., 1996
Temperate deciduous	420	Jackson *et al*., 1996
Temperate coniferous	440	Jackson *et al*., 1996
Temperate coniferous	500	Jackson *et al*., 1997
Temperate broadleaf	482	Leuschner & Hertel, 2003
Temperate coniferous	407	Leuschner & Hertel, 2003
Temperate broadleaf	637	Leuschner & Hertel, 2003

ตาราง 5 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไบโอมต่างๆ บนโลก (ต่อ)

ประเภทของไบโอม	มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร)	ที่มา
Temperate		
Temperate coniferous	544	Leuschner & Hertel, 2003
Fagus sylvatica	389	Finér *et al*., 2007
Picea abies and Pinus sylvestris	303	Finér *et al*., 2007
Temperate deciduous broadleaf	746	Noguchi *et al*., 2007
Temperate evergreen broadleaf	470	Noguchi *et al*., 2007
Temperate coniferous	439	Noguchi *et al*., 2007
Tropical		
Broadleaf evergreen (live + dead)	407	Vogt *et al*., 1986
Tropical deciduous	532	Vogt *et al*., 1996
Tropical evergreen	904	Vogt *et al*., 1996
Tropical deciduous	410	Jackson *et al*., 1996
Tropical evergreen	490	Jackson *et al*., 1996
Tropical deciduous	280	Jackson *et al*., 1997
Tropical evergreen	330	Jackson *et al*., 1997

2.3.3 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าไม้ประเทศไทย

ในปัจจุบันการศึกษามวลชีวภาพของรากฝอยในระบบนิเวศป่าไม้แบบต่างๆ ยกเว้นป่าชายเลนหรือป่าโกงกาง (mangrove forest) ยังไม่เป็นที่นิยมแพร่หลากมากนัก เนื่องจากมีความท้าทายหลายด้าน เช่น ความแปรผันของรากฝอยของพืช ความยาวของรากพืช ปริมาณน้ำฝน ความลึกของดินและสมบัติดิน เป็นต้น ซึ่งที่กล่าวมาล้วนมีผลต่อรากพืชและส่งผลกระทบโดยตรงต่อการวัดและการประเมินมวลชีวภาพของรากฝอยของพืชในพื้นที่ศึกษา (Ponuparn *et al*., 2008) อย่างไรก็ตามยังมีการรายงานเกี่ยวกับปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าไม้ต่างๆ เช่น การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในเขตสถานีวิจัยพืชสวนประจวบคีรีขันธ์ของ Meunpong *et al*. (2010) โดยทำการศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยที่ระดับความลึก 50 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในเขตสถานีวิจัยพืชสวนประจวบคีรีขันธ์มีประมาณ 6.22-24.92 ตัน/เฮกตาร์

การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าชายเลนรุ่นสอง จังหวัดตราด ซึ่งพื้นที่ศึกษามวลชีวภาพของรากฝอยในป่าชายเลนรุ่นที่สองแบ่งออกเป็น 3 โซน คือ โซนแสม (*Avicennia*-

Sonneratia spp.), โซนโกงกาง (*Rhizophora* spp.) และโซนตะบูน (*Xylocarpus* spp.) ระดับความลึก 30 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าโซนที่มีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยมากที่สุดคือ โซนตะบูน (1.37±0.94 ตัน/เฮกตาร์) รองลงมาคือ โซนแสม (0.89±0.78 ตัน/เฮกตาร์) และโซนโกงกาง (0.75±0.67 ตัน/เฮกตาร์) ตามลำดับ (Chalermchatwilai *et al*., 2011)

การศึกษาปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไม้สักบริเวณสถานีวิจัยต้นน้ำแม่กลองทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี โดยทำการเก็บตัวอย่างด้วยวิธี soil column ขนาด 15x15 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว) ที่ระดับความลึก 30 และ 100 เซนติเมตร ผลการศึกษาพบว่าปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไม้สัก 2.30 และ 2.70 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ (Takahashi *et al*., 2012)

2.3.4 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยกับการการกักเก็บคาร์บอน

ในระบบนิเวศบกรากฝอยของพืชมีบทบาทสำคัญในวัฏจักร biogeochemical (Brunner & Godbold, 2007) และรากฝอยเป็นส่วนที่มีความแปรผันมากที่สุดในระบบรากและเป็นส่วนที่ควบคุมปริมาณน้ำและสารอาหารที่มาจากดิน (Lukac, 2012) อย่างไรก็ตามการประเมินปริมาณคาร์บอนในรากฝอยยังมีความท้าทายในระบบนิเวศ และยังมีข้อจำกัดเกี่ยวกับความสามารถในการสังเกตและการประเมินปริมาณรากในแหล่งกำเนิด (Trumbore & Gaudinski, 2003; Majdi *et al*., 2005; Solly *et al*., 2013) และจากการรายงานการประเมินมวลรากฝอยทั้งหมดในป่าของ (Jackson *et al*., 1997) พบว่ามีมวลรากฝอยประมาณ 5-8 ตัน/เฮกตาร์ ประกอบด้วยมวลรากฝอยของพืชที่มีชีวิต (มวลชีวภาพ) ประมาณร้อยละ 52 ซึ่งมีปริมาณคาร์บอนประมาณร้อยละ 49 ดังนั้นคาร์บอนที่มาจากรากฝอยของพืชที่มีชีวิตในป่ามีประมาณ 1.1-2.4 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ซึ่งมีการหมุนเวียนของรากฝอยประมาณ 0.5-1 ต่อปี (Gill & Jackson, 2000) และมีคาร์บอนเพิ่มขึ้นประมาณ 0.5-2.4 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์/ปี (Brunner *et al*., 2013) นอกจากนี้ยังมีการรายงานเกี่ยวกับปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไม้ที่มีสภาพที่แตกต่างกันของ Yang *et al*. (2010), Solly *et al*. (2013) และ Ngo *et al*. (2013) (ตาราง 6)

ตาราง 6 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าไม้ที่มีสภาพแตกต่างกัน

สภาพป่าไม้	คาร์บอนสะสม (กรัม/ตารางเมตร)	ที่มา
Old-growth forest	241.34	Yang *et al*., 2010
80-year-old forest	213.06	Yang *et al*., 2010
20-year-old forest	84.21	Yang *et al*., 2010
Temperate forests	51.1	Solly *et al*., 2013
Primary forest	260	Ngo *et al*., 2013
Secondary forest	350	Ngo *et al*., 2013

2.4 ปริมาณคาร์บอนในดิน

2.4.1 ปริมาณคาร์บอนในดิน

ดินมีความสำคัญในการกักเก็บก๊าซคาร์บอนได้ออกไซด์จากชั้นบรรยากาศ (Batjes, 1996) คาร์บอนในดินประกอบด้วยคาร์บอนสองส่วน ได้แก่ คาร์บอนที่อยู่ในรูปของคาร์บอเนต (carbonate) และคาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรียวัตถุในดิน (Jobbágy & Jackson, 2000) โดยคาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรียวัตถุในดินเป็นสารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักของสิ่งมีชีวิต เมื่อสิ่งมีชีวิตตาย (พืชและสัตว์) จะเกิดกระบวนการย่อยสลายจากผู้ย่อยสลายในธรรมชาติเปลี่ยนเป็นคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (soil organic carbon : SOC) ซึ่งจะถูกเก็บสะสมไว้ในดิน ส่วนคาร์บอนที่อยู่ในรูปของคาร์บอเนตเป็นคาร์บอนที่ได้มาจากสิ่งไม่มีชีวิตหรืออาจเรียกว่า อนินทรีย์คาร์บอนในดิน (soil inorganic carbon : SIC) ซึ่งส่วนใหญ่พบในรูปของเกลือคาร์บอนเนตที่ได้จากกระบวนการย่อยสลาย การผุพังและการกัดกร่อนของแร่ธาตุในธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงหรือการถูกรบกวนจากกิจกรรมต่างๆ ได้น้อยกว่าคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Izaurralde, 2005; Lal, 2008a; Lal, 2008b) และคาร์บอนในรูปคาร์บอนเนตสามารถพบได้มากในเขตกึ่งแห้งแล้ง (พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียงศิลป์, 2544) นอกจากนี้คาร์บอนในดินยังมีบทบาทที่สำคัญต่อสภาพภูมิอากาศของโลก (Jobbágy & Jackson, 2000)

จากการรายงานของ Schlesinger (1991) พบว่าปริมาณคาร์บอนในดินทั่วโลกมีอยู่อย่างมหาศาล โดยปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินประมาณ 2,500 เพตะกรัม (Lal, 2008a) เมื่อเทียบกับคาร์บอนที่อยู่ในแหล่งอื่นๆ พบว่ามีปริมาณเป็นสองเท่าของคาร์บอนในบรรยากาศ (760 เพตะกรัม) หรือคิดเป็นสามเท่าของคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตที่อาศัยบนบก (560 เพตะกรัม) (Lal *et al*., 1995; Batjes & Sombroek, 1997; IPCC, 2000a) หรือคิดเป็นหนึ่งในสองส่วนของคาร์บอนในเชื้อเพลิงฟอสซิล (4,130 เพตะกรัม) และคิดเป็นหนึ่งในสิบห้าส่วนของคาร์บอนในมหาสมุทร (38,400 เพตะกรัม) (Lal, 2008a) และจากการรายงานผลการศึกษามวลรวมของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินบนโลกของ (Eswaran *et al*., 1993) พบว่ามวลรวมของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินบนโลกมีประมาณ 1,576 เพตะกรัม ซึ่งพบในเขตร้อนประมาณ 506 เพตะกรัม หรือคิดเป็นร้อยละ 32 ของพื้นที่โลก (ตาราง 7)

ตาราง 7 มวลของคาร์บอนอินทรีย์ในชุดดินต่างๆ บนโลก

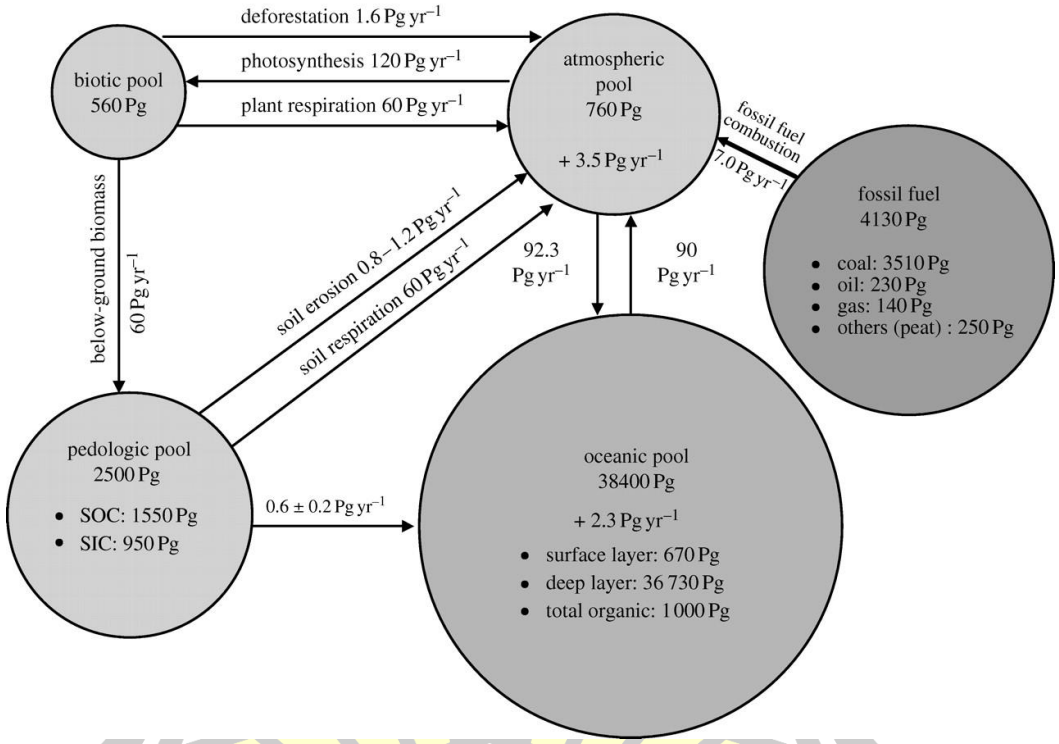
อันดับ	พื้นที่		คาร์บอนอินทรีย์		
	โลก	เขตร้อน	โลก	เขตร้อน	เขตร้อน
	---------- (10^3 km^2) ----------		---------- (Pg) ----------		(% ของโลก)
Histosols	1,745	286	357	100	28
Andisoil	2,552	1,683	78	47	60
Spodosols	4,878	40	71	2	3
Oxisols	11,772	11,512	119	119	100
Vertisols	3,287	2,189	19	11	58
Aridisols	31,743	9,117	110	29	26
Ultisols	3,045	9,018	105	085	81
Mollisols	5,480	234	72	2	3
Alfisols	18,283	6,411	127	30	24
Inceptisols	21,580	4,565	352	60	17
Entisols	14,921	3,256	148	19	13
Misc. land	7,644	1,358	18	2	11
รวม	135,215	49,669	1576	506	32

ที่มา: ดัดแปลงจาก Eswaran *et al*. (1993)

2.4.2 แหล่งสะสมคาร์บอนของโลก

การสะสมคาร์บอนบนโลกสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนใหญ่ๆ ได้แก่ การสะสมคาร์บอน (carbon sequestration) และการปล่อยคาร์บอน (carbon emissions) โดยทั้งสองส่วนจะมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน อาจกล่าวได้ว่าเมื่อมีการปล่อยคาร์บอนจากที่หนึ่งย่อมมีการสะสมคาร์บอนในอีกที่หนึ่งเสมอ จากการรายงานแหล่งสะสมคาร์บอนบนโลกของ Lal (2008a) พบว่าโลกมีแหล่งสะสมคาร์บอนทั้งหมด 5 แหล่ง ได้แก่ คาร์บอนในมหาสมุทร (38,400 เพตะกรัม) (Pg = 10^{15} กรัม) ประกอบด้วยคาร์บอนสะสมชั้นผิวมหาสมุทร 670 เพตะกรัม คาร์บอนสะสมใต้ของมหาสมุทร 36,730 เพตะกรัม และคาร์บอนสะสมในรูปอินทรีย์สารทั้งหมด 1,000 เพตะกรัม ซึ่งมหาสมุทรมีอัตราการปล่อยคาร์บอนประมาณ 90 เพตะกรัม/ปี และมีอัตราการสะสมคาร์บอนจากบรรยากาศและคาร์บอนในดินประมาณ 92.3 และ 0.6 เพตะกรัม/ปี (ภาพประกอบ 7) คาร์บอนในเชื้อเพลิงฟอสซิล (4,3100 เพตะกรัม) ประกอบด้วยคาร์บอนสะสมในถ่านหิน 3,510 เพตะกรัม น้ำมัน 230 เพตะกรัม แก๊สธรรมชาติ 140 เพตะกรัม และอื่น (พีช) 250 เพตะกรัม ซึ่งเชื้อเพลิงฟอสซิลมีอัตราการปล่อยคาร์บอนประมาณ 7 เพตะกรัม/ปี คาร์บอนในดิน (2,500 เพตะกรัม) ประกอบด้วย

คาร์บอนอินทรีย์ 1,550 เพตะกรัม และคาร์บอนอนินทรีย์ 950 เพตะกรัม โดยคาร์บอนในดินมีอัตราการปล่อยคาร์บอนจากการชะล้างพังทลายของดินประมาณ 0.8-1.2 เพตะกรัม/ปี และจากการหายใจของดินประมาณ 60 เพตะกรัม/ปี คาร์บอนในดินมีอัตราการสะสมคาร์บอนจากมวลชีวภาพใต้ดินประมาณ 60 เพตะกรัม/ปี คาร์บอนในบรรยากาศ (760 เพตะกรัม) โดยคาร์บอนในบรรยากาศมีอัตราการสะสมคาร์บอนจากการหายใจของพืชและการตัดไม้ทำลายป่าประมาณ 60 และ 1.6 เพตะกรัม/ปี และคาร์บอนในสิ่งมีชีวิต (560 เพตะกรัม) โดยคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตมีอัตราการสะสมคาร์บอนจากกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชประมาณ 120 เพตะกรัม/ปี



ภาพประกอบ 7 แหล่งสะสมคาร์บอนบนโลก

ที่มา: Lal (2008a)

2.4.3 ปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินในพื้นที่ต่างๆ ของโลก

โลกมีพื้นที่ขนาดใหญ่ประกอบด้วยพื้นที่ดินและน้ำในอัตราส่วน 3:1 และทั้งสองส่วนยังถูกแบ่งออกเป็นระบบนิเวศชนิดต่างๆ ซึ่งในแต่ละระบบนิเวศจะมีลักษณะสภาพทางภูมิศาสตร์และสภาพอากาศแตกต่างกัน ส่งผลให้พื้นที่มีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์แตกต่างกัน โดยพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์พื้นที่หรือระบบนิเวศนั้นย่อมมีอัตราการสะสมปริมาณคาร์บอนได้สูงกว่าพื้นที่อื่นๆ ที่มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมในการเจริญเติมโตของสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระบบนิเวศบกพบว่ามีความสัมพันธ์กับวัฏจักรต่างๆ จำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งมีความสัมพันธ์กับวัฏจักรคาร์บอน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทั้งหมดที่เกิดขึ้นอาจจะมีเป็นผลมาจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (IPCC, 2000b) เป็นที่ทราบกันทั่วไปว่าในระบบนิเวศจะมีการเก็บสะสมคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพสด เมื่อมวลชีวภาพในระบบนิเวศย่อยสลายจะถูกเก็บสะสมไว้ในรูปของอินทรีย์สารในดิน ซึ่งดินคือวัสดุธรรมชาติที่เกิดขึ้นจากการผุพังสลายตัวของหินและแร่ ตลอดจนการสลายตัวของซากพืชและสัตว์ ผสมคลุกเคล้ากัน โดยได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพพื้นที่ และระยะเวลาในการพัฒนาที่แตกต่างกัน เกิดเป็นดินหลากหลายชนิด ปกคลุมพื้นผิวโลกอยู่เป็นชั้นบางๆ เป็นที่ยึดเหนี่ยวและเจริญเติบโตของพืช (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2559) และดินยังมีบทบาทสำคัญต่อวัฏจักรคาร์บอนในโลกโดยพบว่าดินในระบบนิเวศต่างๆ ทั่วโลกมีการแลกเปลี่ยนและหมุนเวียนคาร์บอนที่อยู่ในบรรยากาศที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช การหายใจของสัตว์ การย่อยสลายของซากพืชและสัตว์และการเผาไหม้ (IPCC, 2000b) รวมถึงกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ที่มีการเปลี่ยนแปลงแหล่งกักเก็บคาร์บอนในธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนที่ดินและพื้นที่ป่าไม้เพื่อใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ (ชิงชัย วิริยะบัญชา, 2546) ทำให้คาร์บอนที่ถูกเก็บสะสมในธรรมชาติถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศในช่วงหลายศตวรรษที่ผ่านมาและในเขตร้อนในช่วงหลังของศตวรรษที่ 20

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์และคาร์บอนอนินทรีย์ที่สะสมในดินและพืชในไบโอมประเภทต่างๆ บนโลก (IPCC, 2000b) พบว่าปริมาณการสะสมคาร์บอนในดินมีปริมาณมากกว่าในพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบนิเวศที่ไม่ใช่พื้นที่ป่าไม้ในเขตละติจูดกลางและสูง (Gorte, 2009) (ตาราง 8) และนอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมักมีค่าความแปรผันสูงซึ่งขึ้นอยู่กับสมบัติทางกายภาพของพื้นที่อีกด้วย

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 8 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสะสมในดินในไบโอมประเภทต่างๆ บนโลก

ไบโอม	ปริมาณคาร์บอน (ตัน/เอเคอร์)
ป่าเขตร้อน (Tropical forests)	55
ป่าเขตอบอุ่น (Temperate forests)	43
ป่าเขตหนาว (Boreal forests)	153
ทุนดร้า (Tundra)	57
พื้นที่การเกษตร (Croplands)	36
สะวันนาเขตร้อน (Tropical savannas)	52
ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (Temperate grasslands)	105
ทะเลทรายและกึ่งทะเลทราย (Deserts and semideserts)	19
พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands)	287
เฉลี่ย	59

ที่มา: ดัดแปลงจาก Gorte (2009)

2.4.4 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทย

การกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยเป็นกระบวนการสะสมคาร์บอนที่เกิดขึ้นทั้งในพืชและดิน โดยการกักเก็บคาร์บอนในพืชจะอยู่ในรูปแบบของมวลชีวภาพซึ่งมีอยู่สองส่วน คือ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้พื้นดิน ส่วนการกักเก็บคาร์บอนในดินก็มีการกักเก็บคาร์บอนอยู่สองรูปแบบเช่นกันคือ ในรูปของคาร์บอนอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายซากพืชและสัตว์ (Shi *et al*., 2012; Scharlemann *et al*., 2014) และในรูปของคาร์บอนอนินทรีย์ได้มาจากการย่อยสลาย การผุพังและการกัดกร่อนของแร่ธาตุในธรรมชาติ (Lal, 2008a; Lal, 2008b) จากการศึกษาของ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ (2550) ได้ทำการรวบรวมปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าไม้ชนิดต่างๆ ของไทย พบว่าปริมาณการสะสมคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าไม้โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่างร้อย 48-55 ของน้ำหนักแห้ง โดยปริมาณการสะสมคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพของป่าชายเลนมีศักยภาพในการสะสมคาร์บอนมากที่สุด รองมาคือ ป่าดงดิบ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรังและป่าสน ตามลำดับ (ตาราง 9)

ตาราง 9 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพและดินป่าธรรมชาติของประเทศไทย

ประเภท	ปริมาณคาร์บอน[1] (ร้อยละโดย นน.)	การกักเก็บคาร์บอน (ตัน/เฮกตาร์)			การกักเก็บคาร์บอนรวม	
		เหนือดิน[1]	ใต้ดิน[2*]	รวม	(ตัน/ไร่)	(ตัน/เฮกตาร์)
ป่าดงดิบ	54	182	86	268	42.8	267.50
ป่าเบญจพรรณ	52	118	55	173	27.6	172.50
ป่าเต็งรัง	49	62	29	91	14.5	90.63
ป่าสน	48	77	36	113	18.1	113.13
ป่าชายเลน	55	110	52	162	25.9	161.88
รวม	258	549	258	807	128.9	805.63

ที่มา: ดัดแปลงจาก สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ (2550); [1]Tangtham & Tantasirin (1997); [2]IPCC (1996)

[*]อัตราส่วนระหว่างมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินของป่าเขตร้อน เท่ากับ 0.47

พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียงศิลป์ (2544) ได้สรุปผลการกระจายพื้นที่ของคาร์บอนอินทรียในดินตามระดับความลึกต่างๆ ของประเทศไทย (ตาราง 10)

ตาราง 10 สรุปผลการกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินตามระดับความลึก ประเทศไทย

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ (กก./ม^2)	ความลึก (ซม.)		
	0-25 (ร้อยละ)	0-50 (ร้อยละ)	0-100 (ร้อยละ)
< 2	7.03	2.61	0.35
2 – 4	33.33	17.31	3.45
4 – 8	43.31	38.77	40.25
8 – 12	14.7	24.3	14.61
12 – 16	0.07	15.38	22.34
16 – 20	0.59	0.07	0
20 – 40	0.34	0.59	15.31
40 – 80	0	0.34	2.15
> 80	0	0	0.93

ที่มา: ดัดแปลงจาก พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียงศิลป์ (2544)

ปริมาณคาร์บอนในดินในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยได้มีการศึกษาและรายงานไว้จำนวนมาก เช่น ผลการศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของป่าดิบแล้งสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา และป่าเบญจพรรณ ลุ่มน้ำแม่กลองจังหวัดกาญจนบุรีของ สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร และคณะ (2548) ซึ่งทำการศึกษาการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 1 เมตร ผลการศึกษาพบว่าป่าเบญจพรรณมีค่าเฉลี่ยการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินมากกว่าป่าดิบแล้งเล็กน้อย (223.91 และ 210.89 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) แต่มีแนวโน้มการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือจะมีการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดินของดินชั้นบนมากและจะมีปริมาณลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น นอกจากความลึกของดินแล้วยังพบว่า ปัจจัยจากการเจริญเติบโตของพืชพรรณที่ขึ้นอยู่ในพื้นที่และสภาวะของภูมิอากาศก็มีผลต่อการสะสมของปริมาณคาร์บอนในดิน ส่วน อำนาจ ชิดไธสง และณัฐพล ลิไชยกุล (2548) ได้รายงานผลศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูกและดินทำการเกษตร พบว่าปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร เท่ากับ 118 66 และ 57 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วน วสันต์ จันทร์แดง และคณะ (2553) ก็ได้รายงานผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในพื้นที่ป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัส ณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น ที่ระดับความลึก 0-60 เซนติเมตร พบว่าป่ายูคาลิปตัสอายุ 1 ปีมีปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินมากที่สุด (43.62 ตัน/เฮกตาร์) รองลงมาคือ ป่ายูคาลิปตัสอายุ 2 ปี (42.08 ตัน/เฮกตาร์) ป่ายูคาลิปตัส อายุ 4 ปี (37.60 ตัน/เฮกตาร์) ป่าเต็งรัง (36.19 ตัน/เฮกตาร์) และป่ายูคาลิปตัส อายุ 3 ปี (31.95 ตัน/เฮกตาร์) ตามลำดับ และ วรากร สุจริต (2558) ก็ได้รายงานผลการศึกษาการประเมินการเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณสวนป่ากฤษณา สวนยางพาราและนาข้าว บริเวณตำบลโนนเปือย อำเภอกุดชุม จังหวัดยโสธร พบว่าสวนกฤษณา สวนยางพารา และนาข้าว ในพื้นที่ดังกล่าวสามารถเก็บกักคาร์บอนในดินเท่ากับ 67.20 77.44 และ 20.24 ตันคาร์บอน/ไร่/ปี ตามลำดับ โดยพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 25 ไร่ สามารถเก็บกักคาร์บอนในดิน 164.88 ตันคาร์บอน/ไร่/ปี

2.5 ป่าไม้

2.5.1 หน้าที่และความสำคัญของป่าไม้

ระบบนิเวศป่าไม้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณหนึ่งในสามของพื้นดิน โดยพื้นดินบนโลกเป็นหนึ่งในระบบนิเวศที่มีความหลากหลากทางพันธุกรรมมากที่สุดในโลก (Köhl *et al*., 2015) และมีบทบาทสำคัญในการหมุนเวียนวัฏจักรคาร์บอนทั่วโลก (Nabuurs *et al*., 2007; Prasad & Lakshmi, 2015; Haywood & Stone, 2017) ช่วยเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดิน (Deveny *et al*., 2009) ผ่านการระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญในการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศ (Gorte, 2009; Haywood &

Stone, 2017) ดังนั้นป่าจึงเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่สำคัญและมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Köhl *et al*., 2015) และช่วยในการหมุนเวียนธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้ เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) ออกซิเจน (O) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) และ แมกนีเซียม (Mg) โดยอัตราการสะสมธาตุอาหารในพื้นที่ป่าบนโลกในป่าเขตร้อนมีปริมาณมากกว่าป่าเขตอบอุ่นและเขตหนาว ในทางตรงกันข้ามการเก็บรักษาธาตุอาหารในพื้นที่ป่าเขตหนาวมีปริมาณมากกว่าป่าเขตอบอุ่นและเขตร้อน เนื่องจากป่าเขตหนาวมีอัตราการย่อยสลายที่ช้ากว่าป่าเขตร้อน (Foster & Bhatti, 2006) นอกจากนี้พื้นที่ป่ายังมีบริการทางนิเวศวิทยาด้านต่างๆ เช่น ด้านการสนับสนุนเป็นบริการขั้นพื้นฐานที่มีความจำเป็นสำหรับการผลิตบริการของระบบนิเวศอื่นๆ (ธาตุอาหารและการกระจายเมล็ดพันธุ์จากป่า) บริการด้านสรรหาหรือจัดเตรียม (เป็นการบริการที่เป็นรูปธรรม เช่น อาหาร เส้นใยและเชื้อเพลิงจากไม้) บริการด้านการควบคุม (เช่น ความคุมอุทกวิทยาด้านป่าไม้หรือช่วยลดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ) และบริการด้านวัฒนธรรม (เช่น สันทนาการ ศาสนาและการศึกษาเชิงนิเวศวิทยา) (Nasi *et al*., 2002)

2.5.2 ความหลากชนิดของพรรณไม้ในประเทศไทย

ความหลากหลายด้านชนิดของพรรณไม้คือลักษณะที่สำคัญของสังคมพืชที่มีการเปลี่ยนแปลงและปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ซึ่งประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศเขตร้อน นอกจากนี้ในประเทศยังมีเทือกเขาสูงตามเขตภูมิภาคต่างๆ ก่อให้เกิดความแตกต่างของสภาพภูมิประเทศ ดิน ฟ้าและอากาศ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความหลายหลากทางชีวภาพ ได้แก่ ความหลากหลายของระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัย ความหลากหลายของชนิดและความหลากหลายทางพันธุกรรม (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และคณะ, 2548; ธวัชชัย สันติสุข, 2555) จากปัจจัยที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยทำให้เกิดการศึกษาเกี่ยวกับหลายชนิดของพรรณไม้ในแต่พื้นที่ (ตาราง 11)

ตาราง 11 ความหลากชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ ของประเทศไทย

จังหวัด	ประเภท	จำนวนชนิด	ที่มา
กาฬสินธุ์	ป่าเต็งรัง	23	จตุฏฐาพร เพชรพรหม และคณะ, 2556
ขอนแก่น	ป่าเต็งรัง	57	วรชาติ โตแก้ว และนวพรรษ ผลดี, 2561
ขอนแก่น	ป่าเบญจพรรณ	20	ทวีศักดิ์ ธิติเมธาโรจน์ และคณะ, 2544
ชัยภูมิ	ป่าเต็งรัง	95	สุภาวดี ศรฐิติการ และอภิญญา ระเบียบ, 2557
ชัยภูมิ	ป่าเต็งรัง	43	เกษราภรณ์ อุ่นเกิด และคณะ , 2558

ตาราง 11 ความหลากชนิดของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ ของประเทศไทย (ต่อ)

จังหวัด	ประเภท	จำนวนชนิด	ที่มา
เชียงใหม่	ป่าเต็งรัง	46	สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล และคณะ, 2555
นครราชสีมา	ป่าเต็งรัง+ป่าเบญจพรรณ	32	เทียมหทัย ชูพันธ์, 2559
นครรีธรรมราช	ป่าดิบชื้น	35	อานุช คีรีรัฐนิคม และคณะ, 2556
พัทลุง	ป่าดิบชื้น	40	อานุช คีรีรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร, 2556
พัทลุง	ป่าดิบชื้น	111	ปาตีน๊ะ ยูโซ๊ะ, 2553
เพชรบุรี	ป่าเต็งรัง	77	กู้พงษ์ ทองพระพักตร์ และคณะ, 2559
มหาสารคาม	ป่าเต็งรัง	42	วัชระ น้อยบัวทอง, 2539
มหาสารคาม	ป่าเต็งรัง	78	เทียมหทัย ชูพันธ์, 2548
มหาสารคาม	ป่าเต็งรัง	70	สุทธิรา ขุมกระโทก และวรงค์ สุขเสวต, 2560
มหาสารคาม	ป่าเต็งรัง	72	วิชัย ประพฤตินอก, 2546
ร้อยเอ็ด	ป่าเบญจพรรณ	24	สุกัญญา นาคะวงศ์ และคณะ, 2560
ลำพูน	ป่าเต็งรัง	24	มานพ แก้วฟู และคณะ, 2553
สุราษฎร์ธษนี	ป่าดิบชื้น	84	สัจจาพร หงส์ทอง และบรรดิษฐ์ หงส์ทอง, 2543
สุรินทร์	ป่าเต็งรัง	41	สมชญา ศรีธรรม, 2559
อุบลราชธานี	ป่าเบญจพรรณ	43	ภาคภูมิ สืบนุการณ์, 2556
อุบลราชธานี	ป่าเต็งรัง	36	ภาคภูมิ สืบนุการณ์, 2556
อุบลราชธานี	ป่าดิบแล้ง	78	ภาคภูมิ สืบนุการณ์, 2556

2.5.3 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพป่าไม้ของโลก

ป่าไม้มีบทบาทสำคัญในวัฏจักรคาร์บอนเนื่องจากคาร์บอนบนโลกมีประมาณร้อยละ 85-90 ของมวลชีวภาพต้นไม้ในระบบนเวศบกทั้งหมด และในแต่ละปีมีการแลกเปลี่ยนคาร์บอนร้อยละ 90 ของระบบนิเวศบกกับบรรยากาศ ผ่านกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ (Cao *et al*., 2016) จากการรายงานแหล่งสะสมคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตบนโลกของ Lal (2008a) พบว่าแหล่งสะสมคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตบนโลกประมาณ 560 เพตะกรัม อย่างไรก็ตามการสะสมคาร์บอนในสิ่งมีชีวิตจะขึ้นอยู่กับกระบวนการของพืชหรือต้นไม้ในป่าโดยอาศัยการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์จากชั้นบรรยากาศผ่านกระบวนการสงเคราะห์แสงและเก็บกักคาร์บอนในรูปมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดิน เช่น ลำต้น กิ่ง ใบและราก ซึ่งเป็นกระบวนการเก็บรักษาคาร์บอนในต้นไม้และคาร์บอนจะถูกปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศเมื่อต้นไม้ถูกตัดและเผา (Ogawa *et al*., 1965; Lal *et al*., 2003;

Senpaseuth *et al*., 2009; Shetty & Somashekar, 2013) ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อปริมาณเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศอย่างมาก (Petrescu *et al*., 2012)

การประเมินปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในป่าไม้หรือในมวลชีวภาพของต้นไม้สามารถคำนวณออกมาในรูปของปริมาณน้ำหนักของธาตุคาร์บอน ที่ดูดซับจากบรรยากาศในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและเก็บกักในมวลชีวภาพ โดยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้คำนวณได้จาก ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้คูณด้วยค่า conversion factor ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.47 (IPCC, 2006) และปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บในมวลชีวภาพของต้นไม้ที่ดูดซับจากบรรยากาศในกระบวนการสังเคราะห์แสง สามารถคำนวณเป็นปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต้นไม้ดูดซับจากบรรยากาศได้ ซึ่งคำนวณได้จากปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้คูณด้วย 3.66 (IPCC, 2006)

จากการรายงานของ IPCC (2003, 2006) ได้จำแนกแหล่งกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าไม้ออกเป็น 5 แหล่ง ได้แก่

1. มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Aboveground biomass) คือ ทุกส่วนของต้นไม้ที่อยู่พื้นดินที่ยังมีชีวิต เช่น ลำต้น เปลือก กิ่ง ใบ ดอก ผล เมล็ดและไม้พื้นล่างที่ยังมีชีวิต
2. มวลชีวภาพใต้ดิน (Belowground biomass) คือ ส่วนของราก
3. ไม้ตาย (Dead wood) คือ ส่วนของต้นไม้ที่ยืนต้นตายเหนือพื้นดินและใต้ดิน (ไม่รวมซากพืช)
4. ซากพืชบริเวณพื้นป่า (Forest floor litter) คือ ซากพืชหรือส่วนต่างๆ ของพืชที่ไม่มีชีวิตที่ร่วงหล่นสู่พื้นดิน เช่น กิ่ง ก้าน ใบ ดอกและผล
5. คาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Soil organic carbon) รวมถึงอินทรียวัตถุในดินทั้งหมด

ความแปรผันของการกักเก็บคาร์บอนในป่าไม้หรือมวลชีวภาพของต้นไม้ ขึ้นอยู่กับปริมาณการสะสมคาร์บอนในส่วนต่างๆ ของต้นไม้ในพื้นที่ป่ารวมถึงผลผลิตมวลชีวภาพในพื้นที่ป่าไม้แต่ละชนิดจะมีปริมาณการสะสมคาร์บอนที่แตกต่างกัน Gorte (2009) รายงานปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสะสมในไอโอมประเภทต่างๆ บนโลก (ตาราง 12) ซึ่งพบว่าปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสะสมในมวลชีวภาพในป่าเขตร้อนมากที่สุด รองลงมาได้แก่ ป่าเขตหนาว เขตอบอุ่น พื้นที่ชุ่มน้ำ สะวันนาเขตร้อน ทุนดร้า ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น พื้นที่การเกษตร ทะเลทรายกึ่งทะเลทราย นอกจากนั้น Pan *et al*. (2011) ได้รายงานการประเมินการเก็บกักและการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในป่าไม้บนโลกพบว่า ป่าไม้บนโลกมีการเก็บกักคาร์บอนประมาณ 861 เพตะกรัมคาร์บอน ประกอบด้วย คาร์บอนในดิน (ที่ระดับความลึก 0-1 เมตร) 383 เพตะกรัมคาร์บอน คาร์บอนในมวลชีวภาพที่มีชีวิต (เหนือพื้นดินและใต้ดิน) 363 เพตะกรัมคาร์บอน คาร์บอนในเนื้อไม้ที่ตาย 73 เพตะกรัมคาร์บอน และคาร์บอนในซากพืช 43 เพตะกรัมคาร์บอน

ตาราง 12 ปริมาณคาร์บอนเฉลี่ยสะสมในมวลชีวภาพในไบโอมประเภทต่างๆ บนโลก

ไบโอม	ปริมาณคาร์บอน (ตัน/เอเคอร์)
ป่าเขตร้อน (Tropical forests)	54
ป่าเขตอบอุ่น (Temperate forests)	25
ป่าเขตหนาว (Boreal forests)	29
ทุนดร้า (Tundra)	3
พื้นที่การเกษตร (Croplands)	1
สะวันนาเขตร้อน (Tropical savannas)	13
ทุ่งหญ้าเขตอบอุ่น (Temperate grasslands)	3
ทะเลทรายและกึ่งทะเลทราย (Deserts and semideserts)	1
พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands)	19
เฉลี่ย	14

ที่มา: ดัดแปลงจาก Gorte (2009)

2.5.4 การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพป่าไม้ในประเทศไทย

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตภูมิอากาศเขตร้อน เนื่องจากพื้นที่ของประเทศตั้งอยู่ไม่ห่างจากเส้นละติจูดมากนัก รวมถึงลักษณะภูมิประเทศมีเทือกเขาสูงตามเขตภูมิภาคต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของสภาพดิน ฟ้า และอากาศเฉพาะแหล่ง (microclimate) และที่สำคัญยังมีความแตกต่างของลักษณะสังคมพืช สภาพของดิน หินและลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ทำให้เกิดความหลากหลายของระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่อาศัย (habitat diversity) (สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และคณะ, 2548; ธวัชชัย สันติสุข, 2555) ส่งผลให้สังคมพืชในป่ามีความหลากหลายของพันธุ์ไม้ อัตราการเจริญเติบโต การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินและใต้ดินแตกต่างกัน (ตาราง 13) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ (2550) ได้รายงานผลการรวบรวมข้อมูลการสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพในป่าธรรมชาติมีความแปรผันตามชนิดของป่าไม้

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 13 ปริมาณมวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในพื้นที่ป่าไม้ประเภทต่างๆ ของประเทศไทย

จังหวัด	ประเภท	มวลชีวภาพเหนือพื้นดิน*	คาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือดิน**	ที่มา
กาญจนบุรี	ป่าดิบชื้น	275.46	137.73	จีรนันท์ ธีระกุลพิศุทธิ์, 2547
กาญจนบุรี	ป่าดิบแล้ง	140.58	70.29	จีรนันท์ ธีระกุลพิศุทธิ์, 2547
กาญจนบุรี	ป่าเบญจพรรณ	96.28	48.14	จีรนันท์ ธีระกุลพิศุทธิ์, 2547
ขอนแก่น	ป่าเต็งรัง	43.85	22.17	วสันต์ จันทร์แดง และคณะ, 2553
นครราชสีมา	ป่าเต็งรัง	89.96	45.58	ภาณุมาศ ลาดปาละ และคณะ, 2557
นครศรีธรรมราช	ป่าดิบชื้น	32.02	15.05	อานุช คีรีรัฐนิคม และคณะ, 2556
เพชรบุรี	ป่าเบญจพรรณ	186.24	93.12	สนธยา จำปานิล, 2547
เพชรบุรี	ป่าดงดิบแล้ง	70.79	35.40	สนธยา จำปานิล, 2547
เพชรบุรี	ป่าดงดิบเขา	257.98	128.99	สนธยา จำปานิล, 2547
เพชรบุรี	ป่าเบญจพรรณปฐมภูมิ	500.48	250.24	สนธยา จำปานิล และนันทนา คชเสนี, 2547
เพชรบุรี	ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ	158.68	79.34	สนธยา จำปานิล และนันทนา คชเสนี, 2547
กาญจนบุรี	ป่าดิบชื้น	275.46	137.73	Terakunpisut *et al*., 2007
กาญจนบุรี	ป่าดิบแล้ง	140.58	70.29	Terakunpisut *et al*., 2007
กาญจนบุรี	ป่าเบญจพรรณ	96.28	48.14	Terakunpisut *et al*., 2007
ชัยภูมิ	ป่าเต็งรัง	227.06	106.75	Ounkerd *et al*., 2015
เชียงใหม่	ป่าเบญจพรรณ	49.63	23.33	Boonrodklab & Teejuntuk, 2008
เชียงใหม่	ป่าเต็งรัง	58.03	27.27	Boonrodklab & Teejuntuk, 2008
พัทลุง	ป่าดิบชื้น	275.63	129.55	Kiriratnikom & Sumpunthamit,
เพชรบุรี	ป่าดิบชื้น	336.12	168.04	Nuanurai, 2005
เพชรบุรี	ป่าดิบแล้ง	207.7	103.85	Nuanurai, 2005
เพชรบุรี	ป่าเบญจพรรณ	68.53	34.00	Nuanurai, 2005
เพชรบุรี	ป่าเต็งรัง	58.63	29.31	Nuanurai, 2005
เพชรบูรณ์	ป่าเบญจพรรณปฐมภูมิ	107.62	50.58	Kaewkrom *et al*., 2011
เพชรบูรณ์	ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ	52.74	24.79	Kaewkrom *et al*., 2011
ราชบุรี	ป่าเบญจพรรณ	77.54	36.44	Chaiyo *et al*., 2012

หมายเหตุ: *ตัน/เฮกตาร์, **ตันคาร์บอน/เฮกตาร์

2.5.5 การสะสมคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าไม้ในจังหวัดมหาสารคาม

จังหวัดมหาสารคามมีพื้นที่ป่าทั้งหมด 138,896.37 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.96 ของพื้นที่จังหวัดมหาสารคาม (กรมป่าไม้, 2558ข) ซึ่งถือว่าเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญหายของพื้นที่ป่าไม้อย่างถาวรในอนาคต ปริมาณการสะสมคาร์บอนในป่าไม้ ประเภทป่าเต็งรังในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคามที่ผ่านมาพบว่า มีการกักเก็บคาร์บอน 1,380.36 ตันคาร์บอน หรือ 5,061.32 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ญาณวุฒิ อุทรักษ์ และคณะ, 2556)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ที่ตั้งและอาณาเขตของจังหวัดมหาสารคาม

จังหวัดมหาสารคาม ตั้งอยู่ตอนกลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยหรือเรียกว่า สะดืออีสาน บนที่ราบสูงโคราช ระหว่างเส้นรุ่งที่ 15 องศา 25 ลิปดา และ 16 องศา 40 ลิบดาเหนือ และเส้นแวงที่ 102 องศา 50 ลิบดา และ 103 องศา 30 ลิบดาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 5,228.843 ตารางกิโลเมตร (3,268,026.87 ไร่) (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) โดยมีขนาดพื้นที่เป็นอันดับที่ 15 ของภาค และเป็นอันดับที่ 42 ของประเทศ มีอาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียงดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อเขตจังหวัดกาฬสินธุ์และจังหวัดขอนแก่น
ทิศใต้	ติดต่อเขตจังหวัดสุรินทร์และจังหวัดบุรีรัมย์
ทิศตะวันออก	ติดต่อเขตจังหวัดกาฬสินธุ์และร้อยเอ็ด
ทิศตะวันตก	ติดต่อเขตจังหวัดขอนแก่นและบุรีรัมย์

3.2 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่จังหวัดมหาสารคามมีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด สูงจากจากระดับน้ำทะเลประมาณ 130-230 เมตร ด้านทิศตะวันตกและทิศเหนือเป็นที่สูง ประกอบด้วยอำเภอโกสุมพิสัย อำเภอเชียงยืนและอำเภอกันทรวิชัย ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 50 ของพื้นที่จังหวัด และพื้นที่เริ่มลาดเททางทิศตะวันออกและทิศใต้ มีแม่น้ำชีไหลผ่าน (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) ซึ่งสภาพพื้นที่สามารถแบ่งออกได้ 3 ลักษณะ คือ

1) พื้นที่ราบเรียบกับพื้นที่ค่อนข้างเรียบ พื้นที่ลักษณะนี้ส่วนใหญ่อยู่ตามที่ราบลุ่มน้ำ เช่น บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำชีพบในเขตอำเภอเมือง อำเภอกันทรวิชัยและอำเภอโกสุมพิสัย และทางทางทิศใต้ของจังหวัดในเขตอำเภอพยัคภูมิพิสัย (แถบชายทุ่งกุลาร้องไห้)

2) พื้นที่ค่อนข้างราบเรียบกับพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด พื้นที่ลักษณะนี้อยู่ทางทิศเหนือของอำเภอพยัคภูมิพิสัย วางตัวเป็นแนวยาวไปทางทิศตะวันออกถึงอำเภอเมืองมหาสารคาม

3) พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดกับพื้นที่พื้นที่ลูกคลื่นลอนชัน พื้นที่ลักษณะนี้อยู่ทางทิศเหนือและทิศตะวันตกของจังหวัด ซึ่งมีขนาดพื้นที่ครอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 50 ของพื้นที่จังหวัด มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 170-230 เมตร

3.3 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดมหาสารคาม มีลักษณะภูมิอากาศประเภทฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู (Tropical savannah climate: AW) คือ มีอากาศแห้งแล้งในช่วงฤดูหนาวและมีอุณหภูมิค่อนข้างสูงตอลอดปี โดยมีฤดูกาล 3 ฤดู คือ ฤดูรอนเริ่มตั้งแตเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน ฤดูฝนเริ่มตั้งแตเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน และฤดูหนาวเริ่มตั้งแตเดือนตุลาคมถึงเดือนมกราคม (กรมทรัพยากรธรณี, 2552) จากข้อมูลอุตุนิยมวิทยาจังหวัดมหาสารคามตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550-2558 พบว่า มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยเท่ากับ 1,339.60 มิลลิเมตร โดยในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเท่ากับ 1,810.60 มิลลิเมตร และในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนต่ำสุดเท่ากับ 832.00 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 40.77 องศาเซลเซียส โดยในปี พ.ศ. 2556 มีอุณหภูมิสูงสุดเท่ากับ 42.00 องศาเซลเซียส และในปี พ.ศ. 2555 มีอุณหภูมิต่ำสุดเท่ากับ 39.30 องศาเซลเซียส (ตาราง 14)

ตาราง 14 ข้อมูลภูมิอากาศจังหวัดมหาสารคาม ปี พ.ศ. 2550-2558

ปี พ.ศ.	ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)
2550	1,554.80	41.50
2551	1,810.60	41.00
2552	1,332.30	40.00
2553	995.10	41.80
2554	1,365.90	39.40
2555	1,458.00	39.30
2556	1,214.00	42.00
2557	1,493.70	40.30
2558	832.00	41.60
เฉลี่ย	1,339.60	40.77
สูงสุด	1,810.60	42.00
ต่ำสุด	832.00	39.30

ที่มา: สำนักงานสถิติแห่งชาติ (2558)

3.4 พื้นที่ศึกษา

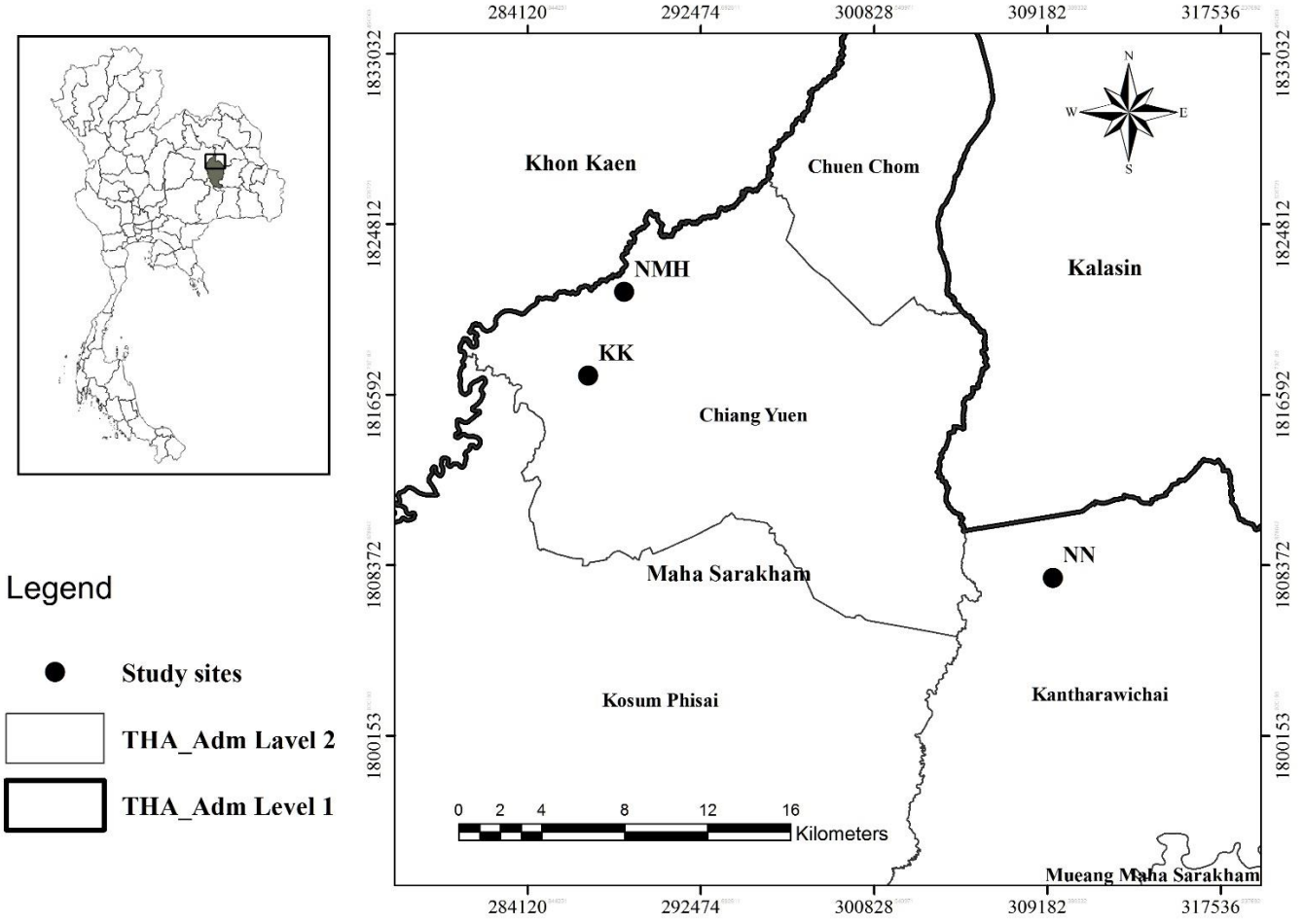
พื้นที่ทำการศึกษาและเก็บตัวอย่างประกอบด้วยพื้นที่ป่าชุมชน 3 พื้นที่ โดยจำแนกตามความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ป่าชุมชนในจังหวัดมหาสารคาม ได้แก่

1. ป่าชุมชนนาสีนวน (NN) ตั้งอยู่ในตำบลนาสีนวน อำเภอกันทรวิชัย พิกัดโซน 48Q 309436 1807761 ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 549 ไร่ ป่าชุมชนนาสีนวนเป็นป่าสาธารณะประโยชน์ที่ไม่มีหน่วยงานหรือการจัดตั้งคณะกรรมการในการบริหารจัดการป่า รวมถึงไม่มีการกำหนดระเบียบข้อบังคับและแนวทางการปฏิบัติสำหรับการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าใดๆ

2. ป่าชุมชนโคกหนองคอง (KK) ตั้งอยู่ในตำบลกู่ทอง อำเภอเชียงยืน พิกัดโซน 48Q 287029 1817516 ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 1,600 ไร่ โดยป่าชุมชนโคกหนองคองเป็นป่าสาธารณะประโยชน์ที่มีการบริหารจัดการป่าปานกลางมีการร่วมมือของชุมชนและหน่วยงานในระดับท้องถิ่นในการดูแลพื้นที่ป่า

3. ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี (NMH) ตั้งอยู่ในตำบลเสือเฒ่า อำเภอเชียงยืน พิกัดโซน 48Q 288764 1821549 ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 967 ไร่ โดยป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีเป็นป่าสาธารณะประโยชน์ที่มีการบริหารจัดการป่าค่อนข้างสูงโดยมีการร่วมมือของชุมชนและหน่วยงานในระดับท้องถิ่นได้จัดตั้งคณะกรรมการบริหารจัดการป่าชุมชนขึ้นเพื่อดำเนินการบริหารจัดการและดูแลรักษาป่าชุมชน มีการกำหนดระเบียบข้อบังคับและแนวทางการปฏิบัติสำหรับการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าอย่างชัดเจน ในปี พ.ศ. 2543 ได้รับพระราชทาน “ธงพิทักษ์ป่า เพื่อรักษาชีวิต” จากสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินินาถ ในปี พ.ศ. 2547 ได้รับรางวัลชนะเลิศการประกวดตำบลเขียวขจีดีเด่นจากมูลนิธิราชพฤกษ์และกรมการพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย และในปี พ.ศ. 2559 ได้รับรางวัลในโครงการ "คนรักษ์ป่า ป่ารักษาชุมชน" ป่าชุมชนระดับจังหวัด

ผลจากการศึกษาข้อมูลในภาคสนาม พบว่า ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ของจังหวัดมหาสารคามเป็นป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest) เนื่องจากมีลักษณะโดยทั่วไปของพื้นที่ตรงกับลักษณะของป่าเต็งรัง คือ พื้นที่ป่าเป็นป่าโปร่ง ประกอบด้วยต้นไม้ผลัดใบขนาดกลางและขนาดเล็กขึ้นห่างๆ มีการกระจายของต้นไม้ไม่ค่อยแน่นทึบ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.) และประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ส่วนบริเวณพื้นป่ามักพบลูกไม้ หญ้าและไผ่แคระจำพวกไผ่เพ็ก ไผ่โจด (*Vietnamosasa* spp). เป็นต้น (ธวัชชัย สันติสุข, 2555)



ภาพประกอบ 8 พื้นที่ศึกษาในป่าชุมชนนาสีนวน (NN) ป่าชุมชนโคกหนองคอง (KK) และป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี (NMH) จังหวัดมหาสารคาม

3.5 สำรวจและเก็บตัวอย่าง

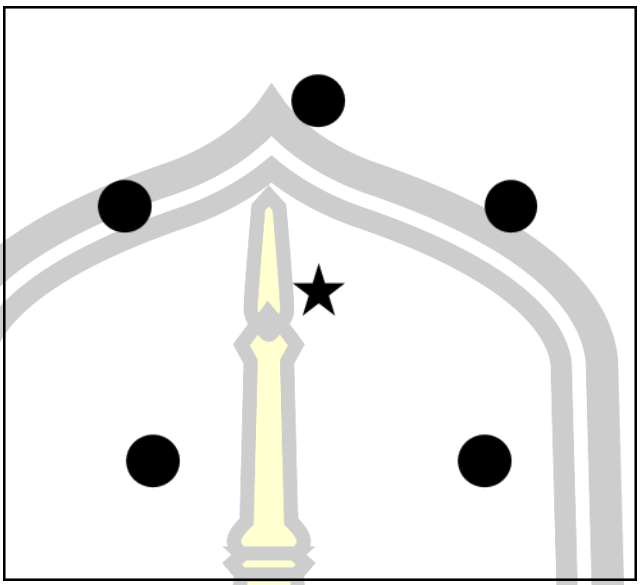
สำรวจและเก็บตัวอย่างในพื้นที่ป่าชุมชนระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม พ.ศ. 2560 โดยแบ่งการเก็บตัวอย่างในแต่ละพื้นที่ป่าออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความเข้มเข้นการใช้ประโยชน์มากและพื้นที่ที่มีความเข้มเข้นการใช้ประโยชน์น้อย (แบ่งตามความเข้มเข้นการใช้ประโยชน์ของชาวบ้าน) โดยในแต่ละพื้นที่ทำการสำรวจด้วยวิธีการสุ่มแบบเป็นระบบ (Systematic sampling) โดยวางแปลงขนาด 20x20 เมตร จำนวน 5 แปลง โดยในแต่แปลงแบ่งการเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 ส่วน โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 การเก็บตัวอย่างซากพืช วางแปลงขนาด 1x1 เมตร เก็บตัวอย่างซากพืชที่อยู่ในแปลงขนาด 1x1 เมตร จำนวน 5 แปลง และบันทึกพิกัดแปลงเก็บตัวอย่าง

3.5.2 การเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพของรากฝอย (ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ≤2 มิลลิเมตร) วางแปลงขนาด 1x1 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพของรากฝอยด้วยวิธี soil coring (Lauenroth, 2000) ขนาด 4.5x6.0 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว) ห่างจากต้นไม้ประมาณ 1 เมตร (Stolbovoy *et al*., 2007) โดยสุ่มตำแหน่งของหลุมเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพของรากฝอยจำนวน 5 หลุม (ภาพประกอบ 9) เก็บที่ระดับความลึก 2 ระดับ คือ 0-10 และ 10-20 เซนติเมตร (Kätterer *et al*., 1995) จำนวน 5 แปลง และบันทึกพิกัดแปลงเก็บตัวอย่าง

3.5.3 การเก็บตัวอย่างดิน วางแปลงขนาด 5x5 เมตร ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้าง (disturbed) ด้วยกระบอกเก็บดิน (soil auger) โดยสุ่มตำแหน่งของหลุมเก็บตัวอย่างดินจำนวน 5 หลุม (ภาพประกอบ 9) ที่ระดับความลึก 2 ระดับ คือ 0-25 และ 25-50 เซนติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างดินได้ทั้ง 5 หลุม (วงกลม) มาผสมให้เข้ากันเป็น composite sample ในแต่ระดับความลึกเพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ เนื้อดิน ปฏิกิริยาดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและคาร์บอนอินทรีย์ในดิน นอกจากนั้นเก็บดินแบบไม่รบกวนโครงสร้าง (undisturbed) ด้วย soil core จำนวน 1 อันต่อระดับความลึก (รูปดาว) บริเวณตรงกลางแปลงตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมดินและปริมาณความชื้นในดิน จำนวน 5 แปลง และบันทึกพิกัดแปลงเก็บตัวอย่าง

3.5.4 การเก็บตัวอย่างพรรณไม้ (ไม้ต้น) วางแปลงขนาด 20x20 เมตร (Mahan *et al*., 1998; Condit, 2008) เก็บข้อมูลไม้ต้นที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับอก (DBH) ตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตร และความสูง 1.30 เมตรขึ้นไป และบันทึกพิกัดแปลงเก็บตัวอย่าง



ภาพประกอบ 9 การสุ่มเก็บตัวอย่างมวลชีวภาพของรากฝอยและตัวอย่างดิน

3.6 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.6.1 การวิเคราะห์ตัวอย่างซากพืช นำตัวอย่างมาทำความสะอาดชั่งน้ำหนักครั้งที่ 1 (น้ำหนักเปียก: W_f) บันทึกข้อมูลและนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักครั้งที่ 2 (น้ำหนักแห้ง: W_d) บันทึกข้อมูล (Podong *et al*., 2013) จากนั้นวิเคราะห์หาร้อยละความชื้นของซากพืชและวิเคราะห์ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในซากพืช โดยใช้สมการของ IPCC (2006)

$$\%M_L = \left(\frac{W_f - W_d}{W_d} \right) \times 100 \qquad \text{(สมการ 1)}$$

$$W_d = \left(\frac{W_f}{\%M_L + 100} \right) \times 100 \qquad \text{(สมการ 2)}$$

$$C = 0.47 \times B \qquad \text{(สมการ 3)}$$

เมื่อ $\%M_L$ คือ ร้อยละความชื้นของซากพืช

W_f คือ น้ำหนักเปียก (กรัม/ตารางเมตร)

W_d คือ น้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพแห้ง (กรัม/ตารางเมตร)

C คือ ปริมาณคาร์บอนในซากพืช (กรัม/ตารางเมตร)

B คือ น้ำหนักแห้งหรือมวลชีวภาพแห้งของซากพืช (กรัม/ตารางเมตร)

3.6.2 การวิเคราะห์ตัวอย่างมวลชีวภาพของรากฝอย นำตัวอย่างมาทำความสะอาดชั่งน้ำหนักครั้งที่ 1 (น้ำหนักเปียก: W_f) บันทึกข้อมูลและนำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ ชั่งน้ำหนักครั้งที่ 2 (น้ำหนักแห้ง: W_d) บันทึกข้อมูล (Yang *et al*., 2010) จากนั้นวิเคราะห์หาร้อยละความชื้นของมวลชีวภาพของรากฝอยและวิเคราะห์ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยโดยใช้สมการของ IPCC (2006)

3.6.3 การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน นำตัวอย่างดินที่เป็น composite sample มาผึ่งให้แห้ง จากนั้นนำไปบดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมตัวอย่างดินไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของดิน และตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่รบกวนโครงสร้าง มาชั่งน้ำครั้งที่ 1 (น้ำหนักเปียก: W_f) นำไปอบให้แห้งหรือจนน้ำหนักตัวอย่างดินในกระบอกเก็บดินคงที่นำไปชั่งน้ำหนักครั้งที่ 2 (น้ำหนักแห้ง: W_d) บันทึกข้อมูลจากนั้นนำไปวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมดินและปริมาณความชื้นในดิน (ตาราง 15)

ตาราง 15 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน

สมบัติของดิน	เครื่องมือและวิธีการวิเคราะห์	ที่มา
1. เนื้อดิน	Hydrometer	Soil Survey Staff, 1996
2. ปฏิกิริยาดิน	pH meter	Soil Survey Staff, 1996
3. อุณหภูมิดิน	Soil mercury-in-glass thermometer	Nwankwo & Ogagarue, 2012
4. ความหนาแน่นรวมดิน	Core method	Blake & Hartge, 1986
5. ความชื้นในดิน	Gravimetric method	Gardner, 1965
6. ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน	Wet oxidation	Walkley & Black, 1934

3.6.4 การวิเคราะห์ตัวอย่างพรรณไม้ (ไม้ต้น) นำข้อมูลที่ได้จากแปลงสำรวจพรรณไม้ไปวิเคราะห์ข้อมูลต่างๆ ได้แก่ จำแนกชนิด วิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย (Shannon-Weiner index) ดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index) ดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) วิเคราะห์ความหนาแน่นของพรรณไม้ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น (Basal area) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (Above ground biomass of trees) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (Carbon stock in biomass of trees)

1. พื้นที่หน้าตัด (Basal area: BA) คำนวณโดยใช้สูตร

$$BA = \frac{\pi (DBH)^2}{4} \qquad \text{(สมการ 4)}$$

เมื่อ BA คือ พื้นที่หน้าตัด (ตารางเซนติเมตร)

DBH คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

2. ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Weaver Index: $H^{'}$) โดยใช้ดัชนีของแชนนอน-เวียร์เนอร์ คำนวณโดยใช้สูตร (Shannon & Weaver, 1949)

$$H^{'} = -\sum_{i=1}^{s}(pi \ln pi) \qquad \text{(สมการ 5)}$$

เมื่อ $H^{'}$ คือ ค่าดัชนีความหลากชนิดของแชนนอน-เวียร์เนอร์

pi คือ สัดส่วนจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ชนิดที่ i ต่อจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทุกชนิด

i คือ จำนวนชนิดพันธุ์ไม้ในแปลงตัวอย่าง (1,2,3,4,5,..., S)

3. ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index: $J^{'}$)

$$J^{'} = \frac{H^{'}}{H_{\max}} \qquad \text{(สมการ 6)}$$

เมื่อ $H^{'}$ คือ ค่าดัชนีความหลากชนิดของแชนนอน-เวียร์เนอร์

$H_{\max}$ คือ $\ln(s)$

S คือ จำนวนชนิดของต้นไม้

$J^{'}$ มีค่าตั้งแต่ 0 - 1 โดยค่าเท่ากับ 1 คือ การมีความสม่ำเสมอของการแพร่กระจายของพันธุ์ไม้ในแต่ละพื้นที่สูงมาก

4. ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index: IVI) โดยใช้สูตร (Balslev *et al*., 1987)

$$IVI = RD_i + RF_i + RDo_i \qquad \text{(สมการ 7)}$$

ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative density: RD_i) โดยใช้สูตร

$$RD_i = \left(\frac{D_i}{\sum_{i=1}^{s} D_i} \right) \times 100 \qquad \text{(สมการ 8)}$$

ความถี่สัมพัทธ์ (Relative frequency: RF_i) โดยใช้สูตร

$$RF_i = \left(\frac{f_i}{\sum_{i=1}^{s} f_i} \right) \times 100 \qquad \text{สมการ 9)}$$

ความเด่นสัมพัทธ์ (Relative dominance: RDo_i) โดยใช้สูตร

$$RDo_i = \left(\frac{Do_i}{\sum_{i=1}^{s} Do_i} \right) \times 100 \qquad \text{(สมการ 10)}$$

เมื่อ D_i คือ ความหนาแน่นของต้นไม้ชนิดที่ i โดยที่ $D = \frac{N}{Area}$

$\sum_{i=1}^{s} D_i$ คือ ผลรวมความหนาแน่นของต้นไม้ทุกชนิด

f_i คือ ความถี่ของต้นไม้ชนิด i (จำนวนครั้งหรือจำนวนแปลงตัวอย่างที่พบต้นไม้ชนิด i จากจำนวนแปลงที่สำรวจทั้งหมด)

$\sum_{i=1}^{s} f_i$ คือ ผลรวมความถี่ของต้นไม้ทุกชนิดที่พบ

Do_i คือ ความเด่นของต้นไม้ชนิดที่ i $(Do_i = BA_i)$

$\sum_{i=1}^{s} Do_i$ คือ ผลรวมความเด่นของต้นไม้ทุกชนิดตั้งแต่ชนิดที่ i ถึง s $(\sum_{i=1}^{s} Do_i = \sum_{i=1}^{s} BA_i)$

IVI มีค่าตั้งแต่ 0 - 300 (กรณีคูณด้วย 100)

5. คำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าเต็ง โดยใช้สมการแอลโลเมตริก (Allometric equation) โดยใช้วิธีการของ Ogawa *et al*. (1965)

$$Ws = 0.0396\, D^2 H^{0.9326} \qquad \text{(สมการ 11)}$$

$$Wb = 0.003487 D^2 H^{1.0270}$$

$$Wl = (28.0 / Wtc + 0.025)^{-1}$$

จากนั้นคำนวณหามวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นทั้งหมด โดยใช้สูตรดังแสดงด้านล่างนี้

$$Wt = Ws + Wb + Wl \qquad \text{(สมการ 12)}$$

เมื่อ Wt คือ ปริมาณมวลชีวภาพทั้งหมดของต้นไม้ (ลำต้น+กิ่ง+ใบ) (กิโลกรัม)

Ws คือ ปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น (กิโลกรัม)

Wb คือ ปริมาณมวลชีวภาพของกิ่ง (กิโลกรัม)

Wl คือ ปริมาณมวลชีวภาพของใบ (กิโลกรัม)

Wtc คือ ปริมาณมวลชีวภาพของลำต้น+กิ่ง (กิโลกรัม)

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ระดับความสูง 1.30 เมตร (เซนติเมตร)

H คือ ความสูงของต้นไม้ (เมตร)

6. คำนวณหาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (IPCC, 2006) โดยใช้สูตร

$$C_{kg} = Wt \times 0.47 \quad \text{(สมการ 13)}$$

$$C_t = \frac{C_{kg}}{1000} \quad \text{(สมการ 14)}$$

เมื่อ Wt คือ ปริมาณมวลชีวภาพของต้นไม้ (กิโลกรัม)

C_{kg} คือ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ (กิโลกรัม)

C_t คือ ปริมาณการกักเก็บบคาร์บอนในมวลชีวภาพของต้นไม้ (ตัน)

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.7.1 การวิเคราะห์สถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลประกอบด้วย สมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ซากพืชและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในแต่ละพื้นที่ป่า โดยใช้สถิติวิเคราะห์ one way-ANOVA ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) และเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก และเปรียบเทียบสมบัติของดินระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (0-25 และ 25-50 เซนติเมตร) และปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (0-10 และ 10-20 เซนติเมตร) โดยใช้สถิติวิเคราะห์ด้วยวิธี Independent sample test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p = 0.05$)

3.7.2 การวิเคราะห์สถิติเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลประกอบด้วย ปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ซากพืชและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม โดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาและวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน มวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม สามารถแสดงผลการศึกษาตามรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

4.1 สมบัติของดินในป่าชุมชน

4.1.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ตามวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการเป็นสมบัติทางกายภาพของดินเฉลี่ย ซึ่งพบว่า

4.1.1.1 ความหนาแน่นรวมดิน

จากผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมดิน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมดินเท่ากับ 1.57±0.02 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยพื้นที่ป่าชุมชนโคกหนองคองมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมดินมากที่สุดเท่ากับ 1.60±0.03 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยเท่ากับ 1.58±0.03 และ 1.55±0.02 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร (ตาราง 16) และระดับความลึกของดิน พบว่า ชั้นล่างมีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมดินมากกว่าดินชั้นบนเท่ากับ 1.60±0.01 และ 1.53±0.01 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 23)

4.1.1.2 ปริมาณความชื้นในดิน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในดิน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในดินเท่ากับ 10.83±0.89 ร้อยละโดยน้ำหนัก โดยพื้นที่ป่าชุมชนโคกหนองคองมีค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในดินมากที่สุดเท่ากับ 12.09±1.25 ร้อยละโดยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยเท่ากับ 11.09±1.53 และ 10.57±0.95 ร้อยละโดยน้ำหนัก (ตาราง 17) และระดับความลึกของดิน พบว่า ดินชั้นล่างมีค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในดินมากกว่าดินชั้นบนเท่ากับ 11.02±0.52 และ 10.64±0.40 ร้อยละโดยน้ำหนัก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 23)

4.1.1.3 อุณหภูมิของดิน

จากผลการวิเคราะห์อุณหภูมิของดิน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดินเท่ากับ 26.23±0.64 องศาเซลเซียส โดยพื้นที่ป่าชุมชนนาสีนวนมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดินมากที่สุดเท่ากับ 27.55±0.39 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากเท่ากับ 26.85±0.80 และ 25.62±0.91 องศาเซลเซียส (ตาราง 18) และระดับความลึกของดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดินมากกว่าดินชั้นล่างเท่ากับ 26.37±0.34 และ 26.10±0.30 องศาเซลเซียส (ตาราง 23)

4.1.1.4 เนื้อดิน

ป่าชุมชนนาสีนวน ผลการวิเคราะห์เนื้อดินสามารถแบ่งดินออกเป็น 3 ชนิด คือ ทรายปนดินร่วน (laomy sand) ดินร่วนปนทราย (sandy loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay laom) ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยพบเนื้อดิน 3 ชนิด คือ ทรายปนดินร่วน ดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย และพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากพบเนื้อดิน 2 ชนิด คือ ทรายปนดินร่วนและดินร่วนปนทราย (ตาราง 19)

ป่าชุมชนโคกหนองคอง ผลการวิเคราะห์เนื้อดินสามารถแบ่งดินออกเป็น 2 ชนิด คือ ดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยพบเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากพบเนื้อดิน 2 ชนิด คือ ดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย (ตาราง 19)

ป่าชุมชนโคกหนองคอง ผลการวิเคราะห์เนื้อดินสามารถแบ่งดินออกเป็น 2 ชนิด คือ ทรายปนดินร่วนและดินร่วนปนทราย ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยพบเนื้อดิน 2 ชนิด คือ ทรายปนดินร่วนและดินร่วนปนทราย และพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากพบเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (ตาราง 19)

ระดับดับความลึกของดิน ดินชั้นบนผลการวิเคราะห์เนื้อดินสามารถแบ่งดินออกเป็น 3 ชนิด คือ ทรายปนดินร่วน ดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย และระดับดินชั้นล่างพบเนื้อดิน 2 ชนิด คือ ดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย (ตาราง 23)

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาร้อยละของปริมาณขนาดอนุภาคดินทั้ง 3 ประเภท ในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบว่า เนื้อดินมีปริมาณขนาดอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบ รองลงมาคือปริมาณขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ตามลำดับ

ตาราง 16 ปริมาณความหนาแน่นรวมดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)						เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			
	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	
นาสีนวน	1.47±0.03^{a}	1.56±0.01^{b}	1.52±0.03$^{A\,a}$	1.51±0.03^{a}	1.57±0.01^{a}	1.54±0.03$^{A\,a}$	1.53±0.02^{A}
โคกหนองคอง	1.54±0.02^{a}	1.64±0.01^{b}	1.59±0.03$^{B\,a}$	1.60±0.04^{a}	1.61±0.02^{a}	1.60±0.05$^{A\,a}$	1.60±0.03^{B}
หนองเม็ก-หนองฮี	1.51±0.02^{a}	1.58±0.01^{b}	1.55±0.02$^{A\,a}$	1.54±0.03^{a}	1.66±0.02^{b}	1.60±0.04$^{A\,a}$	1.57±0.03^{B}
เฉลี่ย	1.51±0.02^{a}	1.60±0.01^{b}	1.55±0.02^{a}	1.55±0.02^{a}	1.61±0.01^{b}	1.58±0.03^{a}	1.57±0.02

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-50 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 17 ปริมาณความชื้นในดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	ปริมาณความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)						
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			เฉลี่ย
	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	
นาสีนวน	12.65±0.34^{a}	11.37±0.17^{b}	12.01±0.42$^{A\ a}$	11.42±0.66^{a}	11.16±0.84^{a}	11.29±1.49$^{A,B\ a}$	11.65±0.77^{A}
โคกหนองคอง	11.23±0.86^{a}	11.07±0.55^{a}	11.15±1.39$^{A\ a}$	13.46±1.32^{a}	12.59±0.55^{a}	13.02±1.84$^{A\ a}$	12.09±1.25^{A}
หนองเม็ก-หนองฮี	8.53±0.48^{a}	8.55±0.46^{a}	8.54±0.93$^{B\ a}$	8.81±1.88^{a}	9.13±1.62^{a}	8.97±3.27$^{B\ a}$	8.75±1.61^{B}
เฉลี่ย	10.08±0.56^{a}	10.33±0.41^{a}	10.57±0.95^{a}	11.23±0.90^{a}	10.96±0.70^{a}	11.09±1.53^{a}	10.83±0.89

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-50 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 18 อุณหภูมิดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)						
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			เฉลี่ย
	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	
นาสีนวน	28.12±0.29^{a}	27.66±0.22^{a}	27.89±0.49$^{A\ a}$	27.30±0.30^{a}	27.12±0.18^{a}	27.21±0.48$^{A\ a}$	27.55±0.39^{A}
โคกหนองคอง	28.06±0.38^{a}	27.54±0.30^{a}	27.80±0.67$^{A\ a}$	26.28±0.28^{a}	26.08±0.17^{a}	26.18±0.45$^{B\ b}$	26.99±0.66^{A}
หนองเม็ก-หนองฮี	25.04±0.27^{a}	24.70±0.17^{a}	24.87±0.43$^{B\ a}$	23.42±0.47^{a}	23.50±0.45^{a}	23.46±0.91$^{C\ b}$	24.17±0.67^{B}
เฉลี่ย	27.07±0.42^{a}	26.63±0.39^{a}	26.85±0.80^{a}	25.67±0.48^{a}	25.57±0.44^{a}	25.62±0.91^{a}	26.23±0.64

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-50 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 19 เนื้อดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	พื้นที่	ระดับความลึก (ซม.)	ปริมาณขนาดอนุภาคเนื้อดิน (ร้อยละ)			เนื้อดิน*
			ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว	
นาสีนวน	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	0-25	70.56-81.48	11.08-17.44	7.09-12.00	ทรายปนดินร่วน-ดินร่วนปนทราย
		25-50	59.76-77.08	13.08-21.04	9.49-19.20	ดินร่วนปนทราย-ดินร่วนเหนียวปนทราย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	0-25	79.68-84.37	9.30-12.62	6.33-8.12	ทรายปนดินร่วน-ดินร่วนปนทราย
		25-50	76.48-79.57	11.70-13.02	8.73-10.52	ดินร่วนปนทราย
โคกหนองคอง	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	0-25	75.52-77.92	13.60-16.43	7.39-8.88	ดินร่วนปนทราย
		25-50	71.12-75.12	12.40-16.40	11.39-13.25	ดินร่วนปนทราย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	0-25	65.74-75.12	16.32-26.98	5.84-8.56	ดินร่วนปนทราย-ดินร่วนเหนียวปนทราย
		25-50	62.54-72.48	13.92-24.18	9.84-14.96	ดินร่วนปนทราย-ดินร่วนเหนียวปนทราย
หนองเม็ก-หนองฮี	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	0-25	76.42-82.28	11.24-16.19	6.19-7.39	ทรายปนดินร่วน-ดินร่วนปนทราย
		25-50	74.96-80.28	11.64-16.12	8.08-9.58	ดินร่วนปนทราย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	0-25	73.20-81.10	12.22-15.28	5.30-11.52	ดินร่วนปนทราย
		25-50	68.40-79.28	10.62-16.08	8.72-15.52	ดินร่วนปนทราย

หมายเหตุ: * จำแนกตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (ระบบ USDA)

4.1.2 สมบัติทางเคมีของดิน

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ตามวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ ซึ่งพบว่า

4.1.2.1 ค่าปฏิกิริยาดิน

จากผลการวิเคราะห์ค่าปฏิกิริยาดิน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าอยู่ในช่วง 4.74-5.97 (ค่าเฉลี่ย 5.25±0.08) ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตาราง 20 เมื่อพิจารณาค่าปฏิกิริยาดินระหว่างพื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี มีค่าปฏิกิริยาสูงที่สุด (ค่าเฉลี่ย 5.41±0.13) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่าปฏิกิริยาสูงกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก (ค่าเฉลี่ย 5.28±0.09 และ 5.23±0.13) และระดับความลึกของดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่าง (ค่าเฉลี่ย 5.41±0.05 และ 5.10±0.04) (ภาพประกอบ 10)

4.1.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

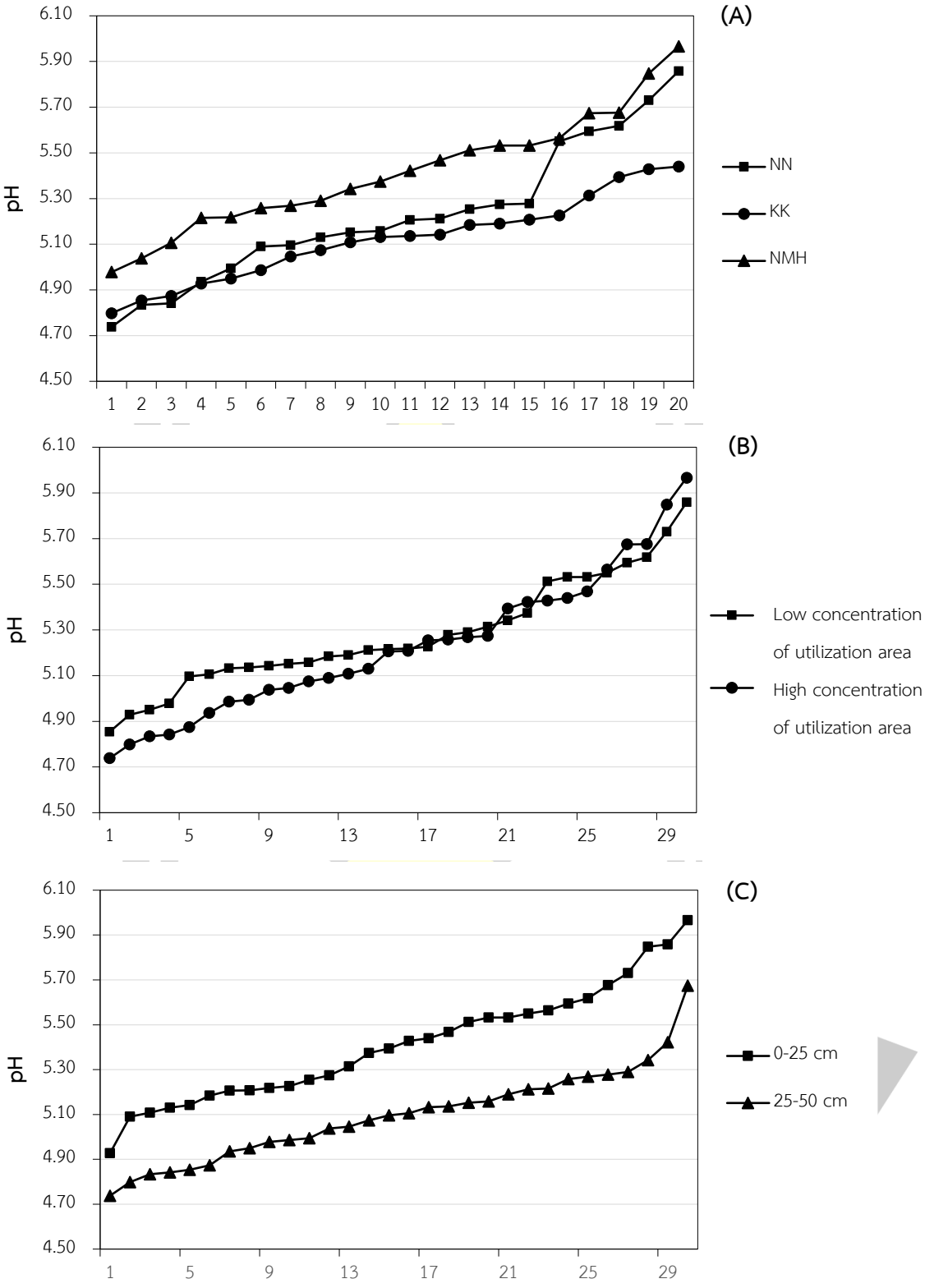
จากผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 15.45±0.86 กรัม/กิโลกรัมดิน โดยพื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุดเท่ากับ 17.42±2.12 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยเท่ากับ 17.50±1.45 และ 13.41±0.59 กรัม/กิโลกรัมดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 21) และระดับความลึกของดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากกว่าดินชั้นล่างเท่ากับ 10.68±0.66 และ 4.78±0.25 กรัม/กิโลกรัมดิน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 23)

4.1.2.3 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเท่ากับ 34.79±1.99 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ โดยพื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีค่ามากสุดเท่ากับ 39.83±4.98 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยเท่ากับ 39.87±3.37 และ 29.72±1.20 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 22) และระดับความลึกของดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากกว่าดินชั้นล่างเท่ากับ 23.39±1.42 และ 11.40±0.66 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 23)

ตาราง 20 ค่าปฏิกิริยาดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่	ระดับ (ซม.)	ค่าปฏิกิริยาดิน					
		นาสีนวน		โคกหนองคอง		หนองเม็ก-หนองฮี	
พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	0-25	5.55-5.86	กรดจัด-กรดปานกลาง	4.93-5.31	กรดจัดมาก-กรดจัด	5.22-5.53	กรดจัด
	25-50	5.10-5.28	กรดจัด	4.85-5.19	กรดจัดมาก-กรดจัด	4.98-5.34	กรดจัดมาก-กรดจัด
	0-50	5.10-5.86	กรดจัด-กรดปานกลาง	4.85-5.31	กรดจัดมาก-กรดจัด	4.98-5.53	กรดจัดมาก-กรดจัด
พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	0-25	5.09-5.27	กรดจัดมาก-กรดจัด	5.11-5.44	กรดจัด	5.47-5.97	กรดจัด-กรดปานกลาง
	25-50	4.74-4.99	กรดจัดมาก	4.80-5.07	กรดจัดมาก	5.04-5.67	กรดจัดมาก-กรดปานกลาง
	0-50	4.74-5.27	กรดจัดมาก-กรดจัด	4.80-5.44	กรดจัดมาก-กรดจัด	5.04-5.97	กรดจัดมาก-กรดปานกลาง



ภาพประกอบ 10 ค่าปฏิกิริยาดินในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม (A) พื้นที่ป่าชุมชน (B) พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ และ (C) ระดับความลึกของดิน

ตาราง 21 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกรัมดิน)						
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			เฉลี่ย
	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	
นาสีนวน	9.97 ± 1.08^{a}	3.81 ± 0.23^{b}	$13.78\pm1.26^{A\,a}$	10.40 ± 0.90^{a}	5.68 ± 0.31^{b}	$16.08\pm0.98^{A,B\,a}$	14.93 ± 0.84^{A}
โคกหนองคอง	9.14 ± 0.47^{a}	4.39 ± 0.20^{b}	$13.52\pm0.51^{A\,a}$	10.10 ± 1.66^{a}	4.41 ± 0.64^{b}	$14.50\pm2.28^{A\,a}$	14.01 ± 1.11^{A}
หนองเม็ก-หนองฮี	8.65 ± 1.25^{a}	4.28 ± 0.15^{b}	$12.93\pm1.30^{A\,a}$	15.79 ± 1.99^{a}	6.11 ± 1.05^{b}	$21.90\pm2.91^{B\,b}$	17.42 ± 2.12^{A}
เฉลี่ย	9.25 ± 0.55^{a}	4.16 ± 0.13^{b}	13.41 ± 0.59^{a}	12.10 ± 1.10^{a}	5.40 ± 0.44^{b}	17.50 ± 1.45^{b}	15.45 ± 0.86

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-50 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 22 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)						เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			
	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	0-25 ซม.	25-50 ซม.	0-50 ซม.	
นาสีนวน	21.05±2.11^{a}	8.62±0.50^{b}	29.67±2.52$^{A\ a}$	22.42±1.67^{a}	12.84±0.69^{b}	35.26±1.99$^{A\ a}$	32.47±1.78^{A}
โคกหนองคอง	20.39±0.93^{a}	10.44±0.45^{b}	30.84±0.95$^{A\ a}$	23.01±3.55^{a}	10.31±1.64^{b}	33.32±5.16$^{A\ a}$	32.08±2.51^{A}
หนองเม็ก-หนองฮี	18.84±2.58^{a}	9.81±0.37^{b}	28.65±2.71$^{A\ a}$	34.65±4.44^{a}	16.37±2.33^{b}	51.02±6.44$^{A\ b}$	39.83±4.98^{A}
เฉลี่ย	20.09±1.10^{a}	9.63±0.31^{b}	29.72±1.20^{a}	26.69±2.37^{a}	13.17±1.12^{b}	39.87±3.37^{b}	34.79±1.99

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-50 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 23 สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด

สมบัติดิน	ระดับความลึก (ซม.)	
	0-25	25-50
ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.53±0.01[a]	1.60±0.01[b]
ปริมาณความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	11.02±0.52[a]	10.64±0.40[a]
อุณหภูมิดิน (องศาเซลเซียส)	26.37±0.34[a]	26.10±0.30[a]
ทราย (ร้อยละ)	65.74-84.37	59.76-80.28
ทรายแป้ง (ร้อยละ)	9.30-26.98	10.62-24.18
ดินเหนียว (ร้อยละ)	5.30-12.00	8.08-19.20
เนื้อดิน*	ทรายปนดินร่วน-ดินร่วนเหนียวปนทราย	ดินร่วนปนทราย-ดินร่วนเหนียวปนทราย
ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกรัมดิน)	10.68±0.66[a]	4.78±0.25[b]
ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)	23.39±1.42[a]	11.40±0.66[b]
ค่าปฏิกิริยาดิน	4.93-5.97 กรดจัดมาก-กรดปานกลาง	4.74-5.67 กรดจัดมาก-กรดปานกลาง

หมายเหตุ: * จำแนกตามระบบของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (ระบบ USDA)

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างระดับความลึก 0-25 และ 25-50 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

4.2 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าชุมชน

4.2.1. ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอย

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอย พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยเท่ากับ 166.81±4.91 กรัม/ตารางเมตร และ 78.40±2.31 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร โดยพื้นที่ป่าชุมชนนาสีนวนมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมากที่สุดเท่ากับ 194.04±9.27 กรัม/ตารางเมตร และ 91.20±4.36 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยเท่ากับ 177.94±7.05 กรัม/ตารางเมตร และ 83.63±3.31 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และระดับความลึกของดิน พบว่า ดินชั้นบนมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมากกว่าดินชั้นล่างเท่ากับ 107.83±3.70 กรัม/ตารางเมตร และ 50.68±1.74 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 24 และ 26)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 24 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร)						เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			
	0-10 ซม.	10-20 ซม.	0-20 ซม.	0-10 ซม.	10-20 ซม.	0-20 ซม.	
นาสีนวน	105.27±10.83^{a}	74.01±5.41^{b}	179.28±13.88$^{A\ a}$	134.96±8.83^{a}	73.85±5.26^{b}	208.81±11.83$^{A\ a}$	194.04±9.27^{A}
โคกหนองคอง	113.18±6.20^{a}	61.00±3.99^{b}	174.18±7.61$^{A\ a}$	105.51±6.62^{a}	49.37±3.93^{b}	154.88±9.29$^{B\ a}$	164.53±6.10^{B}
หนองเม็ก-หนองฮี	70.23±4.34^{a}	43.38±3.73^{b}	113.61±6.69$^{B\ a}$	117.84±10.87^{a}	52.29±4.70^{b}	170.14±12.98$^{B\ b}$	141.87±8.28^{C}
เฉลี่ย	96.23±4.86^{a}	59.46±2.96^{b}	155.69±6.63^{a}	119.44±5.28^{a}	58.50±2.94^{b}	177.94±7.05^{b}	166.81±4.91

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-10 และ 10-20 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 25 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชน

พื้นที่ป่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอย (กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร)						เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก			
	0-10 ซม.	10-20 ซม.	0-20 ซม.	0-10 ซม.	10-20 ซม.	0-20 ซม.	
นาสีนวน	49.48±5.09^{a}	34.79±2.54^{b}	84.26±6.52$^{A\ a}$	63.43±4.15^{a}	34.71±2.47^{b}	98.14±5.56$^{A\ a}$	91.20±4.36^{A}
โคกหนองคอง	53.19±2.91^{a}	28.67±1.88^{b}	81.86±3.58$^{A\ a}$	49.59±3.11^{a}	23.20±1.85^{b}	72.79±4.37$^{B\ a}$	77.33±2.87^{B}
หนองเม็ก-หนองฮี	33.01±2.04^{a}	20.39±1.75^{b}	53.40±3.14$^{B\ a}$	55.39±5.11^{a}	24.58±2.21^{b}	79.96±6.10$^{B\ b}$	66.68±3.89^{C}
เฉลี่ย	45.23±2.28^{a}	27.95±1.37^{b}	73.17±3.12^{a}	56.14±2.48^{a}	27.50±1.38^{b}	83.63±3.31^{b}	78.40±2.31

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างระดับความลึก 0-10 และ 10-20 ซม. ภายในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์เดียวกัน และความแตกต่างของค่าเฉลี่ยที่ระดับความลึก 0-20 ซม. ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 26 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยแบ่งตามระดับความลึกในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด

ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย	ระดับความลึก (ซม.)	
	0-10	10-20
ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร)	107.83±3.70^{a}	58.98±2.07^{b}
ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร)	50.68±1.74^{a}	27.72±0.97^{b}

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างระดับความลึก 0-10 และ 10-20 ซม. อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

4.3 ปริมาณซากพืชในป่าชุมชน

4.3.1 ปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืช

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืช พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชเท่ากับ 248.76±9.60 กรัม/ตารางเมตร และ 116.92±4.51 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร โดยพื้นที่ป่าชุมชนนาสีนวนมีค่ามากสุดเท่ากับ 304.17±13.86 กรัม/ตารางเมตร และ 142.96±6.51 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากเท่ากับ 278.25±13.15 กรัม/ตารางเมตร และ 130.78±6.18 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 27 และ 28)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

ตาราง 27 ปริมาณซากพืชแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	ปริมาณซากพืช (กรัม/ตารางเมตร)		เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	
นาสีนวน	343.70±19.85$^{A\,a}$	264.65±16.12$^{A\,b}$	304.17±13.86^{A}
โคกหนองคอง	309.33±18.89$^{A\,a}$	254.69±23.70$^{A\,a}$	282.01±15.50^{A}
หนองเม็ก-หนองฮี	181.72±15.57$^{B\,a}$	138.45±19.57$^{B\,a}$	160.09±12.76^{B}
เฉลี่ย	278.25±13.15^{a}	219.26±13.21^{b}	248.76±9.60

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

ตาราง 28 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืช (กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร)		เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	
นาสีนวน	161.54±9.33$^{A\,a}$	124.38±7.58$^{A\,b}$	142.96±6.51^{A}
โคกหนองคอง	145.39±8.88$^{A\,a}$	119.70±11.14$^{A\,a}$	132.55±7.28^{A}
หนองเม็ก-หนองฮี	85.41±7.32$^{B\,a}$	65.07±9.20$^{B\,a}$	75.24±6.00^{B}
เฉลี่ย	130.78±6.18^{a}	103.05±6.21^{b}	116.92±4.51

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT
ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

4.4 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในป่าชุมชน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ ดัชนีความหลากชนิด ดัชนีความสม่ำเสมอ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งพบว่า

จากผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม พบพรรณไม้ในแปลงสำรวจทั้งหมด 1,572 ต้น (ความหนาแน่น 1,310 ต้น/เฮกตาร์) จำแนกได้ 66 ชนิด 57 สกุล 29 วงศ์ (ภาคผนวก 1) ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Weiner index) เท่ากับ 3.38 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index) เท่ากับ 0.81 ขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของไม้ต้นเท่ากับ 16.52±2.56 ตารางเมตร/เฮกตาร์ (ตาราง 29 และ 30) ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เต็ง ประดู่ รัง แดง และเหียง ตามลำดับ (ตาราง 31 และ 34) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 89.29±10.22 ตัน/เฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 41.97±4.80 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 35 และ 36) จำแนกจำนวนต้นต่อการกระจายชั้นความสูงและความโตของไม้ต้นแบ่งออกเป็น 6 ชั้น ดังแสดงในภาพประกอบ 11

พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย พบพรรณไม้ทั้งหมด 865 ต้น/แปลง (1,442 ต้น/เฮกตาร์) จำแนกได้ 51 ชนิด 46 สกุล 25 วงศ์ (ภาคผนวก 2) ค่าดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 2.98 ค่าดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.76 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นเท่ากับ 19.40±4.61 ตารางเมตร/เฮกตาร์ (ตาราง 29 และ 30) ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เต็ง รัง แดง ประดู่ และมะกอกเกลื้อน ตามลำดับ (ตาราง 32 และ 34) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเท่ากับ 112.20±17.01 ตัน/เฮกตาร์ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเท่ากับ 52.73±8.00 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 35 และ 36) จำแนกจำนวนต้นต่อการกระจายชั้นความสูงและความโตของไม้ต้นแบ่งออกเป็น 6 ชั้น ดังแสดงในภาพประกอบ 12) และพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากพบพรรณไม้ทั้งหมด 707 ต้น/แปลง (1,178 ต้น/เฮกตาร์) จำแนกได้ 59 ชนิด 55 สกุล 29 วงศ์ (ภาคผนวก 2) ดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 3.49 ดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.86 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นเท่ากับ 13.63±1.81 ตารางเมตร/เฮกตาร์(ตาราง 29 และ 30) ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เหียง ประดู่ มะค่าแต้ มะกอกเกลื้อน และแดง ตามลำดับ (ตาราง 33 และ 34) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเท่ากับ 66.38±8.27 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเท่ากับ 31.20±3.89 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 35 และ 36) จำแนกจำนวนต้นต่อการกระจายชั้นความสูงและความโตของไม้ต้นแบ่งออกเป็น

6 ชั้น ดังแสดงในภาพประกอบ 12 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นของทั้ง 2 พื้นที่ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 35 และ 36)

ป่าชุมชนนาสีนวน พบพรรณไม้ทั้งหมด 452 ต้น (1,130 ต้น/เฮกตาร์) จำแนกได้ 45 ชนิด 40 สกุล 21 วงศ์ ดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 3.06 ดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.80 ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นเท่ากับ 11.68±0.27 ตารางเมตร/เฮกตาร์ (ตาราง 29 และ 30) ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เหียง แดง มะม่วงป่า ติ้วขาว และรัง ตามลำดับ (ตาราง 34) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเท่ากับ 47.86±5.94 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเท่ากับ 22.50±2.79 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 35 และ 36) จำแนกจำนวนต้นต่อการกระจายชั้นความสูงและความโตของไม้ต้นแบ่งออกเป็น 6 ชั้น มีลักษณะการกระจายของประชากรไม้ต้นเป็นแบบ L-Shape ซึ่งเป็นลักษณะของป่าที่อยู่ระหว่างการทดแทนและฟื้นฟูตัวเอง หรือเรียกว่า ป่าทุติยภูมิ (Secondary forest) ดังแสดงในภาพประกอบ 13 และ 14

ป่าชุมชนโคกหนองคองพบพรรณไม้ในพื้นที่แปลงสำรวจทั้งหมด 492 ต้น (ความหนาแน่น 1,230 ต้น/เฮกตาร์) จำแนกได้ 48 ชนิด 45 สกุล 25 วงศ์ ดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 2.83 ดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.73 ขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของไม้ต้นเท่ากับ 18.33±1.07 ตารางเมตร/เฮกตาร์ (ตาราง 29 และ 30) ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ เต็ง รัง ประดู่ หมักม่อ และแดง ตามลำดับ (ตาราง 34) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 103.07±6.71 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 48.44±3.15 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 35 และ 36) จำแนกจำนวนต้นต่อการกระจายชั้นความสูงและความโตของไม้ต้นแบ่งออกเป็น 6 ชั้น มีลักษณะการกระจายของประชากรไม้ต้นเป็นแบบ L-Shape ซึ่งเป็นลักษณะของป่าที่อยู่ระหว่างการทดแทนและฟื้นฟูตัวเอง หรือเรียกว่า ป่าทุติยภูมิ (Secondary forest) ดังแสดงในภาพประกอบ 13 และ 14

ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีพบพรรณไม้ในแปลงสำรวจทั้งหมด 628 ต้น (ความหนาแน่น 1,570 ต้น/เฮกตาร์) จำแนกได้ 47 ชนิด 44 สกุล 25 วงศ์ ดัชนีความหลากชนิดเท่ากับ 3.25 ดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.84 ขนาดพื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของไม้ต้นเท่ากับ 19.54±7.85 ตารางเมตร/เฮกตาร์ (ตาราง 29 และ 30) ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ ประดู่ รัง เต็ง แดง และมะค่าแต้ ตามลำดับ (ตาราง 34) มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 116.94±25.16 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นเฉลี่ยเท่ากับ 54.96±11.82 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 35 และ 36) จำแนกจำนวนต้นต่อการ

กระจายชั้นความสูงและความโตของไม้ต้นแบ่งออกเป็น 6 ชั้น มีลักษณะการกระจายของประชากรไม้ต้นเป็นแบบ L-Shape ซึ่งเป็นลักษณะของป่าที่อยู่ระหว่างการทดแทนและฟื้นฟูตัวเอง หรือเรียกว่าป่าทุติยภูมิ (Secondary forest) ดังแสดงในภาพประกอบ 13 และ 14

นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีค่ามากกว่าป่าชุมชนโคกหนองคองและป่าชุมชนนาสีนวนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 35 และ 36)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 29 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย			รวม		
	ชนิด	ความหนาแน่น (ต้น/เฮกตาร์)	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร/เฮกตาร์)	ชนิด	ความหนาแน่น (ต้น/เฮกตาร์)	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร/เฮกตาร์)	ชนิด	ความหนาแน่น (ต้น/เฮกตาร์)	ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตารางเมตร/เฮกตาร์)
นาสีนวน	30	1,025	11.42	42	1,235	11.95	45	1,130	11.68
โคกหนองคอง	24	1,550	19.40	42	910	17.26	48	1,230	18.33
หนองเม็ก-หนองฮี	38	1,750	27.38	32	1,390	11.69	47	1,570	19.54
รวม	51	1,442	19.40	59	1,178	13.63	66	1,310	16.52

ตาราง 30 ค่าดัชนีความหลากชนิด (Shannon-Weiner Index) และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness Index) ของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย		พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก		รวม	
	ดัชนีความหลากชนิด	ดัชนีความสม่ำเสมอ	ดัชนีความหลากชนิด	ดัชนีความสม่ำเสมอ	ดัชนีความหลากชนิด	ดัชนีความสม่ำเสมอ
นาสีนวน	2.91	0.85	2.89	0.77	3.06	0.80
โคกหนองคอง	2.01	0.63	3.38	0.91	2.83	0.73
หนองเม็ก-หนองฮี	2.97	0.82	2.90	0.84	3.25	0.84
รวม	2.98	0.76	3.49	0.86	3.38	0.81

ตาราง 31 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
1	กรวยป่า	*Casearia grewiifolia* Vent.	3	1	4	8	0.51	1.62	0.40	2.52
2	กระโดน	*Careya arborea* Roxb.	2	0	1	3	0.19	0.46	0.07	0.72
3	กระทุ่ม	Mitragyna hirsuta Havil.	10	4	11	25	1.59	2.78	1.47	5.84
4	กระบก	*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.	17	5	6	28	1.78	1.85	0.92	4.55
5	กระพี้เขาควาย	*Dalbergia cultrata* Graham Benth.	0	3	2	5	0.32	1.16	0.18	1.65
6	กัดลิ้น	*Walsura trichostemon* Miq.	6	16	5	27	1.72	2.08	1.53	5.33
7	กาสามปีก	*Vitex peduncularis* Wall. Ex Schauer	0	0	10	10	0.64	0.46	0.20	1.30
8	กำแพงเจ็ดชั้น	*Salacia chinensis* L.	0	2	0	2	0.13	0.23	0.04	0.40
9	กุ๊ก	*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.	19	5	10	34	2.16	3.24	1.34	6.74
10	ขว้าว	*Haldina cordifolia* (Roxb.) Ridsdale	0	0	1	1	0.06	0.23	0.21	0.51
11	ขันทองพยาบาท	*Suregada multiflora* (A. Juss.) Baill.	0	1	2	3	0.19	0.69	0.05	0.94
12	ข้าวสารป่า	*Pavetta tomentosa* Roxb. ex Sm.	1	3	0	4	0.25	0.69	0.07	1.02
13	คำมอกหลวง	*Gardenia sootepensis* Hutch.	8	3	0	11	0.70	1.62	0.24	2.56
14	แครกฟ้า	*Heterophragma sulfureum* Kurz	0	0	2	2	0.13	0.23	0.03	0.39
15	จิ้วป่า	*Bombax anceps* Pierre	2	7	3	12	0.76	2.31	1.26	4.33
16	ช้างน้าว	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.	2	1	1	4	0.25	0.69	0.13	1.08
17	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	37	41	72	150	9.54	6.48	4.22	20.25
18	ตะโกนา	*Diospyros rhodocalyx* Kurz	1	0	0	1	0.06	0.23	0.02	0.31
19	ตะโกพนม	*Diospyros castanea* (Craib) Fletche	3	3	5	11	0.70	1.62	0.28	2.60
20	ตะขบป่า	*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.	10	6	2	18	1.15	2.31	0.63	4.09

ตาราง 31 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
21	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa* (Lour.) Merr.	2	3	11	16	1.02	1.62	0.91	3.55
22	ตะแบกนา	*Lagerstroemia floribunda* Jack	3	6	24	33	2.10	2.31	0.63	5.05
23	ตะลุมพุก	*Tamilnadia uliginosa* (Retz.) Tirveng. & Sastre	0	0	2	2	0.13	0.23	0.04	0.40
24	ตับเต่าต้น	*Diospyros ehretioides* Wall. ex G.Don	3	3	0	6	0.38	0.69	0.54	1.62
25	ตานกกด	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	13	19	40	72	4.58	3.94	2.62	11.14
26	ติ้วเกลี้ยง	*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume	7	2	9	18	1.15	2.08	0.64	3.86
27	ติ้วขาว	*Cratoxylum formosum* (Jacq) Benth. & Hook. f. ex Dyer	25	1	29	55	3.50	3.24	1.56	8.30
28	ตีนนก	*Vitex pinnata* L.	0	2	0	2	0.13	0.23	0.04	0.40
29	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	13	144	47	204	12.98	4.40	11.77	29.15
30	เต็งหนาม	*Bridelia retusa* (L.) A.Juss.	0	1	3	4	0.25	0.69	0.42	1.37
31	น้ำใจใคร่	*Olax psittacorum* (Lam.) Vahl	0	0	2	2	0.13	0.23	0.02	0.38
32	ประดู่	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	14	26	45	85	5.41	4.86	13.43	23.70
33	พฤกษณ์	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	2	0	0	2	0.13	0.46	0.23	0.82
34	พลวง	*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.	0	0	14	14	0.89	0.23	3.80	4.92
35	พลองเหมือด	*Memecylon edule* Roxb.	1	1	30	32	2.04	1.62	0.44	4.10
36	พลับพลา	*Microcos tomentosa* Sm.	0	3	0	3	0.19	0.46	0.14	0.79
37	พะยอม	*Shorea roxburghii* G.Don	3	0	0	3	0.19	0.23	0.07	0.49
38	พันซาด	*Erythrophleum succirubrum* Gagnep.	6	2	9	17	1.08	1.39	0.53	3.00
39	มะกอก	*Spondias pinnata* (L. f.) Kurz	1	0	0	1	0.06	0.23	0.02	0.32
40	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	14	14	20	48	3.05	4.17	7.52	14.74

ตาราง 31 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
41	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	2	0	0	2	0.13	0.46	0.02	0.61
42	มะค่าแต้	*Sindora siamensis* Miq.	3	16	46	65	4.13	3.01	3.82	10.96
43	มะพอก	*Parinari anamensis* Hance	6	1	0	7	0.45	1.16	0.33	1.93
44	มะม่วงป่า	*Mangifera caloneura* Kurz.	17	5	1	23	1.46	1.39	3.11	5.96
45	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania cochinchinensis* (Lour.) M.R.Almeida	11	20	18	49	3.12	3.94	2.04	9.09
46	มะหวด	*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.	1	0	0	1	0.06	0.23	0.03	0.33
47	มะหาด	*Artocarpus lacucha* Buch.-Ham.	0	3	0	3	0.19	0.46	0.34	1.00
48	เม่าไข่ปลา	*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.	0	1	6	7	0.45	0.93	0.12	1.49
49	ยมหิน	*Chukrasia tabularis* A.Juss.	0	2	5	7	0.45	0.93	0.99	2.36
50	ยอเถื่อน	*Morinda citrifolia* L.	7	8	10	25	1.59	3.24	1.27	6.10
51	รกฟ้า	*Terminalia alata* Roth	0	0	14	14	0.89	0.23	0.46	1.58
52	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	21	34	45	100	6.36	3.94	12.65	22.95
53	ราชพฤกษ์	*Cassia fistula* L.	0	0	1	1	0.06	0.23	0.01	0.31
54	ส้มกบ	*Hymenodictyon orixense* (Roxb.) Mabb.	1	3	0	4	0.25	0.69	0.32	1.27
55	สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz.	0	1	0	1	0.06	0.23	0.05	0.34
56	สะเดา	*Azadirachta indica* A.Juss.	5	0	1	6	0.38	0.93	0.49	1.80
57	แสมสาร	*Senna garrettiana* (Craib) H.S.Irwin & Barneby.	3	2	3	8	0.51	1.39	0.27	2.17
58	แสลงใจ	*Strychnos nux-vomica* L.	8	6	3	17	1.08	1.62	0.81	3.51
59	หนามขวากช้าง	*Meyna velutina* Robyns	3	2	3	8	0.51	1.62	0.10	2.23
60	หนามแท่ง	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.	20	1	28	49	3.12	2.31	1.50	6.93

ตาราง 31 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
61	หมักม่อ	*Rothmannia wittii* (Craib) Bremek.	1	52	19	72	4.58	3.24	2.23	10.05
62	หมี่เหม็น	*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob.	1	0	0	1	0.06	0.23	0.06	0.36
63	หว้า	*Syzygium cumini* (L.) Skeels	0	1	2	3	0.19	0.69	0.17	1.05
64	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	114	1	0	115	7.32	2.08	9.46	18.86
65	อะราง	*Peltophorum dasyrrhachis* (Miq.) Kurz	0	5	0	5	0.32	0.23	0.67	1.22
66	อินทนิลบก	*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.	0	0	1	1	0.06	0.23	0.01	0.30
		รวม	116	59	22	1572	100.00	100.00	100.00	300.00

หมายเหตุ: D แทน ความหนาแน่น (ต้น/เฮกตาร์), F แทน ความถี่ BA แทน ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม./เฮกตาร์), RD แทน ความหนาแน่นสัมพัทธ์, RF แทน ความถี่สัมพัทธ์, RDO แทน ความเด่นสัมพัทธ์, IVI แทน ค่าดัชนีอันดับความสำคัญ

ตาราง 32 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย จังหวัดมหาสารคาม

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
1	กรวยป่า	*Casearia grewiifolia* Vent.	0	0	4	4	0.46	1.43	0.27	2.16
2	กระโดน	*Careya arborea* Roxb.	0	0	1	1	0.12	0.48	0.02	0.61
3	กระทุ่ม	Mitragyna hirsuta Havil.	8	4	7	19	2.20	3.81	2.01	8.02
4	กระบก	*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.	10	0	5	15	1.73	2.38	1.07	5.19
5	กระพี้เขาควาย	*Dalbergia cultrata* Graham Benth.	0	0	2	2	0.23	0.95	0.07	1.25
6	กัดลิ้น	*Walsura trichostemon* Miq.	0	3	2	5	0.58	1.43	0.62	2.63
7	กุ๊ก	*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.	11	4	2	17	1.97	2.86	1.12	5.94
8	ขว้าว	*Haldina cordifolia* (Roxb.) Ridsdale	0	0	1	1	0.12	0.48	0.36	0.96
9	ขันทองพยาบาท	*Suregada multiflora* (A. Juss.) Baill.	0	0	2	2	0.23	0.95	0.05	1.24
10	ข้าวสารป่า	*Pavetta tomentosa* Roxb. ex Sm.	1	0	0	1	0.12	0.48	0.03	0.62
11	คำมอกหลวง	*Gardenia sootepensis* Hutch.	3	0	0	3	0.35	0.95	0.17	1.47
12	งิ้วป่า	*Bombax anceps* Pierre	1	4	1	6	0.69	2.38	0.89	3.97
13	ช้างน้าว	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.	0	1	1	2	0.23	0.95	0.13	1.32
14	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	21	29	56	106	12.25	7.14	5.04	24.43
15	ตะโกพนม	*Diospyros castanea* (Craib) Fletche	3	3	5	11	1.27	3.33	0.48	5.09
16	ตะขบป่า	*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.	1	0	1	2	0.23	0.95	0.04	1.22
17	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa* (Lour.) Merr.	2	1	8	11	1.27	1.90	0.53	3.71
18	ตะแบกนา	*Lagerstroemia floribunda* Jack	0	0	19	19	2.20	0.95	0.58	3.73
19	ตับเต่าต้น	*Diospyros ehretioides* Wall. ex G.Don	1	0	0	1	0.12	0.48	0.14	0.74
20	ตานกกด	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	9	6	38	53	6.13	4.76	3.02	13.91

ตาราง 32 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
21	ติ้วเกลี้ยง	*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume	4	0	1	5	0.58	1.43	0.11	2.12
22	ติ้วขาว	*Cratoxylum formosum* (Jacq) Benth. & Hook. f. ex Dyer	22	0	5	27	3.12	3.81	1.50	8.43
23	ตีนนก	*Vitex pinnata* L.	0	2	0	2	0.23	0.48	0.07	0.78
24	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	11	142	33	186	21.50	6.67	18.77	46.94
25	เต็งหนาม	*Bridelia retusa* (L.) A.Juss.	0	0	3	3	0.35	0.95	0.57	1.87
26	ประดู่	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	7	11	17	35	4.05	5.24	12.18	21.46
27	พฤกษณ์	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	1	0	0	1	0.12	0.48	0.24	0.83
28	พลวง	*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.	0	0	14	14	1.62	0.48	6.47	8.57
29	พลองเหมือด	*Memecylon edule* Roxb.	0	0	25	25	2.89	1.43	0.54	4.86
30	พันซาด	*Erythrophleum succirubrum* Gagnep.	2	0	0	2	0.23	0.48	0.03	0.74
31	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	7	4	20	31	3.58	5.71	6.84	16.14
32	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	1	0	0	1	0.12	0.48	0.02	0.61
33	มะค่าแต้	*Sindora siamensis* Miq.	1	7	3	11	1.27	2.86	0.83	4.96
34	มะพอก	*Parinari anamensis* Hance	2	0	0	2	0.23	0.48	0.08	0.79
35	มะม่วงป่า	*Mangifera caloneura* Kurz.	2	2	1	5	0.58	1.43	2.70	4.70
36	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania cochinchinensis* (Lour.) M.R.Almeida	7	9	17	33	3.82	4.76	2.50	11.08
37	มะหาด	*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.	0	1	0	1	0.12	0.48	0.09	0.68
38	ยมหิน	*Chukrasia tabularis* A.Juss.	0	1	3	4	0.46	0.95	0.68	2.09
39	ยอเถื่อน	*Morinda citrifolia* L.	2	2	7	11	1.27	3.33	1.06	5.66
40	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	19	28	19	66	7.63	4.76	17.97	30.36

ตาราง 32 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
41	ราชพฤกษ์	*Cassia fistula* L.	0	0	1	1	0.12	0.48	0.02	0.61
42	สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz.	0	1	0	1	0.12	0.48	0.08	0.67
43	สะเดา	*Azadirachta indica* A.Juss.	2	0	0	2	0.23	0.48	0.60	1.31
44	แสมสาร	*Senna garrettiana* (Craib) H.S.Irwin & Barneby.	2	0	1	3	0.35	1.43	0.16	1.94
45	แสลงใจ	*Strychnos nux-vomica* L.	0	2	3	5	0.58	1.43	0.52	2.53
46	หนามขวากช้าง	*Meyna velutina* Robyns	0	0	1	1	0.12	0.48	0.03	0.62
47	หนามแท่ง	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.	11	0	0	11	1.27	1.90	0.49	3.67
48	หมักม่อ	*Rothmannia wittii* (Craib) Bremek.	0	42	18	60	6.94	4.29	2.50	13.72
49	หว้า	*Syzygium cumini* (L.) Skeels	0	0	2	2	0.23	0.95	0.25	1.44
50	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	31	1	0	32	3.70	1.90	5.41	11.01
51	อินทนิลบก	*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.	0	0	1	1	0.12	0.48	0.01	0.61
		รวม	46	46	27	865	100.00	100.00	100.00	300.00

หมายเหตุ: D แทน ความหนาแน่น (ต้น/เฮกตาร์), F แทน ความถี่ BA แทน ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม./เฮกตาร์), RD แทน ความหนาแน่นสัมพัทธ์, RF แทน ความถี่สัมพัทธ์, RDO แทน ความเด่นสัมพัทธ์, IVI แทน ค่าดัชนีอันดับความสำคัญ

ตาราง 33 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก จังหวัดมหาสารคาม

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
1	กรวยป่า	*Casearia grewiifolia* Vent.	3	1	0	4	0.57	1.80	0.57	2.94
2	กระโดน	*Careya arborea* Roxb.	2	0	0	2	0.28	0.45	0.13	0.86
3	กระทุ่ม	Mitragyna hirsuta Havil.	2	0	4	6	0.85	1.80	0.71	3.36
4	กระบก	*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.	7	5	1	13	1.84	1.35	0.71	3.90
5	กระพี้เขาควาย	*Dalbergia cultrata* Graham Benth.	0	3	0	3	0.42	1.35	0.34	2.11
6	กัดลิ้น	*Walsura trichostemon* Miq.	6	13	3	22	3.11	2.70	2.83	8.65
7	กาสามปีก	*Vitex peduncularis* Wall. Ex Schauer	0	0	10	10	1.41	0.90	0.49	2.80
8	กำแพงเจ็ดชั้น	*Salacia chinensis* L.	0	2	0	2	0.28	0.45	0.09	0.82
9	กุ๊ก	*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.	8	1	8	17	2.40	3.60	1.64	7.65
10	ขันทองพยาบาท	*Suregada multiflora* (A. Juss.) Baill.	0	1	0	1	0.14	0.45	0.05	0.64
11	ข้าวสารป่า	*Pavetta tomentosa* Roxb. ex Sm.	0	3	0	3	0.42	0.90	0.12	1.45
12	คำมอกหลวง	*Gardenia sootepensis* Hutch.	5	3	0	8	1.13	2.25	0.33	3.72
13	แครกฟ้า	*Heterophragma sulfureum* Kurz	0	0	2	2	0.28	0.45	0.07	0.80
14	งิ้วป่า	*Bombax anceps* Pierre	1	3	2	6	0.85	2.25	1.77	4.87
15	ช้างน้าว	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.	2	0	0	2	0.28	0.45	0.13	0.87
16	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	16	12	16	44	6.22	5.86	3.06	15.14
17	ตะโกนา	*Diospyros rhodocalyx* Kurz	1	0	0	1	0.14	0.45	0.04	0.63
18	ตะขบป่า	*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.	9	6	1	16	2.26	3.60	1.47	7.33
19	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa* (Lour.) Merr.	0	2	3	5	0.71	1.35	1.45	3.51
20	ตะแบกนา	*Lagerstroemia floribunda* Jack	3	6	5	14	1.98	3.60	0.71	6.30

ตาราง 33 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
21	ตะลุมพุก	*Tamilnadia uliginosa* (Retz.) Tirveng. & Sastre	0	0	2	2	0.28	0.45	0.10	0.83
22	ตับเต่าต้น	*Diospyros ehretioides* Wall. ex G.Don	2	3	0	5	0.71	0.90	1.11	2.72
23	ตานกกด	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	4	13	2	19	2.69	3.15	2.05	7.89
24	ติ้วเกลี้ยง	*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume	3	2	8	13	1.84	2.70	1.38	5.92
25	ติ้วขาว	*Cratoxylum formosum* (Jacq) Benth. & Hook. f. ex Dyer	3	1	24	28	3.96	2.70	1.65	8.31
26	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	2	2	14	18	2.55	2.25	1.81	6.61
27	เต็งหนาม	*Bridelia retusa* (L.) A.Juss.	0	1	0	1	0.14	0.45	0.22	0.81
28	น้ำใจใคร่	*Olax psittacorum* (Lam.) Vahl	0	0	2	2	0.28	0.45	0.06	0.79
29	ประดู่	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	7	15	28	50	7.07	4.50	15.22	26.79
30	พฤกษณ์	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	1	0	0	1	0.14	0.45	0.21	0.80
31	พลองเหมือด	*Memecylon edule* Roxb.	1	1	5	7	0.99	1.80	0.30	3.10
32	พลับพลา	*Microcos tomentosa* Sm.	0	3	0	3	0.42	0.90	0.34	1.67
33	พะยอม	*Shorea roxburghii* G.Don	3	0	0	3	0.42	0.45	0.16	1.04
34	พันซาด	*Erythrophleum succirubrum* Gagnep.	4	2	9	15	2.12	2.25	1.24	5.61
35	มะกอก	*Spondias pinnata* (L. f.) Kurz	1	0	0	1	0.14	0.45	0.05	0.64
36	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	7	10	0	17	2.40	2.70	8.48	13.59
37	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	1	0	0	1	0.14	0.45	0.03	0.62
38	มะค่าแต้	*Sindora siamensis* Miq.	2	9	43	54	7.64	3.15	8.07	18.86
39	มะพอก	*Parinari anamensis* Hance	4	1	0	5	0.71	1.80	0.69	3.20
40	มะม่วงป่า	*Mangifera caloneura* Kurz.	15	3	0	18	2.55	1.35	3.71	7.60

ตาราง 33 ค่าดัชนีความสำคัญ (Important Value Index) ของพันธุ์ไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)	RD	RF	RDO	IVI
			นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี					
41	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania cochinchinensis* (Lour.) M.R.Almeida	4	11	1	16	2.26	3.15	1.39	6.81
42	มะหวด	*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.	1	0	0	1	0.14	0.45	0.08	0.68
43	มะหาด	*Artocarpus lacucha* Buch.-Ham.	0	2	0	2	0.28	0.45	0.70	1.43
44	เม่าไข่ปลา	*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.	0	1	6	7	0.99	1.80	0.29	3.08
45	ยมหิน	*Chukrasia tabularis* A.Juss.	0	1	2	3	0.42	0.90	1.44	2.77
46	ยอเถื่อน	*Morinda citrifolia* L.	5	6	3	14	1.98	3.15	1.57	6.71
47	รกฟ้า	*Terminalia alata* Roth	0	0	14	14	1.98	0.45	1.11	3.55
48	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	2	6	26	34	4.81	3.15	5.08	13.04
49	ส้มกบ	*Hymenodictyon orixense* (Roxb.) Mabb.	1	3	0	4	0.57	1.35	0.77	2.69
50	สะเดา	*Azadirachta indica* A.Juss.	3	0	1	4	0.57	1.35	0.33	2.25
51	แสมสาร	*Senna garrettiana* (Craib) H.S.Irwin & Barneby.	1	2	2	5	0.71	1.35	0.43	2.49
52	แสลงใจ	*Strychnos nux-vomica* L.	8	4	0	12	1.70	1.80	1.21	4.71
53	หนามขวากช้าง	*Meyna velutina* Robyns	3	2	2	7	0.99	2.70	0.20	3.89
54	หนามแท่ง	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.) Tirveng.	9	1	28	38	5.37	2.70	2.93	11.01
55	หมักม่อ	*Rothmannia wittii* (Craib) Bremek.	1	10	1	12	1.70	2.25	1.84	5.79
56	หมี่เหม็น	*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob.	1	0	0	1	0.14	0.45	0.15	0.74
57	หว้า	*Syzygium cumini* (L.) Skeels	0	1	0	1	0.14	0.45	0.04	0.63
58	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	83	0	0	83	11.74	2.25	15.22	29.22
59	อะราง	*Peltophorum dasyrrhachis* (Miq.) Kurz	0	5	0	5	0.71	0.45	1.62	2.78
		รวม	122	55	86	263	100.00	100.00	100.00	300.00

หมายเหตุ: D แทน ความหนาแน่น (ต้น/เฮกตาร์), F แทน ความถี่ BA แทน ขนาดพื้นที่หน้าตัด (ตร.ม./เฮกตาร์), RD แทน ความหนาแน่นสัมพัทธ์, RF แทน ความถี่สัมพัทธ์, RDO แทน ความเด่นสัมพัทธ์, IVI แทน ค่าดัชนีอันดับความสำคัญ

ตาราง 34 ค่าดัชนีความสำคัญของพันธุ์ไม้ที่พบมากที่สุด 5 อันดับแรก

พื้นที่	ชื่อพื้นสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	ค่าดัชนีความสำคัญ
นาสีนวน	1) เหียง	1) *Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	69.48
	2) แดง	2) *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	18.45
	3) มะม่วงป่า	3) *Mangifera caloneura* Kurz.	13.39
	4) ติ้วขาว	4) *Cratoxylum formosum* (Jacq) Benth. & Hook. f. ex Dyer	13.21
	5) รัง	5) *Shorea siamensis* Miq.	13.15
โคกหนองคอง	1) เต็ง	1) *Shorea obtusa* Wall. ex Blume	52.47
	2) รัง	2) *Shorea siamensis* Miq.	26.98
	3) ประดู่	3) *Pterocarpus macrocarpus* Kurz	26.36
	4) หมักม่อ	4) *Rothmannia wittii* (Craib) Bremek.	19.52
	5) แดง	5) *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	18.94
หนองเม็ก-หนองฮี	1) ประดู่	1) *Pterocarpus macrocarpus* Kurz	27.56
	2) รัง	2) *Shorea siamensis* Miq.	25.81
	3) เต็ง	3) *Shorea obtusa* Wall. ex Blume	22.40
	4) แดง	4) *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	22.37
	5) มะค่าแต้	5) *Sindora siamensis* Miq.	16.36
พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	1) เต็ง	1) *Shorea obtusa* Wall. ex Blume	44.04
	2) รัง	2) *Shorea siamensis* Miq.	28.61
	3) แดง	3) *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	21.05
	4) ประดู่	4) *Pterocarpus macrocarpus* Kurz	19.98
	5) มะกอกเกลื้อน	5) *Canarium subulatum* Guillaumin	14.18
พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	1) เหียง	1) *Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	30.11
	2) ประดู่	2) *Pterocarpus macrocarpus* Kurz	25.43
	3) มะค่าแต้	3) *Sindora siamensis* Miq.	18.85
	4) มะกอกเกลื้อน	4) *Canarium subulatum* Guillaumin	14.03
	5) แดง	5) *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	12.43
จังหวัดมหาสารคาม	1) เต็ง	1) *Shorea obtusa* Wall. ex Blume	27.49
	2) ประดู่	2) *Pterocarpus macrocarpus* Kurz	22.26
	3) รัง	3) *Shorea siamensis* Miq.	21.75
	4) เหียง	4) *Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	19.51
	5) แดง	5) *Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	17.19

ตาราง 35 มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (ตัน/เฮกตาร์)		เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	
นาสีนวน	48.24±7.08$^{A\ a}$	47.49±10.43$^{A\ a}$	47.86±5.94^{A}
โคกหนองคอง	107.86±6.04$^{B\ a}$	98.25±12.24$^{B\ a}$	103.06±6.71^{B}
หนองเม็ก-หนองฮี	180.48±27.47$^{C\ a}$	53.40±8.66$^{A\ b}$	116.94±25.16^{B}
เฉลี่ย	112.20±17.01^{a}	66.38±8.27^{b}	89.29±10.22

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

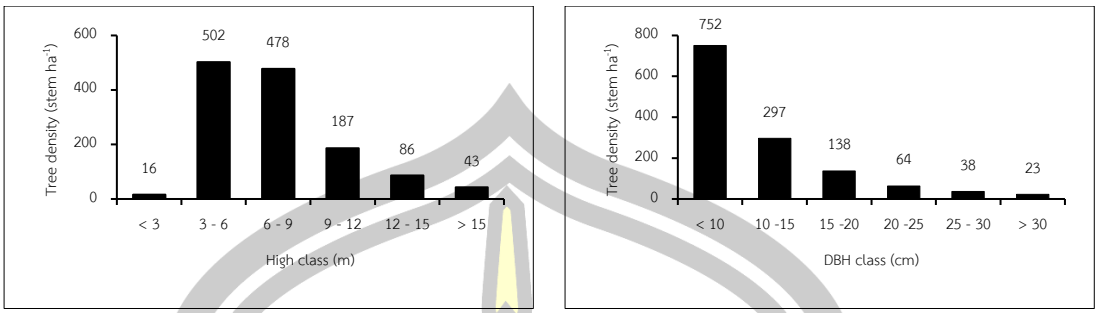
ตาราง 36 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)		เฉลี่ย
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก	
นาสีนวน	22.67±3.33$^{A\ a}$	22.32±4.90$^{A\ a}$	22.50±2.79^{A}
โคกหนองคอง	50.70±3.01$^{B\ a}$	46.18±5.75$^{B\ a}$	48.44±3.15^{B}
หนองเม็ก-หนองฮี	84.83±12.91$^{C\ a}$	25.10±12.48$^{A\ b}$	54.97±11.82^{B}
เฉลี่ย	52.73±8.00^{a}	31.20±3.89^{b}	41.97±4.80

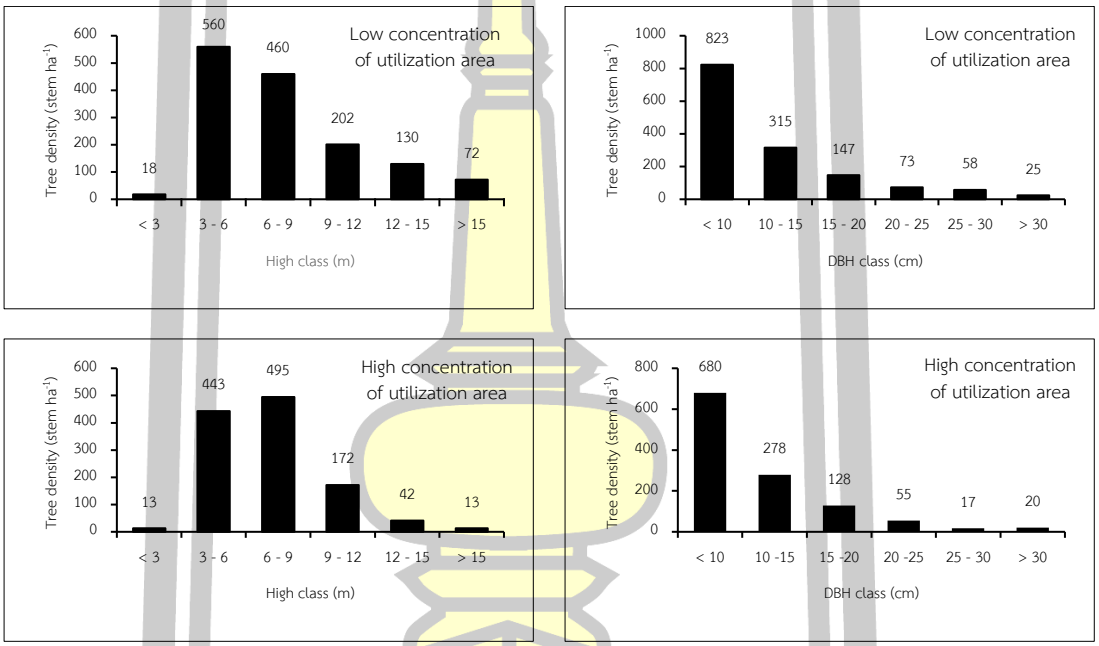
หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

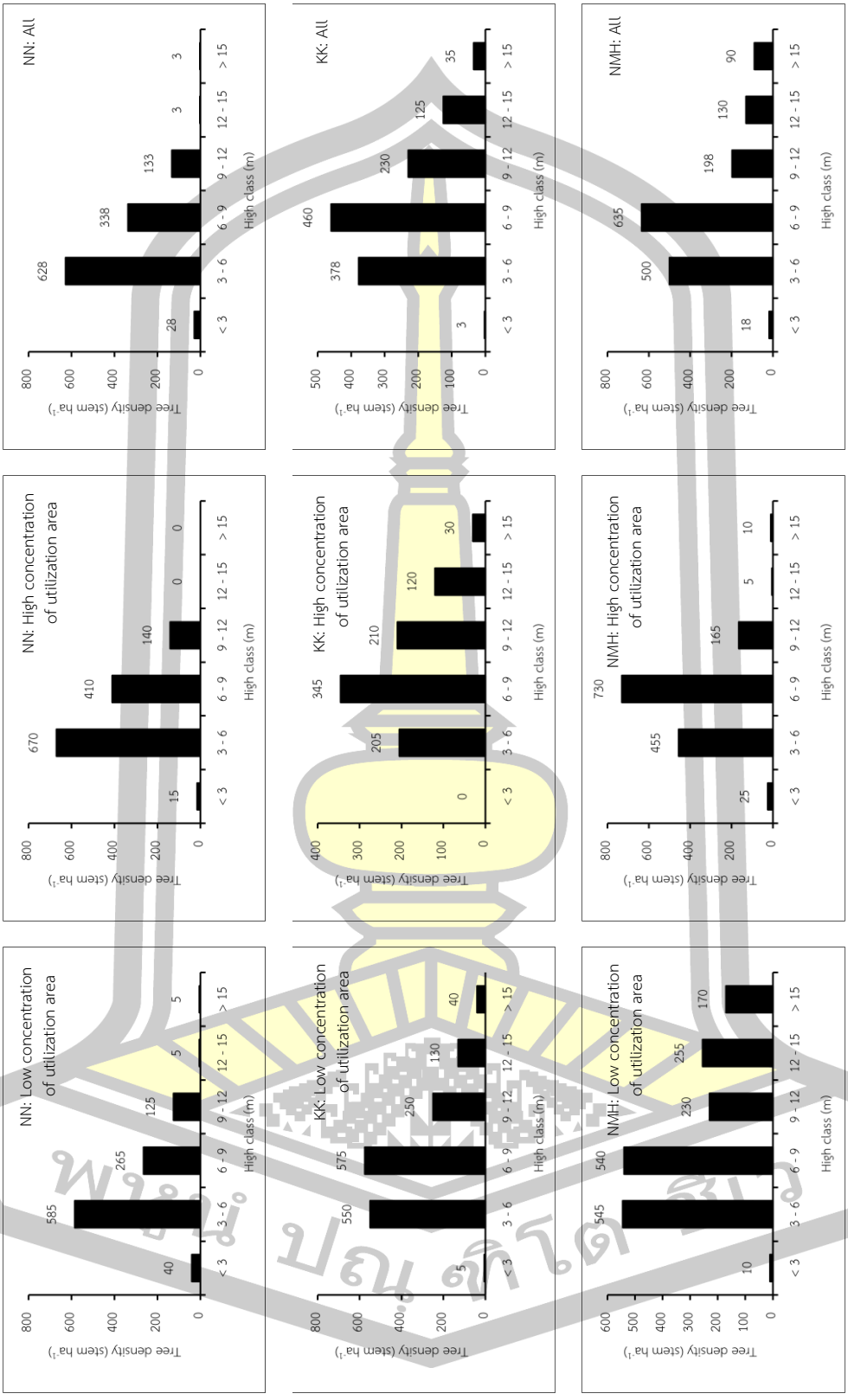


ภาพประกอบ 11 การกระจายตามชั้นความสูงและชั้นความโตของพรรณไม้ในพื้นที่ที่มีป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม

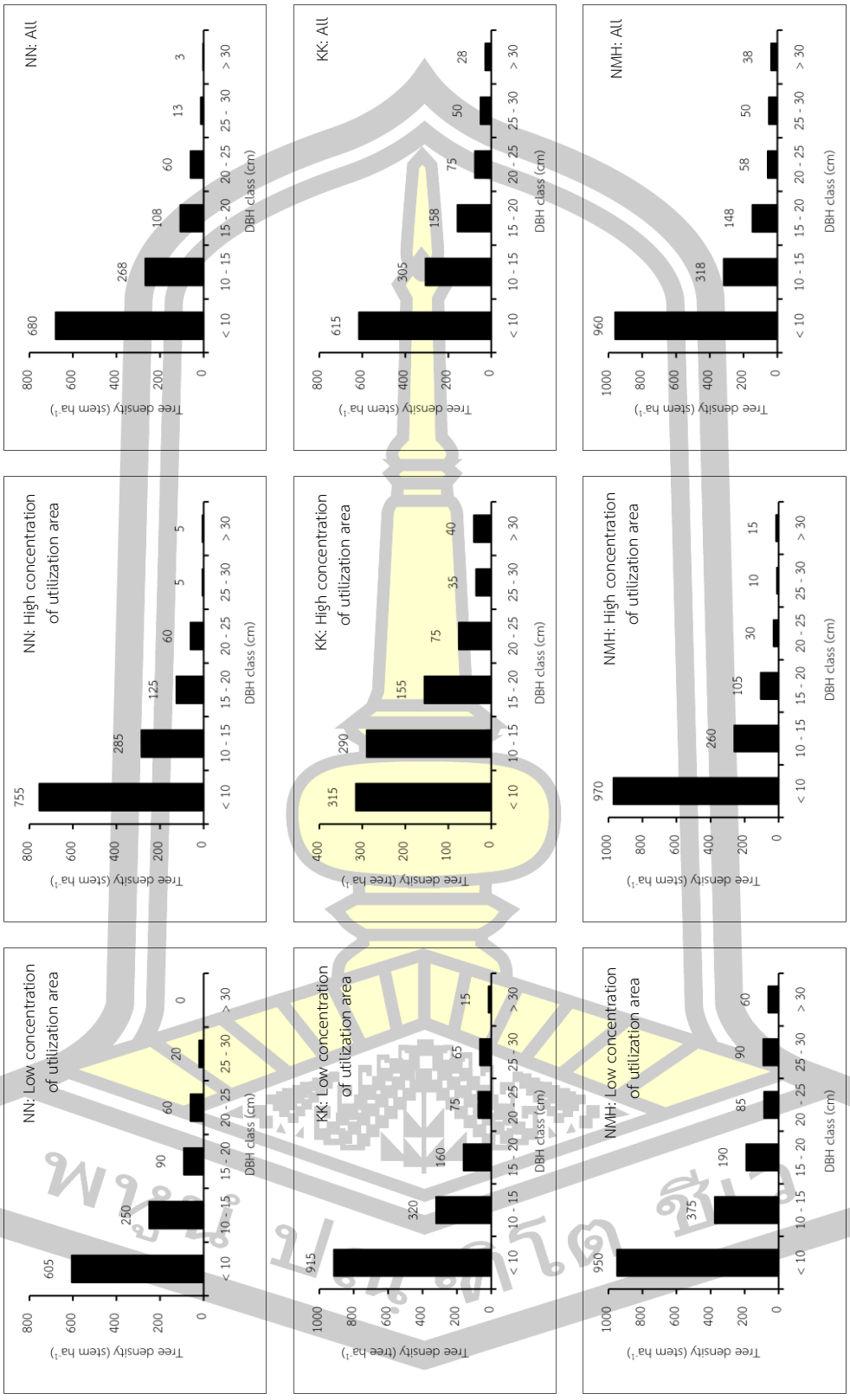


ภาพประกอบ 12 การกระจายตามชั้นความสูงและความโตของพรรณไม้ในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากของจังหวัดมหาสารคาม

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 13 การกระจายตามชั้นความสูงของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์



ภาพประกอบ 14 การกระจายตามชั้นความโตของพรรณไม้แบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นในการใช้ประโยชน์

4.5 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในป่าชุมชน

จากการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด (การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น) ในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งพบว่า

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 78.71±11.40 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ โดยพื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีค่ามากที่สุดสุดเท่ากับ 96.22±18.65 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนพื้นที่ความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่ามากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากเท่ากับ 84.49±17.34 และ 72.93±6.66 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตาราง 37)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 37 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ป่าชุมชนและแบ่งตามพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์

พื้นที่ป่า	ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)										
	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย					พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก					เฉลี่ย
	ดิน	มวลชีวภาพรากฝอย	ซากพืช	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้	รวม	ดิน	มวลชีวภาพรากฝอย	ซากพืช	มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้	รวม	
นาสีนวน	29.67	0.84	1.62	22.67	54.80	35.26	0.98	1.24	22.32	59.80	57.30±2.50^{A}
โคกหนองคอง	30.84	0.82	1.45	50.70	83.81	33.32	0.73	1.20	46.18	81.43	82.62±1.19^{A,B}
หนองเม็ก-หนองฮี	28.65	0.53	0.85	84.83	114.86	51.02	0.80	0.65	25.10	77.57	96.22±18.65^{B}
เฉลี่ย	29.72±1.20	0.73±0.03	1.31±0.06	52.73±8.00	84.49±17.34^{a}	39.87±3.37	0.84±0.03	1.03±0.06	31.20±3.89	72.93±6.66^{a}	78.71±11.40

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวตั้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ ANOVA ด้วยวิธี DMRT

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างของค่าเฉลี่ยภายในแนวนอนระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและการใช้ประโยชน์มากอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยใช้สถิติ Independent sample test

4.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม

พื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวและความหนาแน่นรวมดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนอุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก 3)

พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย จังหวัดมหาสารคาม ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และ ($p < 0.05$) ตามลำดับ และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นรวมดินและปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และ ($p < 0.05$) ตามลำดับ (ภาคผนวก 4)

พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนความหนาแน่นรวมดินและอุณหภูมิดินมีความสัมพันธ์เชิงลบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก 5)

ป่าชุมชนนาสีนวน ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับความหนาแน่นรวมดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) (ภาคผนวก 6)

ป่าชุมชนโคกหนองคอง ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนปริมาณขนาดอนุภาคทรายแป้งและปริมาณความชื้นในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนความหนานแน่นรวมดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก 7)

ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ส่วนค่าปฏิกิริยาดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ภาคผนวก 8)

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 5
อภิปรายผลการวิจัย

5.1 สมบัติของดินในป่าชุมชน

5.1.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

5.1.1.1 ความหนาแน่นรวมดิน

ความหนาแน่นรวมดิน ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมดินเท่ากับ 1.57±0.02 กรัม/ลูกบากส์เซนติเมตร มีความผันแปรระหว่าง 1.53-1.57 กรัม/ลูกบากส์เซนติเมตร (ตาราง 16) ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับการศึกษาความหนาแน่นรวมดินในป่าเต็งรังของ Aksornkoae (1971) และ Intanil *et al.* (2016) มีค่าเท่ากับ 1.16-1.89 กรัม/ลูกบากส์เซนติเมตร ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก (พื้นที่ถูกรบกวน) พบว่ามีค่าความหนาแน่นรวมดินสูงกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย (พื้นที่ไม่ถูกรบกวน) ซึ่งสอดคล้องกับ Maynard & Curran, (2008) เนื่องจากพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากจะมีระดับการถูกรบกวนหรือมีการสัญจรในพื้นที่มาก ส่งผลให้โครงสร้างของดินมีการบีบอัดของชั้นดินเพิ่มขึ้นความหนาแน่นรวมดินในพื้นที่จึงเพิ่มขึ้น ดิน (Senyk & Craigdallie, 1997) และพบว่าดินชั้นล่างมีความหนาแน่นรวมดินมากกว่าดินชั้นบน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Shibata *et al.*, (2014), Fang *et al*, (2015), Liu *et al*. (2016) และ Gandhi & Sundarapandian (2017) เมื่อระดับความลึกของดินที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความหนาแน่นรวมดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากดินชั้นล่างเป็นชั้นที่รองรับน้ำหนักและการบีบอัดจากดินชั้นบน รวมถึงปริมาณอินทรียวัตถุในดินของดินชั้นล่างมีค่าน้อยกว่าดินชั้นบน (Huntington *et al.* 1989; Bianchi *et al*. 2008) ซึ่งอินทรียวัตถุในดินมีผลต่อความหนาแน่นรวมดิน (Osman, 2013a) เพราะว่าอินทรียวัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าอนุภาคของดินและเมื่อมันรวมตัวกันจะมีผลต่อโครงสร้างของดิน (Maynard & Curran, 2008) ประเภทของดิน การบีบอัดของดิน ภูมิประเทศ ความหลากหลายและกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินล้วนมีผลต่อความหนาแน่นร่วมดิน (Senyk & Craigdallie, 1997; Bot & Benites, 2005; Hobley & Wilson, 2016)

5.1.1.2 ปริมาณความชื้นในดิน

ปริมาณความชื้นในดิน ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นในดินเท่ากับ 10.83±0.89 ร้อยละโดยน้ำหนัก มีความผันแปรระหว่าง 8.75-12.09 ร้อยละโดยน้ำหนัก (ตาราง 17) ปัจจัยที่ทำให้มีความผันแปรอาจเป็นผลจากปริมาณซากพืชอนุภาคดิน โครงสร้างทางสังคมป่าและปริมาณน้ำฝน อัตราการระเหยของน้ำและการหายใจของดินในแต่ละพื้นที่มีความแตกตากกัน (Luo & Zhou, 2006) ในขณะที่ Zhang *et al*. (2003) และ

Bot & Benites (2005) ได้รายงานว่าปริมาณซากพืชเมื่อร่วงหล่นสู่พื้นล่างของป่าและถูกย่อยสลายจากกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในดินทำให้มีการเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินและช่วยเก็บรักษาความชื้นในดิน นอกจากนี้ผลการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนที่แตกต่างกัน พบว่ามีปริมาณขนาดอนุภาคเนื้อดินแตกต่างกัน โดยพื้นที่ป่าชุมชนโคกหนองคองมีปริมาณขนาดอนุภาคทรายต่ำสุดและมีปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าพื้นที่ป่าชุมชนอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับ อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น (2543) ปริมาณขนาดอนุภาคของดินในพื้นที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความชื้นในดิน โดยเนื้อดินที่มีเนื้อดินหยาบ (ทราย) จำนวนมากจะมีช่องว่างขนาดใหญ่และมีพื้นผิวอนุภาคดินน้อย ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำและเก็บรักษาความชื้นในดินได้น้อย ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์และระดับความลึกของดินที่แตกต่างกันในพื้นที่ป่าชุมชน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย และดินชั้นบนมีปริมาณความชื้นในดินสูงกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับ Busscher *et al.* (1997) และ Gwak & Kim (2016) ดินที่มีระดับการถูกรบกวนจากการใช้ประโยชน์ในพื้นที่และระดับความลึกของดินที่แตกต่างกันมักจะมีปริมาณความชื้นในดินแตกต่างกัน เนื่องจากข้อมูลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากและดินชั้นบนมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์น้อยและดินชั้นล่าง ตามลำดับ

5.1.1.3 อุณหภูมิของดิน

อุณหภูมิของดิน ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิของดินเท่ากับ 26.23±0.64 องศาเซลเซียส มีความผันแปรระหว่าง 24.17-27.55 องศาเซลเซียส (ตาราง 18) ปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิของดินมีความแตกต่างกันอาจมาจากมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Osman, 2013a) ปริมาณความชื้นในดิน อัตราการย่อยสลายอินทรียวัตถุในดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ การปกคลุมของชั้นเรือนยอด (Hashimoto & Suzuki, 2004; Paul *et al*., 2004; Tanaka & Hashimoto, 2006) โครงสร้างทางสังคมของป่าไม้ (Potter *et al.*, 2001) และพลังงานความร้อนจากแสงอาทิตย์ (Oliver *et al.*, 1987) ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีอุณหภูมิของดินสูงกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก ซึ่งสอดคล้องกับการงานของ Moberg *et al*. (2013) และผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณความชื้นในดินน้อยกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินช่วยในการควบคุมอุณหภูมิของดินและช่วยรักษาความชื้นในดินไว้ (อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น (2543) อย่างไรก็ตามอุณหภูมิของดินยังได้รับอิทธิพลจากความแตกต่างกันของพื้นที่ อัตราการระเหยของน้ำและปริมาณความชื้นในดิน (Onwuka, 2016) และอุณหภูมิของดินชั้นบนในพื้นที่ป่าชุมชนมีค่าสูงกว่าดินชั้นล่างเนื่องจากดินชั้นบนได้รับพลังงานความร้อนโดยตรงจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ส่องผ่านชั้นเรือนยอดของต้นไม้

5.1.1.4 เนื้อดิน

เนื้อดิน ผลจากการศึกษาลักษณะเนื้อดินในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบเนื้อดินทั้งหมด 3 ชนิด โดยเนื้อดินที่พบมากที่สุดคือ ดินร่วนปนทราย รองลงมาคือ ทรายปนดินร่วนและดินร่วนเหนียวปนทราย คิดร้อยละ 84.33 8.33 และ 8.33 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ ภูวดล โกมณเฑียร (2539) และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของอนุภาคทราย อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว (ตาราง 19) ในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ภูวดล โกมณเฑียร (2539) และ มานพ แก้วฟู และคณะ (2553) ดินในพื้นที่ป่าเต็งมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายและมีอนุภาคทรายเป็นองค์ประกอบหลัก และมีอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวใกล้เคียงกัน ทำให้ดินมีการระบายน้ำและอากาศได้ดี การที่ดินมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายที่มีเนื้อดินหยาบปานกลาง (เอิบ เขียวรื่นรมณ์, 2542) เป็นผลจากลักษณะของดินในพื้นที่ศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดดินจากการผุพังอยู่กับที่หรือจากการสลายตัวผุพังแล้วถูกเคลื่อนย้ายมาทับถมของวัสดุเนื้อหยาบ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) เมื่อพิจารณาการกระจายของอนุภาคดินตามระดับชั้นความลึกดิน พบว่า อนุภาคขนาดทรายมีแนวโน้มลดลงในขณะที่อนุภาคขนาดทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Lal, 1979; Dameni *et al*., 2010; Adugna & Abegaz, 2015; Zribi *et al*., 2016) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนย้ายเชิงกลของอนุภาคดินที่มีขนาดเล็กลงไปสะสมในดินชั้นล่าง ส่งผลให้ดินชั้นบนมีอนุภาคดินขนาดใหญ่ (อนุภาคทราย) เหลืออยู่มาก ส่วนดินชั้นล่างมีอนุภาคดินขนาดเล็ก (อนุภาคดินเหนียว) ที่เพิ่มขึ้นทำให้ชั้นหน้าตัดดินชัดเจนมากขึ้น (อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น, 2543) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงระดับของดินที่มีการพัฒนาการอยู่ในระดับสูง (วรนันท์ สนกันหา และคณะ 2555; Soil Survey Staff, 2010)

5.1.2 สมบัติทางกายภาพของดิน

5.1.2.1 ค่าปฏิกิริยาดิน

ค่าปฏิกิริยาดิน ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่า มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 4.74-5.97 จัดเป็นดินที่มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด-กรดปานกลาง (ตาราง 20) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ การศึกษาสมบัติดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิดบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชของวรนันท์ สนกันหา และคณะ (2555) มีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ซึ่งได้ทำการสำรวจลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันนออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยพื้นที่ทำการศึกษาอยู่ในดินชุดที่ 36 และ 40 ซึ่งมีค่าปฏิกิริยาดินกรด-เป็นกลาง และผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ป่าชุมชนชี้ให้เห็นว่าทั้งสองมีความสัมพันธ์เชิงบวก อาจกล่าวได้ว่าเมื่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินมีค่าสูงขึ้นเช่นกัน และผลการศึกษายังพบว่าค่า

ปฏิกิริยาดินจะลดลงเมื่อระดับความลึกของดินเพิ่มขึ้นซึ่งสอดคล้องกับ Bot & Benites (2005) นอกจากนี้กิจกรรมของจุลทรีย์ในดิน การย่อยสลายของซากพืชที่ร่วงหล่นและไฟป่าก็เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อค่าปฏิกิริยาดินเช่นกัน (เสวียน เปรมประสิทธิ์, 2538)

5.1.2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่า มีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเท่ากับ 15.45±0.86 กรัม/กิโลกรัม และ 34.79±1.99 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ และเมื่อพิจารณาตามพื้นที่ป่าพบว่าพื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากที่สุด (17.42±2.12 กรัม/กิโลกรัม และ 39.83±4.98 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์) (ตาราง 21 และ 22) อาจเป็นผลมาจากค่าปฏิกิริยาดินและความหนาแน่นของไม้ต้นในพื้นที่มีค่ามากกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Bot & Benites (2005) โดยค่าปฏิกิริยาดินมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน และความหนาแน่นของไม้ต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นเช่นกัน (Gandhi & Sundarapandian, 2017) จึงเป็นผลให้พื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงที่สุดและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงเช่นกัน ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Durigan *et al*. (2017) ตัวอย่างเช่น พื้นที่ที่ถูกรบกวนหรือมีการใช้ประโยชน์และมีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่มีผลส่งเสริมให้มีการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในดินชั้นบน (0-20 เซนติเมตร) (Fujisaki *et al*., 2015) และการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปเป็นทุ่งหญ้าทำให้มีการสะสมคาร์บอนในดินเพิ่มขึ้นในดินที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร (Strey *et al*., 2016) และผลการศึกษายังพบว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย (ตาราง 24 และ 25) จึงส่งผลให้พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Sharma *et al*. (2009) พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีอัตราการถูกรบกวนในพื้นที่สูงทำให้ปริมาณความหนาแน่นของไม้ต้นต่ำกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย แต่ในทางตรงกันข้ามพบว่ามีพรรณไม้ระดับพื้นล่างที่มีวงรอบการเจริญเติบโตสั้น (หญ้าและไผ่ชนิดต่างๆ) และปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยจำนวนมากจึงสามารถเพิ่มปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้จำนวนมาก (อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น และคณะ, 2547) ในขณะเดียวกันยังพบว่ามีพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประยชน์มากมีปริมาณความชื้นในดินสูงส่งผลให้มี

อัตราการย่อยสลายของปริมาณซากพืชสูงเมื่อเทียบกับพื้นที่ที่มีปริมาณความชื้นในดินต่ำ และผลการศึกษายังพบว่าดินชั้นบนมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากกว่าดินชั้นล่างซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Maier & Kress (2000), Luo & Zhou (2006) และ Osman (2013b) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินได้จากการร่วงหล่นของซากพืชและมีการย่อยสลายของซากพืชรวมถึงมวลชีวภาพของรากฝอยในดิน และตรงกับการรายงานของ Bianchi *et al*. (2008), Dameni *et al*. (2010) และ Adugna & Abegaz (2015) เมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้นปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินจะลดลง นอกจากนี้ผลการศึกษายังชี้ให้เห็นว่าดินชั้นล่างมีความหนาแน่นรวมดินสูงกว่าดินชั้นบน ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Sakin (2012) และ Hobley & Wilson (2016) เมื่อความหนาแน่นรวมดินเพิ่มขึ้นจะทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินลดลง (Sakin, 2012)

5.2 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในป่าชุมชน

ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอย ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยเท่ากับ 166.81±4.91 กรัม/ตารางเมตร และ 78.40±2.31 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร และเมื่อพิจารณาตามพื้นที่ป่าพบว่าพื้นที่ป่าชุมชนนาสีนวนมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของฝอยมากที่สุด (194.04±9.27 กรัม/ตารางเมตร และ 91.20±4.36 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร) (ตาราง 24 และ 25) อาจเป็นผลมาจากพื้นที่ป่าเป็นพื้นที่ที่มีระดับความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่มากกว่าพื้นที่อื่นๆ ส่งผลให้มีความหนาแน่นของไม้ต้น การปกคลุมของเรือนยอดต่ำ (Sharma *et al.*, 2009) และพบพรรณไม้ระดับพื้นล่างจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Podong & Poolsiri (2013) พื้นที่ป่าที่มีปริมาณแสงทะลุผ่านลงสู่พื้นล่างของป่าที่แตกต่างกันพบว่ามีการเจริญเติบโตของพรรณไม้ระดับพื้นที่ล่างแตกต่างกัน เนื่องจากพรรณไม้ระดับพื้นล่างมีวงรอบการเจริญเติบโตสั้น (อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น และคณะ, 2547) และเป็นแหล่งผลิตมวลชีวภาพของรากฝอยจำนวนมากในเวลาสั้นๆ จึงทำให้พื้นที่ป่าชุมชนนาสีนวนมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวาภของรากฝอยมากกว่าพื้นที่ป่าอื่นๆ ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันในพื้นที่ป่าชุมชน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวาภของรากฝอยมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Barbhuiya *et al*. (2012), Ma *et al*. (2013) และ Gautam & Mandal (2016) เมื่อระดับความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่หรือพื้นที่ป่าที่แตกต่างกันจะส่งผลให้มีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่แตกต่างกัน และ Sharma *et al.* (2009)

ได้รายงานไว้ว่าพื้นที่ที่ถูกรบกวนหรือมีการใช้ประโยชน์ในพื้นที่จะส่งผลต่อความหนาแน่นของไม้ต้นและมีการปกคลุมของเรือนยอดต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีการถูกรบกวนหรือมีการใช้ประโยชน์น้อย ทำให้พบพรรณไม้ระดับล่างมีจำนวนมาก เนื่องจากปริมาณแสงทะลุผ่านลงสู่พื้นล่างของพื้นที่ป่าได้มากส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตของพรรณไม้ระดับพื้นที่ล่าง (Podong & Poolsiri, 2013) เนื่องจากพรรณไม้ระดับพื้นล่างมีวงรอบการเจริญเติบโตสั้น (อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น และคณะ, 2547) และเป็นแหล่งผลิตมวลชีวภาพของรากฝอยจำนวนมากในเวลาสั้นๆ และผลการศึกษายังพบว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากมีปริมาณอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพของรากฝอยกับปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวของ Quinto *et al.* (2016) พบว่ามวลชีวภาพของรากฝอยมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียว อาจกล่าวได้ว่าปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมวลชีวภาพของรากฝอย ส่วนระดับความลึกของดิน พบว่าดินชั้นบนมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมากกว่าดินชั้นล่าง ซึ่งสอดคล้องกับ Macinnis-Ng *et al*. (2010) และ Fukuzawa *et al.* (2013) ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยพบมากในดินชั้นบนและมีปริมาณลดลงเมื่อระดับความลึกเพิ่มขึ้น และการผลการศึกษายังพบว่าดินชั้นบนมีปริมาณขนาดอนุภาคภาคทรายสูงและความหนาแน่นรวมดินต่ำกว่าดินชั้นล่างซึ่งสอดคล้องกับ Barbhuiya *et al*. (2012) และ Ma *et al*. (2013) นอกจากนี้ Schoenholtz *et al.* (2000), Zou *et al*. (2001), Zhao *et al*. (2006) และ Twum & Nii-Annang (2015) ได้รายงานว่าดินที่มีความหนาแน่นรวมดินสูงและมีปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวจำนวนมากจะมีผลกระทบต่อความสามารถในการเจริญเติบโตของรากพืชและปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย อีกทั้งยังพบว่าอนุภาคดินเหนียวมีอัตรการย่อยสลายของรากฝอยเร็วกว่าอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคทราย (Silver *et al*., 2005) ในขณะที่ผลการศึกษายังแสดงให้เห็นถึงอุณหภูมิของดินที่แตกต่างกัน โดยดินชั้นบนมีอุณหภูมิสูงกว่าดินชั้นล่างซึ่งสอดคล้องกับรายงายของ Repo *et al*. (2004) ดินที่มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะส่งผลต่อการเจริญเติบโตและการพัฒนาของรากแขนงของพืชมากกว่าดินที่มีอุณหภูมิต่ำ

5.3 ปริมาณซากพืชในป่าชุมชน

ปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืช ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชเท่ากับ 248.76±9.60 กรัม/ตารางเมตร และ 116.92±4.51 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร และเมื่อพิจารณาตามพื้นที่ป่าพบว่าพื้นที่ป่าชุมชนนาสีนวนมีค่าเฉลี่ยปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชมากที่สุด (304.17±13.86 กรัม/ตารางเมตร และ 142.96±6.51กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร)

(ตาราง 27 และ 28) โดยปัจจัยที่มีผลต่อความแตกต่างกันของปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชคือ อัตรากการย่อยสลายของซากพืชซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนทางเคมีและกายภาพภายในของซากพืช (Gartner & Cardon, 2004) รวมถึงปริมาณการสะสมลิกนินในปริมาณซากพืช (โดยเฉพาะส่วนของใบ) ในพืชแต่ละชนิด โดยพบว่าปริมาณลิกนินมีอิทธิพลต่ออัตราการย่อยสลายของซากพืชซึ่งสอดคล้องกับ Berg (2000) และ Osono (2010) ปริมาณซากพืชที่มีความเข้มข้นของลิกนินมากจะมีอัตราการย่อยสลายช้า ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ปนะโยชน์แตกต่างกัน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่าเฉลี่ยปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Gautam & Mandal (2016) พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณซากพืชมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากเท่ากับ 11.80 และ 5.40 ตัน/เฮกตาร์/ปี นอกจากนี้ผลการศึกษายังพบว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีความหนาแน่นไม้ต้นมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก จากการรายงานของ Wieser (2004) พื้นที่ป่าที่มีระยะห่างของไม้ต้นแตกต่างกัน (0.5 1.5 และ 4.0 เมตร) พบว่ามีปริมาณซากพืชแตกต่างกัน (505, 209 และ 163 กรัม/ตารางเมตร)

5.4 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในป่าชุมชน

ผลจากการศึกษาค่านิเวศวิทยาเชิงปริมาณของพรรณไม้ในพื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ของจังหวัดมหาสารคาม พบจำนวนชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 66 ชนิด พบชนิดพันธุ์ไม้ทั้งหมด 45 48 และ 47 ชนิด ตามลำดับ (ตาราง 29) ซึ่งในป่าแต่ละพื้นที่มีการกระจายของพันธุ์ไม้และมีค่าดัชนีความหลากชนิดแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบจำนวนชนิด มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นของพื้นที่ศึกษากับพื้นที่ป่าประเภทเดียวกันในพื้นที่จังหวัดมหาสารคามและพื้นที่อื่นๆ พบว่า มีจำนวนชนิด มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีความใกล้เคียงกันไม่แตกต่างกันมากนัก (ตาราง 11 และ 13) ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาตามพื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ พบว่าป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีซึ่งเป็นพื้นที่ป่าที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ ซึ่งพบว่ามีค่าดัชนีความหลากชนิดของพันธุ์ไม้ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น มวลชีวภาพเหนือพื้นดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นสูงกว่าป่าชุมชนโคกหนองคองและป่าชุมชนนาสีนวน (พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ปานกลางและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Barbhuiya *et al*. (2004) และ Gogoi *et al*. (2017) ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของต้นไม้ ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น ดัชนีความหลากชนิด ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพ

เหนือพื้นดินของต้นไม้จะลดลงเมื่อระดับความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ (การถูกรบกวน) ในพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์แตกต่ากัน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีค่าเฉลี่ยมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Gautam & Mandal (2016) พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากเท่ากับ 948.00 และ 449.10 ตัน/เฮกตาร์ (ปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น) และ 445.56 และ 211.08 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น)

5.5 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในป่าชุมชน

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด ผลจากการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่ามีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 78.71±11.40 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ และเมื่อพิจารณาแบ่งตามพื้นที่ป่าพบว่า ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมากที่สุดเท่ากับ 96.22±18.65 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ (ตาราง 37) โดยปัจจัยที่ส่งผลให้ที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่สูงกว่าพื้นที่ป่าอื่นๆ เนื่องจากปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ส่วนใหญ่มาจากปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าพื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมากกว่าพื้นที่อื่นๆ นอกจากนี้ยังพบว่าป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮีเป็นพื้นที่ป่าชุมชนที่มีการบริหารจัดการเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าสูงหรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นพื้นที่ที่มีระดับความเข้มข้นการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ป่าน้อยกว่าพื้นที่อื่นๆ จึงทำให้มีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่สูงสุด ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ปนะโยชน์แตกต่างกัน พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก เนื่องจากส่วนใหญ่ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่มาจากการปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น ซึ่งสอดคล้องกับ Zribi *et al*. (2016) ซึ่งได้รายงานผลการศึกษาไว้ว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากซึ่งมีค่าเท่ากับ 312.49 และ 169.68 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ นอกจากนี้ Zribi *et al*. (2016) ยังได้รายงานผลจากการประเมินมวลชีวภาพและแหล่งกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากในพื้นที่ป่าโอ๊กของประเทศตูนิเซีย โดยพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการ

ใช้ประโยชน์น้อยมีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก (658.09 และ 419.47 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์)

5.6 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม

ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม โดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม โดยมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ (ภาคผนวก 3)

พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นโดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินในพื้นที่ โดยมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ (ภาคผนวก 4)

พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น โดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินในพื้นที่ โดยมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ (ภาคผนวก 5)

ป่าชุมชนนาสีนวน ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น โดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าชุมชนนาสีนวน โดยมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ (ภาคผนวก 6)

ป่าชุมชนโคกหนองคอง ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น โดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ค่าปฏิกิริยาดิน ปริมาณขนาดอนุภาคทรายแป้งและปริมาณความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชนโคกหนองคอง โดยมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด ส่วนค่าปฏิกิริยาดิน ปริมาณขนาดอนุภาคทรายแป้งและปริมาณความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ (ภาคผนวก 7)

ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น โดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี โดยมีปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ (ภาคผนวก 8)

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ผลจากการศึกษาการสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 3 พื้นที่ ประกอบด้วยป่าชุมชนนาสีนวน ป่าชุมชนโคกหนองคอง และป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบข้อมูลทางสถิติในแต่ละพื้นที่ป่าโดยใช้สถิติวิเคราะห์โดยใช้สถิติวิเคราะห์ one way-ANOVA ด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) และเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก และเปรียบเทียบสมบัติของดินระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (0-25 และ 25-50 เซนติเมตร) และปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง (0-10 และ 10-20 เซนติเมตร) โดยใช้สถิติวิเคราะห์ด้วยวิธี Independent sample test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($p = 0.05$) และศึกษาความสัมพันธ์ของข้อมูลโดยใช้สถิติวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

6.1.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของสมบัติทางกายภาพของดินในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบว่า ความหนาแน่นรวมดิน ปริมาณความชื้นในดิน อุณหภูมิของดิน ปริมาณขนาดอนุภาคทรายและอนุภาคทรายแป้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนผลการวิเคราะห์ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลการวิเคราะห์ระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง พบว่า ความหนาแน่นรวมดิน ปริมาณขนาดอนุภาคทราย อนุภาคดินเหนียวและปริมาณอิทรียวัตถุในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6.1.2 สมบัติทางเคมีของดิน

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของสมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วนผลจากการวิเคราะห์ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลจากการวิเคราะห์ระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6.1.3 ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมดพบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลจากการวิเคราะห์ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลจากการวิเคราะห์ระหว่างดินชั้นบนและดินชั้นล่าง พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6.1.4 ปริมาณซากพืช

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบว่า ปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลจากการวิเคราะห์ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก พบว่า ปริมาณซากพืชและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6.1.5 ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ในป่าชุมชน

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลจากการวิเคราะห์ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก พบว่า มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6.1.6 ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดในพื้นที่ป่าชุมชนทั้งหมด พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลจากการวิเคราะห์ระหว่างพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยและพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก พบว่า ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

6.1.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืชและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น

ป่าชุมชนนาสีนวน ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ

ป่าชุมชนโคกหนองคอง ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด ส่วนค่าปฏิกิริยาดิน ปริมาณขนาดอนุภาคทรายแป้งและปริมาณความชื้นในดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ

ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี ผลจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช ขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย จัดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่มากสุด และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยที่สำคัญรองลงมา ตามลำดับ

6.1.8 จังหวัดมหาสารคาม

ผลจากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินทั้งหมดในพื้นที่ป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม พบว่า มีค่าเฉลี่ยความหนาแน่นรวมดินเท่ากับ 1.57±0.02 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ปริมาณความชื้นในดินเท่ากับ 10.83±0.89 ร้อยละโดยน้ำหนัก อุณหภูมิดินเท่ากับ 26.23±0.64 องศาเซลเซียส เนื้อดินพบทรายปนดินร่วน ดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย และปริมาณอินทรียวัตถุในดินเท่ากับ 15.45±0.86 กรัม/กิโลกรัมดิน ส่วนสมบัติทางเคมีของดิน พบว่า มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 4.74-5.97 (กรดจัดมาก-กรดปานกลาง) และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินเท่ากับ 34.79±1.99 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์

ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยเท่ากับ 166.81±4.91 กรัม/ตารางเมตร และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของรากฝอยรากเท่ากับ 78.40±2.31 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร

ปริมาณซากพืช พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนในจังหวัดมหาสารคามมีค่าเฉลี่ยปริมาณซากพืชเท่ากับ 248.76±9.60 กรัม/ตารางเมตร และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในซากพืชเท่ากับ 116.92±4.51 กรัมคาร์บอน/ตารางเมตร

ลักษณะเชิงปริมาณทางนิเวศวิทยาของพรรณไม้ พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนในจังหวัดมหาสารคามพบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 66 ชนิด 57 สกุล 29 วงศ์ และความหนาแน่น 1,310 ต้น/เฮกตาร์ ค่าดัชนีความหลากชนิดพันธุ์ไม้และดัชนีความสม่ำเสมอของพันธุ์ไม้เท่ากับ 3.38 และ 0.81 ส่วนขนาดพื้นที่หน้าตัดของไม้ต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 16.52±2.56 ตารางเมตร/เฮกตาร์ มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 89.29±10.22 ตัน/เฮกตาร์ และปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 41.97±4.80 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์

ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมด พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนในจังหวัดมหาสารคามมีเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดเท่ากับ 78.71±11.40 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์

ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช และมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้น พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนในจังหวัดมหาสารคาม ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอยมากที่สุด เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สำคัญสุดต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน และค่าปฏิกิริยาดินเป็นปัจจัยสำคัญรองลงมา

จากผลการศึกษาในพื้นที่ป่าชุมชนทั้ง 3 พื้นที่ในจังหวัดมหาสารคาม ซึ่งเป็นตัวแทนของป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่แตกต่างกัน พบว่า พื้นที่ป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี มีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมากกว่าป่าชุมชนโคกหนองคองและป่าชุมชนนาสีนวน เท่ากับ 96.22±18.65 82.62±1.19 และ 57.30±2.50 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่แตกต่างกันในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม พบว่า พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อยมีค่าเฉลี่ยปริมาณการกักเก็บคาร์บอนทั้งหมดมากกว่าพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มากเท่ากับ 84.49±17.34 และ 72.93±6.66 ตันคาร์บอน/เฮกตาร์ และจากผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถสรุปผลได้ว่าพื้นที่ป่าชุมชนที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่อย่างชัดเจน เนื่องจากการบริหารการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการควบคุมการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงและการสูญเสียคาร์บอนในระบบนิเวศป่าไม้

6.2 ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคามในครั้งนี้ ทำให้ทราบถึงปริมาณมวลชีวภาพและปริมาณการสะสมคาร์บอนในพื้นที่ป่าชุมชนในส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากของฝอย ปริมาณซากพืชและมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของไม้ต้นและความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ต้นในพื้นที่ป่าชุมชน และนอกจากนี้ยังพบว่าผลจากการบริหารการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่า โดยจากการสังเกตผลการศึกษาปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่ป่าหนองเม็ก-หนองฮี พบว่ามีปริมาณการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด เนื่องจากพื้นที่ป่าหนองเม็ก-หนองฮีเป็นพื้นที่ที่มีการบริหารและจัดการเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ป่าสูงที่สุด และหากมีผู้ที่สนใจและไม่มีข้อจำกัดโดยเฉพาะเรื่องของระยะเวลาและงบประมาณในการสำรวจและเก็บข้อมูลอาจจะทำการศึกษาในส่วนของไม้หนุ่ม ไม้พื้นล่างและอัตราการย่อยสลายของซากพืชเพิ่มเติมเพื่อประโยชน์ในการจัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับป่าไม้และนำข้อมูลไปใช้ในด้านการบริหารจัดการฟื้นฟูและอนุรักษ์พื้นที่ป่าที่เหลืออยู่ให้เกิดความถูกต้องและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณี. (2552). การจำแนกเขตเพื่อการจัดการด้านธรณีวิทยาและทรัพยากรธรณีจังหวัดมหาสารคาม. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 93 หน้า.

กรมป่าไม้. (2552). การป่าไม้ในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 48 หน้า.

กรมป่าไม้. (2557). *ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ ปี 2557*. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 162 หน้า.

กรมป่าไม้. (2558ก). *ข้อมูลสถิติกรมป่าไม้ ปี 2558*. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 158 หน้า.

กรมป่าไม้. (2558ข). *บทสรุปสำหรับผู้บริหาร โครงการจัดทำข้อมูลสภาพพื้นที่ป่าไม้ ปี พ.ศ.2556-2557*. กรุงเทพฯ: สำนักจัดการที่ดินป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 18 หน้า.

กรมป่าไม้. (2559). ป่าชุมชน. สำนักจัดการทรัพยากรป่าไม้ที่ 7 (ขอนแก่น). ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.forestinfo.forest.go.th/55/fCom.aspx?prov=44&zone=15&year=-1&eyear=-1&type=-1 [สืบค้นเมื่อ 12 มกราคม 2559]

กรมป่าไม้. (2561). สรุปการจัดตั้งโครงการป่าชุมชนรายจังหวัด. ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://forestinfo.forest.go.th/55/fCom_area.aspx [สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2561]

กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันนออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักสำรวจวจดินและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 67 หน้า.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). สารสนเทศดินและข้อมูลการใช้ปุ๋ย. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://lddsoilguide.ldd.go.th/soilguide/#/app/map [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2561]

กู้พงษ์ ทองพระพักตร์, สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ และนิตยา เมี้ยนมิตร. (2559). ลักษณะสังคมพืช และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าเต็งรังในป่าชุมชนบ้านโค้งตาบาง จังหวัดเพชรบุรี. ใน *การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 "ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ"* (pp. 148–159). ระหว่างวันที่ 1–4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559. ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

เกษราภรณ์ อุ่นเกิดพสุธา สุนทรห้าว และลดาวัลย์ พวงจิตร. (2558). การประเมินมูลค่าคาร์บอนที่กักเก็บในไม้ยืนต้นของป่าชุมชนเขาวง จังหวัดชัยภูมิ. วารสารวนศาสตร์, *34*(1), 29–38.

จตุฏฐาพร เพชรพรหม, ปัญญา หมั่นเก็บ และธำรงค์ เมฆโหร. (2556). ความหลากหลายของพืชพรรณ การใช้ประโยชน์และมูลค่าทางเศรษฐกิจ จากป่าชุมชนดอนยาง ตำบลหลักเมือง อำเภอกมลาไสย จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, *31*(2), 37–46.

จีรนันท์ ธีระกุลพิศุทธิ์. (2547). *ศักยภาพการสะสมธาตุคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าทองผาภูมิ.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉลาดชาย รมิตานนท์. (2561). ป่าชุมชน ความหมายของ “ป่า” และ “ชุมชน.” [ออนไลน์]. ได้จาก: http://www.5provincesforest.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538729093&Ntype=1 [สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2561]

ชิงชัย วิริยะบัญชา. (2546). คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมู่ไม้. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 109 หน้า.

ญาณวุฒิ อุทรักษ์, ธีรวงศ์ เหล่าสุวรรณ, ฤทธิรงค์ จังโกฏิ และธนัทเดช โรจนกุศล. (2556). *การเสริมสร้างศักยภาพการบริหารจัดการคาร์บอนภาคป่าไม้แบบยั่งยืนของภาคประชาชน*. รายงานกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย. ภายใต้โครงการจัดการความรู้และถ่ายทอดเทคโนโลยีจากผลงานวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.). 113 หน้า.

ทวีศักดิ์ ธิติเมธาโรจน์, วีระชัย ณ นคร, สุมน มาสุธน และสมนึก ผ่องอำไพ. (2544). การศึกษาสภาพป่าและพรรณพฤกษชาติในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูเวียง จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิจัย มข.*, *6*(2), 16–24.

เทียมหทัย ชูพันธ์. (2548). *ความหลากชนิดของพรรณพืช และพฤกษศาสตร์พื้นบ้านของป่าโคกไร่ อำเภอเชียงยืน จังหวัดมหาสารคาม.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

เทียมหทัย ชูพันธ์. (2559). ความหลากหลายของพรรณพืชในป่าชุมชนเพื่อการอนุรักษ์ เทศบาลตำบลเมืองใหม่โคกกรวด อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย*, *8*(2), 201–218.

ธรีวงศ์ เหล่าสุวรรณ, ญาณวุฒิ อุทรักษ์ และธนัทเดช โรจนกุศล. (2559). การประยุกต์ใช้ข้อมูลดาวเทียมและแบบจำลองชีวฟิสิกส์เพื่อประเมวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยมหาสารคามวิจัยครั้งที่ 12 “ก้าวสู่การพัฒนาชุมชนที่ยั่งยืนโดยบูรณาการงานวิจัยพื้นฐานและวิจัยงานประยุกต์”* (pp. 691–696). ระหว่างวันที่ 8–9 กันยายน พ.ศ. 2559. ณ อาคารคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม.

ธวัชชัย สันติสุข. (2555). ป่าของประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธ์พืช. โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ. 124 หน้า.

ธิติ วิสารัตน์ และชลธิดา เชิญขุนทด. (2548). ผลผลิตของซากพืชในป่าดิบแล้งสะแกราช. ใน *รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต"* (pp. 271–296). ระหว่างวันที่ 4–5 สิงหาคม พ.ศ. 2548. ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น กรุงเทพฯ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ประชาไท. (2548). ความเข้าใจพื้นฐานเรื่องป่าชุมชน. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://prachatai.com/journal/2005/11/6266 [สืบค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2561]

ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ. (2547). การสะสมและการสลายตัวของซากพืชในป่าธรรมชาติ และพื้นที่สวนป่าบริเวณลุ่มน้ำภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น. กลุ่มวิจัยต้นน้ำ สำนักอนุรักษ์และจัดการต้นน้ำ. กรุงเทพฯ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 78 หน้า.

ประดิษฐ์ ตรีพัฒนาสุวรรณ, ศุภชาติ วรรณวงษ์ และเพชร พลอยเจริญ. (2549). การร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในป่าธรรมชาติและพื้นที่สวนป่าบริเวณป่าภูเวียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น. กลุ่มงานการจัดการและพัฒนาป่าอนุรักษ์ สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 20 หน้า.

ประพันธ์ สัมพันธ์พานิช. (2537). *ลักษณะโครงสร้าง ปริมาณการร่วงหล่นและอัตราการสลายตัวของซากพืชในระบบวนเกษตรแบบสวนบ้าน บริเวณอำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปาตีน๊ะ ยูโซ๊ะ. (2553). *ชนิด การกระจาย และความหลากหลายทางชีวภาพของชนิดพันธ์ไม้ป่าดิบชื้นในพื้นที่อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า จังหวัดพัทลุง*. มหาวิทยาลัยทักษิณ.

พจนีย์ มอญเจริญ และทวีศักดิ์ เวียงศิลป์. (2544). คาร์บอนในดินประเทศไทย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 144 หน้า.

พรพิมล ชำรัมย์. (2556). *การจัดการป่าชุมชนในฐานะที่เป็นทรัพยากรวัฒนธรรม กรณีศึกษา: บ้านสามขา หมู่ 6 ตำบลหัวสือ อำเภอแม่ทะ จังหวัดลำปาง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการทรัพยากรวัฒนธรรม คณะโบราณคดี มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ภาคภูมิ สืบนุการณ์. (2556). *การศึกษาความหลากหลายและศักยภาพของไม้ต้นในพื้นที่อุทยานแห่งชาติภูจอง-นายอย เพื่อใช้ในงานภูมิทัศน์*. อุบลราชธานี. รายงานฉบับสมบูรณ์. สำนักงานวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

ภาณุมาศ ลาดปาละ, อมรรัตน์ สะสีสังข์ และกนกวรรณ แก้วปกาศิต. (2557). มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนที่สะสมเของป่าเต็งรังสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา. ใน *เอกสารประกอบการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิชาการเครือข่ายงานวิจัยนิเวศวิทยาป่าไม้ ประเทศไทย* (p. 355). ระหว่างวันที่ 23–24 มกราคม พ.ศ. 2557. ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

ภูวดล โกมณเฑียร. (2539). *ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับโครงสร้างระบบนิเวศป่าผลัดใบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มานพ แก้วฟู, ดอกรัก มารอด, เดชา วิวัฒน์วิทยา และสรายุทธ บุญยะเวชชีวิน. (2553). สมบัติบางประการของดินจอมปลวกขนาดใหญ่ที่มีอิทธิพลต่อรูปแบบสังคมพืชในป่าเต็งรัง อุทยานแห่งชาติแม่ปิง จังหวัดลำพูน. *วารสารวนศาสตร์*, *29*(2), 26–36.

รัฐธรรมนูญ. (2550). รัฐธรรมนูญ ฉบับปี พ.ศ. 2550 หมวด 3 สิทธิและเสรีภาพของชนชาวไทย ส่วนที่ 12 สิทธิชุมชน มาตรา 66-67. เล่มที่ 124 ตอนที่ 47ก ราชกิจจานุเษกษา ตราไว้ ณ วันที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2550.

วรชาติ โตแก้ว และนวพรรษ ผลดี. (2561). ความหลากชนิดของพืชมีท่อลำเลียงในป่าชุมชนบ้านหินฮาว อำเภอบ้านฝาง จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *37*(2), 202–217.

วรนันท์ สนกันหา, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิฌา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และทักษิณ อาชวาคม. (2555). ลักษณะดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิดบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. *แก่นเกษตร*, *40*, 7–18.

วรากร สุจริต. (2558). การประเมินการเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณสวนป่ากฤษณา สวนยางพาราและนาข้าว. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *34*(2), 161–170.

วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2553). การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัสณ สวนป่ามัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวนศาสตร์*, *29*(3), 36–44.

วัชระ น้อยบัวทอง. (2539). *การศึกษาความหลากชนิด อัตราการเจริญเติบโต และมวลชีวภาพของพรรณไม้ในป่าเต็งรัง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วิชัย ประพฤตินอก. (2546). *ความหลากหลายของพรรณไม้ในป่าโคกนาม่อง ตำบลหนองไฮ อำเภอวาปีปทุม จังหวัดมหาสารคาม.* ปัญหาพิเศษ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศรีศักดิ์ ธานี. (2540). *การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งธรรมชาติและป่าดิบแล้งที่กำลังคืนสภาพป่าบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน จังหวัดฉะเชิงเทรา*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิน เฉลิมลาภ, อรยุพา สังขะมาน และศศิภา เกตุกราย. (2558). *สถานการณ์ป่าไม้ไทย พุทธศักราช 2558*. มูลนิธิสืบนาคะเสถียร.

ศิริวัฒน์ เผ่าวงศา. (2519). *การร่วงหล่นและปริมาณธาตุอาหารของซากพืชในป่าเต็งรัง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวนวัฒนวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศูนย์สารสนเทศกรมป่าไม้. (2557). โครงการจัดทำแผนที่ป่าไม้โดยภาพถ่ายดาวเทียม. ศูนย์สารสนเทศ สำนักแผนงานและสารสนเทศ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

สนธยา จำปานิล. (2547). *การเปรียบเทียบผลผลิตและการย่อยสลายของเศษซากพืช เพื่อประเมินการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศป่าในเขตอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย*. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาสัตววิทยา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สนธยา จำปานิล และนันทนา คชเสนี. (2547). การประเมินการเก็บกักคาร์บอนผลผลิตและการย่ออยสลายของเศษซากพืชในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจานประเทศไทย. ใน *การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ :ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ* (pp. 1–15). ระหว่างวันที่ 16–17 สิงหาคม พ.ศ. 2547. ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น กรุงเทพฯ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สมชญา ศรีธรรม. (2559). ความหลากชนิดของไม้ต้นและการใช้ประโยชน์ในท้องถิ่น ป่าระหาร อำเภอเมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, *34*(3), 96–105.

สมหญิง สุนทรวงษ์. (2557). ป่าชุมชนกับสังคมไทย. [ออนไลน์]. ได้จาก: https://www.recoftc.org/country/thailand/basic-page/ป่าชุมชนกับสังคมไทย [สืบค้นเมื่อ 24 สิงหาคม 2557]

สัจจาพร หงษ์ทอง. (2537). *การร่วงหล่นและการผุสลายของเศษซากพืชของป่าเต็งรัง รุ่นที่ 2*. ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อม สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 11 หน้า.

สัจจาพร หงส์ทอง และบรรดิษฐ์ หงส์ทอง. (2543). *ลักษณะโครงสร้างและองค์ประกอบของชนิดพรรณไม้ในป่าดิบชื้น อุทยานแห่งชาติใต้ร่มเย็น*. รายงานวนวัฒนวิจัย ประจำปี พ.ศ. 2543. หน้า 157-176. ส่วนวนวัฒนวิจัย สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, ธิติ วิสารัตน์, สำเริง ปานอุทัย, ภาณุมาศ ลาดปาละ, สิริรัตน์ จันทร์-มหเสถียร และศุภรัตน์ สำราญ. (2548). วัฏจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง. ใน *รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต"* (pp. 77–94). ระหว่างวันที่ 4–5 สิงหาคม พ.ศ. 2548. ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น กรุงเทพฯ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2550). การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้กับภาวะโลกร้อน. *วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ*, *22*(3), 40–49.

สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล, สุนทร คำยอง, เกรียงศักดิ์ ศรีเงินยวง และนิวัติ อนงค์รักษ์. (2555). ความหลากชนิดพันธุ์ไม้และการสะสมคาร์บอนในป่าเต็งรังที่มีไฟป่า และไม่มีไฟป่า บริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวนศาสตร์*, *31*(3), 1–14.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ. (2557). เอกสารสรุปบทเรียนที่ดีของการดำเนินการเปิดโอกาสให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการบริหารราชการ. กลุ่มพัฒนาระบบสนับสนุนการมีส่วนร่วมในการพัฒนาระบบราชการ กองพัฒนาระบบราชการ 2. สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาระบบราชการ (สำนักงาน ก.พ.ร.). กรุงเทพฯ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2558). น้ำฝน อุณหภูมิ. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://service.nso.go.th/nso/web/statseries/statseries27.html [สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2561]

สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน. (2559). ความรู้เรื่องดินสำหรับเยาวชน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ออนไลน์]. ได้จาก: http://oss101.ldd.go.th/web_soils_for_youth/s_meaning2.htm [สืบค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2559]

สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร, ศิริภา โพธิ์พินิจ และวิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์. (2548). ปริมาณคาร์บอนในดินของป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง. ใน *รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต"* (pp. 321–343). ระหว่างวันที่ 4–5 สิงหาคม พ.ศ. 2548. ณ โรงแรมมารวย การ์เด้น กรุงเทพฯ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.

สุกัญญา นาคะวงศ์, วรรณชัย ชาแท่น และวิลาวัณย์ พร้อมพรม. (2560). การศึกษาสังคมพืชและการใช้ประโยชน์ของพรรณไม้บริเวณป่าช้าสาธารณประโยชน์บ้านจาน เทศบาลตำบลทุ่งกุลา อำเภอสุวรรณภูมิ จังหวัดร้อยเอ็ด. *วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, *10*(1), 93–120.

สุทธิรา ขุมกระโทก และวรงค์ สุขเสวต. (2560). ความหลากชนิดพืชและภูมิปัญญามุขปาฐะ ในป่าชุมชนโคกดงเค็ง จังหวัดมหาสารคาม. ใน *การประชุมวิชาการชมรมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 8 "ทรัพยากรไทย : ศักยภาพมากล้นมีให้เห็น"* (pp. 314–323). ระหว่างวันที่ 29 พฤศจิกายน – 1 ธันวาคม พ.ศ. 2560. ณ ศูนย์เครือข่ายการเรียนรู้เพื่อภูมิภาค จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จังหวัดสระบุรี.

สุภาวดี ศรฐิติการ และอภิญญา ระเบียบ. (2557). *ความหลากหลายของพรรณไม้ยืนต้นในอุทยานแห่งชาติภูแลนคา จังหวัดชัยภูมิ.* มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

สุรินทร์ อ้นพรม. (2554). ป่าชุมชน: เทคโนโลยีอำนาจควบคุมชุมชนในเขตป่าชิ้นใหม่? กรณีศึกษาป่าชุมชนห้วยแก้ว ตำบลห้วยแก้ว อำเภอแม่ออน จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารสังคมวิทยามานุษยวิทยา*, *30*(2), 156–177.

เสวียน เปรมประสิทธิ์. (2538). *การศึกษาเชิงนิเวศวิทยาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชในป่าเต็งรังกับคุณสมบัติของดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.* วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. (2543). ดินเขตร้อน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 206 หน้า.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น, กรรณ จินดาประเสริฐ และศิวัช แก้วเจริญ. (2547). การเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรียวัตถุในดินภายหลังการฟื้นฟูสภาพป่าเสื่อมโทรม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, *22*(3), 51–59.

อานุช คีรีรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร. (2556). ปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองถิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง. *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ*, *16*(1), 34–40.

อานุช คีรีรัฐนิคม, ทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร, จุรีพร แสงแก้ว และศศิธร ณ. พิชัย. (2556). ความหลากชนิดของพันธุ์ไม้และปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านพานแพ อำเภอบางขัน จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก*, *6*(1), 56–62.

อำนาจ ชิดไธสง และณัฐพล ลิไชยกุล. (2548). การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร. ใน *รายงานการประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต"* (pp. 95–105). กรุงเทพฯ: ระหว่างวันที่ 23–24 มกราคม พ.ศ. 2557. ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

อำไพ พรลีแสงสุวรรณ, สาโรจน์ วัฒนสุขสกุล และสมชาย นองเนือง. (2559). การสะสมไนโตรเจนในระบบนิเวศป่าเต็งรังที่มีไฟป่าและไม่มีไฟป่าบริเวณสถานีวนวัฒนวิจัยอินทขิล จังหวัดเชียงใหม่. ใน *การสัมมนาทางวนวัฒนวิทยา ครั้งที่ 10 "ป่าปลูก...นำไทยสู่เศรษฐกิจเชิงนิเวศ"* (pp. 112–121). ระหว่างวันที่ 1–4 พฤษภาคม พ.ศ. 2559. ณ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. (2542). คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศษสตร์. 182 หน้า.

Addo-Danso, S. D., Prescott, C. E., & Smith, A. R. (2016). Methods for estimating root biomass and production in forest and woodland ecosystem carbon studies: A review. *Forest Ecology and Management*, *359*, 332–351. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.08.015

Adugna, A., & Abegaz, A. (2015). Effects of soil depth on the dynamics of selected soil properties among the highlands resources of Northeast Wollega, Ethiopia: are these sign of degradation? *Solid Earth Discussions*, *7*, 2011–2035. https://doi.org/10.5194/sed-7-2011-2015

Aksornkaew, S., Khemnark, C., & Kaewla-iad, T. (1972). Study on organic matter in teak Plantation. *Forestry Research Bulletin*, *23*.

Aksornkoae, S. (1971). A Comparison of nitrogen contents and bulk densities in a dry evergreen forest and a dry dipterocarp forest at Sakaerat, Pakthongchai, Nakhonratchasima. *Kasetsart University, Bangkok (Thailand). Faculty of Forestry, 15*, 70 pp.

Balslev, H., Luteyn, J. L., Øllgaard, B., & Holm-Nielsen, L. B. (1987). Composition and structure of adjacent unflooded and floodplain forest in Amazonian Ecuador. *Opera Botanica*, *92*, 37–57.

Barbhuiya, A. R., Arunachalam, A., Pandey, H. N., Arunachalam, K., Khan, M. L., & Nath, P. C. (2004). Dynamics of soil microbial biomass C, N and P in disturbed and undisturbed stands of a tropical wet-evergreen forest. *European Journal of Soil Biology*, *40*, 113–121. https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2005.02.003

Barbhuiya, A. R., Arunachalam, A., Pandey, H. N., & Khan, M. L. (2012). Fine root dynamics in undisturbed and disturbed stands of a tropical wet evergreen forest in northeast India. *Tropical Ecology*, *53*(1), 69–77.

Batjes, N. H. (1996). Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, *47*(2), 151–163. https://doi.org/10.1111/j.1365-2389.1996.tb01386.x

Batjes, N. H., & Sombroek, W. G. (1997). Possibilities for carbon sequestration in tropical and subtropical soils. *Global Change Biology*, *3*(2), 161–173. https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1997.00062.x

Beck, R. B. (1999). World history: Patterns of interaction. Evanston, IL: McDougal Littell.

Berg, B. (2000). Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soils. *Forest Ecology and Management*, *133*, 13–22.

Bernhard-Reversat, F., & Loumento, J. J. (2002). The litter system in African forest-tree plantations. In V. M. Reddy (Ed.), *Management of Tropical Plantation-forests and Their Soil-litter System: litter, biota and soil nutrient dynamics* (pp. 11–39.). New Hampshire, U.S.A.,: Science Publishers Inc., Enfield.

Bianchi, S. R., Miyazawa, M., De Oliveira, E. L., & Pavan, M. A. (2008). Relationship between the mass of organic matter and carbon in soil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, *51*(2), 263–269. https://doi.org/10.1590/S1516-89132008000200005

Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk density. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods* (2nd ed., pp. 363–375). Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy—Soil Science Society of America, Madison. https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.frontmatter

Boonrodklab, C., & Teejuntuk, S. (2008). Structure and aboveground biomass of forest community in Doi Inthanon national park, Chiang Mai province. In *Proceedings of 46th Kasetsart University Annual Conference: Architecture and Engineering and Natural Resources and Environmen*. 29 January - 1 February 2008 (pp. 411–419). Bangkok.

Boonyawat, S., & Ngampongsai, C. (1974). An analysis of accumulation and decomposition of litter fall in hill-evergreen forest, Doi-Pui, Chiangmai. *Kog-Ma Watershed Research Bulletin*, *17*, 21.

Bot, A., & Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter*. FAO Soils Bulletin 80, FAO, Rome.

Bray, J. R., & Gorham, E. (1964). Litter Production in Forests of the World. *Advances in Ecological Research*, *2*, 101–157. https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60331-1

Brown, D. (1999). *Principles and practice of forest co-management: Evidence from west-central Africa*. European Union tropical forestry paper no. 2. London.

Brunner, I., Dalsgaard, L., Deckmyn, G., Ekblad, A., Godbold, D. L., Avalos, I. G., … Vanguelova, E. (2013). *Belowground Carbon Turnover in European Forests: Fine Roots, Mycorrhizal Mycelia, Soil Organic Matter and Soil Models*. *COST Action FP0803*.

Brunner, I., & Godbold, D. L. (2007). Tree roots in a changing world. *Journal of Forest Research*, *12*(2), 78–82. https://doi.org/10.1007/s10310-006-0261-4

Bunyavejchewin, Sarayudh, & Nuyim, T. (1996). Litterfall and nutrient content in Toh-Daeng primary peat swamp forest at Narathiwat province. *Thai Journal of Forestry*, *15*, 37–47.

Busscher, W. J., Bauer, P. J., Camp, C. R., & Sojka, R. E. (1997). Correction of cone index for soil water content differences in a coastal plain soil. *Soil and Tillage Research*, *43*(3–4), 205–217. https://doi.org/10.1016/S0167-1987(97)00015-9

Cao, L., Gao, S., Li, P., Yun, T., Shen, X., & Ruan, H. (2016). Aboveground biomass estimation of individual trees in a coastal planted forest using full-waveform airborne laser scanning data. *Remote Sensing*, *8*(9), 1–22. https://doi.org/10.3390/rs8090729

Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., … Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, *486*(7401), 59–67. https://doi.org/10.1038/nature11148

Carlisle, A., Brown, A. H. F., & White, E. J. (1966). The Organic Matter and Nutrient Elements in the Precipitation Beneath a Sessile Oak (Quercus Petraea) Canopy. *The Journal of Ecology*, *54*(1), 87–98. https://doi.org/https://doi:10.2307/2257660

Chaiyo, U., Garivait, S., & Wanthongchai, K. (2012). Structure and Carbon Storage in Aboveground Biomass of Mixed Deciduous Forest in Western Region, Thailand. *GMSARN Internaltional Journal*, *6*(4), 143–150.

Chalermchatwilai, B., Poungparn, S., & Patanaponpaiboon, P. (2011). Distribution of fine-root necromass in a secondary mangrove forest in Trat province, eastern Thailand. *ScienceAsia*, *37*(1), 1–5. https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.001

Chinsukjaiprasert, T. (1984). *Nutrient Circulation of the Dry Evergreen Forest at Sakaerat*. Master degree Thesis. Major Silviculture. Faculty of Silviculture. Kasetsart University.

Chunkao, K., & Boonyawat, S. (1980). An accumulation of litterfall and some nutrients in dry-evergreen forest Sakaerat. *Forestry Research Bulletin*, *66*, 24 pp.

Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D. W., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R., & Ni, J. (2001). Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*, *11*(2), 356–370. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[0356:MNPPIF]2.0.CO;2

Claus, A., & George, E. (2005). Effect of stand age on fine-root biomass and biomass distribution in three European forest chronosequences. *Canadian Journal of Forest Research*, *35*(7), 1617–1625. https://doi.org/10.1139/x05-079

Condit, R. (2008). Methods for estimating aboveground biomass of forest and replacement vegetation in the tropics. *Center for Tropical Forest Science Research Manual*, (August), 73 pp.

Dameni, H., Wang, J., & Qin, L. (2010). Soil aggregate and organic carbon stability under different land uses in the North China plain. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *41*(9), 1144–1157. https://doi.org/10.1080/00103621003711297

Deveny, A., Nackoney, J., Puvis, N., Kopp, R., Gusti, M., Kindermann, G., ... Stevenson, A. (2009). *Forest Carbon Index: The geography of forests in climate solutions.* Washington DC: Resources for the Future and Climate Advisers.

Domke, G. M., Perry, C. H., Walters, B. F., Woodall, C. W., Russell, M. B., & Smith, J. E. (2016). Estimating litter carbon stocks on forest land in the United States. *Science of the Total Environment*, *557–558*, 469–478. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.090

Durigan, M. R., Cherubin, M. R., de Camargo, P. B., Ferreira, J. N., Berenguer, E., Gardner, T. A., ... Cerri, C. E. P. (2017). Soil organic matter responses to anthropogenic forest disturbance and land use change in the eastern Brazilian Amazon. *Sustainability (Switzerland)*, *9*(3). https://doi.org/10.3390/su9030379

Edwards, P. J. (1977). Studies of Mineral Cycling in a Montane Rain Forest in New Guinea: II. The Production and Disappearance of Litter. *The Journal of Ecology*, *65*(3), 971. https://doi.org/10.2307/2259388

Eswaran, H., Van Den Berg, E., & Reich, P. (1993). Organic Carbon in Soils of the World. *Soil Science Society of America Journal*, *57*(1), 192–194. https://doi.org/10.2136/sssaj1993.03615995005700010034x

Ewel, J. J. (1976). Litter Fall and Leaf Decomposition in a Tropical Forest Succession in Eastern Guatemala. *The Journal of Ecology*, *64*(1), 293–308. https://doi.org/10.2307/2258696

Fang, X. M., Chen, F. S., Wan, S. Z., Yang, Q. P., & Shi, J. M. (2015). Topsoil and deep soil organic carbon concentration and stability vary with aggregate size and vegetation type in subtropical China. *PLoS ONE*, *10*(9), 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0139380

FAO. (2015). *Global Forest Resources Assessment 2015*. Rome: UN Food and Agriculture Organization.

FAO. (2017). Sustainable forest management. [Online]. Available from http://www.fao.org/forestry/sfm/en/. Retrieved on May 10, 2017.

Finér, L., Helmisaari, H.-S., Lõhmus, K., Majdi, H., Brunner, I., Børja, I., ... Vanguelova, E. (2007). Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, *141*(3), 394–405. https://doi.org/10.1080/11263500701625897

Finér, L., Ohashi, M., Noguchi, K., & Hirano, Y. (2011). Factors causing variation in fine root biomass in forest ecosystems. *Forest Ecology and Management*, *261*(2), 265–277. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.10.016

Foster, N. W., & Bhatti, J. S. (2006). Forest Ecosystems : Nutrient Cycling. *Encyclopedia of Soil Science*, (February 2006), 718–721. https://doi.org/10.1081/E-ESS-120001709

Fujisaki, K., Perrin, A. S., Desjardins, T., Bernoux, M., Balbino, L. C., & Brossard, M. (2015). From forest to cropland and pasture systems: A critical review of soil organic carbon stocks changes in Amazonia. *Global Change Biology*, *21*, 2773–2786. https://doi.org/10.1111/gcb.12906

Fukuzawa, K., Shibata, H., Takagi, K., Satoh, F., Koike, T., & Sasa, K. (2013). Temporal variation in fine-root biomass, production and mortality in a cool temperate forest covered with dense understory vegetation in northern Japan. *Forest Ecology and Management*, *310*, 700–710. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.09.015

Gandhi, D. S., & Sundarapandian, S. (2017). Soil carbon stock assessment in the tropical dry deciduous forest of the Sathanur reserve forest of Eastern Ghats, India. *Journal of Sustainable Forestry*, *36*(4), 358–374. https://doi.org/10.1080/10549811.2017.1308870

Gardner, W. H. (1965). Water Content. In Black C.A. (Ed.), *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling* (pp. 82–127). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Gartner, T. B., & Cardon, Z. G. (2004). Decomposition dynamics in mixed-species leaf litter. *Oikos*, *104*, 230–246. https://doi.org/10.1111/j.0030-1299.2004.12738.x

Gautam, T. P., & Mandal, T. N. (2016). Effect of disturbance on biomass, production and carbon dynamics in moist tropical forest of eastern Nepal. *Forest Ecosystems*, *3*(1). https://doi.org/10.1186/s40663-016-0070-y

Gill, R. A., & Jackson, R. B. (2000). Global patterns of root turnover for terrestrial ecosystems. *New Phytologist*, *147*(1), 13–31. https://doi.org/https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2000.00681.x

Gogoi, A., Sahoo, U. K., & Singh, S. L. (2017). Assessment of Biomass and Total Carbon Stock in a Tropical Wet Evergreen Rainforest of Eastern Himalaya along a Disturbance Gradient. *Journal of Plant Biology & Soil Health*, *4*(1). https://doi.org/10.13188/2331-8996.1000014

Gorte, R. W. (2009). *Carbon Sequestration in Forests and Soils*. *Congressional research service report for Congress, USA*.

Gwak, Y., & Kim, S. (2016). Factors affecting soil moisture spatial variability for a humid forest hillslope. *Hydrological Processes*, *31*(2), 431–445. https://doi.org/10.1002/hyp.11039

Hanpattanakit, P. (2014). The review of Litterfall Production and Decomposition Method in Carbon Cycle and Effect to CO_2 Emission in Tropical Forest. *Srinakharinwirot University (Journal of Science and Technology)*, *6*(12), 134–146.

Hanpattanakit, P., Chidthaisong, A., & Sanwangsree, M. (2010). Leaf litter decomposition and CO_2 emission from dry dipterocarp forest soil, Ratchaburi Province. In *Proceeding of Climate Thailand Conference 2010: National Risks and Opportunities in global Climate Change*. Bangkok, Thailand.

Hardiwinoto, S., Arianto, D., & Okimori, Y. (1996). Litter production and nutrient input of logged over forest in the tropical rain forest of Jambi, Sumatra. In *Proceeding of the FORTPOP' 96: Tropical Forestry in the 21st century* (pp. 48–58). Bangkok.

Hashimoto, S., & Suzuki, M. (2004). The impact of forest clear-cutting on soil temperature: A comparison between before and after cutting, and between clear-cut and control sites. *Journal of Forest Research*, *9*, 125–132. https://doi.org/10.1007/s10310-003-0063-x

Haywood, A., & Stone, C. (2017). Estimating large area forest carbon stocks-a pragmatic design based strategy. *Forests*, *8*(4), 1–14. https://doi.org/10.3390/f8040099

Helmisaari, H.-S., Derome, J., Nojd, P., & Kukkola, M. (2007). Fine root biomass in relation to site and stand characteristics in Norway spruce and Scots pine stands. *Tree Physiology*, *27*(10), 1493–1504. https://doi.org/10.1093/treephys/27.10.1493

Hobley, E. U., & Wilson, B. (2016). The depth distribution of organic carbon in the soils of eastern Australia. *Ecosphere*, *7*(1), 1–21. https://doi.org/10.1002/ecs2.1214

Huntington, T. G., Johnson, C. E., Johnson, H. A., Siccama, T. G., & Ryan, D. F. (1989). Carbon, organic matter, and bulk density relationships in a forested spodosol. *Soil Science*, *148*(5), 380–386. https://doi.org/10.1097/00010694-198911000-00009

Intanil, P., Sanwangsri, M., Suwannapat, P., & Panya, M. (2016). Assessment of carbon stock and partitioning in dry dipterocarp forest , Northern Thailand. In *Proceeding of SEE 2016 in conjunction with ICGSI 2016 and CTI 2016 on "Energy & Climate Change: Innovating for a Sustainable Future"* (pp. 452–455.). Bangkok, Thailand.

IPCC. (1996). Greenhouse Gas Inventory Reference Manual. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC. (2000a). *Special report on emissions scenarios-a special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge.

IPCC. (2000b). *Land Use, Land-use Change, and Forestry*. Cambridge: A Special Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2003). *Good Practice Guidance for Land Use , Land-Use Change and Forestry (GPGLULUCF). The Intergovernmental Panel on Climate Change*. Hayama, Kanagawa, Japan. https://doi.org/citeulike-article-id:1260638

IPCC. (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories* (Vol. 4). Agriculture, forestry and other land use (AFLOLU). Institute for Global Environmental Strategies, Hayama, Japan.

Izaurralde, R. C. (2005). Measuring and monitoring soil carbon sequestration at the project level. *Climate Change and Global Food Security*, *34*, 467–500. https://doi.org/https://doi.org/10.9774/GLEAF.9781420028614_20

Jackson, R. B., Canadell, J., Ehleringer, J. R., Mooney, H. A., Sala, O. E., & Schulze, E. D. (1996). A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, *108*(3), 389–411. https://doi.org/10.1007/BF00333714

Jackson, R. B., Mooney, H. A., & Schulze, E.-D. (1997). A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrient contents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *94*(14), 7362–7366. https://doi.org/10.1073/pnas.94.14.7362

Jampanin, S. (2004). *Comparison of litter production and litter decomposition for carbon sequestration assessment in forest ecosystems at Kaeng Krachan National Park, Thailand*. Master degree Thesis. Major Zology. Faculty of Science Chulalongkorn University.

Jobbágy, E. G., & Jackson, R. B. (2000). The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecological Applications*, *10*(2), 423–436. https://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[0423:TVDOSO]2.0.CO;2

Joslin, J. D., Gaudinski, J. B., Torn, M. S., Riley, W. J., & Hanson, P. J. (2006). Fine-root turnover patterns and their relationship to root diameter and soil depth in a14C-labeled hardwood forest. *New Phytologist*, *172*(3), 523–535. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01847.x

Júnior, L. R. P., Andrade, E. M. de, Palácio, H. A. de Q., Raymer, P. C. L., Filho, J. C. R., & Pereira, F. J. S. (2016). Carbon stocks in a tropical dry forest in Brazil. *Revista Ciência Agronômica*, *47*(1), 32–40. https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160004

Kaewkrom, P., Kaewkla, N., Thummikkapong, S., & Punsang, S. (2011). Evaluation of carbon storage in soil and plant biomass of primary and secondary mixed deciduous forests in the lower northern part of Thailand. *African Journal of Environmental Science and Technology*, *5*(1), 8–14. https://doi.org/10.5897/AJEST10.127

Kalyn, A. L., & Van Rees, K. C. J. (2006). Contribution of fine roots to ecosystem biomass and net primary production in black spruce, aspen, and jack pine forests in Saskatchewan. *Agricultural and Forest Meteorology*, *140*(1–4), 236–243. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2005.08.019

Kara, O., Bolat, I., Cakıroglu, K., & Senturk, M. (2014). Litter Decomposition and Microbial Biomass in Temperate Forests in Northwestern Turkey. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *14*(1), 31–41. https://doi.org/10.4067/S0718-95162014005000003

Kätterer, T., Fabião, A., Madeira, M., Ribeiro, C., & Steen, E. (1995). Fine-root dynamics, soil moisture and soil carbon content in a Eucalyptus globulus plantation under different irrigation and fertilisation regimes. *Forest Ecology and Management*, *74*(1–3), 1–12. https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03529-J

Keenan, R. J., Reams, G. A., Achard, F., de Freitas, J. V., Grainger, A., & Lindquist, E. (2015). Dynamics of global forest area: Results from the FAO Global Forest Resources Assessment 2015. *Forest Ecology and Management*, *352*, 9–20. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.014

Kiriratnikom, A., & Sumpunthamit, T. (2013). Carbon storage of Ban Nong-Tin Community Forest, Ko-Tao sub–district, Phapayom District, Phatthalung Province. *Thaksin University Journal*, *16*(1), 34–40.

Köhl, M., Lasco, R., Cifuentes, M., Jonsson, Ö., Korhonen, K. T., Mundhenk, P., … Stinson, G. (2015). Changes in forest production, biomass and carbon: Results from the 2015 UN FAO Global Forest Resource Assessment. *Forest Ecology and Management*, *352*, 21–34. https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2015.05.036

Kurz, W. A., Beukema, S. J., & Apps, M. J. (1996). Estimation of root biomass and dynamics for the carbon budget model of the Canadian forest sector. *Canadian Journal of Forest Research*, *26*(11), 1973–1979. https://doi.org/10.1139/x26-223

Lal, R. (1979). Physical properties and moisture retention characteristics of some nigerian soils. *Geoderma*, *21*, 209–223. https://doi.org/10.1016/0016-7061(78)90028-9

Lal, R. (2008a). Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, *363*, 815–830. https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2185

Lal, R. (2008b). Carbon sequestration in soil. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, *3*(30). https://doi.org/10.1079/PAVSNNR20083030

Lal, R., Follett, R. F., & Kimble, J. M. (2003). Achieving Soil Carbon Sequestration in the United States: A Challenge to the Policy Makers. *Soil Science*, *168*(12), 827–845. https://doi.org/10.1097/01.ss.0000106407.84926.6b

Lal, R., Kimble, J., Levine, E., & Whitman, C. (1995). World soils and greenhouse effect: an overview. In R. Lal, J. Kimble, E. Levine, & B. A. Stewart (Eds.), *Soils and Global Change* (pp. 1–7). CRC/Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Lauenroth, W. K. (2000). Methods of Estimating Belowground Net Primary Production. In O. E. Sala., R. B. Jackson., M. Harold A., & H. Robert W. (Eds.), *Methods in Ecosystem Science* (pp. 58–71). New York, NY: Springer New York.

Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., López-Hernández, D., Pashanasi, B., & Brussaard, L. (1994). The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In P. L. Woomer & M. J. Swift (Eds.), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility* (pp. 137–169). Wiley.

Leuschner, C., & Hertel, D. (2003). Fine Root Biomass of Temperate Forests in Relation to Soil Acidity and Fertility, Climate, Age and Species (pp. 405–438). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-55819-1_16

Litton, C. M., Raich, J. W., & Ryan, M. G. (2007). Carbon allocation in forest ecosystems. *Global Change Biology*, *13*(10), 2089–2109. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2007.01420.x

Liu, C., Westman, C. J., Berg, B., Kutsch, W., Wang, G. Z., Man, R., & Ilvesniemi, H. (2004). Variation in litterfall-climate relationships between coniferous and broadleaf forests in Eurasia. *Global Ecology and Biogeography*, *13*(2), 105–114. https://doi.org/10.1111/j.1466-882X.2004.00072.x

Liu, Y., Li, S., Sun, X., & Yu, X. (2016). Variations of forest soil organic carbon and its influencing factors in east China. *Annals of Forest Science*, *73*(2), 501–511. https://doi.org/10.1007/s13595-016-0543-8

Lonsdale, W. M. (1988). Predicting the Amount of Litterfall in Forests of the World. *Annals of Botany*, *61*(3), 319–324. https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a087560

Lopes, J. F. B., Andrade, E. M. de, Lobato, F. A. de O., Palácio, H. A. de Q., & Arraes, F. D. D. (2009). Litter productivity and deposition in area of Caatinga. *Ciência Florestal*, *3*(2), 72–79. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5902/1980509827747

Lukac, M., Lukac, M., & Mancuso, S. (n.d.). Fine Root Turnover. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22067-8_18

Luo, Y., & Zhou, X. (2006). *Soil respiration and the environment*. Elsevier/Academic Press. 316 pp.

Ma, C., Zhang, Z., Wu, M., Xue, Y., Ma, L., & Zhou, J. (2013). Effect of aboveground intervention on fine root mass , production , and turnover rate in a Chinese cork oak (Quercus variabilis Blume). *Plant Soil*, *368*, 201–214. https://doi.org/10.1007/s11104-012-1512-0

Macdicken, K., Reams, G., & Freitas, J. De. (2015). Introduction to the Changes in Global Forest Resources from 1990 to 2015. *Forest Ecology and Management*, *352*, 1–2. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.018

Macinnis-Ng, C. M. O., Fuentes, S., O'Grady, A. P., Palmer, A. R., Taylor, D., Whitley, R. J., … Eamus, D. (2010). Root biomass distribution and soil properties of an open woodland on a duplex soil. *Plant and Soil*, *327*(1), 377–388. https://doi.org/10.1007/s11104-009-0061-7

Mahan, C., Sullivan, K., Kim, K. C., Yahner, R., & Abrams, M. (1998). Ecosystem Profile Assessment of Biodiversity : SAMPLING PROTOCOLS AND PROCEDURES. U.S. Department of Interior, National Park Service, Final Report, The Pennsylvania State University, Environmental Resources Research Institute Publication No. ER9806.

Maier, C. A., & Kress, L. W. (2000). Soil CO_2 evolution and root respiration in 11 year-old loblolly pine (Pinus taeda) plantations as affected by moisture and nutrient availability. *Canadian Journal of Forest Research*, *30*(3), 347–359. https://doi.org/10.1139/x99-218

Majdi, H. (1996). Root sampling methods - applications and limitations of the minirhizotron technique. *Plant and Soil*, *185*(2), 255–258. https://doi.org/10.1007/BF02257530

Majdi, H., Pregitzer, K., Morén, A. S., Nylund, J. E., & I. Ågren, G. (2005). Measuring fine root turnover in forest ecosystems. *Plant and Soil*, *276*(1–2), 1–8. https://doi.org/10.1007/s11104-005-3104-8

Makita, N., Hirano, Y., Mizoguchi, T., Kominami, Y., Dannoura, M., Ishii, H., ... Kanazawa, Y. (2011). Very fine roots respond to soil depth: Biomass allocation, morphology, and physiology in a broad-leaved temperate forest. *Ecological Research*, *26*(1), 95–104. https://doi.org/10.1007/s11284-010-0764-5

Makkonen, K., & Helmisaari, H. S. (1999). Assessing fine-root biomass and production in a Scots pine stand - Comparison of soil core and root ingrowth core methods. *Plant and Soil*, *210*(1), 43–50. https://doi.org/10.1023/A:1004629212604

Malhi, Y., Doughty, C., & Galbraith, D. (2011). The allocation of ecosystem net primary productivity in tropical forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, *366*(1582), 3225–3245. https://doi.org/10.1098/rstb.2011.0062

Maynard, D. G., & Curran, M. P. (2008). Bulk density measurements in forest soils. In M. R. Carter & E. G. Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis* (pp. 863–869). Taylor & Francis group, Boca Raton, FL, USA.

McCormack, M. L., Dickie, I. A., Eissenstat, D. M., Fahey, T. J., Fernandez, C. W., Guo, D., ... Zadworny, M. (2015). Redefining fine roots improves understanding of below-ground contributions to terrestrial biosphere processes. *New Phytologist*, *207*(3), 505–518. https://doi.org/10.1111/nph.13363

McGee, M. (2018). Earth's CO_2 Home Page. [Online]. Available from https://www.co2.earth/. Retrieved on August 22, 2018.

Meunpong, P., Wachrinrat, C., Thaiutsa, B., Kanzaki, M., & Meekaew, K. (2010). Carbon pools of indigenous and exotic trees species in a forest plantation, Prachuap Khiri Khan, Thailand. *Kasetsart Journal - Natural Science*, *44*(6), 1044–1057.

Millikin, C. S., & Bledsoe, C. S. (1999). Biomass and distribution of fine and coarse roots from blue oak (Quercus douglasii) trees in the northern Sierra Nevada foothills of California. *Plant and Soil*, *214*, 27–38. https://doi.org/doi:10.1023/a:1004653932675

Moberg, D. P., Johnson, R. L., & Sullivan, D. M. (2013). Comparison of Disturbed and Undisturbed Soil Core Methods to Estimate Nitrogen-Mineralization Rates in Manured Agricultural Soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *44*, 1722–1732. https://doi.org/10.1080/00103624.2013.783060

Moser, G., Leuschner, C., Hertel, D., Graefe, S., Soethe, N., & Iost, S. (2011). Elevation effects on the carbon budget of tropical mountain forests (S Ecuador): The role of the belowground compartment. *Global Change Biology*, *17*(6), 2211–2226. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2010.02367.x

Nabuurs, G. J., Masera, O., Andrasko, K., Benitez-Ponce, P., Boer, R., Dutschke, M., … Zhang, X. (2007). Forestry. In B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, & L. A. Meyer (Eds.), *Climate Change 2007: Mitigation, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 541–584). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Nagler, P. L., Daughtry, C. S. T., & Goward, S. N. (2000). Plant litter and soil reflectance. *Remote Sensing of Environment*, *71*(2), 207–215. https://doi.org/10.1016/S0034-4257(99)00082-6

Nasi, R., Wunder, S., & Campos, J. J. (2002). *Forest ecosystem services: can they pay our way out of deforestation?* CIFOR for the Global Environmental Facility (GEF), Bogor, Indonesia.

Ngo, K. M., Turner, B. L., Muller-Landau, H. C., Davies, S. J., Larjavaara, M., Nik Hassan, N. F. bin, & Lum, S. (2013). Carbon stocks in primary and secondary tropical forests in Singapore. *Forest Ecology and Management*, *296*, 81–89. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.004

Noguchi, K., Konôpka, B., Satomura, T., Kaneko, S., & Takahashi, M. (2007). Biomass and production of fine roots in Japanese forests. *Journal of Forest Research*, *12*(2), 83–95. https://doi.org/10.1007/s10310-006-0262-3

Novara, A., Rühl, J., La Mantia, T., Gristina, L., La Bella, S., & Tuttolomondo, T. (2015). Litter contribution to soil organic carbon in the processes of agriculture abandon. *Solid Earth*, *6*(2), 425–432. https://doi.org/10.5194/se-6-425-2015

Nuanurai, N. (2005). *Comparison of Leaf Area Index, Above - Ground Biomass and Carbon Sequestration of Forest Ecosystems By Forest Inventory and Remote Sensing At Kaeng Krachan National Park, Thailand*. Master degree Thesis. Major Zology. Faculty of Science. Chulalongkorn University.

Nwankwo, C., & Ogagarue, D. (2012). An Investigation of Temperature Variation at Soil Depths in Parts of Southern Nigeria. *American Journal of Environmental Engineering*, *2*(5), 142–147. https://doi.org/10.5923/j.ajee.20120205.05

O' Neill, R. V., & DeAngelis, D. L. (1981). Comparative productivity and biomass relations of forest Ecosystems. In D. Reichle (Ed.), *Dynamic properties of forest ecosystems* (pp. 411–449). Cambridge University Press.

Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., & Kira, T. (1965). Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. II. Plant biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*, *4*, 49–80.

Oliver, S. A., Oliver, H. R., Wallace, J. S., & Roberts, A. M. (1987). Soil heat flux and temperature variation with vegetation, soil type and climate. *Agricultural and Forest Meteorology*, *39*, 257–269. https://doi.org/10.1016/0168-1923(87)90042-6

Onwuka, B. M. (2016). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Journal of Agricultural Science and Technologyournal*, *6*(3), 89–93. https://doi.org/10.15406/apar.2018.08.00288

Osman, K. T. (2013a). Physical Properties of Forest Soils. In K. T. Osman (Ed.), *Forest Soils: Properties and Management* (pp. 19–44). Forest Soil: Springer International Publishing Switzerland.

Osman, K. T. (2013b). Organic Matter of Forest Soils. In K. T. Osman (Ed.), *Forest Soils: Properties and Management* (pp. 62–76). Forest Soil: Springer International Publishing Switzerland.

Osono, T. (2010). Decomposition of grass leaves by ligninolytic litter-decomposing fungi. *Japanese Society of Grassland Science*, *56*(1), 31–36. https://doi.org/10.1111/j.1744-697X.2009.00170.x

Ounkerd, K., Sunthornhao, P., & Puangchit, L. (2015). Valuation of Carbon Stock in Trees at Khao Wong Community Forest, Chaiyaphum Province. *Thai Journal of Forestry*, *34*(1), 29–38.

Packham, J. R., Harding, D. J., Hilton, G. M., & Stuttard, R. A. (1992). *Functional ecology of woodlands and forests*. (J.R. Packham, Ed.) (1st ed.). Springer Science & Business Media,.

Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., ... Hayes, D. (2011). A Large and Persistent Carbon Sink in the World's Forests. *Science*, *333*(6045), 988–993. https://doi.org/10.1126/science.1201609

Park, B. B., Yanai, R. D., Vadeboncoeur, M. A., & Hamburg, S. P. (2007). Estimating Root Biomass in Rocky Soils using Pits, Cores, and Allometric Equations. *Soil Science Society of America Journal*, *71*(1), 206–213. https://doi.org/10.2136/sssaj2005.0329

Paul, K. I., Polglase, P. J., Smethurst, P. J., O'Connell, A. M., Carlyle, C. J., & Khanna, P. K. (2004). Soil temperature under forests: a simple model for predicting soil temperature under a range of forest types. *Agricultural and Forest Meteorology*, *121*(3–4), 167–182. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2003.08.030

Persson, H. (1979). Fine-root production, mortality and decomposition in forest ecosystems. *Vegetatio*, *41*(2), 101–109. https://doi.org/10.1007/BF00121422

Petrescu, A. M. R., Abad-Viñas, R., Janssens-Maenhout, G., Blujdea, V. N. B., & Grassi, G. (2012). Global estimates of carbon stock changes in living forest biomass: EDGARv4.3 - Time series from 1990 to 2010. *Biogeosciences*, *9*(8), 3437–3447. https://doi.org/10.5194/bg-9-3437-2012

Podong, C., & Poolsiri, R. (2013). Forest structure and species diversity of secondary forest after cultivation in relation to various sources at lower northern Thailand. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*, *3*(3), 208–218. https://doi.org/http://dx.doi.org/10.0000/issn-2220-8860-piaees-2013-v3-0017

Podong, C., Poolsiri, R., Katzensteiner, K., Pengthamkeerati, P., & Thongdeenok, P. (2013). Species diversity and litter dynamics in secondary mixed deciduous forest, Thung Salaeng Lung National Park, Northern, Thailand. *Folia Forestalia Polonica, Series A*, *55*(4), 196–204. https://doi.org/10.2478/ffp-2013-0022

Ponuparn, S., Chantasiriwast, A., Patanaponpaioon, P., & Maknual, C. (2008). Preliminary Study on Fine-Root Production in a Secondary Mangrove Forest in Trat, Eastern Thailand. In *Proceedings of the Fortrop II: Tropical Forestry Change in a Chaning World*. 17-20 November 2008 (pp. 119-128). Kasetsart University, Bangkok, Thiland.

Potter, B. E., Teclaw, R. M., & Zasada, J. C. (2001). The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes (Potter et al 2001). *Agricultural and Forest Meteorology*, *106*, 331–336. https://doi.org/10.1016/S0168-1923(00)00220-3

Prasad, P. R. C., & Lakshmi, P. M. (2015). Estimation of biomass density and carbon storage in the forests of Andhra Pradesh, India, with emphasis on their deforestation and degradation conditions. *European Journal of Ecology*, *1*(1), 52–63. https://doi.org/10.1515/eje-2015-0007

Proctor, J. (1983). Tropical litter fall I. Problems of data comparison. In S. L. Sutton, T. C. Whitmor, & A. C. Chadwick (Eds.), *Tropical Rain Forest: Ecology and Management* (pp. 267–273). Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Quinto, H., Caicedo, H., Thelis Perez, M., & Moreno, F. (2016). Fine root dynamics and its relationship with soil fertility in tropical rainforests of Chocó. *Revista de Biologia Tropical*, *64*(4), 1709–1719.

Raich, J. W., Clark, D. A., Schwendenmann, L., & Wood, T. E. (2014). Aboveground tree growth varies with belowground carbon allocation in a tropical rainforest environment. *PLoS ONE*, *9*(6). https://doi.org/10.1371/journal.pone.0100275

Reichle, D. E. (1981). *Dynamic properties of forest ecosystems* (Vol. 23). Cambridge University Press.

Repo, T., Leinonen, I., Ryyppö, A., & Finér, L. (2004). The effect of soil temperature on the bud phenology, chlorophyll fluorescence, carbohydrate content and cold hardiness of Norway spruce seedlings. *Physiologia Plantarum*, *121*, 93–100. https://doi.org/10.1111/j.0031-9317.2004.00307.x

Robinson, A. B., Robinson, N. E., & Soon, W. (2007). Environmental Effects of Increased Atmospheric Cabon Dioxide. *Journal of American Physicians and Surgeons*, *12*(7), 79–90.

Röderstein, M., Hertel, D., & Leuschner, C. (2005). Above- and below-ground litter production in three tropical montane forests in southern Ecuador. *Journal of Tropical Ecology*, *21*(5), 483–492. https://doi.org/10.1017/S026646740500249X

Roy, J., Saugier, B., & Mooney, H. A. (2001). *Terrestrial global productivity*. Academic Press.

Running, S. W., Nemani, R. R., Heinsch, F. A., Zhao, M., Reeves, M., & Hashimoto, H. (2004). A Continuous Satellite-Derived Measure of Global Terrestrial Primary Production. *BioScience*, *54*(6), 547–560. https://doi.org/10.1641/0006-3568(2004)054[0547:ACSMOG]2.0.CO;2

Sakai, M., & Tsutsumi, T. (1986). Carbon cycles of two soil types in a cool-temperate forest in Japan (I). *Journal of the Japanese Forest Society*, *68*(1), 1–9. https://doi.org/10.11519/jjfs1953.68.1_1

Sakin, E. (2012). Organic carbon organic matter and bulk density relationships in arid-semi arid soils in Southeast Anatolia region. *African Journal of Biotechnology*, *11*(6), 1373–1377. https://doi.org/10.5897/AJB11.2297

Santiago, L. S., & Mulkey, S. S. (2005). Leaf productivity along a precipitation gradient in lowland Panama: Patterns from leaf to ecosystem. *Trees - Structure and Function*, *19*(3), 349–356. https://doi.org/10.1007/s00468-004-0389-9

Scharlemann, J. P. W., Tanner, E. V. J., Hiederer, R., & Kapos, V. (2014). Global soil carbon: Understanding and managing the largest terrestrial carbon pool. *Carbon Management*, *5*(1), 81–91. https://doi.org/10.4155/cmt.13.77

Schlesinger, W. H. (1991). *Biogeochemistry : an analysis of global change*. Academic Press.

Schlesinger, W. H. (1997). *Biogeochemistry : an analysis of global change*. Academic Press.

Schoenholtz, S. H., Miegroet, H. V., & Burger, J. A. (2000). A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, *138*, 335–356. https://doi.org/10.1016/S0378-1127(00)00423-0

Senpaseuth, P., Navanugraha, C., & Pattanakiat, S. (2009). *The Estimation of Carbon Storage in Dry Evergreen and Dry Dipterocarp Forests in Sang Khom District, Nong Khai Province, Thailand*. *Natural Resources Journal* (Vol. 7).

Senyk, J., & Craigdallie, D. (1997). *Effects of harvesting methods on soil properties and forest productivity in interior British Columbia*. Victoria, BC: Natural Res. Can., Can. For. Serv., Pac. For. Cen. ix, 37 pp.

Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana: University of Illinois Press.

Sharma, G., Nautiyal, B. P., & Nautiyal, A. R. (2009). Seedling emergence and survival in Cinnamomum tamala under varying micro-habitat conditions: Conservation implications. *Tropical Ecology*, *50*(1), 201–209.

Shetty, M. A., & Somashekar, R. K. (2013). Multispectral Monitoring of Vegetation Cover of Bangalore Metropolitan Area. *Global Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *2*(1), 27–32.

Shi, Y., Baumann, F., Ma, Y., Song, C., Kühn, P., Scholten, T., & He, J. S. (2012). Organic and inorganic carbon in the topsoil of the Mongolian and Tibetan grasslands: Pattern, control and implications. *Biogeosciences*, *9*(6), 2287–2299. https://doi.org/10.5194/bg-9-2287-2012

Shibata, M., Araki, S., Funakawa, S., Sugihara, S., & Mvondo Ze, A. D. (2014). Effect of vegetation on soil C, N, P and other minerals in Oxisols at the forest-savanna transition zone of central Africa. *Soil Science and Plant Nutrition*, *60*(1), 45–59. https://doi.org/10.1080/00380768.2013.866523

Shinozaki, K., Yoda, K., Hozumi, K., & Kira, T. (1964). A quantitative analysis of plant form-the pipe model theory: II. Further evidence of the theory and its application in forest ecology. *Japanese Journal of Ecology*, *14*(4), 133–139.

Silver, W. L., Thompson, A. W., McGroddy, M. E., Varner, R. K., Dias, J. D., Silva, H., … Keller, M. (2005). Fine root dynamics and trace gas fluxes in two lowland tropical forest soils. *Global Change Biology*, *11*(2), 290–306. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.00903.x

Smyth, C. E., Kurz, W. A., Neilson, E. T., & Stinson, G. (2013). National-scale estimates of forest root biomass carbon stocks and associated carbon fluxes in Canada. *Global Biogeochemical Cycles*, *27*(4), 1262–1273. https://doi.org/10.1002/2012GB004536

Soil Survey Staff. (1996). *Soil survey laboratory methods manual version No. 3.0.* USDA NRCS.

Soil Survey Staff. (2010). Keys to Soil Taxonomy (11th ed.). Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.

Solly, E., Schöning, I., Boch, S., Müller, J., Socher, S. A., Trumbore, S. E., & Schrumpf, M. (2013). Mean age of carbon in fine roots from temperate forests and grasslands with different management. *Biogeosciences*, *10*(7), 4833–4843. https://doi.org/10.5194/bg-10-4833-2013

Spain, A. V. (1984). Litterfall and the Standing Crop of Litter in Three Tropical Australian Rainforests. *The Journal of Ecology*, *72*(3), 947. https://doi.org/10.2307/2259543

Stolbovoy, V., Montanarella, L., Filippi, N., Jones, A., Gallego, J., & Giacomo Grassi. (2007). *Soil sampling protocol to certify the changes of organic carbon stock in mineral soils of the European Union. Version 2.* Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

Strey, S., Boy, J., Strey, R., Weber, O., & Guggenberger, G. (2016). Response of soil organic carbon to land-use change in central Brazil: a large-scale comparison of Ferralsols and Acrisols. *Plant and Soil*, *408*, 327–342. https://doi.org/10.1007/s11104-016-2901-6

Suksawang, S. (1989). *Nutrient Circulation of the Dry Evergreen Forest at Huay Hin Dard Watershed Research Station, Changwat Rayong*. Master degree Thesis. Major Silviculture. Faculty of Silviculture. Kasetsart University.

Takahashi, M., Marod, D., Panuthai, S., & Hirai, K. (2012). Carbon Cycling in Teak Plantations in Comparison with Seasonally Dry Tropical Forests in Thailand. In Juan A. Blanco. & Yueh-Hsin Lo. (Eds.), *Forest Ecosystems - More than Just Trees* (pp. 209–230). Croatia: InTech. https://doi.org/10.5772/32009

Tanaka, K., & Hashimoto, S. (2006). Plant canopy effects on soil thermal and hydrological properties and soil respiration. *Ecological Modelling*, *196*, 32–44. https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2006.01.004

Tangtham, N., & Tantasirin, C. (1997). An assessment of policies to reduce carbon emissions in the Thai forestry sector with emphasis on forest protection and reforestation for conservation. In C. Khemnark, B. Thaiutsa, L. Puangchit, & 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 (pp. 100–121). Bangkok.

Taylor, H. M., Upchurch, D. R., & McMichael, B. L. (1990). Applications and limitations of rhizotrons and minirhizotrons for root studies. *Plant and Soil*, *129*(1), 29–35. https://doi.org/10.1007/BF00011688

Teixeira, D. C., Montezuma, R. C., Oliveira, R. R., & Silva-Filho, E. V. (2012). Litterfall mercury deposition in Atlantic forest ecosystem from SE - Brazil. *Environmental Pollution*, *164*, 11–15. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.10.032

Terakunpisut, J., Gajaseni, N., & Ruankawe, N. (2007). Carbon sequestration potential in aboveground biomass of Thong Pha Phum National Forest, Thailand. *Applied Ecology and Environmental Research*, *5*(2), 93–102. https://doi.org/10.15666/aeer/0502_093102

Thaiutsa, B., Suwannapinunt, W., & Kaitpraneet, W. (1978). Production and chemical composition of forest litter in Thailand. *Forest Research Bulletin (Thailand)*.

Trumbore, S. E., & Gaudinski, J. B. (2003). The Secret Lives of Roots. *Science*, *302*(5649), 1344–1345. https://doi.org/10.1126/science.1091841

Tsutsumi, T., Nishitani, Y., & Kirimura, Y. (1983). On the effects of soil fertility on the rate and the nutrient element concentration of litterfall in a forest. *Japanese Journal of Ecology*, *33*, 313–322.

Twum, E. K. A., & Nii-Annang, S. (2015). Impact of Soil Compaction on Bulk Density and Root Biomass of Quercus petraea L. at Reclaimed Post-Lignite Mining Site in Lusatia, Germany. *Applied and Environmental Soil Science*, *2015*, 1–5. https://doi.org/10.1155/2015/504603

Valverde-Barrantes, O. J., Raich, J. W., & Russell, A. E. (2007). Fine-root mass, growth and nitrogen content for six tropical tree species. *Plant and Soil*, *290*(1–2), 357–370. https://doi.org/10.1007/s11104-006-9168-2

Van der Werf, G. R., Morton, D. C., DeFries, R. S., Olivier, J. G. J., Kasibhatla, P. S., Jackson, R. B., … Randerson, J. T. (2009). CO_2 emissions from forest loss. *Nature Geoscience*, *2*(11), 737–738. https://doi.org/10.1038/ngeo671

Vogt, K. A., Grier, C. C., & Vogt, D. J. (1986). Production, Turnover, and Nutrient Dynamics of Above- and Belowground Detritus of World Forests. *Advances in Ecological Research*, *15*, 303–377. https://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60122-1

Vogt, K. A., Vogt, D. J., & Bloomfield, J. (1998). Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level. *Plant and Soil*, *200*, 71–89. https://doi.org/10.1023/a:1004313515294

Vogt, K. A., Vogt, D. J., Palmiotto, P. A., Boon, P., O'Hara, J., & Asbjornsen, H. (1996). Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil: An International Journal on Plant-Soil Relationships*, *187*(2), 159–219. https://doi.org/10.1007/BF00017088

Walkley, A., & Black, I. A. (1934). An examination of the Degiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, *37*(1), 29–38. https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003

Wieser, G. (2004). Seasonal variation of soil respiration in a Pinus cembra forest at the upper timberline in the Central Austrian Alps. *Tree Physiology*, *24*, 475–480. https://doi.org/10.1007/s00468-004-0341-z

Yang, L., Wu, S., & Zhang, L. (2010). Fine root biomass dynamics and carbon storage along a successional gradient in Changbai Mountains, China. *Forestry*, *83*(4), 379–387. https://doi.org/10.1093/forestry/cpq020

Zhang, Y., Chen, W., & Cihlar, J. (2003). A process-based model for quantifying the impact of climate change on permafrost thermal regimes. *Journal of Geophysical Research*, *108*(D22), 4695. https://doi.org/10.1029/2002JD003354

Zhao, Z., Li, P., Xue, W., & Guo, S. (2006). Relation between growth and vertical distribution of fine roots and soil density in the Weibei Loess Plateau. *Frontiers of Forestry in China*, *1*, 76–81. https://doi.org/10.1007/s11461-005-0006-0

Zou, C., Penfold, C., Sands, R., Misra, R. K., & Hudson, I. (2001). Effects of soil air-filled porosity, soil matric potential and soil strength on primary root growth of radiata pine seedlings. *Plant and Soil*, *236*, 105–115. https://doi.org/10.1023/A:1011994615014

Zribi, L., Chaar, H., Khaldi, A., Hanchi, B., Mouillot, F., & Gharbi, F. (2016). Estimate of biomass and carbon pools in disturbed and undisturbed oak forests in Tunisia. *Forest Systems*, *25*(2), 12 pp. https://doi.org/10.5424/fs/2016252-08062

ภาคผนวก

ภาคผนวก 1 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)
					นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี	
1	กรวยป่า	*Casearia grewiifolia* Vent.	*Casearia*	SALICACEAE	3	1	4	8
2	กระโดน	*Careya arborea* Roxb.	*Careya*	LECYTHIDACEAE	2	0	1	3
3	กระทุ่ม	Mitragyna hirsuta Havil.	*Mitragyna*	RUBIACEAE	10	4	11	25
4	กระบก	*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.	*Irvingia*	IRVINGIACEAE	17	5	6	28
5	กระพี้เขาควาย	*Dalbergia cultrata* Graham Benth.	*Dalbergia*	FABACEAE	0	3	2	5
6	กัดลิ้น	*Walsura trichostemon* Miq.	*Walsura*	MELIACEAE	6	16	5	27
7	กาสามปีก	*Vitex peduncularis* Wall. Ex Schauer	*Vitex*	LAMIACEAE	0	0	10	10
8	กำแพงเจ็ดชั้น	*Salacia chinensis* L.	*Salacia*	CELASTRACEAE	0	2	0	2
9	กุ๊ก	*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.	*Lannea*	ANACARDIACEAE	19	5	10	34
10	ขว้าว	*Haldina cordifolia* (Roxb.) Ridsdale	*Haldina*	RUBIACEAE	0	0	1	1
11	ขันทองพยาบาท	*Suregada multiflora* (A. Juss.) Baill.	*Suregada*	EUPHORBIACEAE	0	1	2	3
12	ข้าวสารป่า	*Pavetta tomentosa* Roxb. ex Sm.	*Pavetta*	RUBIACEAE	1	3	0	4
13	คำมอกหลวง	*Gardenia sootepensis* Hutch.	*Gardenia*	RUBIACEAE	8	3	0	11
14	แครกฟ้า	*Heterophragma sulfureum* Kurz	*Heterophragma*	BIGNONIACEAE	0	0	2	2
15	งิ้วป่า	*Bombax anceps* Pierre	*Bombax*	MALVACEAE	2	7	3	12
16	ช้างน้าว	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.	*Ochna*	OCHNACEAE	2	1	1	4
17	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	*Xylia*	FABACEAE	37	41	72	150
18	ตะโกนา	*Diospyros rhodocalyx* Kurz	*Diospyros*	EBENACEAE	1	0	0	1
19	ตะโกพนม	*Diospyros castanea* (Craib) Fletche	*Diospyros*	EBENACEAE	3	3	5	11
20	ตะขบป่า	*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.	*Flacourtia*	SALICACEAE	10	6	2	18

ภาคผนวก 1 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)
					นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี	
21	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa* (Lour.) Merr.	*Schleichera*	SAPINDACEAE	2	3	11	16
22	ตะแบกนา	*Lagerstroemia floribunda* Jack	*Lagerstroemia*	LYTHRACEAE	3	6	24	33
23	ตะลุมพุก	*Tamilnadia uliginosa* (Retz.) Tirveng. & Sastre	*Tamilnadia*	RUBIACEAE	0	0	2	2
24	ตับเต่าต้น	*Diospyros ehretioides* Wall. ex G.Don	*Diospyros*	EBENACEAE	3	3	0	6
25	ตานกกด	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	*Ellipanthus*	CONNARACEAE	13	19	40	72
26	ติ้วเกลี้ยง	*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume	*Cratoxylum*	HYPERICACEAE	7	2	9	18
27	ติ้วขาว	*Cratoxylum formosum* (Jacq) Benth. & Hook. f. ex Dyer	*Cratoxylum*	HYPERICACEAE	25	1	29	55
28	ตีนนก	*Vitex pinnata* L.	*Vitex*	LAMIACEAE	0	2	0	2
29	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	*Shorea*	DIPTEROCARPACEAE	13	144	47	204
30	เต็งหนาม	*Bridelia retusa* (L.) A.Juss.	*Bridelia*	PHYLLANTHACEAE	0	1	3	4
31	น้ำใจใคร่	*Olax psittacorum* (Lam.) Vahl	*Olax*	OLACACEAE	0	0	2	2
32	ประดู่	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	*Pterocarpus*	FABACEAE	14	26	45	85
33	พฤกษณ์	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	*Albizia*	FABACEAE	2	0	0	2
34	พลวง	*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.	*Dipterocarpus*	DIPTEROCARPACEAE	0	0	14	14
35	พลองเหมือด	*Memecylon edule* Roxb.	*Memecylon*	MELASTOMATACEAE	1	1	30	32
36	พลับพลา	*Microcos tomentosa* Sm.	*Microcos*	MALVACEAE	0	3	0	3
37	พะยอม	*Shorea roxburghii* G.Don	*Shorea*	DIPTEROCARPACEAE	3	0	0	3
38	พันซาด	*Erythrophleum succirubrum* Gagnep.	*Erythrophleum*	FABACEAE	6	2	9	17
39	มะกอก	*Spondias pinnata* (L. f.) Kurz	*Spondias*	ANACARDIACEAE	1	0	0	1
40	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	*Canarium*	BURSERACEAE	14	14	20	48

ภาคผนวก 1 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)
					นาสีนวน	โคกหนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี	
41	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	*Phyllanthus*	PHYLLANTHACEAE	2	0	0	2
42	มะค่าแต้	*Sindora siamensis* Miq.	*Sindora*	FABACEAE	3	16	46	65
43	มะพอก	*Parinari anamensis* Hance	*Parinari*	CHRYSOBALANACEAE	6	1	0	7
44	มะม่วงป่า	*Mangifera caloneura* Kurz.	*Mangifera*	ANACARDIACEAE	17	5	1	23
45	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania cochinchinensis* (Lour.) M.R.Almeida	*Buchanania*	ANACARDIACEAE	11	20	18	49
46	มะหวด	*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.	*Lepisanthes*	SAPINDACEAE	1	0	0	1
47	มะหาด	*Artocarpus lacucha* Buch.-Ham.	*Artocarpus*	MORACEAE	0	3	0	3
48	เม่าไข่ปลา	*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.	*Antidesma*	PHYLLANTHACEAE	0	1	6	7
49	ยมหิน	*Chukrasia tabularis* A.Juss.	*Chukrasia*	MELIACEAE	0	2	5	7
50	ยอเถื่อน	*Morinda citrifolia* L.	*Morinda*	RUBIACEAE	7	8	10	25
51	รกฟ้า	*Terminalia alata* Roth	*Terminalia*	COMBRETACEAE	0	0	14	14
52	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	*Shorea*	DIPTEROCARPACEAE	21	34	45	100
53	ราชพฤกษ์	*Cassia fistula* L.	*Cassia*	FABACEAE	0	0	1	1
54	ส้มกบ	*Hymenodictyon orixense* (Roxb.) Mabb.	*Hymenodictyon*	RUBIACEAE	1	3	0	4
55	สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz.	*Terminalia*	COMBRETACEAE	0	1	0	1
56	สะเดา	*Azadirachta indica* A.Juss.	*Azadirachta*	MELIACEAE	5	0	1	6
57	แสมสาร	*Senna garrettiana* (Craib) H.S.Irwin & Barneby.	*Senna*	FABACEAE	3	2	3	8
58	แสลงใจ	*Strychnos nux-vomica* L.	*Strychnos*	LOGANIACEAE	8	6	3	17
59	หนามขวากช้าง	*Meyna velutina* Robyns	*Meyna*	RUBIACEAE	3	2	3	8
60	หนามแท่ง	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.)	*Catunaregam*	RUBIACEAE	20	1	28	49

ภาคผนวก 1 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจในป่าชุมชน จังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ป่า			จำนวน (ต้น)
					นาสีนวน	โคก หนองคอง	หนองเม็ก-หนองฮี	
61	หมักม่อ	*Rothmannia wittii* (Craib) Bremek.	*Rothmannia*	RUBIACEAE	1	52	19	72
62	หมี่เหม็น	*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob.	*Litsea*	LAURACEAE	1	0	0	1
63	หว้า	*Syzygium cumini* (L.) Skeels	*Syzygium*	MYRTACEAE	0	1	2	3
64	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	*Dipterocarpus*	DIPTEROCARPACEAE	114	1	0	115
65	อะราง	*Peltophorum dasyrrhachis* (Miq.) Kurz	*Peltophorum*	FABACEAE	0	5	0	5
66	อินทนิลบก	*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.	*Lagerstroemia*	LYTHRACEAE	0	0	1	1
				รวม	452	492	628	1572

ภาคผนวก 2 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์แตกต่างกันในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์		จำนวน (ต้น)
					ใช้ประโยชน์น้อย	ใช้ประโยชน์มาก	
1	กรวยป่า	*Casearia grewiifolia* Vent.	*Casearia*	SALICACEAE	4	4	8
2	กระโดน	*Careya arborea* Roxb.	*Careya*	LECYTHIDACEAE	1	2	3
3	กระทุ่ม	Mitragyna hirsuta Havil.	*Mitragyna*	RUBIACEAE	19	6	25
4	กระบก	*Irvingia malayana* Oliv. ex A.W.Benn.	*Irvingia*	IRVINGIACEAE	15	13	28
5	กระพี้เขาควาย	*Dalbergia cultrata* Graham Benth.	*Dalbergia*	FABACEAE	2	3	5
6	กัดลิ้น	*Walsura trichostemon* Miq.	*Walsura*	MELIACEAE	5	22	27
7	กาสามปีก	*Vitex peduncularis* Wall. Ex Schauer	*Vitex*	LAMIACEAE	0	10	10
8	กำแพงเจ็ดชั้น	*Salacia chinensis* L.	*Salacia*	CELASTRACEAE	0	2	2
9	กุ๊ก	*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.	*Lannea*	ANACARDIACEAE	17	17	34
10	ขว้าว	*Haldina cordifolia* (Roxb.) Ridsdale	*Haldina*	RUBIACEAE	1	0	1
11	ขันทองพยาบาท	*Suregada multiflora* (A. Juss.) Baill.	*Suregada*	EUPHORBIACEAE	2	1	3
12	ข้าวสารป่า	*Pavetta tomentosa* Roxb. ex Sm.	*Pavetta*	RUBIACEAE	1	3	4
13	คำมอกหลวง	*Gardenia sootepensis* Hutch.	*Gardenia*	RUBIACEAE	3	8	11
14	แครกฟ้า	*Heterophragma sulfureum* Kurz	*Heterophragma*	BIGNONIACEAE	0	2	2
15	งิ้วป่า	*Bombax anceps* Pierre	*Bombax*	MALVACEAE	6	6	12
16	ช้างน้าว	*Ochna integerrima* (Lour.) Merr.	*Ochna*	OCHNACEAE	2	2	4
17	แดง	*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.	*Xylia*	FABACEAE	106	44	150
18	ตะโกนา	*Diospyros rhodocalyx* Kurz	*Diospyros*	EBENACEAE	0	1	1
19	ตะโกพนม	*Diospyros castanea* (Craib) Fletche	*Diospyros*	EBENACEAE	11	0	11
20	ตะขบป่า	*Flacourtia indica* (Burm.f.) Merr.	*Flacourtia*	SALICACEAE	2	16	18

ภาคผนวก 2 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์แตกต่างกันในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์		จำนวน (ต้น)
					ใช้ประโยชน์น้อย	ใช้ประโยชน์มาก	
21	ตะคร้อ	*Schleichera oleosa* (Lour.) Merr.	*Schleichera*	SAPINDACEAE	11	5	16
22	ตะแบกนา	*Lagerstroemia floribunda* Jack	*Lagerstroemia*	LYTHRACEAE	19	14	33
23	ตะลุมพุก	*Tamilnadia uliginosa* (Retz.) Tirveng. & Sastre	*Tamilnadia*	RUBIACEAE	0	2	2
24	ตับเต่าต้น	*Diospyros ehretioides* Wall. ex G.Don	*Diospyros*	EBENACEAE	1	5	6
25	ตานกกด	*Ellipanthus tomentosus* Kurz	*Ellipanthus*	CONNARACEAE	53	19	72
26	ติ้วเกลี้ยง	*Cratoxylum cochinchinense* (Lour.) Blume	*Cratoxylum*	HYPERICACEAE	5	13	18
27	ติ้วขาว	*Cratoxylum formosum* (Jacq) Benth. & Hook. f. ex Dyer	*Cratoxylum*	HYPERICACEAE	27	28	55
28	ตีนนก	*Vitex pinnata* L.	*Vitex*	LAMIACEAE	2	0	2
29	เต็ง	*Shorea obtusa* Wall. ex Blume	*Shorea*	DIPTEROCARPACEAE	186	18	204
30	เต็งหนาม	*Bridelia retusa* (L.) A.Juss.	*Bridelia*	PHYLLANTHACEAE	3	1	4
31	น้ำใจใคร่	*Olax psittacorum* (Lam.) Vahl	*Olax*	OLACACEAE	0	2	2
32	ประดู่	*Pterocarpus macrocarpus* Kurz	*Pterocarpus*	FABACEAE	35	50	85
33	พฤกษณ์	*Albizia lebbeck* (L.) Benth.	*Albizia*	FABACEAE	1	1	2
34	พลวง	*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.	*Dipterocarpus*	DIPTEROCARPACEAE	14	0	14
35	พลองเหมือด	*Memecylon edule* Roxb.	*Memecylon*	MELASTOMATACEAE	25	7	32
36	พลับพลา	*Microcos tomentosa* Sm.	*Microcos*	MALVACEAE	0	3	3
37	พะยอม	*Shorea roxburghii* G.Don	*Shorea*	DIPTEROCARPACEAE	0	3	3
38	พันซาด	*Erythrophleum succirubrum* Gagnep.	*Erythrophleum*	FABACEAE	2	15	17
39	มะกอก	*Spondias pinnata* (L. f.) Kurz	*Spondias*	ANACARDIACEAE	0	1	1
40	มะกอกเกลื้อน	*Canarium subulatum* Guillaumin	*Canarium*	BURSERACEAE	31	17	48

ภาคผนวก 2 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์แตกต่างกันในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์		จำนวน (ต้น)
					ใช้ประโยชน์น้อย	ใช้ประโยชน์มาก	
41	มะขามป้อม	*Phyllanthus emblica* L.	*Phyllanthus*	PHYLLANTHACEAE	1	1	2
42	มะค่าแต้	*Sindora siamensis* Miq.	*Sindora*	FABACEAE	11	54	65
43	มะพอก	*Parinari anamensis* Hance	*Parinari*	CHRYSOBALANACEAE	2	5	7
44	มะม่วงป่า	*Mangifera caloneura* Kurz.	*Mangifera*	ANACARDIACEAE	5	18	23
45	มะม่วงหัวแมงวัน	*Buchanania cochinchinensis* (Lour.) M.R.Almeida	*Buchanania*	ANACARDIACEAE	33	16	49
46	มะหวด	*Lepisanthes rubiginosa* (Roxb.) Leenh.	*Lepisanthes*	SAPINDACEAE	0	1	1
47	มะหาด	*Artocarpus lacucha* Buch.-Ham.	*Artocarpus*	MORACEAE	1	2	3
48	เม่าไข่ปลา	*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.	*Antidesma*	PHYLLANTHACEAE	0	7	7
49	ยมหิน	*Chukrasia tabularis* A.Juss.	*Chukrasia*	MELIACEAE	4	3	7
50	ยอเถื่อน	*Morinda citrifolia* L.	*Morinda*	RUBIACEAE	11	14	25
51	รกฟ้า	*Terminalia alata* Roth	*Terminalia*	COMBRETACEAE	0	14	14
52	รัง	*Shorea siamensis* Miq.	*Shorea*	DIPTEROCARPACEAE	66	34	100
53	ราชพฤกษ์	*Cassia fistula* L.	*Cassia*	FABACEAE	1	0	1
54	ส้มกบ	*Hymenodictyon orixense* (Roxb.) Mabb.	*Hymenodictyon*	RUBIACEAE	0	4	4
55	สมอไทย	*Terminalia chebula* Retz.	*Terminalia*	COMBRETACEAE	1	0	1
56	สะเดา	*Azadirachta indica* A.Juss.	*Azadirachta*	MELIACEAE	2	4	6
57	แสมสาร	*Senna garrettiana* (Craib) H.S.Irwin & Barneby.	*Senna*	FABACEAE	3	5	8
58	แสลงใจ	*Strychnos nux-vomica* L.	*Strychnos*	LOGANIACEAE	5	12	17
59	หนามขวากช้าง	*Meyna velutina* Robyns	*Meyna*	RUBIACEAE	1	7	8
60	หนามแท่ง	*Catunaregam tomentosa* (Blume ex DC.)	*Catunaregam*	RUBIACEAE	11	38	49

ภาคผนวก 2 จำนวนชนิดและจำนวนต้นของพรรณไม้ในแปลงสำรวจพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์แตกต่างกันในป่าชุมชนของจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

ชนิด	ชื่อพื้นเมือง	ชื่อวิทยาศาสตร์	สกุล	วงศ์	พื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์		จำนวน (ต้น)
					ใช้ประโยชน์น้อย	ใช้ประโยชน์มาก	
61	หมักม่อ	*Rothmannia wittii* (Craib) Bremek.	*Rothmannia*	RUBIACEAE	60	12	72
62	หมี่เหม็น	*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob.	*Litsea*	LAURACEAE	0	1	1
63	หว้า	*Syzygium cumini* (L.) Skeels	*Syzygium*	MYRTACEAE	2	1	3
64	เหียง	*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.	*Dipterocarpus*	DIPTEROCARPACEAE	32	83	115
65	อะราง	*Peltophorum dasyrrhachis* (Miq.) Kurz	*Peltophorum*	FABACEAE	0	5	5
66	อินทนิลบก	*Lagerstroemia speciosa* (L.) Pers.	*Lagerstroemia*	LYTHRACEAE	1	0	1
				รวม	865	707	1572

ภาคผนวก 3 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช พื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม

Correlations

		SOC	SOM	Sand	Silt	Clay	SM	SBD	ST	pH	FRB	LTB	BA	AGB
SOC	Pearson Correlation	1												
SOM	Pearson Correlation	.984**	1											
Sand	Pearson Correlation	.180	.201	1										
Silt	Pearson Correlation	.086	.077	-.824**	1									
Clay	Pearson Correlation	-.411**	-.436**	-.746**	.237	1								
SM	Pearson Correlation	-.008	-.017	-.488**	.532**	.213	1							
SBD	Pearson Correlation	-.378**	-.491**	-.409**	.183	.486**	.101	1						
ST	Pearson Correlation	-.272*	-.231	-.039	.033	.028	.489**	-.226	1					
pH	Pearson Correlation	.504**	.511**	.146	.025	-.280*	-.136	-.255*	-.307*	1				
FRB	Pearson Correlation	.623**	.649**	.281*	-.017	-.461**	.185	-.478**	.282*	.253	1			
LTB	Pearson Correlation	-.127	-.112	-.032	-.073	.142	.121	-.110	.066	-.075	.043	1		
BA	Pearson Correlation	.007	-.006	-.113	-.040	.241	.032	.159	-.158	.029	-.133	-.008	1	
AGB	Pearson Correlation	.002	-.010	-.108	-.043	.235	.028	.149	-.151	.030	-.125	-.003	.974**	1

หมายเหตุ: อักษรย่อ SOC = การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์), SOM = อินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกรัมดิน), Sand = อนุภาคทราย (ร้อยละ), Silt = อนุภาคทรายแป้ง (ร้อยละ), Clay = อนุภาคดินเหนียว (ร้อยละ), SM = ความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก), SBD = ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), ST = อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส), pH = ค่าปฏิกิริยาดิน, FRB = มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร), LT = ซากพืช (กรัม/ตารางเมตร), BA = พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (ตารางเมตร/เฮกตาร์), AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (ตัน/เฮกตาร์)

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก 4 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช พื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์น้อย จังหวัดมหาสารคาม

Correlations

		SOC	SOM	Sand	Silt	Clay	SM	SBD	ST	pH	FRB	LTB	BA	AGB
SOC	Pearson Correlation	1												
SOM	Pearson Correlation	.996**	1											
Sand	Pearson Correlation	.186	.193	1										
Silt	Pearson Correlation	.151	.138	-.846**	1									
Clay	Pearson Correlation	-.404*	-.404*	-.916**	.561**	1								
SM	Pearson Correlation	.207	.207	-.413*	.371*	.363*	1							
SBD	Pearson Correlation	-.647**	-.706**	-.275	.045	.393*	-.054	1						
ST	Pearson Correlation	.130	.125	-.300	.227	.296	.751**	-.027	1					
pH	Pearson Correlation	.558**	.583**	.175	.069	-.323	.112	-.570**	.068	1				
FRB	Pearson Correlation	.458*	.456*	.148	.030	-.252	.426*	-.405*	.672**	.337	1			
LTB	Pearson Correlation	-.210	-.202	.003	-.109	.079	-.036	.018	.108	.064	.024	1		
BA	Pearson Correlation	-.042	-.045	.076	-.207	.039	.220	.073	.111	.026	.083	-.014	1	
AGB	Pearson Correlation	-.045	-.045	.072	-.198	.038	.228	.054	.130	.031	.081	-.014	.976**	1

ยเหตุ: อักษรย่อ SOC = การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์), SOM = อินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกรัมดิน), Sand = อนุภาคทราย (ร้อยละ), Silt = อนุภาคทรายแป้ง (ร้อยละ), Clay = อนุภาคดินเหนียว (ร้อยละ), SM = ความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก), SBD = ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), ST = อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส), pH = ค่าปฏิกิริยาดิน, FRB = มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร), LT = ซากพืช (กรัม/ตารางเมตร), BA = พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (ตารางเมตร/เฮกตาร์), AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (ตัน/เฮกตาร์)

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก 5 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช พื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในพื้นที่ที่มีความเข้มข้นการใช้ประโยชน์มาก จังหวัดมหาสารคาม

Correlations

		SOC	SOM	Sand	Silt	Clay	SM	SBD	ST	pH	FRB	LTB	BA	AGB
SOC	Pearson Correlation	1												
SOM	Pearson Correlation	.980**	1											
Sand	Pearson Correlation	.212	.234	1										
Silt	Pearson Correlation	.047	.040	-.846**	1									
Clay	Pearson Correlation	-.466**	-.499**	-.604**	.086	1								
SM	Pearson Correlation	-.136	-.145	-.536**	.581**	.133	1							
SBD	Pearson Correlation	-.383*	-.511**	-.520**	.248	.601**	.162	1						
ST	Pearson Correlation	-.364*	-.318	.132	-.019	-.218	.479**	-.283	1					
pH	Pearson Correlation	.565**	.545**	.124	.016	-.255	-.241	-.006	-.666**	1				
FRB	Pearson Correlation	.689**	.730**	.383*	-.049	-.642**	.055	-.620**	.159	.234	1			
LTB	Pearson Correlation	-.020	-.069	-.493**	.444*	.256	.164	.605**	-.349	.315	-.215	1		
BA	Pearson Correlation	-.151	-.148	.001	-.090	.134	-.011	.218	-.089	.174	-.174	.033	1	
AGB	Pearson Correlation	-.158	-.153	-.016	-.078	.146	-.020	.228	-.130	.205	-.204	.043	.978**	1

: อักษรย่อ SOC = การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์), SOM = อินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกกรัมดิน), Sand = อนุภาคทราย (ร้อยละ), Silt = อนุภาคทรายแป้ง (ร้อยละ), Clay = อนุภาคดินเหนียว (ร้อยละ), SM = ความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก), SBD = ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), ST = อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส), pH = ค่าปฏิกิริยาดิน, FRB = มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร), LT = ซากพืช (กรัม/ตารางเมตร), BA = พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (ตารางเมตร/เฮกตาร์), AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (ตัน/เฮกตาร์)

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก 6 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช พื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในป่าชุมชนนาสีนวน จังหวัดมหาสารคาม

Correlations

		SOC	SOM	Sand	Silt	Clay	SM	SBD	ST	pH	FRB	LTB	BA	AGB
SOC	Pearson Correlation	1												
SOM	Pearson Correlation	.995**	1											
Sand	Pearson Correlation	.364	.350	1										
Silt	Pearson Correlation	-.263	-.243	-.965**	1									
Clay	Pearson Correlation	-.437	-.429	-.968**	.869**	1								
SM	Pearson Correlation	.331	.296	-.085	.107	.059	1							
SBD	Pearson Correlation	-.633**	-.698**	-.169	.056	.267	-.049	1						
ST	Pearson Correlation	-.096	-.063	.082	.044	-.197	-.066	-.243	1					
pH	Pearson Correlation	.462*	.478*	-.099	.275	-.076	.507*	-.535*	.498*	1				
FRB	Pearson Correlation	.501*	.497*	.570**	-.521*	-.581**	.007	-.448*	.096	.311	1			
LTB	Pearson Correlation	-.368	-.339	-.162	.211	.105	-.130	-.077	.335	.000	-.011	1		
BA	Pearson Correlation	-.092	-.104	-.008	.021	-.005	.080	.113	.079	.197	.039	-.127	1	
AGB	Pearson Correlation	-.108	-.116	.002	.020	-.023	.021	.083	.093	.191	.043	-.094	.985**	1

: อักษรย่อ SOC = การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์), SOM = อินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกกรัมดิน), Sand = อนุภาคทราย (ร้อยละ), Silt = อนุภาคทรายแป้ง (ร้อยละ), Clay = อนุภาคดินเหนียว (ร้อยละ), SM = ความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก), SBD = ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), ST = อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส), pH = ค่าปฏิกิริยาดิน, FRB = มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร), LT = ซากพืช (กรัม/ตารางเมตร), BA = พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (ตารางเมตร/เฮกตาร์), AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (ตัน/เฮกตาร์)

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก 7 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช พื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในป่าชุมชนโคกหนองคอง จังหวัดมหาสารคาม

Correlations

		SOC	SOM	Sand	Silt	Clay	SM	SBD	ST	pH	FRB	LTB	BA	AGB
SOC	Pearson Correlation	1												
SOM	Pearson Correlation	.997**	1											
Sand	Pearson Correlation	-.019	.013	1										
Silt	Pearson Correlation	.516*	.496*	-.746**	1									
Clay	Pearson Correlation	-.693**	-.710**	-.371	-.342	1								
SM	Pearson Correlation	.456*	.431	-.696**	.778**	-.102	1							
SBD	Pearson Correlation	-.487*	-.547*	-.363	-.016	.534*	.047	1						
ST	Pearson Correlation	.065	.079	.585**	-.538*	-.075	-.421	-.204	1					
pH	Pearson Correlation	.599**	.584**	.181	.201	-.535*	-.006	-.066	.118	1				
FRB	Pearson Correlation	.807**	.810**	.198	.320	-.726**	.283	-.446*	.423	.574**	1			
LTB	Pearson Correlation	.122	.120	-.002	.073	-.099	.041	-.076	-.150	-.097	.075	1		
BA	Pearson Correlation	.131	.114	-.088	.235	-.204	.205	.077	-.355	.215	-.022	.095	1	
AGB	Pearson Correlation	.151	.131	-.083	.233	-.207	.198	.075	-.355	.214	-.016	.072	.986**	1

: อักษรย่อ SOC = การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์), SOM = อินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกรัมดิน), Sand = อนุภาคทราย (ร้อยละ), Silt = อนุภาคทรายแป้ง (ร้อยละ), Clay = อนุภาคดินเหนียว (ร้อยละ), SM = ความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก), SBD = ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), ST = อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส), pH = ค่าปฏิกิริยาดิน, FRB = มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร), LT = ซากพืช (กรัม/ตารางเมตร), BA = พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (ตารางเมตร/เฮกตาร์), AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (ตัน/เฮกตาร์)

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก 8 ความสัมพันธ์ของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดินกับสมบัติดิน ปริมาณมวลชีวภาพของรากฝอย ปริมาณซากพืช พื้นที่หน้าตัดของไม้ต้น และปริมาณมวลชีวภาพเหนือดินของไม้ต้นในป่าชุมชนหนองเม็ก-หนองฮี จังหวัดมหาสารคาม

Correlations

		SOC	SOM	Sand	Silt	Clay	SM	SBD	ST	pH	FRB	LTB	BA	AGB
SOC	Pearson Correlation	1												
SOM	Pearson Correlation	.977**	1											
Sand	Pearson Correlation	.078	.105	1										
Silt	Pearson Correlation	.158	.195	-.631**	1									
Clay	Pearson Correlation	-.202	-.260	-.864**	.155	1								
SM	Pearson Correlation	-.063	-.100	-.630**	.663**	.372	1							
SBD	Pearson Correlation	-.326	-.471*	-.606**	.037	.748**	.343	1						
ST	Pearson Correlation	-.393	-.389	.181	.139	-.321	.372	-.228	1					
pH	Pearson Correlation	.473*	.499*	-.013	.351	-.210	.077	-.148	-.352	1				
FRB	Pearson Correlation	.811**	.832**	.148	.168	-.298	-.046	-.453*	-.162	.353	1			
LTB	Pearson Correlation	.093	.123	.542*	-.361	-.457*	-.213	-.442	.221	-.368	.093	1		
BA	Pearson Correlation	.105	.111	.375	-.455*	-.182	-.488*	-.088	-.148	-.063	.124	.045	1	
AGB	Pearson Correlation	.043	.064	.370	-.447*	-.182	-.487*	-.103	-.137	-.037	.035	.055	.985**	1

: อักษรย่อ SOC = การกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (ตันคาร์บอน/เฮกตาร์), SOM = อินทรียวัตถุในดิน (กรัม/กิโลกกรัมดิน), Sand = อนุภาคทราย (ร้อยละ), Silt = อนุภาคทรายแป้ง (ร้อยละ), Clay = อนุภาคดินเหนียว (ร้อยละ), SM = ความชื้นในดิน (ร้อยละโดยน้ำหนัก), SBD = ความหนาแน่นรวมดิน (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร), ST = อุณหภูมิของดิน (องศาเซลเซียส), pH = ค่าปฏิกิริยาดิน, FRB = มวลชีวภาพของรากฝอย (กรัม/ตารางเมตร), LT = ซากพืช (กรัม/ตารางเมตร), BA = พื้นที่หน้าตัดของต้นไม้ (ตารางเมตร/เฮกตาร์), AGB = มวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ (ตัน/เฮกตาร์)

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

ภาคผนวก 9 พิกัดแปลงเก็บตัวอย่างดินและพรรณไม้ (ไม้ต้น) ในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม

แปลงที่	พื้นที่											
	นาสีนวน				โคกหนองคอง				หนองเม็ก-หนองฮี			
	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ
1	48 Q	309527	1807333	กันทรวิชัย	48 Q	286395	1817473	เชียงยืน	48 Q	288880	1820998	เชียงยืน
2	48 Q	309780	1807322	กันทรวิชัย	48 Q	286194	1817666	เชียงยืน	48 Q	288491	1821188	เชียงยืน
3	48 Q	309669	1807516	กันทรวิชัย	48 Q	286247	1817949	เชียงยืน	48 Q	289214	1820942	เชียงยืน
4	48 Q	309534	1807648	กันทรวิชัย	48 Q	802656	1817676	เชียงยืน	48 Q	288819	1821422	เชียงยืน
5	48 Q	309590	1807768	กันทรวิชัย	48 Q	286586	1817942	เชียงยืน	48 Q	289563	1821676	เชียงยืน
6	48 Q	309163	1807801	กันทรวิชัย	48 Q	287277	1817042	เชียงยืน	48 Q	288568	1821652	เชียงยืน
7	48 Q	309194	1808049	กันทรวิชัย	48 Q	287272	1817740	เชียงยืน	48 Q	288389	1821813	เชียงยืน
8	48 Q	309223	1808241	กันทรวิชัย	48 Q	287907	1816869	เชียงยืน	48 Q	288282	1822020	เชียงยืน
9	48 Q	309335	1807872	กันทรวิชัย	48 Q	287613	1817620	เชียงยืน	48 Q	288768	1821788	เชียงยืน
10	48 Q	309345	1808062	กันทรวิชัย	48 Q	288137	1817189	เชียงยืน	48 Q	288669	1821995	เชียงยืน

ภาคผนวก 10 พิกัดแปลงเก็บตัวอย่างปริมาณซากพืชและมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม

แปลงที่	พื้นที่											
	นาสีนวน				โคกหนองคอง				หนองเม็ก-หนองฮี			
	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ
1	48 Q	309525	1807340	กันทรวิชัย	48 Q	286395	1817479	เชียงยืน	48 Q	288881	1821002	เชียงยืน
2	48 Q	309535	1807334	กันทรวิชัย	48 Q	286401	1817475	เชียงยืน	48 Q	288891	1821004	เชียงยืน
3	48 Q	309531	1807328	กันทรวิชัย	48 Q	286407	1817468	เชียงยืน	48 Q	288881	1820990	เชียงยืน
4	48 Q	309521	1807329	กันทรวิชัย	48 Q	286388	1817469	เชียงยืน	48 Q	288871	1820993	เชียงยืน
5	48 Q	309522	1807336	กันทรวิชัย	48 Q	286385	1817474	เชียงยืน	48 Q	288875	1821002	เชียงยืน
6	48 Q	309782	1807328	กันทรวิชัย	48 Q	286191	1817671	เชียงยืน	48 Q	288485	1821194	เชียงยืน
7	48 Q	309784	1807325	กันทรวิชัย	48 Q	286200	1817673	เชียงยืน	48 Q	288494	1821194	เชียงยืน
8	48 Q	309788	1807314	กันทรวิชัย	48 Q	286202	1817663	เชียงยืน	48 Q	288495	1821192	เชียงยืน
9	48 Q	309773	1807316	กันทรวิชัย	48 Q	286191	1817656	เชียงยืน	48 Q	288498	1821172	เชียงยืน
10	48 Q	309772	1807325	กันทรวิชัย	48 Q	286186	1817665	เชียงยืน	48 Q	288485	1821186	เชียงยืน
11	48 Q	309672	1807524	กันทรวิชัย	48 Q	286241	1817958	เชียงยืน	48 Q	289216	1820951	เชียงยืน
12	48 Q	309674	1807514	กันทรวิชัย	48 Q	286251	1817952	เชียงยืน	48 Q	289225	1820941	เชียงยืน
13	48 Q	309674	1807502	กันทรวิชัย	48 Q	286256	1817947	เชียงยืน	48 Q	289220	1820936	เชียงยืน
14	48 Q	309661	1807512	กันทรวิชัย	48 Q	286245	1817939	เชียงยืน	48 Q	289204	1820936	เชียงยืน
15	48 Q	309664	1807526	กันทรวิชัย	48 Q	286243	1817947	เชียงยืน	48 Q	289205	1820946	เชียงยืน

ภาคผนวก 10 พิกัดแปลงเก็บตัวอย่างปริมาณซากพืชและมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่											
	นาสีนวน				โคกหนองคอง				หนองเม็ก-หนองฮี			
	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ
16	48 Q	309536	1807654	กันทรวิชัย	48 Q	286652	1817684	เชียงยืน	48 Q	288815	1821423	เชียงยืน
17	48 Q	309543	1807649	กันทรวิชัย	48 Q	286662	1817686	เชียงยืน	48 Q	288821	1821429	เชียงยืน
18	48 Q	309535	1807640	กันทรวิชัย	48 Q	286661	1817673	เชียงยืน	48 Q	288833	1821423	เชียงยืน
19	48 Q	309528	1807646	กันทรวิชัย	48 Q	286656	1817665	เชียงยืน	48 Q	288820	1821411	เชียงยืน
20	48 Q	309526	1807650	กันทรวิชัย	48 Q	2866650	1817670	เชียงยืน	48 Q	288806	1821423	เชียงยืน
21	48 Q	309590	1807772	กันทรวิชัย	48 Q	286596	1817951	เชียงยืน	48 Q	289558	1821680	เชียงยืน
22	48 Q	309579	1807777	กันทรวิชัย	48 Q	286589	1817942	เชียงยืน	48 Q	289572	1821685	เชียงยืน
23	48 Q	309602	1807768	กันทรวิชัย	48 Q	286584	1817932	เชียงยืน	48 Q	289570	1821671	เชียงยืน
24	48 Q	309593	1807760	กันทรวิชัย	48 Q	286584	1817946	เชียงยืน	48 Q	289560	1821664	เชียงยืน
25	48 Q	309585	1807762	กันทรวิชัย	48 Q	286579	1817941	เชียงยืน	48 Q	289553	1821679	เชียงยืน
26	48 Q	309160	1807810	กันทรวิชัย	48 Q	287283	1817062	เชียงยืน	48 Q	288570	1821659	เชียงยืน
27	48 Q	309172	1807802	กันทรวิชัย	48 Q	287277	1817047	เชียงยืน	48 Q	288578	1821654	เชียงยืน
28	48 Q	309174	1807795	กันทรวิชัย	48 Q	287278	1817028	เชียงยืน	48 Q	288572	1821643	เชียงยืน
29	48 Q	309160	1807792	กันทรวิชัย	48 Q	287276	1817036	เชียงยืน	48 Q	288559	1821645	เชียงยืน
30	48 Q	309151	1807808	กันทรวิชัย	48 Q	287270	1817036	เชียงยืน	48 Q	288560	1821658	เชียงยืน

ภาคผนวก 10 พิกัดแปลงเก็บตัวอย่างปริมาณซากพืชและมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่											
	นาสีนวน				โคกหนองคอง				หนองเม็ก-หนองฮี			
	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ
31	48 Q	309189	1808047	กันทรวิชัย	48 Q	287274	1817751	เชียงยืน	48 Q	288401	1821821	เชียงยืน
32	48 Q	309187	1808054	กันทรวิชัย	48 Q	287282	1817748	เชียงยืน	48 Q	288409	1821826	เชียงยืน
33	48 Q	309198	1808057	กันทรวิชัย	48 Q	287275	1817730	เชียงยืน	48 Q	288406	1821802	เชียงยืน
34	48 Q	309200	1808046	กันทรวิชัย	48 Q	287262	1817733	เชียงยืน	48 Q	288392	1821797	เชียงยืน
35	48 Q	309195	1808042	กันทรวิชัย	48 Q	287265	1817739	เชียงยืน	48 Q	288338	1821817	เชียงยืน
36	48 Q	309220	1808244	กันทรวิชัย	48 Q	287913	1816869	เชียงยืน	48 Q	288277	1822022	เชียงยืน
37	48 Q	309226	1808248	กันทรวิชัย	48 Q	287915	1816867	เชียงยืน	48 Q	288284	1822026	เชียงยืน
38	48 Q	309229	1808243	กันทรวิชัย	48 Q	287906	1816863	เชียงยืน	48 Q	288295	1822019	เชียงยืน
39	48 Q	309228	1808237	กันทรวิชัย	48 Q	287895	1816867	เชียงยืน	48 Q	288276	1822011	เชียงยืน
40	48 Q	309214	1808235	กันทรวิชัย	48 Q	287906	1816879	เชียงยืน	48 Q	288278	1822022	เชียงยืน
41	48 Q	309332	1807877	กันทรวิชัย	48 Q	287605	1817625	เชียงยืน	48 Q	288768	1821792	เชียงยืน
42	48 Q	309343	1807879	กันทรวิชัย	48 Q	287620	1817626	เชียงยืน	48 Q	288767	1821793	เชียงยืน
43	48 Q	309343	1807865	กันทรวิชัย	48 Q	287630	1817613	เชียงยืน	48 Q	288780	1821788	เชียงยืน
44	48 Q	309329	1807864	กันทรวิชัย	48 Q	287610	1817612	เชียงยืน	48 Q	288769	1821782	เชียงยืน
45	48 Q	309326	1807873	กันทรวิชัย	48 Q	287601	1817623	เชียงยืน	48 Q	288757	1821785	เชียงยืน

ภาคผนวก 10 พิกัดแปลงเก็บตัวอย่างปริมาณซากพืชและมวลชีวภาพของรากฝอยในพื้นที่ป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม (ต่อ)

แปลงที่	พื้นที่											
	นาสีนวน				โคกหนองคอง				หนองเม็ก-หนองฮี			
	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ	โซน	X	Y	อำเภอ
46	48 Q	309341	1808072	กันทรวิชัย	48 Q	288131	1817190	เชียงยืน	48 Q	288669	1821997	เชียงยืน
47	48 Q	309350	1808063	กันทรวิชัย	48 Q	288141	1817192	เชียงยืน	48 Q	288674	1821999	เชียงยืน
48	48 Q	309351	1808054	กันทรวิชัย	48 Q	288150	1817185	เชียงยืน	48 Q	288676	1821989	เชียงยืน
49	48 Q	309344	1808057	กันทรวิชัย	48 Q	288138	1817185	เชียงยืน	48 Q	288664	1821988	เชียงยืน
50	48 Q	309337	1808064	กันทรวิชัย	48 Q	288126	1817192	เชียงยืน	48 Q	288663	1822002	เชียงยืน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายวรรณชัย วรรณสิงห์

วันเกิด วันที่ 16 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2532

สถานที่เกิด อำเภอจตุรพักตรพิมาน จังหวัดร้อยเอ็ด

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 139 หมู่ 1 บ้านป่าสังข์ ตำบลป่าสังข์ อำเภอจตุรพักตรพิมาน จังหวัดร้อยเอ็ด รหัสไปรษณีย์ 45180

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2547 มัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนจตุรพักตรพิมานรัชดาภิเษก ตำบลหัวช้าง อำเภอจตุรพักตรพิมาน จังหวัดร้อยเอ็ด

พ.ศ. 2550 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจตุรพักตรพิมานรัชดาภิเษก ตำบลหัวช้าง อำเภอจตุรพักตรพิมาน จังหวัดร้อยเอ็ด

พ.ศ. 2555 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2558 ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2562 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ทุนวิจัย

พ.ศ. 2556 ได้รับทุนจากโครงการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ (ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย)

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว