



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	สมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าต่างชนิดในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช
	Soil Properties and Carbon Storage under Different Types of Forest in Sakaerat Environmental Research Station
นามผู้วิจัย	นางสาววรรณที่ สนกันหา
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรัตน์, Ph.D. )
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	( อาจารย์ศุภิมา ชนะจิตต์, ปร.ค. )
หัวหน้าภาควิชา	( ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุเทพ ทองแพ, วท.ค. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... เดือน ..... พ.ศ. ....

สืบสินธุ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าต่างชนิดในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

Soil Properties and Carbon Storage under Different Types of Forest in Sakaerat Environmental  
Research Station

โดย

นางสาวรณันท์ สนกันหา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อขอความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2554

วรรณัทธ์ สนกันหา 2554: สมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าต่างชนิดในพื้นที่สถานีวิจัย  
สิ่งแวดล้อมสะแกราช ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาวิชาปฐพีวิทยา ภาควิชา  
ปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 135  
หน้า

การศึกษาสมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนเปรียบเทียบภายใต้ป่าต่างชนิดในพื้นที่สถานีวิจัย  
สิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา ดำเนินการในพื้นที่ 8 บริเวณ ตั้งแต่บริเวณตอนบนของที่ลาดเชิงเขา  
ตอนล่างถึงตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณพหุชนิดภูมิ 1 บริเวณ ป่าเต็งรัง 2 บริเวณ  
จุด พื้นที่ Ecotone 1 บริเวณ ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู 3 บริเวณ และป่าดิบแล้งที่ไม่ถูกรบกวน 1 บริเวณ ทำการศึกษาโดยมี  
วัตถุประสงค์เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินกับการกักเก็บคาร์บอน โดยพิจารณาจากผลการวิเคราะห์  
สัณฐานวิทยาสนามของดิน สมบัติทางฟิสิกส์ และเคมีของดินตัวแทนในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐาน

ผลการศึกษา พบว่า ดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิดเป็นดินต้นถึงลึกมากที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็น  
ตะกอนคาคเชิงเขาของหินทราย ดินมีพัฒนาการสูง เป็นดินเนื้อหยาบปานกลางถึงเนื้อละเอียด มีโครงสร้างแบบ  
ก้อนเหลี่ยมมุมมน ดินมีความหนาแน่นรวมเพิ่มสูงขึ้นตามความลึก เป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.3)  
ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงปานกลาง (3.44-31.30 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณไนโตรเจน  
รวมอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.21-1.75 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก  
(0.006-0.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (10.3-174.6  
มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และสภาพกรดที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (4.8-  
38.5 และ 1-23 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ) ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในพิสัยกว้างตั้งแต่ต่ำถึงสูง (3-81  
เปอร์เซ็นต์) ดินเกือบทั้งหมดจำแนกอยู่ในอันดับอัลทิสซอลส์ ยกเว้นดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู 1 บริเวณ (Skr-7) ที่  
จำแนกอยู่ในอันดับอัลฟิซอลส์

ป่าดิบแล้งที่ไม่ถูกรบกวน (Skr-8) มีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์จากชั้นผิวดินจนถึงความลึก 50  
เซนติเมตรสูงสุด เท่ากับ 103.73 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-5, 6 and 7) มีค่าอยู่ระหว่าง 68.03-90.84 ตัน  
ต่อเฮกตาร์ พื้นที่ Ecotone (Skr-4) มีปริมาณ 68.36 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรัง (Skr-2 and 3) มีค่าอยู่ระหว่าง 57.89-  
66.71 ตันต่อเฮกตาร์ และป่าเบญจพรรณพหุชนิดภูมิ (Skr-1) มีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 49.26 ตันต่อเฮกตาร์ โดยคาร์บอน  
อินทรีย์ที่ผิวดิน (0-5 เซนติเมตร) ภายใต้สภาพป่าเบญจพรรณพหุชนิดภูมิจะมีความแปรปรวนสูงที่สุด ปัจจัยที่มี  
อิทธิพลต่อการสะสมคาร์บอนในดินป่าเหล่านี้ ได้แก่ ชนิดป่า ความลึกของดิน การพบเศษหินวัตถุต้นกำเนิด และ  
ความลาดชันที่ผิวน้ำ ส่วนค่า C:N ratio ในดินป่าเหล่านี้มีค่าอยู่ในพิสัย 9.2-12.7 และในทุกบริเวณมีค่าลดลงตาม  
ความลึก

Woranan Sonkanha 2011: Soil Properties and Carbon Storage under Different Types of Forest in Sakaerat Environmental Research Station. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Somchai Anusontpornperm, Ph.D. 135 pages.

A study on the relationship between soil properties and carbon storage under different types of forest in Sakaerat Environmental Research Station, Nakhon Ratchasima province was carried out on eight representative soils located from upper lower foodslope to upper middle foodslope. The selected soils comprised an area of secondary mixed deciduous forest, two sites of dry dipterocarp forest, an ecotone zone, three secondary dry evergreen forests and an undisturbed dry evergreen forest. The objective of the study was to establish the relationship between soil properties and carbon storage capacity of these forest soils by evaluating the data of field soil morphological, physical and chemical properties, which were conducted based on standard methods.

Results revealed that these soils under different forest conditions are shallow to very deep, all derived from colluvium of sandstone. They are highly developed, having moderately coarse to fine texture and subangular blocky structure. Bulk density of the soils increases with increasing depth within soil profiles. They are very strongly acid to slightly acid (pH 4.5-6.3). Organic matter content ranges between very low to moderately high (3.44-31.30 g kg<sup>-1</sup>), while total nitrogen content being very low to low (0.21-1.75 g kg<sup>-1</sup>). Phosphorus availability is very low (1.45-11.31 mg kg<sup>-1</sup>) whereas available potassium content varies between very low to very high (12.09-174.51 mg kg<sup>-1</sup>). Cation exchange capacity and extractable acidity are low to very high with the values ranging between 4.8-38.5 and 1-23 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, respectively. A wide range of base saturation percentage (3-81%) is found. Most soils are classified as Ultisols, except for secondary dry evergreen forest area (Skr-7) where the soil is an Altisol.

Undisturbed dry evergreen forest (Skr-8) tends to store, to the depth of 50 cm from the mineral soil surface, the highest amount of organic carbon (103.73 tonne ha<sup>-1</sup>) with the contents between 68.03-90.84 and 68.36 tonne ha<sup>-1</sup> being found in secondary dry evergreen forests (Skrs-5, 6 and 7) and ecotone (Skr-4), respectively. Soils under dry dipterocarp forests (Skr-2 and 3) contain 57.89-66.71 tonne ha<sup>-1</sup> organic carbon whereas the lowest content of 49.26 tonne ha<sup>-1</sup> is found in the soil under secondary mixed deciduous forest (Skr-1). Variability of soil organic carbon at the top 0-5 cm depth is high under secondary mixed deciduous forest. Factors influencing the ability of soil to store carbon are type of forest, soil depth, a presence of parent rocks and surface slope. C:N ratio values in these forest soils were in the range of 9.2-12.7 and the values in all soils decrease with depth within soil profile.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อาจารย์ที่  
ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ศาสตราจารย์ ดร.เอิบ เขียวรัตน์รมณ์ ดร.ศุภิมา ธนะจิตต์ อาจารย์ที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก รองศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี สุทธิประการ และประธาน  
กรรมการสอบปากเปล่าชั้นสุดท้าย รองศาสตราจารย์ ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ที่กรุณาให้คำปรึกษา  
แนะนำ และความช่วยเหลือด้านการเรียน และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความสมบูรณ์  
ยิ่งขึ้น รวมถึงขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาปรัชญาพิทยาทาน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ “ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ”  
(วช.) สำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณ คุณทักษิณ อาชวาคม ผู้อำนวยการสถานีวิจัย  
สิ่งแวดล้อมสะแกราช และเจ้าหน้าที่ของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชทุกท่านที่ได้ให้ความกรุณา  
อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลจนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณพี่ธรรนัท เจริญชาติ และพี่ชัยภัทร คงแก้ว เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชา  
ปรัชญา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่คอยดูแลให้คำปรึกษา และอำนวยความสะดวก  
ในการทำงานในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณจิรณัทย์ หงษ์จำตุรันต์ คุณนริศรา สุขสวัสดิ์ คุณนิภัทร์ ถนิมมาลัย  
คุณจิรวรรณ พรหมมา คุณวลัยลักษณ์ สายแก้ว คุณวันรพี สุวรรณประภา คุณยุทธการ แก้วแกมทอง  
คุณปิยวุฒิ พานทอง คุณนฤดล โพธิ์เวียง และคุณเฉลิมราช จิตรเจริญพร ที่คอยให้ความช่วยเหลือใน  
การเก็บข้อมูลภาคสนาม และวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ รวมถึงพี่ ๆ เพื่อน ๆ และ  
น้อง ๆ ทุกคน ที่คอยให้คำปรึกษา และมิตรภาพที่ดีเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้การสนับสนุน และเป็น  
กำลังใจที่สำคัญที่สุดที่ทำให้ข้าพเจ้ามีกำลังใจมาจนถึงทุกวันนี้

ธรรนัท สกกันหา

มิถุนายน 2554

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	23
อุปกรณ์	23
วิธีการ	23
ผลและวิจารณ์	28
สรุปและข้อเสนอแนะ	80
สรุป	80
ข้อเสนอแนะ	82
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	83
ภาคผนวก	103
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	135

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนอินทรีย์ และความหนาแน่นรวมในดินภายใต้ป่าต่างชนิด	65
2	อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับ ไนโตรเจนในดินบริเวณที่ทำการศึกษา	79
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินบริเวณที่ทำการศึกษา	117
2	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในบริเวณที่ศึกษา	119
3	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเบญจพรรณทุกชนิด (Skr-1)	123
4	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-2)	124
5	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-3)	125
6	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้พื้นที่รอยต่อ (Skr-4)	126
7	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-5)	127
8	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-6)	128
9	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-7)	129
10	ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8)	130
11	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	131
12	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน	132
13	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน	133

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตพื้นที่ที่ศึกษา บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา	18
2	ขอบเขตพื้นที่ลักษณะการใช้ที่ดิน บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา (ปี พ.ศ. 2543)	22
3	บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างดินบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา	29
4	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่ป่าเบญจพรรณทุดิยภูมิ (Skr-1)	30
5	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนล่าง (Skr-2)	32
6	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง (Skr-3)	34
7	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่รอยต่อระหว่างป่าดิบแล้งกับป่าเต็งรัง (Skr-4)	35
8	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งพื้นที่สูงบริเวณส่วนโค้งนูนของที่ลาดเชิงเขา (Skr-5)	37
9	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งพื้นที่สูงส่วนที่ได้รับอิทธิพลจากการกร่อนที่บริเวณผิวน้ำของที่ลาดเชิงเขา (Skr-6)	39
10	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งพื้นที่สูงตอนล่างของที่ลาดเชิงเขา (Skr-7)	41
11	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง (Skr-8)	44
12	การกระจายขนาดอนุภาคดินตามความลึกของดินที่ทำการศึกษา	45
13	การจำแนกประเภทเนื้อดินตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทรายทรายแป้ง และดินเหนียว	46

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และค่าสภาพนำน้ำของดินที่ อิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	47
15	พีเอชของดินที่วัดในน้ำ (ก) และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความ เข้มข้น 1 โมลาร์ (ข) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา	48
16	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ง) กับความ ลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา	51
17	ปริมาณแคลเซียม (ก) โพแทสเซียม (ข) โซเดียม (ค) และแมกนีเซียมที่ สกัดได้ (ง) กับความลึกของหน้าตัดดิน	53
18	ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) สภาพกรดที่สกัดได้ (ข) ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน (ค) และร้อยละความอิ่มตัวเบส (ง) กับความลึกของหน้าตัดดิน	56
19	ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์กับความลึกของหน้าตัดดิน	66
20	ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร ภายใต้ป่าต่างชนิด	67
21	การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้ป่า เบญจพรรณทุติยภูมิ (Skr1)	68
22	การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-2, 3)	69
23	การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้นที่รอยต่อ (Skr4)	70
24	การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้นที่ป่าดิบแล้ง พื้นที่ฟู (Skr-5, 6, 7)	71
25	การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้นที่ป่าดิบแล้ง ไม่ถูกรบกวน (Skr8)	72

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิดที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร	73
27	ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิดที่ระดับความลึกที่ 0~30 เซนติเมตร	75
28	ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิดที่ระดับความลึกที่ 30~60 เซนติเมตร	76
29	ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิดที่ระดับความลึกที่ 60~100 เซนติเมตร	77

สมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าต่างชนิด  
ในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

Soil Properties and Carbon Storage under Different Types of Forest  
in Sakaerat Environmental Research Station

คำนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลกเป็นปัญหาใหญ่ในปัจจุบัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การเกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก เนื่องมาจากการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศโลก ซึ่งจะมีผลกระทบต่อสถานะแวดล้อมของโลกและสภาพทางชีว-ธรณีเคมีของดิน เหตุการณ์ดังกล่าวอาจนำไปสู่ความรุนแรงในด้านอุทกภัยและภาวะความแห้งแล้ง (Eswaran and Reich, 1988; Schneider, 1999) การเพิ่มขึ้นของ CO<sub>2</sub> ในบรรยากาศ และการเพิ่มของอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่มการเจริญเติบโตและความต้องการใช้น้ำของพืช เช่น การเพิ่มการหายใจในช่วงกลางคืน กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่เพิ่มขึ้น ทำให้เพิ่ม CO<sub>2</sub> ในดินและในน้ำ และมีการปลดปล่อยธาตุอาหาร (Brinkman and Sombroek, 1996)

การกักเก็บคาร์บอน (carbon storage) เป็นกระบวนการลดอุณหภูมิโลกด้วยวิธีการดูดจับคาร์บอนไดออกไซด์ก่อนที่จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศหรือจากบรรยากาศไปเก็บไว้ในที่ปลอดภัย (Jacobs *et al.*, 2001) คณะกรรมการการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศระหว่างรัฐบาล (IPCC, 2000) ได้สรุปว่า แนวโน้มการกักเก็บคาร์บอนอาจเพิ่มขึ้นได้ทั้งในระบบป่าไม้และการเกษตรกรรม การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินเป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยประเมินปัญหาการสูญเสียคาร์บอนซึ่งเป็นผลมาจากการตัดไม้ทำลายป่า และการเปลี่ยนรูปแบบการเกษตรกรรม และปัจจัยอื่น เช่น การเปลี่ยนแปลงของรังสีแสง อุณหภูมิ และปริมาณความเป็นประโยชน์ของน้ำ (Kheir *et al.*, 2010) OEPP (2000) รายงานว่า พื้นที่สวนป่าและป่าธรรมชาติที่กำลังเติบโตของประเทศไทย สามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 39.1 ล้านตันต่อปี การที่พืชพรรณสามารถเก็บกักอินทรีย์คาร์บอนในดินและสะสมไว้ในดินได้แตกต่างกันเนื่องมาจากการที่มีมวลชีวภาพและระบบรากพืชที่ต่างกันในพื้นที่ดิน (Wright *et al.*, 2007) โดยที่ป่าไม้เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนขนาดใหญ่ของโลก เนื่องจาก ไม้ยืนต้นจะช่วยทำให้การเก็บสะสมเพิ่มขึ้นทั้งในส่วนเหนือดินและที่อยู่ใต้ดิน (Palm *et al.*, 2000; Haile *et al.*, 2008; Nair *et al.*, 2009) ขณะที่แนวโน้มการสะสมคาร์บอนใน

ระบบวนเกษตรมีสูงกว่าในทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และในพีชไร้ (Roshetko *et al.*, 2002; Sharrow and Ismail, 2004; Kirby and Potvin, 2007) ดังนั้นการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าต่างชนิดจึงน่าจะเป็นการสร้างองค์ความรู้สำหรับนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการเพื่อเพิ่มการกักเก็บคาร์บอนในดินต่อไป



## วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินภายใต้สภาพ ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้งบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช และความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะดินกับสภาพป่า
2. เพื่อหาความแปรปรวนของสมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าธรรมชาติต่างชนิด



## การตรวจเอกสาร

### 1. ภาวะโลกร้อน (global warming)

ภาวะโลกร้อน หรือในบางครั้งจะเรียกว่า การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) ถือเป็นหนึ่งในปัญหาสำคัญของโลกในปัจจุบัน คือปรากฏการณ์ที่อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวโลก และมหาสมุทรสูงขึ้น โดยมีก๊าซเรือนกระจกหลัก 6 ชนิด (วγκต, 2551) ได้แก่ ไออน้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน ก๊าซไนตรัสออกไซด์ สารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) และก๊าซโอโซน (วุฒนิพนธ์, 2551; The National Academies Reports, 2008) ซึ่งโดยมากจะกล่าวถึงก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ที่มีปริมาณสูงที่สุด เป็นตัวการกักเก็บความร้อนจากแสงอาทิตย์ไว้ไม่ให้คายออกไปสู่บรรยากาศเมื่อก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มจำนวนมากขึ้นในชั้นบรรยากาศโลก ก็จะทำให้หน้าที่ยกเก็บความร้อนที่ได้จากดวงอาทิตย์ไว้มากขึ้นเรื่อย ๆ จนเกินความต้องการ เปรียบเสมือนโลกมีผ้าห่มผืนที่มีความหนาขึ้นเรื่อย ๆ ทำให้แสงอาทิตย์หรือความร้อนบางส่วนที่ควรจะต้องถูกสะท้อนกลับออกไปนอกโลกบ้าง แต่กลับไม่สามารถสะท้อนหรือคายออกไปได้ มีผลทำให้เกิดการสะสมความร้อนมากเพิ่มสูงขึ้นทำให้อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ (climate change) อันนำมาสู่ภาวะโลกร้อนนั่นเอง (วγκต, 2551; The U.S. Environmental Protection Agency, 2010)

WRI (2006) รายงานว่าในจำนวนก๊าซเรือนกระจกชนิดต่าง ๆ นั้น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการปล่อยสู่บรรยากาศมากที่สุดเท่ากับร้อยละ 77 มีเทนร้อยละ 14 ไนตรัสออกไซด์ร้อยละ 8 และก๊าซ HCFs, PFCs และ SF<sub>6</sub> เท่ากับร้อยละ 1

การที่ก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศของโลกได้เพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะตั้งแต่ในช่วงยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นต้นมานั้น ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนที่มีความรุนแรงมากขึ้นซึ่งส่งผลให้ภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และเกิดผลกระทบต่อเนื่องไปยังระบบนิเวศและชีวิตความเป็นอยู่ของผู้คนซึ่งอาจเป็นผลกระทบที่มีความหลากหลายแตกต่างกัน (IPCC, 2001) ประเด็นสำคัญที่ต้องคำนึงก็คือ ภาวะโลกร้อนที่กำลังเกิดขึ้นอยู่นี้เป็นปรากฏการณ์ในระดับโลกและคาดว่าจะยังคงดำเนินต่อไปอีกหลายทศวรรษเป็นอย่างน้อยและการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากภาวะโลกร้อนนั้นจะมีความแตกต่างกันไปตามแต่ละภูมิภาคของโลก (IPCC, 2007)

## 2. วัฏจักรของคาร์บอน (carbon cycle)

คาร์บอนเป็นธาตุองค์ประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต เนื่องจากโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และ สารประกอบอินทรีย์อื่น ๆ ที่สำคัญล้วนแต่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบทั้งสิ้น คาร์บอนปรากฏอยู่ในบรรยากาศในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ นอกจากนั้นยังเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของ หินปูนมหาสมุทรที่มีปริมาณคาร์บอนมากกว่าในบรรยากาศถึง 50 เท่า วัฏจักรของคาร์บอนจะ หมุนเวียนอยู่ระหว่างสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม หรือระหว่างคาร์บอนอินทรีย์ และคาร์บอนอนินทรีย์

คาร์บอนในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศ มหาสมุทร และพื้นดิน การแลกเปลี่ยนถูกควบคุมโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงและการหายใจ การแลกเปลี่ยนที่มากที่สุดคือการแลกเปลี่ยนระหว่างบรรยากาศและสิ่งมีชีวิตบนพื้นดิน แหล่ง สะสมคาร์บอนที่สำคัญ ได้แก่ มหาสมุทร ดินไม้ และดิน (Ciais *et al.*, 2000)

ในบางกรณี คาร์บอนในรูปของอินทรีย์สารในสิ่งมีชีวิต อาจจะไม่ได้ออกกลับคืนสู่ บรรยากาศในทันทีทันใด แต่อาจจะสะสมอยู่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง อาจจะเป็นสิบปี ร้อยปี หรือ ล้านปี ตัวอย่างเช่น คาร์บอนที่อยู่ในรูปเนื้อไม้ในต้นไม้ใหญ่ ซากพืชและสัตว์ในยูคโบริมาตรที่เน่า เปื่อยผุสลายยังไม่หมด ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2552)

ดอกรัก และ อุทิส (2552) กล่าวว่า คาร์บอนเป็นธาตุหลักในส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุ ทุกรูปแบบ โดยเริ่มจากการสังเคราะห์แสงของพืชโดยดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศมาทำ ปฏิกิริยากับน้ำสร้างคาร์โบไฮเดรตแบบง่ายขึ้น และทำการสังเคราะห์ต่อเป็นแป้ง ไขมัน น้ำตาล และน้ำย่อยอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างสลับซับซ้อน จากนั้นก็ทำการส่งผ่าน ไปสู่สัตว์โดยกระบวนการของ การเป็นอาหารต่อ คาร์บอนในสัตว์กินพืชถ่ายทอดไปสู่สัตว์กินเนื้อ โดยการล่าเป็นอาหารและ เปลี่ยนรูปเป็นเนื้อเยื่อ คาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืช สัตว์กินพืช และสัตว์กินเนื้อถูกนำมาใช้ในการ หายใจและปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกสู่บรรยากาศส่วนหนึ่ง และส่วนที่เหลือก็ใช้ในการ เจริญเติบโตและเป็นซากเมื่อตายลง ซากของพืชและสัตว์ก็จะถูกย่อยสลายโดยการกระทำของ แบคทีเรียและเชื้อรา ปลดปล่อยคาร์บอนออกมาในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์อีกส่วนหนึ่งที่กลับ ไปสู่บรรยากาศดั้งเดิม คาร์บอนอีกส่วนหนึ่งถูกเก็บเป็นเนื้อไม้ ซาก หรือถ่านหินในดิน ก๊าซ ธรรมชาติและน้ำมัน อาจถูกปลดปล่อยเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศโดยการเผาไหม้ จากกิจกรรมของมนุษย์หรือจากเหตุการณ์ทางธรรมชาติ เช่น ไฟป่า เป็นต้น ซึ่งการทำกิจกรรมต่างๆ

ของมนุษย์ในปัจจุบันนั้น เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศเพิ่มขึ้น จึงมีบทบาทที่ทำให้เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (green house effect) โดยคาร์บอนไดออกไซด์จะทำหน้าที่เหมือนกระจก เมื่อแสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้าไปในเรือน คือ ทำให้เกิดความร้อนภายในขึ้นแต่ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้ไม่สามารถผ่านกระจกออกไปได้ จึงเกิดการสะสมความร้อนขึ้นภายในเรือนกระจกนั้น ซึ่งหมายถึงพื้นที่โลกนั่นเอง (วาสนา, 2548)

สาพิศ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาวัดจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกราชและป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง ผลการประเมินการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนของป่าทั้งสองแห่งพบว่า ป่าดิบแล้งสะแกราชมีผลผลิตปฐมภูมิสุทธิสูงกว่าป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง โดยที่ป่าดิบแล้งสะแกราชมีอัตราการเพิ่มพูนมวลชีวภาพสูงกว่าแต่มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชต่ำกว่าป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง และจากการประเมินการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของป่าทั้งสองแห่ง พบว่า ป่าดิบแล้งสะแกราชมีอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากบรรยากาศสูงกว่าป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง โดยมีผลผลิตปฐมภูมิรวมเท่ากับ 108.7 และ 88.7 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 29.7 และ 24.2 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ ป่าดิบแล้งสะแกราชยังมีการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศมากกว่าป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลองด้วยเช่นกัน การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจทั้งหมดของป่าทั้งสองชนิดมีค่าเท่ากับ 103.0 และ 87.9 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 28.1 และ 24.0 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งการสูญเสียคาร์บอนจากการหายใจของป่าทั้งสองแห่งนี้เกือบครึ่งหนึ่งมาจากกิจกรรมของดิน ทั้งนี้ ป่าดิบแล้งสะแกราชมีศักยภาพในการเป็นแหล่งดูดซับคาร์บอนมากกว่าป่าเบญจพรรณลุ่มน้ำแม่กลอง โดยป่าทั้งสองแห่งมีผลผลิตคาร์บอนสุทธิเท่ากับ 5.66 และ 0.73 ตัน CO<sub>2</sub> ต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือคิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 1.5 และ 0.2 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ

### 3. การกักเก็บคาร์บอนของป่าไม้ในประเทศไทย

ป่าไม้เป็นแหล่งสะสมคาร์บอนขนาดใหญ่ของโลก โดยสะสมอยู่ทั้งในส่วนของต้นไม้และดิน คาร์บอนที่สะสมอยู่ในต้นไม้และดินนั้น มีปริมาณมากกว่าในบรรยากาศถึง 3.5 เท่า การแลกเปลี่ยนคาร์บอนระหว่างระบบนิเวศป่าไม้กับบรรยากาศจะถูกควบคุมโดยกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืช การหายใจของสิ่งมีชีวิต และการย่อยสลายของจุลินทรีย์ในรูปของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Ciais et al., 2000)

### 3.1 การกักเก็บคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพ หมายถึง น้ำหนักแห้ง (dry weight) ที่ได้กำจัดความชื้นออกไปหมดแล้ว โดยการอบแห้ง (oven-dried weight) ซึ่งเป็นน้ำหนักที่คงที่ คำว่า มวลชีวภาพหรือ biomass นี้อาจจะเรียกเป็นอย่างอื่นเช่น biological mass, biological materials, dry matter, photosynthates, photosynthetic product และ chemically bound energy materials เมื่อเป็นมวลชีวภาพของพืชก็อาจจะระบรวบ ๗ ไปทุกส่วน (total biomass) หรือแยกเป็นส่วน ๗ เช่น มวลชีวภาพของลำต้น (stem biomass) มวลชีวภาพของกิ่ง (branch biomass) มวลชีวภาพของใบ (leaf biomass) มวลชีวภาพของราก (root biomass) หรือแม้แต่มวลชีวภาพของดอก ผล และเมล็ด (flower, fruit and seed biomass) หรืออาจจะเป็นมวลชีวภาพที่รวมเฉพาะส่วนเช่นส่วนที่อยู่เหนือพื้นดิน (aboveground biomass) และ ส่วนที่อยู่ใต้พื้นดิน (underground biomass หรือ subterranean biomass) (พงษ์ศักดิ์, 2552)

ป่าไม้ถือว่าเป็นบทบาทสำคัญในการเป็นแหล่งกักเก็บและสะสมคาร์บอนในรูปของมวลชีวภาพ ความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของป่าธรรมชาติ แต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับ (1) ปริมาณคาร์บอนที่สะสมในส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้แต่ละชนิดที่เป็นองค์ประกอบของป่าธรรมชาติและ (2) ผลผลิตมวลชีวภาพของป่า โดยทั่วไปปริมาณที่สะสมในมวลชีวภาพมีความผันแปรไม่มากนัก (สุนย์วิชัยป่าไม้, 2552; IPCC, 1996) สนธยา และ นันทนา (2547) ได้ทำการศึกษากการประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) และป่าดิบเขา (hill evergreen forest) ในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน พบว่า ป่าเบญจพรรณปฐมภูมิมีปริมาณการเก็บกักคาร์บอนในมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน 500.5 ตันต่อเฮกตาร์ สูงกว่าป่าเบญจพรรณทุติยภูมิซึ่งมีเท่ากับ 158.7 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าดิบเขาปฐมภูมิ และป่าดิบเขาทุติยภูมิซึ่งมีค่าเท่ากับ 284.6 และ 217.0 ตันต่อเฮกตาร์ตามลำดับ

ธิตี และ ชลธิดา (2547) ศึกษาองค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าดิบแล้งได้ดำเนินการศึกษาที่ป่าสงวนแห่งชาติป่าเขาภูหลวง อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า จำนวนต้นของพันธุ์ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกตั้งแต่ 4.5 เซนติเมตรขึ้นไป (ประเภทที่ 1) จะมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 15.1 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี โดยตะเคียนหินเป็นพันธุ์ไม้ที่มีปริมาณมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้น กิ่ง และใบมากที่สุด สำหรับพันธุ์ไม้ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่ความสูงเพียงอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร แต่มีความสูง ถึง 1.30 เมตร (ประเภทที่ 2) จะมีปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินมากที่สุด

ได้แก่ พลองกินลูก (*Memecylon ovatum*) ซึ่งมีปริมาณมวลชีวภาพส่วนที่เป็นกิ่งและใบมากที่สุด และค้ำควา (*Aglaia edulis*) เป็นพันธุ์ไม้ที่มีปริมาณมวลชีวภาพส่วนที่เป็นลำต้นมากที่สุด

นวลปราง (2547) ทำการศึกษาการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพ และปริมาณคาร์บอนสะสมที่อยู่เหนือพื้นดินจากการรับรู้จากระยะไกล ได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบและมวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน จากรูปแบบสมการที่ดีที่สุดของป่าแต่ละชนิดดังนี้ ป่าดิบชื้น มีค่าดัชนีพื้นที่ใบโดยเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 7.7 รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.8, 3.4 และ 3.3 ตามลำดับ ขณะที่มวลชีวภาพที่อยู่เหนือพื้นดิน ป่าดิบชื้น มีค่าโดยเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 336.1 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้ง ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ซึ่งมีค่าเท่ากับ 207.7, 68.5 และ 58.6 ตันต่อเฮกตาร์ตามลำดับ

### 3.2 การกักเก็บคาร์บอนในดิน

ดินเป็นแหล่งกักเก็บคาร์บอนที่ใหญ่และสำคัญอีกแหล่งหนึ่ง ปริมาณคาร์บอนที่กักเก็บไว้ในดิน (soil carbon pool) มีประมาณ 3.3 เท่าในบรรยากาศ (atmospheric pool) และ 4.3 เท่าของที่กักเก็บไว้โดยมวลชีวภาพ (biotic pool) คาร์บอนในดินอยู่ในรูปสารอินทรีย์ (soil organic carbon, SOC) และอนินทรีย์ (soil inorganic carbon, SIC) ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าผันแปรสูงขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสภาพภูมิอากาศ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากสภาพธรรมชาติมาใช้ทำการเกษตรมีผลทำให้สารอินทรีย์ลดลงมากถึงร้อยละ 60 ในเขตหนาว และอาจมากถึงร้อยละ 75 หรือมากกว่าในเขตร้อน การลดลงของปริมาณสารอินทรีย์ทำให้ดินเสื่อมสภาพ (IPCC, 2000)

สำหรับในพื้นที่ป่าไม้การกักเก็บคาร์บอนในดินมีความผันแปรไปตามชนิดป่า ลักษณะของพื้นที่ ชนิด และโครงสร้างของดิน เมื่อเปรียบเทียบที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร ป่าดิบชื้นมีการสะสมคาร์บอนในดินสูงสุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ ป่าชายเลน ป่าสน และป่าเต็งรัง ตามลำดับ (Tangtham and Tantasirin, 1997) เช่นเดียวกับการศึกษาของ สิริรัตน์ และ สิริภา (2544) ในท้องที่จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งพบว่า บริเวณพื้นที่ป่าดิบเขา มีการสะสมของปริมาณคาร์บอนถึงระดับความลึกที่ 1 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 237.3 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาคือป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 148.5 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนในป่าดิบแล้งและป่าสนเขา พบว่าแนวโน้มของการสะสมปริมาณคาร์บอนมีค่าใกล้เคียงกันคือ 145.3 และ 132.0 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรังมีการสะสมปริมาณคาร์บอนต่ำกว่าป่าธรรมชาติชนิดอื่น ๆ คือ 76.8 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนการสะสมของ

ปริมาณคาร์บอนในบริเวณป่าปลูกเท่ากับ 167.9 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าการสะสมคาร์บอนของดินในป่าหลายประเภท

นอกจากนี้ จากการศึกษาของ สิริรัตน์ และคณะ (2549) ยังพบว่า ป่าดิบแล้งสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา และป่าเบญจพรรณผสมไผ่บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี มีการสะสมคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร เท่ากับ 241.8 และ 195.4 ตันต่อเฮกตาร์ลำดับ โดยการสะสมคาร์บอนในดินป่าไม้ส่วนใหญ่มีมากในดินชั้นบนและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดิน เช่นเดียวกัน อานาจ และ ญัฐพล (2548) ได้ทำการศึกษาในป่าดิบแล้งจังหวัดนครราชสีมา มีปริมาณคาร์บอนที่สะสมในดินที่ความลึก 0-50 เซนติเมตร เท่ากับ 118 ตันต่อเฮกตาร์

Lasco *et al.* (2006) ศึกษาการเก็บกักคาร์บอนอินทรีย์ในป่าเต็งรังในประเทศฟิลิปปินส์ พบว่า ที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร มีคาร์บอนอินทรีย์รวมทั้งหมด อยู่ในพิสัย 30-106 เมกะกรัมคาร์บอนต่อเฮกตาร์ ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 31-52 ของปริมาณคาร์บอนทั้งหมด โดยระดับของคาร์บอนอินทรีย์จะมีความผันแปรไปตาม อายุของป่า และวนวัฒนวิธีที่ใช้ในการจัดการ

Martin *et al.* (2010) ศึกษาการเก็บกักคาร์บอนอินทรีย์ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ และการใช้ประโยชน์ที่ดิน บนเขา Garhwal ของประเทศอินเดีย พบว่า พื้นที่บนภูเขา (hill top) มีคาร์บอนอินทรีย์อยู่ในช่วง 31.7-42.4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พื้นที่ลาดเชิงเขา (side slopes) เท่ากับ 13.5-34.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พื้นที่หุบเขาแคบ (narrow valley) เท่ากับ 16.5-9.9 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พื้นที่หุบเขากว้าง เท่ากับ 9.7-5.3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และ ดินเขา (piedmont) เท่ากับ 8.7-5.7 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์จะเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา และขึ้นอยู่กับอิทธิพลของ พืชพรรณที่ปกคลุม สภาพภูมิประเทศ และสภาพภูมิอากาศ

## 4. การเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดิน

### 4.1 การหายใจของดิน

การหายใจของดิน (soil respiration) เป็นกระบวนการออกซิไดซ์สารประกอบคาร์บอนอินทรีย์ในเศษซากพืชและซากสัตว์ ที่ร่วงลงสู่ดินไปเป็นสารอินทรีย์ในดิน (SOM) โดยอาศัยกิจกรรมของเอนไซม์ภายในเซลล์จุลินทรีย์ แล้วปลดปล่อยเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ออกจากผิวดินไปสู่บรรยากาศ รวมทั้งการหายใจของสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น สัตว์ในดิน จุลินทรีย์ และการหายใจของรากพืชด้วย มีการประมาณค่าการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินของโลก พบว่ามีค่าอยู่ระหว่าง 50-75 พันล้านตันคาร์บอนต่อปี (Rayment and Jarvis, 2000) การหายใจโดยใช้ออกซิเจนเป็นกระบวนการสร้างพลังงานที่ดีและมีประสิทธิภาพที่สุด โดยสามารถเขียนสมการการหายใจได้ ดังนี้



โดยมีน้ำตาล hexose เป็นสารตั้งต้น (Meyer and Anderson, 1952)

ปัจจัยที่มีผลควบคุมอัตราการหายใจของดินผันแปรไปตามสมบัติของดิน และพืชพรรณที่ปกคลุม (พงษ์ศักดิ์, 2538) โดยทั่วไปเมื่อปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินมีปริมาณมาก มีจำนวนจุลินทรีย์สูง อุณหภูมิและความชื้นเหมาะสม การถ่ายเทอากาศดี ก็จะทำให้การปลดปล่อยคาร์บอนจากดินสูงขึ้นด้วย นอกจากนี้อายุของพืชพรรณเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการหายใจของดิน โดยพืชจะมีอัตราการหายใจต่ำในช่วงที่มีอายุน้อย และมีอัตราเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงระดับสูงสุดเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่จากนั้นค่าจะลดลงจนกระทั่งพืชตาย (สมบุญ, 2548)

### 4.2 อินทรีย์วัตถุในดิน

อินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter: SOM) หรือฮิวมัส (humus) คือ อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน เกิดมาจากซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่กำลังสลายตัวทับถมอยู่ในดิน เซลล์จุลินทรีย์ทั้งส่วนที่มีชีวิตและตายไปแล้ว รวมทั้งสารอินทรีย์ที่พืชปลดปล่อยออกมาทางรากพืช (root exudation) และสารที่จุลินทรีย์สังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ ส่วนที่

ไม่ใช่สารฮิวมิก (non-humic substance) และส่วนที่เป็นสารฮิวมิก (humic substance) (Bot and Benites, 2005)

สารอินทรีย์เป็นแหล่งอาหาร หรือ แหล่งพลังงานที่สำคัญที่สุดของจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ ในดินที่เป็นพวกเฮเทอโรโทรฟ (heterotroph) (Bardgett *et al.*, 2007) จุลินทรีย์เหล่านี้ ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ในดิน โดยการปล่อยเอนไซม์ออกมาย่อย (extracellular enzyme) และใช้สารเหล่านั้นในการสร้างเซลล์จุลินทรีย์เอง บางส่วนที่ย่อยสลายได้ยากหรือคงทนจะแปรสภาพต่อไปเป็นสารฮิวมิก เนื่องจากการสลายตัวที่เกิดขึ้นในดิน มักเกิดขึ้นได้ไม่สมบูรณ์ เพราะมีปริมาณออกซิเจนไม่เพียงพอ โดยเฉพาะเมื่อดินมีความชื้นสูง หรือในสภาพน้ำขัง ทำให้สารประกอบส่วนหนึ่งคงเหลืออยู่ในดิน ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ (Berg and McClaugherty, 2008) ดังนี้



แหล่งที่มาของอินทรีย์วัตถุในดินตามธรรมชาติ ส่วนใหญ่มาจากพืช ดังนั้นการสลายตัวของเศษซากพืช จึงจัดเป็นกระบวนการหลักที่สำคัญในดิน และมีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยมีหลายปัจจัยควบคุมการสลายตัวของซากพืช ได้แก่ ชนิดของสารประกอบอินทรีย์ในพืช ค่า C:N ratio ของเศษพืช รวมทั้งสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญของจุลินทรีย์และการสลายตัว เช่น การถ่ายเทอากาศ ระดับความชื้น อุณหภูมิ และค่าพีเอชของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Bot and Benites, 2005)

## 5. รูปของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

รูปของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (forms of organic carbon) สามารถแบ่งกลุ่มตามขนาดอนุภาคออกได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ รูปของพาร์ติคูลคาร์บอน (particulate organic carbon; POM-C) และคาร์บอนในรูปที่อยู่ร่วมกับอนินทรีย์สารในดิน (mineral-associated organic carbon; MaOM-C) (Cambardella and Elliott, 1992) โดยคาร์บอนในรูปต่าง ๆ นี้สามารถใช้เพื่อศึกษาผลของปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เช่น การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ หรือชนิดของสิ่งปกคลุมดินที่มีต่อการสะสมของคาร์บอนในดิน เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัด การเปลี่ยนแปลงของคาร์บอน ในระบบ แม้ในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ (สิริกานดา, 2551; Quan and Yan, 2009)

5.1 พาร์ทิเคิลคาร์บอน (POM-C) คือ คาร์บอนอินทรีย์ในรูปที่ไม่เสถียร (labile C) และไวต่อการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในดิน แหล่งที่มาของคาร์บอนในรูปนี้ได้รับโดยตรงมาจากเศษซากพืช ทั้งในส่วนที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ และส่วนที่ยังเป็นเศษซากพืชในดิน โดยทั่วไปพบเป็นองค์ประกอบอยู่ในชั้นดิน O-horizon หรือเป็นคาร์บอนในส่วนที่เกาะร่วมตัวกับกลุ่มอนุภาคดินขนาดใหญ่ (macro aggregate) คือ อนุภาคของทราย เนื่องจากเป็นอินทรีย์คาร์บอนที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ง่ายต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มากกว่าเมื่อเทียบกับคาร์บอนในรูป MaOM (Cambardella and Elliott, 1992, 1993; Cambardella *et al.*, 2001)

Ashagrie *et al.* (2007) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ POM-C ภายใต้ระบบที่มีการเพาะปลูกพืช พบว่า ปริมาณคาร์บอนในรูปของเศษพืชขนาดเล็กที่ไม่ได้อยู่ในเม็ดดินมีความหนาแน่นน้อยกว่า 1.85 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (free light fraction) และปริมาณไนโตรเจนในดินลดลงในปริมาณที่มากกว่าร้อยละ 88 โดยคาร์บอนในจำนวนข้างต้น มีปริมาณคาร์บอนในรูป intra-microaggregate POM คิดเป็นร้อยละ 66 ของปริมาณคาร์บอนที่ลดลง

Handayani *et al.* (2010) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ POM-C ภายใต้การปลูกหญ้า (Tall Fescue Stands) พบว่า ที่ระดับความลึกที่ 0-15 เซนติเมตร หญ้า Tall fescue มี POM-C เท่ากับ 2.24 กรัมต่อกิโลกรัม หญ้า Tall fescue mixture เท่ากับ 4.02 กรัมต่อกิโลกรัม และที่ 15-30 เซนติเมตร หญ้า Tall fescue มี POM-C เท่ากับ 1.92 กรัมต่อกิโลกรัม หญ้า Tall fescue mixture เท่ากับ 3.56 กรัมต่อกิโลกรัม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินด้วย

5.2 คาร์บอนในรูปที่อยู่ร่วมกับสารอินทรีย์ในดิน (MaOM-C) คือ คาร์บอนอินทรีย์ในส่วนที่ผ่านการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดินแล้ว อยู่ในรูปที่เป็น humified fraction โดยทั่วไป MaOM ยึดเกาะร่วมตัวกับอนุภาคในดินที่เป็นสารอินทรีย์ในอนุภาคขนาดทรายแป้ง และดินเหนียว ซึ่งเป็นกลุ่มอนุภาคขนาดเล็ก (microaggregate) เกิดเป็นสารประกอบคาร์บอนที่ซับซ้อน และยากต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ดิน ทำให้คาร์บอนในรูปนี้มีความเสถียร (stable C) ดังนั้นคาร์บอนในรูปนี้จึงเป็นเสมือนแหล่งสะสมคาร์บอนในระยะยาวของดิน (Charles and Garten, 2009)

Bongiovanni and Lobartini (2006) ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณของ POM-C และ MaOM-C ภายใต้ระบบการเพาะปลูกพืชในประเทศอาร์เจนตินา พบว่า ระบบการปลูกพืชตามวิธีดั้งเดิมที่มีการไถพรวนดิน ทำให้ดินสูญเสียคาร์บอนในรูป POM-C และ MaOM-C จาก 7.70 เป็น

1.83 กรัมต่อกิโลกรัม และ 18.30 เป็น 9.60 กรัมต่อกิโลกรัม สำหรับดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ดินไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil) และดินในพื้นที่เกษตรตามลำดับ

## 6. ปัจจัยควบคุมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

พจนีย์ และ ทวีศักดิ์ (2541) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในสภาพที่มีความแตกต่างของระบอบความชื้น การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน และองค์ประกอบเชิงแร่ จากผลการจำแนกและประเมินปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ระดับความลึกต่าง ๆ ในระดับอันดับ อันดับย่อย กลุ่มดิน และชุดดิน พบว่า การกระจายปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ระหว่างความลึก 0-25, 0-50 และ 0-100 เซนติเมตร ที่ความลึก 0-100 เซนติเมตร ดินที่มีระบอบความชื้นแบบ Aquic จะมีคาร์บอนอินทรีย์สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ระบอบความชื้น Udic และ Ustic ตามลำดับ ที่ความลึก 0-25 และ 0-50 เซนติเมตร ระบอบความชื้นแบบ Udic จะมีปริมาณการเก็บกักน้อยกว่าระบอบความชื้นดินประเภทอื่น ๆ

สภาพที่มีน้ำขังเพื่อใช้ในการทำนาของระบอบความชื้น Aquic มีผลทำให้ปริมาณการเก็บกักคาร์บอนอินทรีย์ในดินสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระบอบความชื้น Udic และ Ustic ในทำนองเดียวกัน สภาพดินที่มีความชื้นพอเหมาะในช่วงปีของระบอบความชื้น Udic จะเอื้ออำนวยให้มีอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินที่มีสภาพความชื้นน้อยประเภท Ustic ดังนั้นจึงทำให้ดินดังกล่าวมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์น้อยกว่าในช่วงของดินบน

การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ตามองค์ประกอบทางแร่พบว่า ดินที่มี smectite องค์ประกอบเชิงแร่เด่น จะมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ดินที่มี kaolinite, mixed, แร่ดินเหนียวผสม (mixed minerlogy) และ แร่ควอตซ์ (siliceous) ตามลำดับ นอกจากนี้จากผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่ของดินที่มีองค์ประกอบทางแร่เป็นแบบ smectite จะพบในที่ลุ่ม หรือบริเวณที่ลุ่มชื้นแฉะและมีน้ำแช่ขังและส่วนใหญ่ใช้ทำนา อาจพบในบริเวณที่เป็นที่ดอนบ้างเป็นบางส่วน ซึ่งดินในบริเวณดังกล่าวมักเกิดจากการสลายตัวจากหินปูนหรือปูนมาร์ล

การแจกกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ตามชั้นอนุภาคดินพบว่า ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวจะมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูง รองลงมาได้แก่ดินที่มีเนื้อดินปานกลาง ดินที่มีเนื้อดินเป็นทรายจะมีปริมาณต่ำสุด ดินเปรี้ยวจัด (acid sulphate soils) ซึ่งมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวและดินร่วนมีระบอบ

ความชื้นแบบ Aquic มีปริมาณการสะสมสูงที่สุด อาจเป็นผลเนื่องจากสภาพน้ำขังและสภาพเป็นกรดสูงของดินไม่เอื้ออำนวยในการสลายตัวของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน

## 7. สมบัติดินและชนิดป่าที่พบบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

### 7.1 ป่าเต็งรัง (deciduous dipterocarp forest หรือ dry dipterocarp forest)

ป่าเต็งรังมักกระจายซ้อนทับกันอยู่กับป่าผสมผลัดใบแต่การปกคลุมพื้นที่แคบกว่าเล็กน้อยเนื่องจากยึดครองในส่วนที่พื้นที่มีความแห้งแล้งจัด ดินกักเก็บน้ำได้น้อย เช่น บนสันเนิน พื้นที่ราบที่เป็นทรายจัด มีหินบนผิวดินมาก หรือบนดินลูกรังที่มีชั้นของลูกรังตื้น มีปรากฏตั้งแต่ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 50 เมตร ขึ้นไปจนถึง 1,000 เมตร (Bunyavejchewin, 1979)

ป่าเต็งรังซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่ฤดูกาลแบ่งแยกค่อนข้างชัดเจนระหว่างฤดูฝนกับฤดูแล้ง ปกติมักต้องมีช่วงแห้งแล้งจัดเกินกว่า 4 เดือนต่อปี ดินตื้นกักเก็บน้ำได้น้อยมาก ปริมาณน้ำฝนอยู่ในช่วง 900-1,200 มิลลิเมตรต่อปี ปกติไฟป่ามักเกิดขึ้นเป็นประจำในช่วงเดือนธันวาคมไปจนถึงเดือนมีนาคม ไฟเป็นปัจจัยสำคัญต่อการจัดโครงสร้าง การคงชนิดและการสืบพันธุ์ของไม้ในสังคม

ระบบนิเวศของป่าชนิดนี้ได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์พอเพียงตลอดปีสำหรับพืชในการสร้างอินทรีย์วัตถุ แต่การสังเคราะห์แสงและการไหลเวียนของพลังงานมักถูกจำกัดในช่วงฤดูร้อน ผลผลิตในขั้นปฐมภูมิ (primary production) และความหลากหลายของชนิดอาจน้อย สาเหตุจากความแห้งแล้ง ความสมบูรณ์ของดินค่อนข้างต่ำ ผลผลิตส่วนใหญ่เกิดขึ้นในช่วงฤดูฝนเมื่อความชื้นในดินมีเพียงพอ การพักตัวของพืชสีเขียวเกิดขึ้นในช่วงฤดูแล้งเมื่อน้ำในดินขาดแคลน พันธุ์ไม้ทุกชนิดผลัดใบทิ้งเพื่อลดการคายน้ำและหยุดการเจริญเติบโต การเติบโตและการเจริญทดแทนของไม้ส่วนใหญ่ในสังคมนี้ มักขึ้นอยู่กับความชื้นและคุณภาพของดิน ป่าชนิดนี้จะสมบูรณ์ที่สุดเมื่อขึ้นอยู่บนดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และค่อนข้างเป็นกรด (ดอกรัก และ อุทิศ, 2552)

## 7.2 ป่าดิบแล้ง (seasonal rain forest, semi-evergreen forest หรือ dry evergreen forest)

ป่าดิบแล้งของประเทศไทย พบขึ้นสลับกับป่าไผ่และป่าผสมผลัดใบและอาจมีทุ่งหญ้าที่เกิดจากการทำลายป่าเป็นหย่อม ๆ จะพบป่าชนิดนี้ในระดับความสูงปานกลางและเฉพาะพื้นที่ที่ปัจจัยแวดล้อมเหมาะสม (Smitinand, 1977a, 1977b; Lekagul and McNeely, 1977; Kutintara, 1975)

ป่าดิบแล้งจัดได้ว่าเป็นสังคมถาวรในสภาพภูมิอากาศแถบใต้เขตร้อน (subtropical climate) ของประเทศไทย ปัจจัยหลักที่เป็นปัจจัยกำหนดของสังคมนี้คือ ฤดูกาลที่มีการแบ่งแยกเด่นชัด อย่างน้อยต้องมีช่วงความแห้งแล้งที่ยาวนานประมาณ 3-4 เดือน มีดินค่อนข้างลึกสามารถกักเก็บน้ำได้ดีพอควรที่จะทำให้พันธุ์ไม้บางชนิดสามารถคงใบอยู่ได้ตลอดช่วงความแห้งแล้งนี้ และไม่มีไฟป่ามารบกวน ด้วยสาเหตุนี้ดินในป่าดิบแล้งจึงมักเป็นดินเหนียวหรือดินเหนียวปนทราย ปกติป่าชนิดนี้พบตั้งแต่ระดับความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ประมาณ 100 เมตร ขึ้นไปจนถึง 800 เมตร มีน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,000-2,000 มิลลิเมตรต่อปี ดังนั้นจึงปรากฏอยู่ในเส้นทางของมรสุมทางตอนเหนือของภาคได้ขึ้นไป ในบางพื้นที่อาจพบหินที่เป็นต้นกำเนิดของดิน โสลงขึ้นมาให้เห็นด้วย ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับอุณหภูมิและความชื้นนับว่ามีบทบาทน้อย (ดอกรัก และ อุทิศ, 2552)

## 7.3 ป่าเบญจพรรณหรือป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest)

ขอบเขตของการกระจายของป่าชนิดนี้ในประเทศไทย ปรากฏตามธรรมชาติในภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคอีสาน ครอบคลุมต่ำลงไปถึงจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ตอนบน มีปรากฏที่ระดับความสูงตั้งแต่ 50 เมตร จนถึง 800 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง หรือมากกว่านี้ในบางพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนประมาณ 1,600 มิลลิเมตรต่อปีหรือต่ำกว่านี้ ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 1,200-1,400 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายในแต่ละท้องถิ่นขึ้นอยู่กับแปรผันของปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น บนลาดเขาทางทิศตะวันตกของประเทศไทย ภาคเหนือ มักพบที่ระดับความสูงต่ำกว่า 700 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง แต่ด้านลาดทางทิศตะวันออกมักขึ้นสูงกว่านี้ (Kutintara, 1975)

ปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดสังคมพืชนี้ขึ้นในประเทศไทยคือ ฤดูกาล ป่าผสมผลัดใบพบในพื้นที่ที่มีสามฤดูคือ ฤดูร้อน ฤดูหนาว และฤดูฝน มีช่วงที่ขาดฝนเกินกว่า 4 เดือนเป็นอย่างต่ำ และปริมาณน้ำฝนค่อนข้างน้อย ความชื้นในดินขาดแคลนสำหรับการรักษาใบให้คงอยู่ในช่วงแห้งแล้ง ไฟป่าอาจเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้สังคมป่าชนิดนี้ดำรงอยู่ได้ (ดอกรัก และ อุทิศ, 2552)

## 8. งานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับคาร์บอนในดิน

Chhabra *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าแต่ละชนิด ในประเทศอินเดีย โดยทำการศึกษาที่ 2 ระดับความลึก คือที่ 0-50 และ 0-100 เซนติเมตร พบว่า ที่ความลึก 0-50 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 175 ดันต่อเฮกตาร์ ป่าดิบแล้งเขตร้อนเท่ากับ 37.50 ดันต่อเฮกตาร์ ป่าชายหาดเท่ากับ 92.10 ดันต่อเฮกตาร์ ป่าพรุเท่ากับ 45.40 ดันต่อเฮกตาร์ และที่ความลึก 0-100 เซนติเมตร ค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์บอนอินทรีย์มีค่าเท่ากับ 231.80 ดันต่อเฮกตาร์ ป่าดิบแล้งเขตร้อนเท่ากับ 69.90 ดันต่อเฮกตาร์ และป่าภูเขาเขตอบอุ่นเท่ากับ 161.90 ดันต่อเฮกตาร์ตามลำดับ

Morisada *et al.* (2004) ได้ทำการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนอินทรีย์ในดินป่าในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งศึกษาในดินชนิดต่าง ๆ ที่ความลึก 0-30 และ 0-100 เซนติเมตร พบว่า ที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร มีการเก็บกักคาร์บอนทั้งหมด  $2,180 \pm 50$  เทระกรัม (Tg) และ 0-100 เซนติเมตร มีการเก็บกักคาร์บอนทั้งหมด  $4,570 \pm 500$  เทระกรัม (Tg) คาร์บอนที่ได้จะไม่รวมส่วนที่อยู่ในชั้นหินแกรนิต (granitic horizons) และชั้นดินถูกฝัง (buried horizons) ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์เกือบทั้งหมดจะพบในดินช่วงความลึก 0-30 เซนติเมตร

Yimer *et al.* (2006) ศึกษาผลของพืชและพืชพรรณของสภาพภูมิประเทศต่อการเก็บกักคาร์บอนอินทรีย์ในดินพื้นที่ภูเขา Bale ในประเทศเอธิโอเปีย ได้ทำการทดลองในพื้นที่ที่มีพืชพรรณ 3 สังกมพืช (Schefflera-Hagenia, Hypericum-Erica-Schefflera และ Erica arborea) และพืช 4 พืช (ตะวันออก ตะวันตก เหนือ และ ใต้) พบว่า ที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร คาร์บอนอินทรีย์ในดินมีค่าไม่แปรผัน โดยขึ้นอยู่กับพืชพรรณและพืชของสภาพภูมิประเทศ และในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตร เปรียบเทียบระหว่างพืชพรรณทั้ง 3 สังกม มีคาร์บอนอินทรีย์ในดินเฉลี่ยรวมอยู่ในพิสัย 32.67 ถึง 46.03 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และทั้ง 4 พืช มีอินทรีย์คาร์บอนในดินในพิสัย 35.13 ถึง 44.97 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

Singh *et al.* (2007) ทำการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนและการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนอินทรีย์ในดินชนิดต่าง ๆ บริเวณพื้นที่ Rajasthan ในประเทศอินเดีย พบว่า ในช่วงความลึก 0-100 เซนติเมตร คาร์บอนที่ถูกกักเก็บในดินมีค่าเท่ากับ 2.13 เพตะกรัม (Pg) ซึ่งแบ่งเป็นส่วนที่เป็นอินทรีย์วัตถุ 1.23 เพตะกรัม และอนินทรีย์วัตถุ 0.90 เพตะกรัม และที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร จะมีการเก็บกักคาร์บอนเท่ากับ 0.64 เพตะกรัม

Pibumrung *et al.* (2008) ได้ทำการศึกษาการเก็บกักคาร์บอนที่ระดับความลึก 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 เซนติเมตรในพื้นที่ป่าธรรมชาติ ป่าฟื้นฟู และพื้นที่เกษตรกรรม บริเวณภาคเหนือของประเทศไทย พบว่า ป่าธรรมชาติมีคาร์บอนอินทรีย์ในดินทั้งหมดเท่ากับ  $196.24 \pm 22.81$  (100.00%) เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ ป่าฟื้นฟูเท่ากับ  $146.83 \pm 7.22$  (74.82%) เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ และ พื้นที่เกษตร เท่ากับ  $95.09 \pm 14.18$  (48.45%) เมกะกรัมต่อเฮกตาร์ตามลำดับ

## 9. สภาพพื้นที่ศึกษา

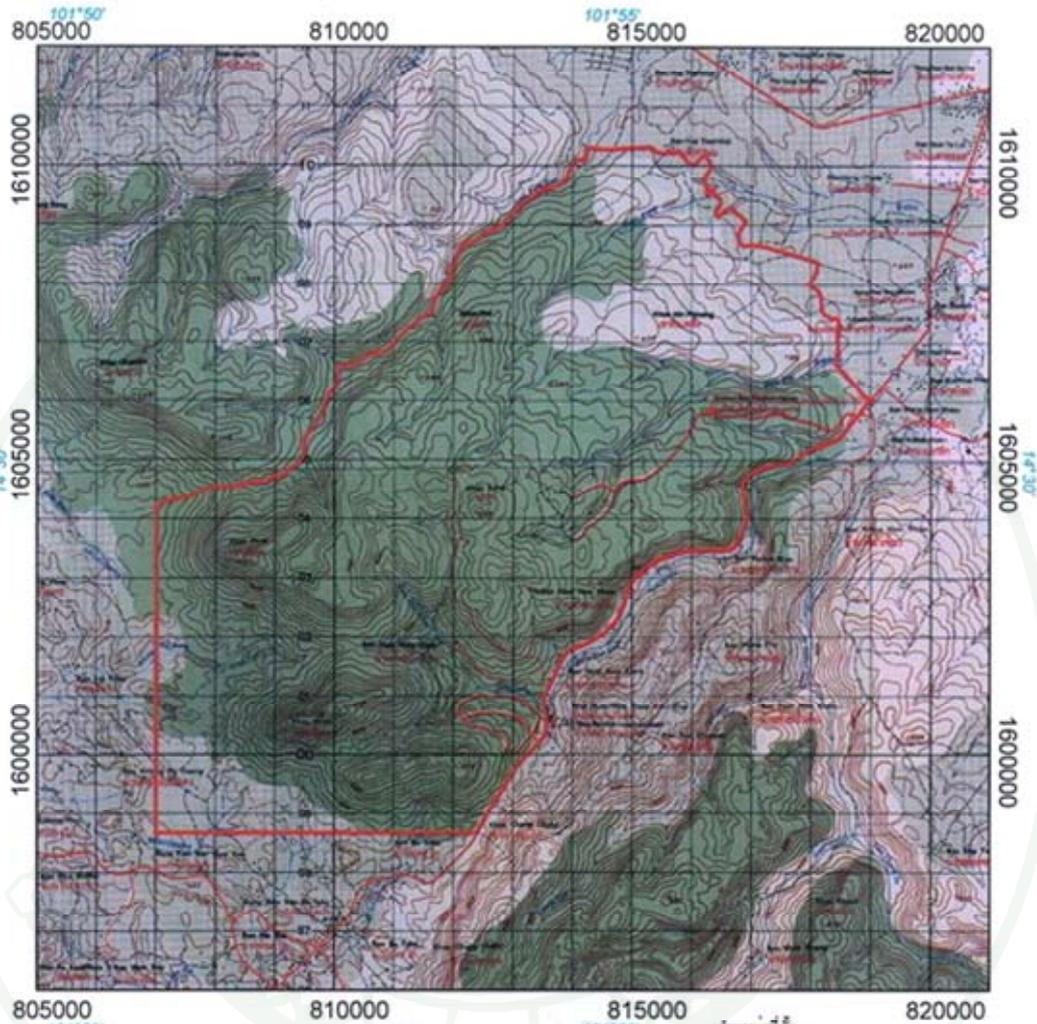
### 9.1 ที่ตั้งและลักษณะทั่วไป

สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ครอบคลุมพื้นที่ในเขตตำบลภูหลวง อำเภอปักธงชัย และตำบลวังน้ำเขียว ตำบลอุคมทรัพย์ ตำบลสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของตัวเมืองนครราชสีมา มีระยะทางห่างจากตัวเมืองประมาณ 60 กิโลเมตร ตามทางหลวงหมายเลข 304 (ฉะเชิงเทรา-นครราชสีมา) และห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 200 กิโลเมตร (นันทศักดิ์, 2542)

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ ในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ในท้องที่ตำบลสะแกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งตั้งอยู่บริเวณเส้นรุ้งที่ 14 องศา 13 ลิปดาเหนือและเส้นแวงที่ 101 องศา 55 ลิปดาตะวันออก มีเนื้อที่ประมาณ 81.05 ตารางกิโลเมตร อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 250-762 เมตร ลักษณะพื้นที่ปกคลุมด้วยป่าดิบแล้ง ประมาณ 29.54 ตารางกิโลเมตร ป่าเต็งรังประมาณ 12.22 ตารางกิโลเมตร และที่อยู่อาศัยอีกประมาณ 0.0005 ตารางกิโลเมตร ทุ่งหญ้าและพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 37.87 ตารางกิโลเมตร ลักษณะทั่วไป เป็นภูเขาที่มีความลาดชันปานกลาง พืชตั้งแต่วัยละ 10-35 เป็นส่วนใหญ่ ลักษณะของลำห้วยส่วนใหญ่เป็นแบบ intermittent คือมี น้ำไหลในบางฤดู ส่วนฤดูแล้งน้ำจะแห้ง (สถิต และคณะ, 2523) (ภาพที่ 1)

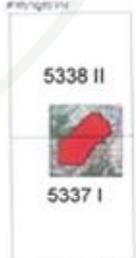
# ขอบเขตสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช

อำเภอวังน้ำเขียว  
อำเภอบึงกรวย  
จังหวัดนครราชสีมา



สัญลักษณ์  
ขอบเขตสถานีวิจัย  
สิ่งแวดล้อมสะแกราช

ที่มา: แผนที่สภาพภูมิประเทศ 1:50,000 กรมแผนที่ทหาร



ภาพที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

## 9.2 ลักษณะภูมิประเทศ

สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ตั้งอยู่บนขอบที่ราบสูงโคราช (Korat Plateau Escarpment) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขา ได้แก่ เขาเคลียด เขาเขียว และเขาสูง มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง เท่ากับ 762, 729 และ 725 เมตร ตามลำดับ โดยมีลักษณะหน้าผาชันทางด้านใต้และค่อย ๆ ลาดไปทางเหนือ (นันทศักดิ์, 2542)

## 9.3 ลักษณะทางปฐพีวิทยา

ดินที่พบส่วนใหญ่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินทราย และหินดินดาน ชุดดินส่วนใหญ่จัดเป็นชุดดินโคราช และ ดินเขาใหญ่ ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของดินค่อนข้างต่ำ โดยเนื้อดินค่อนข้างหยาบ เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย รongลงมาได้แก่ ดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวตามลำดับ โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky) พัฒนาการของหน้าตัดดินส่วนใหญ่เป็น A-B-C โดยพบชั้น C ตามความลึกที่แตกต่างกัน ดินส่วนใหญ่เป็นดินต้นมีความลึกไม่เกิน 80 เซนติเมตร ชั้นดินบนหนาประมาณ 10-20 เซนติเมตร และความหนาของชั้นดินล่างประมาณ 20-30 เซนติเมตร มีความลึกไม่เกิน 80 เซนติเมตร และพบความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ การซึมน้ำได้ปานกลาง และพบหินโผล่บริเวณผิวดิน (วีระศักดิ์, 2523)

## 9.4 ลักษณะภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศของพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชแบ่งออกเป็น 3 ฤดู อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในฤดูหนาวอากาศหนาวเย็น มีความชื้นของอากาศน้อยมาก ในฤดูร้อนอากาศร้อนและมีความชื้นในอากาศสูงมีความชื้นของอากาศเฉลี่ยทั้งปีประมาณร้อยละ 75 ฤดูหนาวเริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ฤดูร้อนอยู่ระหว่างเดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน และฤดูฝนอยู่ระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม ซึ่งในช่วงฤดูฝนนี้จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดพามาจากทะเลจีน ทำให้เกิดฝนตกชุก ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดทั้งปี ประมาณ 1,222 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 27 องศาเซลเซียส (สถิต และคณะ, 2523)

## 9.5 การใช้ที่ดิน

จำลอง (2549) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์การรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช พบว่า พื้นที่ป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชสามารถแบ่งกลุ่มตามชนิดป่าไม้และการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ได้ 6 กลุ่ม ได้แก่ ป่าดิบแล้ง ป่าเต็งรัง ป่าไผ่ ป่าปลูก ท่งหญ้า และสิ่งปลูกสร้าง (ภาพที่ 2)

## 9.6 ป่าไม้

ป่าไม้ธรรมชาติในเขตพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช แบ่งออกเป็นป่าไม้ที่สำคัญ 2 ประเภทได้แก่ (นันทศักดิ์, 2542)

9.6.1 ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest) ลักษณะป่า ชนิดนี้ค่อนข้างทึบ มีความหนาแน่นประชิด (crown closure) ประมาณร้อยละ 85 หรือมีความหนาแน่นประมาณ 123 ต้นต่อไร่ (765 ต้นต่อเฮกตาร์) เป็นเนื้อไม้ที่สามารถทำเป็นสินค้าได้ประมาณ 1,188,584 ลูกบาศก์เมตร จากจำนวนป่าดิบแล้งที่มีในปี พ.ศ. 2522 ซึ่งมีประมาณ 33.63 ตารางกิโลเมตร ลักษณะโครงสร้างของป่า แบ่งออกได้ 4 ชั้น โดยไม้ชั้นบนมีความสูงอยู่ระหว่าง 21-40 เมตร ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea* Pierre) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ชัน (*Shorea sericeiflora*) กระจับปี่ (*Irvingia malayana* Oliv.ex A.Benn.) ไม้ชั้นกลางมีความสูง 15-20 เมตร ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ กระเบาเกล็ด (*Hydnocarpus ilicifolius* King) พลอง (*Memocylon ovatum* J.E. Smith) กัดลิ้น (*Walsura trichostemon* Miq.) ชั้นล่างมีความสูงระหว่าง 4-14 เมตร ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ มะไฟ (*Baccaurea sapida* Muell Arg.) หมากฝักตง (*Apodytes dimidiata*) ไม้พื้นล่างมีความสูงต่ำกว่า 4 เมตรลงมา ส่วนใหญ่เป็นลูกไม้ (seedings) และไม้พุ่มชนิดต่าง ๆ

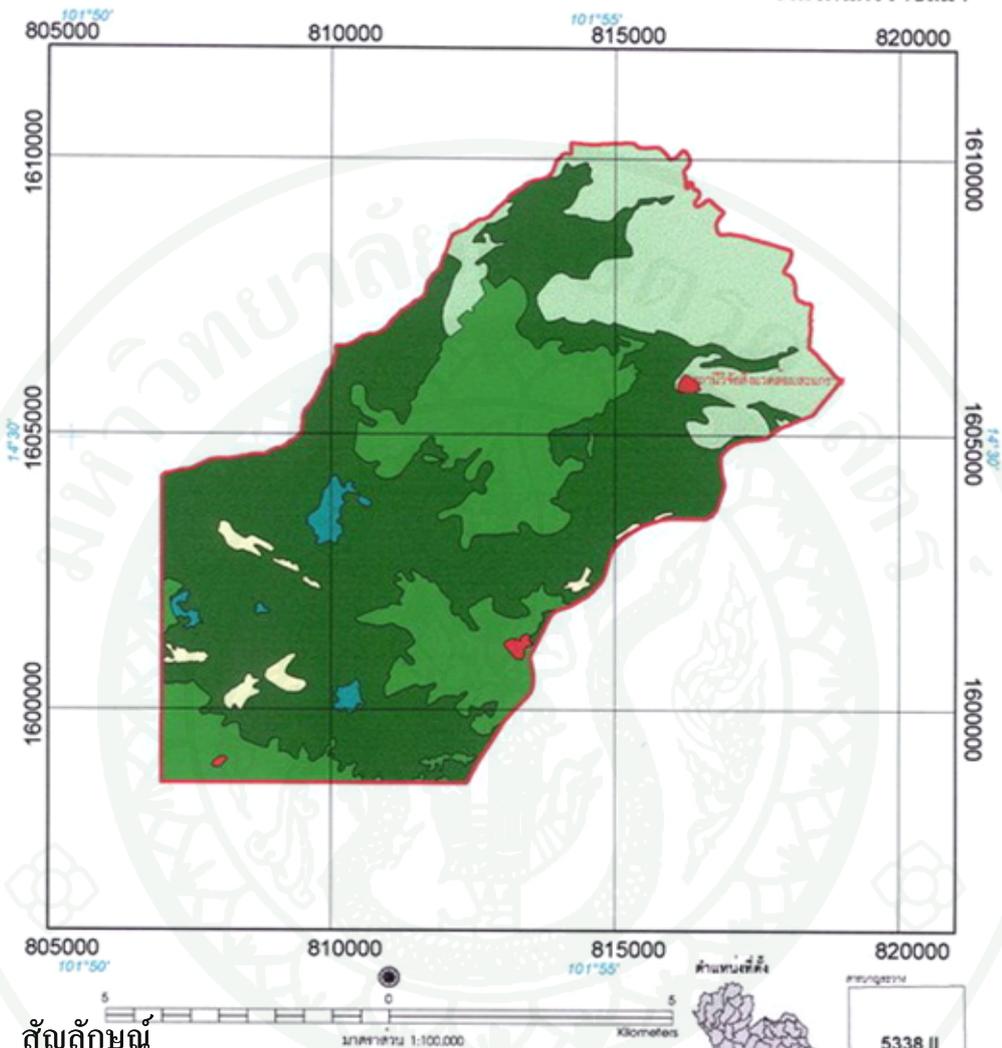
9.6.2 ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) ลักษณะของ ป่าชนิดนี้ เป็นป่าโปร่ง ความหนาแน่นของต้นไม้ 84 ต้นต่อไร่ (523 ต้นต่อเฮกตาร์) ความหนาแน่นประชิดของเรือนยอดตั้งแต่ร้อยละ 25 ขึ้นไป และมีปริมาตรไม้ที่สามารถทำเป็นการค้าได้ประมาณ 57,603 ลูกบาศก์เมตร ลักษณะโครงสร้างของป่าเต็งรังแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้น ชั้นบนมีความสูงประมาณ 21-25 เมตร ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ เต็ง (*Shorea obtuse* Wall.) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) และพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) เทียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm Ex. Miq.) และกราด (*Dipterocarpus*

*intricatus* Dyer) พะยอม (*Shorea roxburghii* G. Don.) ไม้ชั้นกลางมีความสูงระหว่าง 11-20 เมตร ชนิดไม้ที่สำคัญได้แก่ ก่อแพะ (*Queyrus kerrii*) คำมอกหลวง (*Gardenis sootepensis*) คำมอกน้อย (*Gardenis obtusiflora* Roxb.) หนามแท่ง (*Randia tomentosa*) และไม้ชั้นล่างเป็นลูกไม้ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ไม้เฟ็ก (*Arundinaria pusilla* Cheval & A. Camus) หญ้าคา (*Imperata cylindrical* Beauv.) เป็นต้น

นอกจากนี้ป่าไม้สำคัญ 2 ประเภทดังกล่าวแล้ว ยังมีป่าไผ่ ซึ่งกระจายอยู่ในส่วนต่าง ๆ ของสถานีวิจัยฯ โดยเฉพาะบริเวณลำห้วยและหน้าผา ประกอบด้วยป่าไผ่ (*Bambusa arundinacea* Willd.) และไผ่ซาง (*Dendrocalamus strictus* Nees) รวมทั้งไร่ร้างที่เกิดจากการบุกรุกแผ้วถางของประชาชนเพื่อทำไร่เลื่อนลอย และทอดทิ้งเมื่อสภาพดินเสื่อมโทรมลง จนกระทั่งไม้ใหญ่ไม่สามารถขึ้นได้นอกจากหญ้าคา (*Imperata cylindrical* Beauv.) หญ้าพง หญ้าจรจบ เป็นต้น นอกจากนี้ในพื้นที่ไร่ร้าง ได้มีการปลูกป่าทดแทนที่ดำเนินการโดยสถานีวิจัยฯ และกรมป่าไม้ตามโครงการความร่วมมือไทย-ญี่ปุ่น ประมาณ 9,000 ไร่ พันธุ์ไม้ที่ปลูกประกอบด้วย กระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd.) กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis* Cunn.) และซ้อ (*Gmelina arborea* Roxb.) เป็นต้น

### ลักษณะการใช้ที่ดิน (ปี พ.ศ. 2543)

อำเภอวังน้ำเขียว  
อำเภอปักธงชัย  
จังหวัดนครราชสีมา



**สัญลักษณ์**

-  สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช
-  ขอบเขตสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช
-  ป่าดิบแล้ง
-  ป่าเต็งรัง
-  ป่าไผ่
-  ทุ่งหญ้า
-  ทุ่งหญ้า
-  สิ่งปลูกสร้าง

ภาพที่ 2 ขอบเขตพื้นที่ลักษณะการใช้ที่ดิน บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา (ปี พ.ศ. 2543)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. แผนที่สภาพภูมิประเทศบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร)
2. แผนที่ธรณีวิทยา มาตรฐาน 1:100,000
3. เครื่องมือมาตรฐานที่ใช้ในการสำรวจดินภาคสนาม (เอิบ, 2552; Soil Survey Division Staff, 1993)
4. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ และทางเคมีของดิน

### วิธีการ

#### 1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

กำหนดขอบเขตพื้นที่ และจุดที่ใช้ทำการศึกษา รวบรวมข้อมูลและศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ซึ่งประกอบด้วย สภาพภูมิประเทศ สภาพภูมิอากาศ พืชพรรณธรรมชาติ และ การใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

#### 2. การปฏิบัติงานในภาคสนาม

2.1 ศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช โดยการออกสำรวจในพื้นที่ และคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของดิน

## 2.2 การเลือกเก็บดินตามจุดศึกษาแบ่งออกเป็น

1) การศึกษาลักษณะดินตัวแทนของป่าต่างชนิด และ/หรือรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น จำนวน 8 บริเวณ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณทุดยภูมิ ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้ง โดยทำการขุดหลุมดินในบริเวณแต่ละป่าที่กำหนดไว้ ที่มีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร และลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดของดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานของดินได้ชัดเจน แบ่งชั้นดินตามการกำเนิดดิน (genetic horizon) ศึกษาสมบัติของดินในแต่ละชั้นดิน พร้อมทั้งทำคำอธิบายหน้าตัดดินตามวิธีการมาตรฐาน (เอิบ, 2548; Soil Survey Staff, 1993) โดยเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์แยกวิธีการเก็บออกเป็น 2 วิธี คือ

ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) โดยเก็บตัวอย่างดินทุกชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ที่ได้แบ่งไว้ตลอดหน้าตัดดิน ชั้นละ 1 ตัวอย่าง ๆ ละประมาณ 1-2 กิโลกรัม เพื่อนำไปศึกษาสมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมี

ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) เลือกเก็บเฉพาะชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาข้อมูลบางส่วน ของสมบัติทางฟิสิกส์ โดยใช้กระบอกรับตัวอย่าง (core)

2) การศึกษาการแจกกระจายเชิงพื้นที่ (spatial distribution) ของคาร์บอนอินทรีย์ในพื้นที่ป่าแต่ละชนิด การเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ส่วนเจาะดินครอบคลุมพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร (1 ไร่) ในบริเวณที่มีการศึกษาดินตัวแทน โดยแบ่งเป็น 3 ช่วงชั้นความลึก ได้แก่ ที่ผิวดิน (0-5 เซนติเมตร) (Yonekura *et al.*, 2010) ชั้นดินบน ในพื้นที่ 1 ไร่ที่มีการกำหนดระยะเก็บเป็นตาข่าย (grid line) ทุก ๆ ระยะ 10 เมตร (A หรือ Ap) และดินล่างถึงระดับความลึก 100 เซนติเมตร หรือจนกระทั่งถึงชั้นหินแข็ง

## 3. การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

### 3.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

1) นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบดดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แยกก้อนกรวด เศษหินและแร่ และเศษซากพืชออก ซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมีของดิน

2) นำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนในกระบอกเก็บตัวอย่าง มาศึกษาความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) และวิเคราะห์สภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity)

### 3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

1) การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธีไปเปตต์ (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

2) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินแบบไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (ถนน, 2528; Blake and Hartge, 1986)

3) สภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยใช้พลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

### 3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1) พีเอชดิน (soil pH) โดยใช้เครื่องมือวัดค่าพีเอชดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter content) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934; Nelson and Sommers, 1996)

3) ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965; Bremner, 1996)

4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer

- 5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) (Pratt, 1987) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer
- 6) สภาพกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) โดยวิธี barium chloride-triethanolamine pH 8.2 (Thomas, 1996)
- 7) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) (Thomas, 1982) แล้ววัดปริมาณเบสด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer
- 8) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) โดยการชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่เป็นกลาง (pH 7) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965; Summer and Miller, 1996)
- 9) ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage: %BS) โดยคำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมด และค่าสภาพกรดที่สกัดได้ (extractable bases, extractable acidity) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\text{Base saturation percentage} = \frac{\text{Extractable bases}}{\text{Extractable bases} + \text{Extractable acidity}} \times 100 \quad (3)$$

#### 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ปริมาณของคาร์บอนที่สะสมในดินต่อหน่วยพื้นที่ในแต่ละชั้นของหน้าตัดดิน (ต้นต่อเฮกตาร์) สามารถคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

$$OC_d = \sum_{i=1}^{10} \%OC_i \times BD_i \times T_i \quad \text{กก. ม}^{-2} \text{ ซม.}^{-1} \text{ (ความลึก)} \quad (4)$$

- 10
- $i$  = ตัวแทนชั้นดินต่าง ๆ ตามชั้นกำเนิดดิน
- $T$  = ระยะห่างระหว่างขอบเขตบน (upper boundary) และขอบเขตล่าง (lower boundary) ของแต่ละชั้น  $i$
- $\%OC$  = ร้อยละโดยน้ำหนักคาร์บอนอินทรีย์ในแต่ละชั้น  $i$
- $BD$  = ความหนาแน่นรวมของดินในแต่ละชั้น  $i$
- $d$  = ระดับความลึก
- $OC_d$  = ผลรวมของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์พื้นที่ต่อระดับความลึก  $d$

#### 5. สถานที่และระยะเวลาที่ทำการศึกษา

##### 5.1 สถานที่ทำการศึกษา

ศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนามบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราชครอบคลุม ตำบลภูหลวง อำเภอปักธงชัย และตำบลวังน้ำเขียว ตำบลอุดมทรัพย์ ตำบลสะแกกราช อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของตัวเมืองนครราชสีมา

วิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมีของดิน โดยใช้ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

##### 5.2 ระยะเวลาที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการศึกษาในเดือนกรกฎาคม 2553 และสิ้นสุดการศึกษาในเดือนมีนาคม 2554

## ผลและวิจารณ์

ผลจากการศึกษาสมบัติดินและการกักเก็บคาร์บอนภายใต้สภาพป่าต่างชนิดในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จำนวน 8 บริเวณ พบว่า

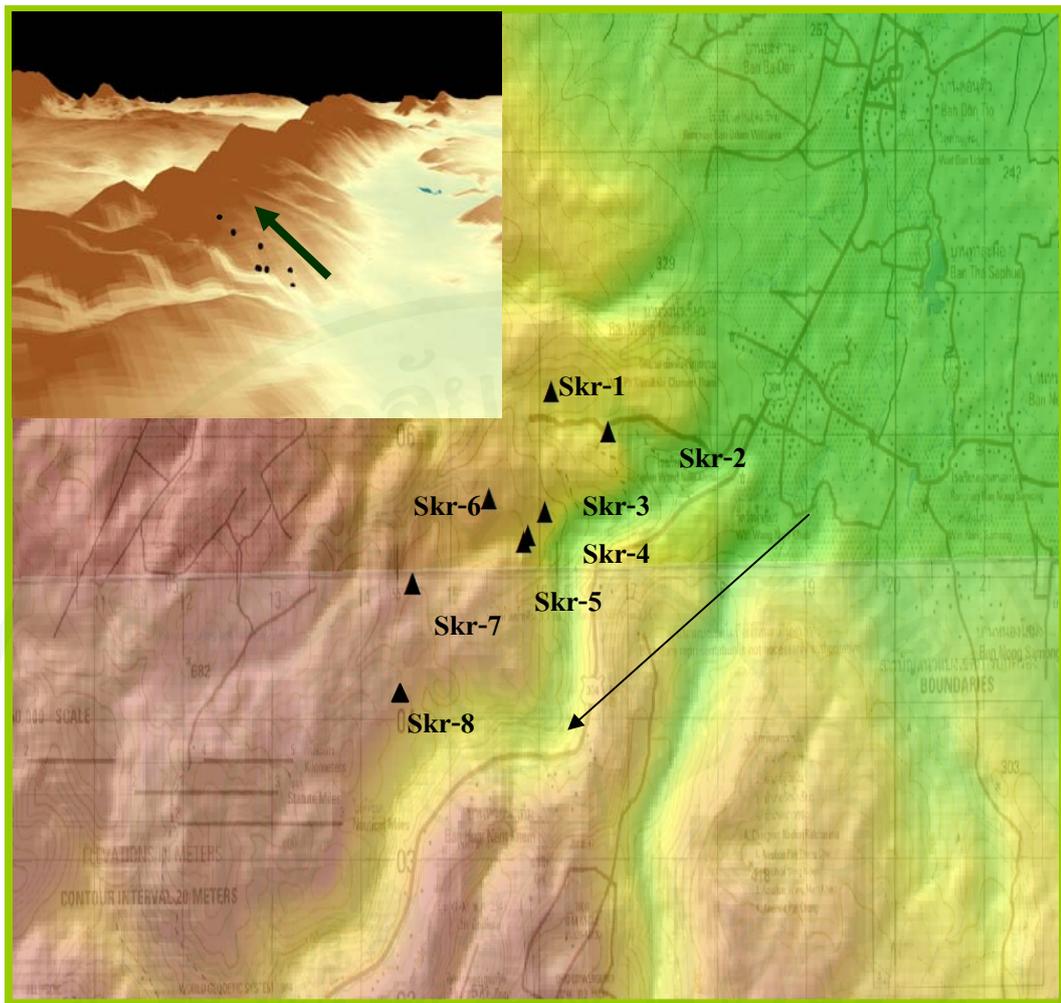
พื้นที่ศึกษาประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ 1 บริเวณ (Skr-1) ป่าเต็งรัง 2 บริเวณ (Skr-2 และ 3) พื้นที่รอยต่อระหว่างป่าเต็งรังกับดิบแล้ง (ecotone) 1 บริเวณ (Skr-4) ป่าดิบแล้งพื้นที่ 3 บริเวณ (Skr-5, 6 และ 7) และ ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน 1 บริเวณ (Skr-8) (ภาพที่ 3)

บริเวณที่ทำการศึกษามีสภาพภูมิประเทศเป็นพื้นที่ตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนล่างถึงตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 328-531 เมตร มีความลาดชันอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-15 อยู่ในเขตที่มีสภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (tropical savanna) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,222 มิลลิเมตร อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 27 องศาเซลเซียส (สถิติ และคณะ, 2523) ดินที่ทำการศึกษาเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นเศษตะกอนหินดาควิซเซอ (colluvium) ที่สลายตัวมาจากหินทราย ซึ่งทำให้ดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว ส่วนใหญ่เป็นดินต้นถึงลึกมาก มีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำของดินปานกลางถึงเร็ว และการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง

### 1. ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

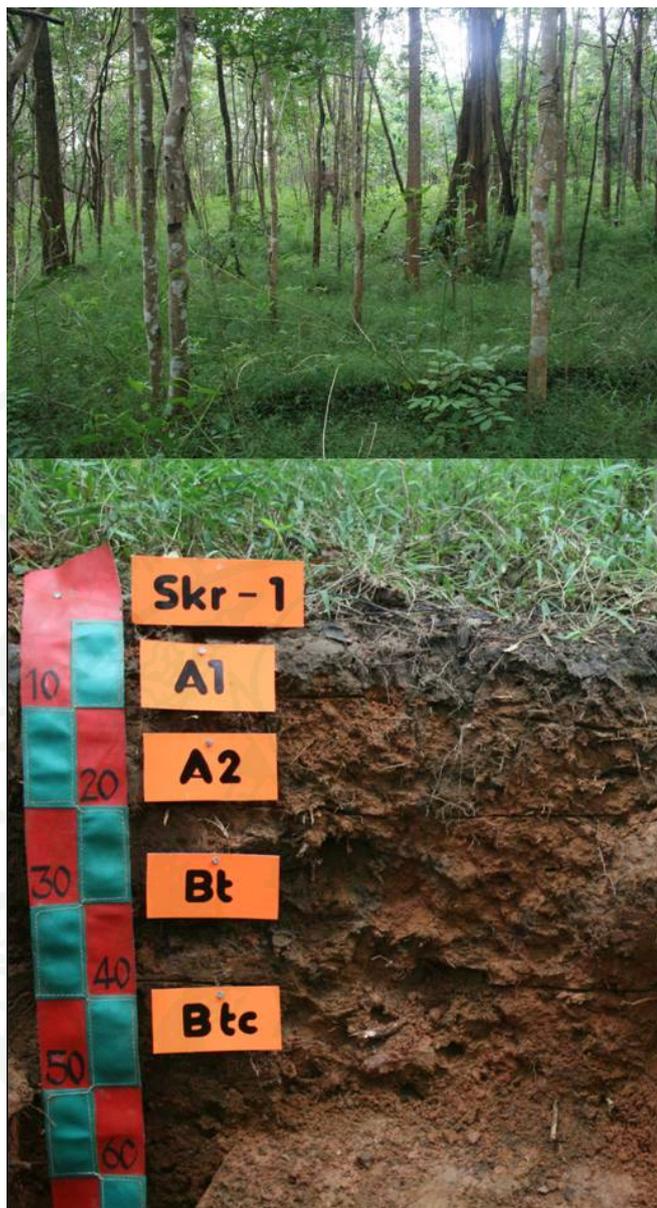
#### 1.1 พื้นที่ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ (Secondary mixed deciduous forest: Skr-1)

ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ลาดเชิงเขาถูกตัด (dissected footslope) มีความสูง 423 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ความลาดชันร้อยละ 4 วัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินดาควิซเซอ (colluvium) ที่สลายตัวมาจากหินทราย (sandstone) ลักษณะดินเป็นดินลึกปานกลาง มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบ A-Bt-Btc และพบระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 60 เซนติเมตร จากชั้นผิวดินในฤดูแล้ง (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 3 บริเวณที่ทำการเก็บตัวอย่างดินในสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

หมายเหตุ Skr-1 = ป่าเบญจพรรณทุกดิยภูมิ, Skr-2 และ Skr-3 = ป่าเต็งรัง, Skr-4 = พื้นที่รอยต่อ,  
Skr-5, Skr-6 และ Skr-7 = ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู, Skr-8 = ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน



ภาพที่ 4 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่ป่าเบญจพรรณหุบเขายกภูมิ (Skr-1)

ดินบนหนา 0-22 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแดงเข้มจนถึงแดงเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และพีเอชดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงกรดจัดมาก และลดลงตามความลึก (pH 5.0-6.5) โครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียด มีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อน การแจกกระจายของรากพืชขนาดเล็กมากถึงปานกลางในปริมาณค่อนข้างมากถึงมาก

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 22-60+ เซนติเมตร ดินมีสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ถึงดินร่วนเหนียวปนทรายปนละเอียดมาก พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) สำหรับโครงสร้างของดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนปานกลาง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดินค่อนข้างชัดเจน และพบเศษชิ้นส่วนหินทรายกำลังผุพังสลายตัวขนาดเล็กถึงใหญ่จำนวนมาก พบสารเม็ดกลมของเหล็ก และแมงกานีสออกไซด์ และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากชั้นดินด้านบน

## 1.2 พื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณที่ 1 (Dry dipterocarp forest: Skr-2)

ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็นตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนล่าง (upper lower footslope) มีความสูง 327 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ผิวหน้าเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดชันร้อยละ 6 วัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินคาร์บองเนตที่สลายตัวมาจากหินทราย ดินเป็นดินต้น มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Btc ขณะทำการศึกษาพบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 40 เซนติเมตรจากชั้นผิวดินในฤดูแล้ง

ดินบนหนา 0-22 เซนติเมตร มีสีเทาน้ำตาลเข้มถึงเข้มมาก เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และพีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.0-6.5) โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อน เริ่มพบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดินไม่ค่อยชัดเจน พบรากพืชขนาดเล็กปริมาณค่อนข้างมากถึงมาก พบกรวดลักษณะเป็นเหลี่ยมของหินทรายที่ผุพังสลายตัวในปริมาณเล็กน้อย และเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณตอนบนของที่ลาดเชิงเขา ตอนล่าง (Skr-2)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 22-40+ เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียดมาก แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก สำหรับโครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0) พบการเคลือบของดินเหนียว ที่ผิวหน้าของเม็ดดินและสะพานเชื่อมดินเหนียวระหว่างเม็ดทรายค่อนข้างชัดเจน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีส และการแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง นอกจากนี้ยังพบหินทรายที่กำลังสลายตัวขนาดเล็กถึงใหญ่จำนวนมาก

### 1.3 พื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณที่ 2 (Dry dipterocarp forest: Skr-3)

ดินที่ทำการศึกษายู่ตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง (upper middle footslope) มีความสูง 417 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ผิวหน้าเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด โดยมีความลาดชันร้อยละ 4 วัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินคาคเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินทราย ดินเป็นดินลิกปานกลาง มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Bt-Btc พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 60 เซนติเมตรจากชั้นผิวดินในฤดูแล้ง

ดินบนหนา 0-17 เซนติเมตร มีสีเทาปนน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายละเอียดมาก พิเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียด และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อน การแจกกระจายของรากพืชขนาดเล็กจำนวนมาก (ภาพที่ 6)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 17-60 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้มปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียดมาก แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก พิเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0) โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดินและสะพานเชื่อมดินเหนียวระหว่างเม็ดทราย ก้อนข้างชัดเจน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ การแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง นอกจากนี้พบเศษชิ้นส่วนหินทรายขนาดเล็กถึงใหญ่ที่กำลังผุพังจำนวนมาก

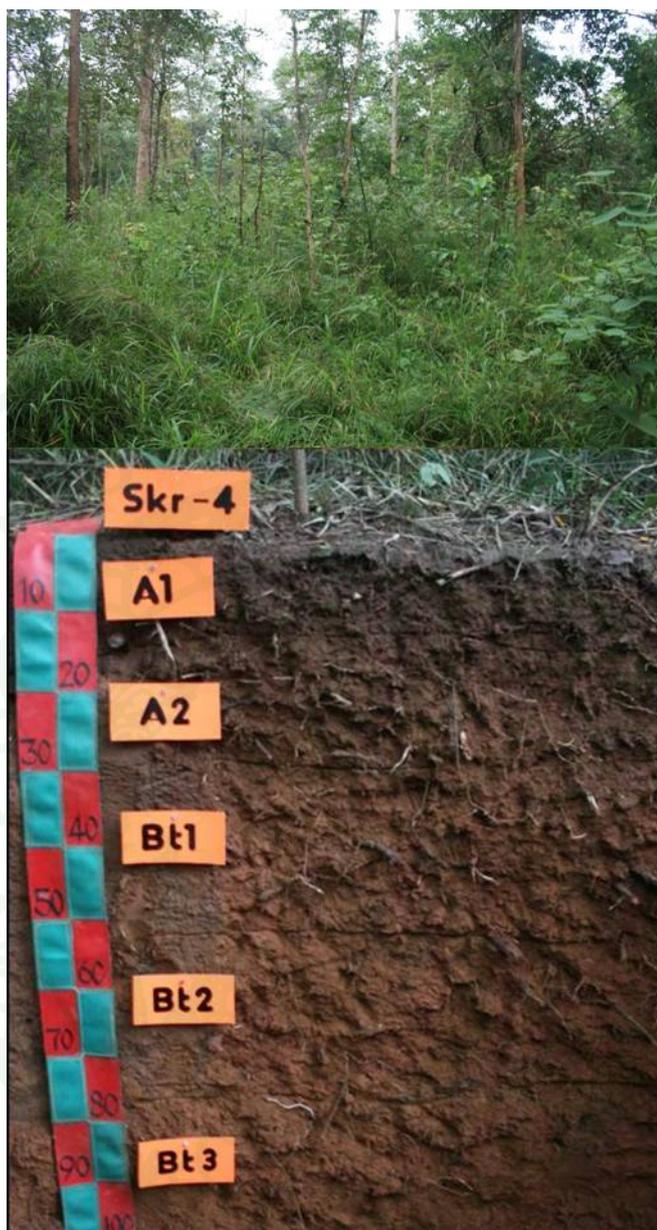
### 1.4 พื้นที่รอยต่อระหว่างป่าเต็งรังกับป่าดิบแล้ง (Ecotone: Skr-4)

ดินที่ทำการศึกษายู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็น โคง้เว้าของที่ลาดเชิงเขา (concave footslope) มีความสูง 428 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง มีความลาดชันร้อยละ 2 มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินคาคเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินทราย ลักษณะดินเป็นดินลิก มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Bt พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 105 เซนติเมตรจากชั้นผิวดิน



ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณตอนบนของที่ลาดเชิงเขา  
ตอนกลาง (Skr-3)

ดินบนหนา 0-29 เซนติเมตร มีสีแดงคล้ำถึงน้ำตาลแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย  
ละเอียดมาก และพีเอชดินในสนามเป็นกรดปานกลาง (pH 6) โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อน  
เหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงละเอียด และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนปาน  
กลาง และพบรากพืชมีขนาดเล็กมาก เล็ก และปานกลางในปริมาณมาก (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพื้นที่รอยต่อระหว่างป่าดิบแล้งกับป่าเต็งรัง (Skr-4)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 29-105+ เซนติเมตร ดินมีสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก พิเศษดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5) สำหรับโครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดินค่อนข้างชัดเจน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และการแจกกระจาย

ของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง นอกจากนี้ยังพบหินทรายขนาดใหญ่ที่กำลังผุพังในหน้าตัดดิน

#### 1.5 พื้นที่ป่าดิบแล้งพื้นที่ 1 (Secondary dry evergreen forest: Skr-5)

ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนสภาพพื้นที่ที่เป็นส่วนโค้งของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง (convex surface on middle footslope) มีความสูง 389 จากระดับทะเลปานกลาง มีความลาดชันร้อยละ 5 มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินดาตเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินทราย ดินเป็นดินลึกลับานกลาง มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Bt-Btc พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 70 เซนติเมตร จากผิวดิน

ดินบนหนา 0-26 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแดงเข้ม ถึงน้ำตาลแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายละเอียดมาก และพีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5) โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน และบางส่วนเป็นแบบก้อนกลมขนาดละเอียดปานกลางถึงละเอียด และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนปานกลางถึงปานกลาง และพบรากพืชมีขนาดเล็กมาก เล็ก และปานกลางในปริมาณมาก (ภาพที่ 8)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 26-70+ เซนติเมตร ดินมีสีแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0) สำหรับโครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนถึงแข็ง พบการเคลื่อนที่ของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดิน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และเศษชิ้นส่วนของหินทรายที่เกิดจากการผุพังสลายตัว และพบรากพืชขนาดเล็กมากถึงปานกลาง การแจกกระจายของรากพืชในชั้นนี้มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง



ภาพที่ 8 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู บริเวณส่วนโค้งนูนของที่ลาดเชิงเขา (Skr-5)

### 1.6 พื้นที่ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟูบริเวณที่ 2 (Secondary dry evergreen forest: Skr-6)

ดินที่ทำการศึกษายู่บนสภาพพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการกร่อนที่บริเวณผิวหน้าของที่ลาดเชิงเขา (erosional surface of footslope) มีความสูง 414 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง มีความลาดชันร้อยละ 15 มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินดาตเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินทราย ดินเป็นดินลิกปานกลาง มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Bt พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 55 เซนติเมตร จากชั้นผิวดิน

ดินบนหนา 0-18 เซนติเมตร มีสีเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายละเอียดมาก และพีเอชดินในสนามเป็นกลาง (pH 7.0) โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน และบางส่วนเป็นแบบก้อนกลมขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง การแจกกระจายของรากพืชขนาดเล็กถึงใหญ่ นอกจากนี้ยังพบชิ้นส่วนของหินทรายที่กำลังผุพังสลายตัวที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยมในปริมาณเล็กน้อย (ภาพที่ 9)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 34-55+ เซนติเมตร ดินมีสีเหลืองปนแดงเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 5.0-5.5) ดินมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงละเอียดที่มีความคงทนปานกลาง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าเม็ดดิน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และพบรากพืชขนาดเล็กมากถึงปานกลาง การแจกกระจายของรากมีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง

### 1.7 พื้นที่ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Secondary dry evergreen forest: Skr-7)

ดินที่ทำการศึกษายู่บนสภาพพื้นที่ตอนล่างของที่ลาดเชิงเขา (lower footslope) มีความสูง 488 จากระดับทะเลปานกลาง มีความลาดชันร้อยละ 10 มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินดาตเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินทราย ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง และมีลักษณะของการขังน้ำเกิดขึ้นในดินชั้นล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Bt-Btc-Bvg พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 175 เซนติเมตรจากผิวดิน



ภาพที่ 9 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งพื้นที่ที่ได้รับอิทธิพลจากการกร่อนที่บริเวณผิวน้ำ ของที่ลาดเชิงเขา (Skr-6)

ดินบนหนา 0-26 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียดมาก และพีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) สำหรับ โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง และพบรากพืชมีขนาดเล็กมากถึงปานกลาง นอกจากนี้ยังพบโพรงดินที่เกิดจากการกระทำของสัตว์ (krotovinas) (ภาพที่ 10)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 26-175+ เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลแดงถึงแดงอ่อน เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทรายละเอียด แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงปานกลาง (pH 5.0-7.0) สำหรับ

โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับแข็งถึงปานกลาง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดิน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ในปริมาณมาก โดยเฉพาะที่ความลึกตั้งแต่ 90 เซนติเมตร ลงไป รวมทั้งพบชั้นศิลาแลงอ่อน (plinthite) ที่ระดับความลึกประมาณ 140 เซนติเมตร และรากพืชมีขนาดเล็กมากถึงปานกลาง มีปริมาณลดลงจากบนลงล่าง

#### 1.8 พื้นที่ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Undisturbed dry evergreen forest: Skr-8)

ดินที่ทำการศึกษาอยู่บนสภาพพื้นที่ตอนบนของที่ลาดเชิงเขากลาง (upper middle footslope) มีความสูง 531 จากระดับทะเลปานกลาง มีความลาดชันร้อยละ 8 มีวัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษตะกอนหินดาดเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินทราย ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการระบายน้ำดี และมีการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก พบกรวดในดินล่าง มีการพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น A-Bt-Btc พบระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 200 เซนติเมตร จากผิวดินในฤดูแล้ง

ดินบนหนา 0-14 เซนติเมตร มีสีเหลืองปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียดมาก พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัด (pH 5.5) โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียด และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับปานกลาง และมีรากพืชขนาดเล็กมากถึงปานกลางในปริมาณค่อนข้างมาก (ภาพที่ 11)

สำหรับดินล่างลึกตั้งแต่ 14-200 เซนติเมตร ดินมีสีเหลืองแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียด แสดงให้เห็นว่ามีการเคลื่อนที่ของอนุภาคขนาดละเอียดตามความลึก พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 5.0-5.5) โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงละเอียด และมีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนปานกลางถึงปานกลาง พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดิน พบสารเม็ดกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และรากพืชขนาดเล็กมากถึงปานกลาง ปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก และปริมาณลดลงจากบนลงล่าง



ภาพที่ 10 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งพื้นที่ตอนล่างของที่ลาดเชิงเขา (Skr-7)

โดยภาพรวม พบว่า ดินที่ทำการศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดมาจากหินดาตเชิงเขาที่สลายตัวมาจากหินทราย วางตัวอยู่บนของพื้นที่ลาดเชิงเขาตอนกลางจนถึงตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนล่าง โดยอยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางอยู่ในค่าพิสัย 327-531 พื้นที่ที่มีความลาดชันอยู่ในพิสัยร้อยละ 2-15 การซาบซึมน้ำปานกลางถึงเร็ว และการไหลบ่าของน้ำที่ซ้มาถึงปานกลาง ดินเป็นดินต้นถึงลึกปานกลาง ยกเว้นภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-7) และป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) เป็นดินลึกมาก ความหนาของชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 14-29 เซนติเมตร โดยป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) มีความหนาของชั้นดินบนน้อยที่สุด (14 เซนติเมตร) และภายใต้พื้นที่ร่อยต่อ (Skr-4) จะมีความหนาของชั้นดินบนมากที่สุด (29 เซนติเมตร) ดินเกือบทุกบริเวณพบสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ยกเว้นภายใต้พื้นที่ร่อยต่อ (Skr-4) และป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-6) โดยระดับความลึกที่พบชั้นกรวดจะแตกต่างกันออกไป ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งบนสภาพพื้นที่ และยังแสดงให้เห็นถึงการขึ้นลงของน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ต่อการสะสมสารมวลพอกเหล่านี้

ในกรณีของสีดิน ดินทุกบริเวณมีสีดินอยู่ในพิสัยเดียวกัน กล่าวคือ สีน้ำตาลถึงแดงเข้ม จนเป็นสีผสม แสดงให้เห็นถึงการระบายน้ำดี โดยในชั้นดินบนจะมีสีคล้ำกว่าดินล่างอย่างชัดเจน เนื่องจากชั้นดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่วิเคราะห์ได้ ส่วนในชั้นดินล่าง ที่มีสีน้ำตาลเข้มถึงแดงปนเหลือง แดง จนเป็นสีผสม อาจเป็นผลมาจากอิทธิพลของเหล็กออกไซด์ และความชื้นดิน (microclimate) (เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 2010)

เนื้อดิน โดยส่วนใหญ่ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียดมาก ส่วนดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียดมาก ในทุกบริเวณในชั้นดินบนจะมีเนื้อหยาบกว่าชั้นดินล่าง เนื่องจาก การกร่อนดินและการชะละลายอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ไปจากหน้าตัดดินตอนบน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในชั้นดินล่าง (Buol *et al.*, 2010)

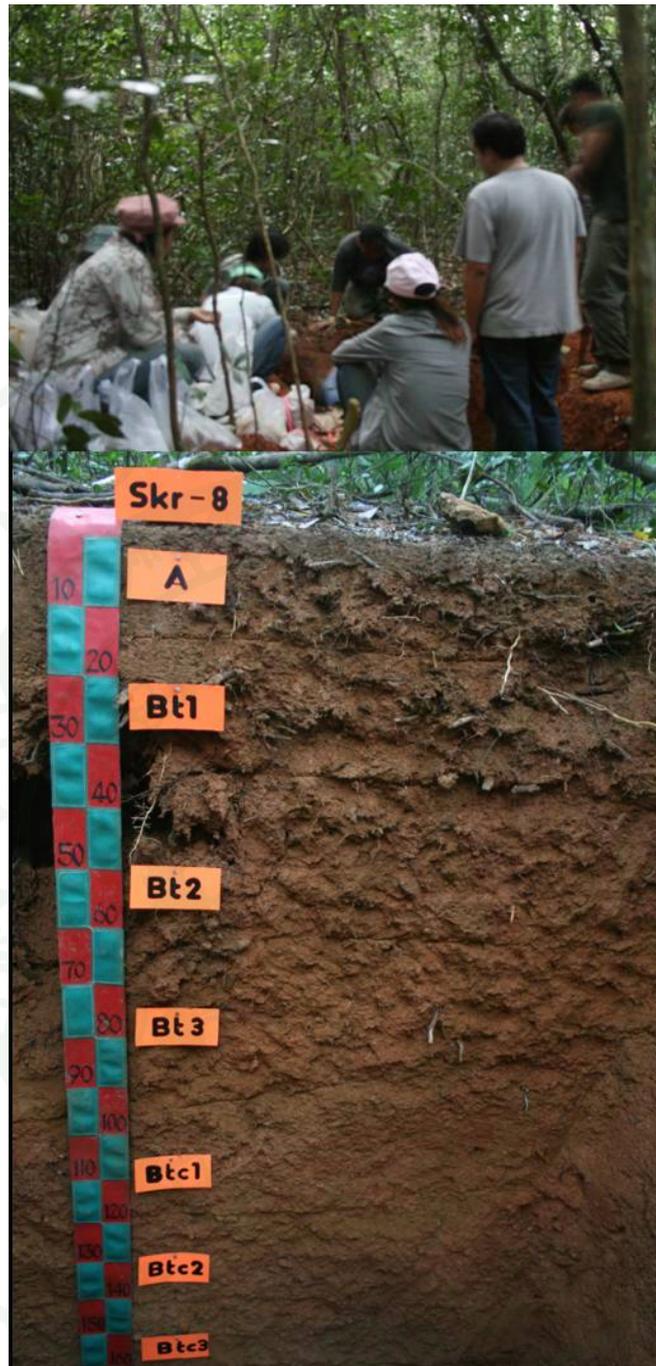
โครงสร้างดินในชั้นดินบนในทุกบริเวณ เป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมาก ถึงปานกลาง และบางบริเวณจะพบแบบก้อนกลมขนาดละเอียดถึงปานกลาง บริเวณป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-5 และ 6) มีความคงทนของโครงสร้างอยู่ในระดับอ่อนถึงปานกลาง ส่วนในดินล่าง โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดมากถึงปานกลาง และมีความคงทนอยู่ในระดับอ่อนถึงแข็ง

จากลักษณะสัณฐานวิทยาของดิน แสดงให้เห็นว่า ดินทุกบริเวณมีพัฒนาการค่อนข้างสูง ดินทุกบริเวณมีการสะสมดินเหนียว (Bt) พบการเคลือบของดินเหนียวที่ผิวหน้าของเม็ดดินและบริเวณผนังช่องว่าง ค่อนข้างชัดเจน โดยเฉพาะในชั้นดินล่าง (เอิบ, 2548)

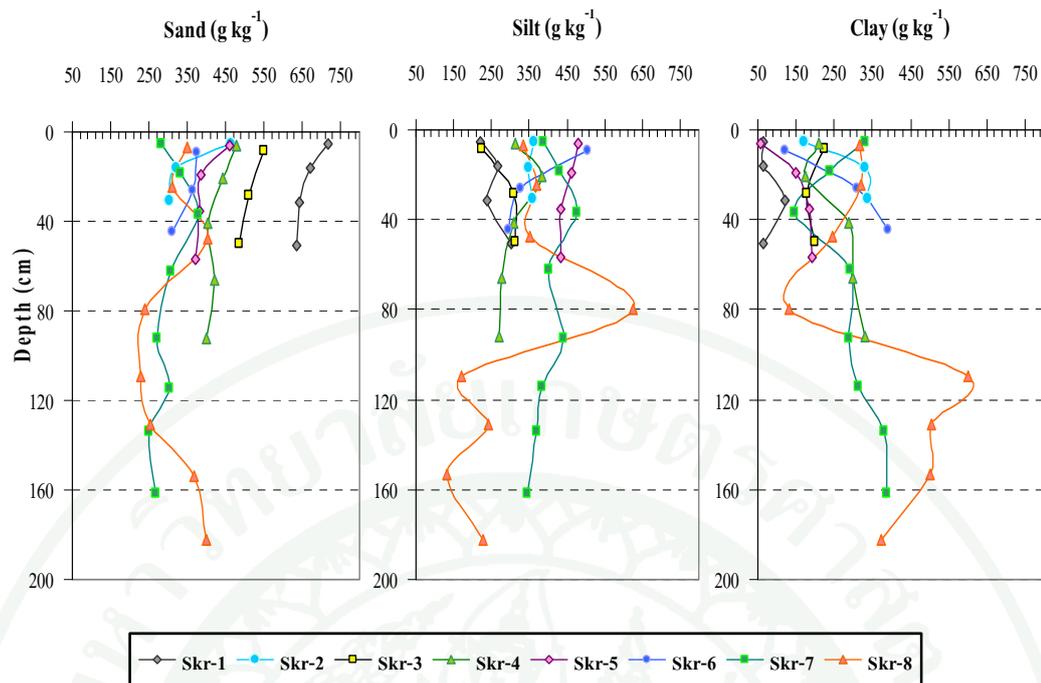
## 2. สมบัติทางฟิสิกส์ของดิน

ดินที่ทำการศึกษามีปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในพิสัย 229-718 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณทรายแบ่งอยู่ในพิสัย 130-627 กรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณดินเหนียวอยู่ในพิสัย 16-600 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 12) แสดงให้เห็นว่าขนาดอนุภาคดินส่วนใหญ่ เป็นอนุภาคขนาดทราย เมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 8 บริเวณ พบว่าในป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ (Skr-1) รองลงมาคือ ป่าเต็งรังตอนบนของที่ลาดเชิงเขาล่าง (Skr-2) ซึ่งจะมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายสูงกว่าดินในบริเวณอื่น ๆ

โดยภาพรวมพบว่า มีการกระจายอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินบนมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยตามความลึก ซึ่งมีลักษณะตรงกันข้ามกับการกระจายของอนุภาคดินเหนียวที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยเฉพาะพื้นที่ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) โดยเกิดจากกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก แสดงให้เห็นว่ามีกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในชั้นดินล่าง (Buol *et al.*, 2003) สำหรับอนุภาคขนาดทรายแบ่ง พบว่า มีแนวโน้มลดลงเพียงเล็กน้อยในทุกหน้าตัดดิน ซึ่งแสดงว่าดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดี (Buol *et al.*, 2003)

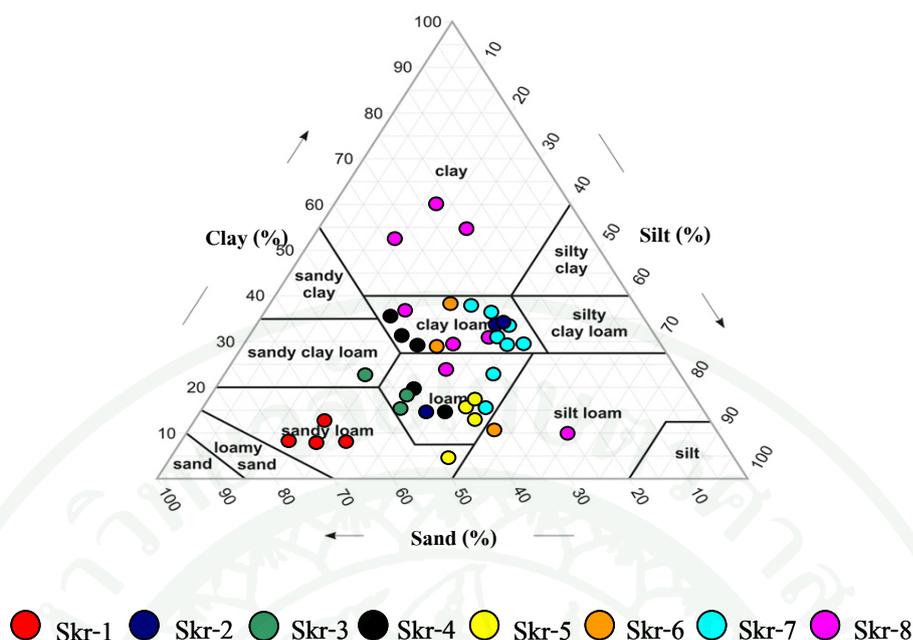


ภาพที่ 11 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน ตอนบนของที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง (Skr-8)



ภาพที่ 12 การกระจายขนาดอนุภาคดินตามความลึกของดินที่ทำการศึกษา

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่างๆ ของดินทั้ง 8 บริเวณ แล้วนำมาวิเคราะห์ได้เทียบหาประเภทชั้นเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของอนุภาคดิน โดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2548; Soil Survey Staff, 2010) พบว่า ดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มดินร่วน (loamy) ถึงดินเหนียว (clayey) โดยมีเนื้อดินอยู่ในพิสัย ดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว โดยกลุ่มของดินร่วนส่วนใหญ่จะพบอยู่ในชั้นดินบน ในพื้นที่ป่าเต็งรังตอนล่างของพื้นที่ลาดเชิงเขาตอนบน (Skr-2) ขึ้นไปจนถึงป่าดิบแล้งพื้นที่ตอนบนของพื้นที่ลาดเชิงเขาตอนกลาง ทั้งนี้ยกเว้นป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ (Skr-1) ที่พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายตลอดหน้าตัดดิน (ภาพที่ 13)

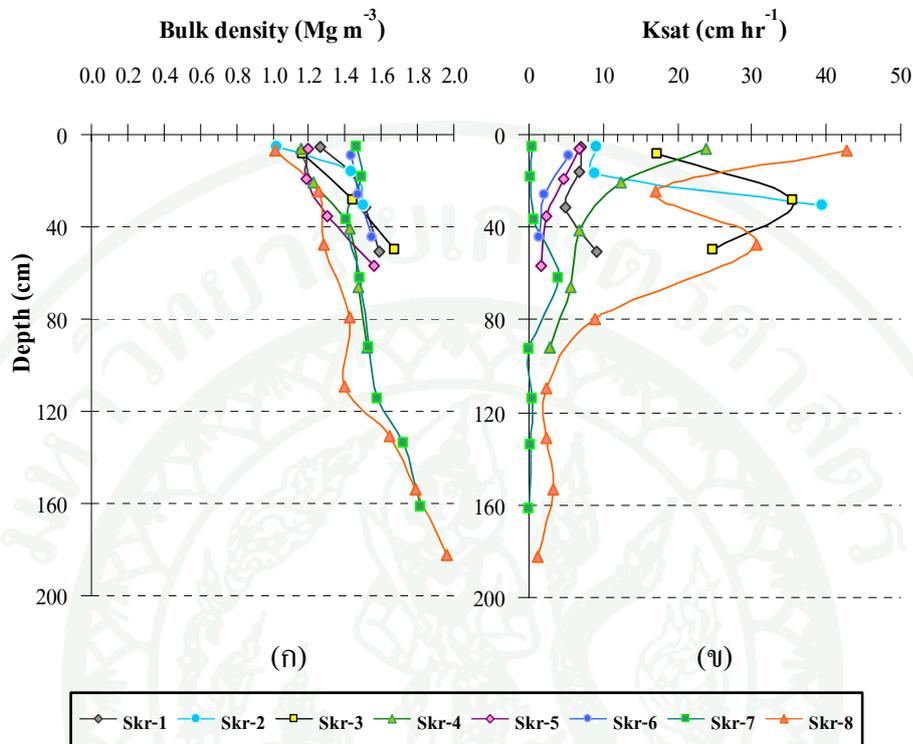


ภาพที่ 13 การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และ ดินเหนียว

ความหนาแน่นรวม ของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงสูงโดยอยู่ในพิสัย 1.02-1.96 เมกะกรัมต่อ ลูกบาศก์เมตร และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งการที่ดินบนมีความหนาแน่นของดินต่ำ เนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง และเศษซากของใบไม้ (litter) ที่ร่วงหล่นมาสะสมที่ผิวดิน (Tangsinmankong, 2004) ส่วนดินล่างมีความหนาแน่นรวมสูงขึ้นเป็นผลมาจากกระบวนการ เคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ดินล่าง ซึ่งอนุภาคจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ในช่องว่างต่าง ๆ ในดิน ทำให้ดิน แน่นทึบขึ้น (บรรณพิชญ์, 2551; Brady and Weil, 2008) รวมทั้งการพบกรวดของเหล็กและ แมงกานีสออกไซด์ (ภาพที่ 14ก)

สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ ของดินอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็วมาก โดยมีค่าอยู่ใน พิสัย 0.03-42.81 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยที่ดินบนจะมีค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำเร็ว กว่าดินล่างเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากดินล่างมีความหนาแน่นรวมของดินสูง และความหนาแน่นรวม ของดินชั้นบนมีค่าสูง เนื่องจาก ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ซึ่งง่ายต่อการเกิดเม็ดดิน และมี โครงสร้างที่เสถียร (Iwata *et al.*, 1995; Juma, 2001) ยกเว้นในป่าเต็งรังตอนล่าง (Skr-2) ที่อยู่ใน ระดับเร็วในดินล่าง เนื่องจากพบเศษชิ้นส่วนของหินทราย และสารเม็ดกลมของเหล็กและ

แมงกานีสออกไซด์ ทำให้เกิดช่องว่างขนาดใหญ่ในชั้นดินล่าง จึงอาจผลต่อการเคลื่อนย้ายน้ำในหน้าตัดดิน ((ภาพที่ 14ข)



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวม (ก) และค่าสภาพน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

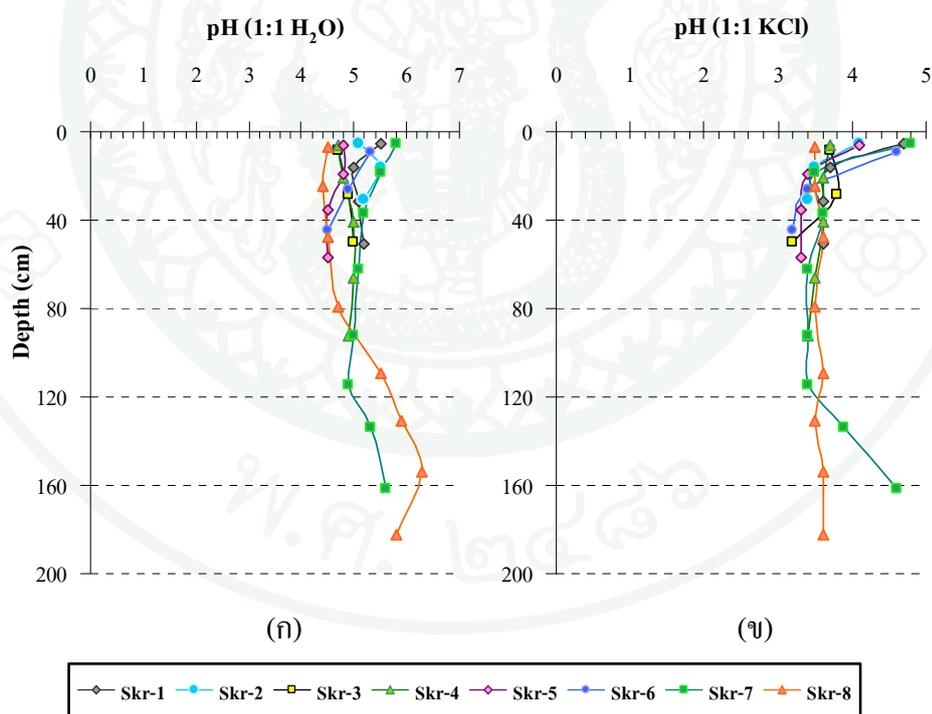
### 3. สมบัติทางเคมีของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาภายใต้ป่าต่างชนิด บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินระดับสมบัติทางเคมี (เอิบ, 2547; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993) ผลการศึกษามีรายละเอียด ดังนี้

### 3.1 พีเอชดิน

ค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่า ดินเป็นกรดอ่อนถึงกรดรุนแรง โดยมีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 4.4-6.3 (ภาพที่ 15ก)

โดยดินบน (ชั้น A) พีเอชดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.5-5.8) ส่วนในดินล่างเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (pH 4.4-5.6) โดยมีค่าค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน แสดงให้เห็นว่า ดินที่ทำการศึกษามีพัฒนาการสูง ดินมีค่าพีเอชเป็นกรด เป็นผลมาจากอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร่งของปฏิกิริยาทางเคมีก็สูงขึ้นด้วย เบสถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนสะสมที่ผิวอนุภาคของดินเหนียวในปริมาณมาก (เอิบ, 2548; Zhang *et al.*, 2006; Brady and Weil, 2008) ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินเขตร้อน ส่วนค่าพีเอชดินที่วัดโดยดินต่อสารละลาย 1 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์ 1:1 มีค่าอยู่ในพิสัย 3.2-4.8 โดยดินล่างเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก โดยมีพีเอชอยู่ในพิสัย 3.4-4.8



ภาพที่ 15 พีเอชของดินที่วัดในน้ำ (ก) และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 1 โมลาร์ (ข) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

และ 3.2-4.6 ตามลำดับ ซึ่งพีเอชที่ได้มีค่าต่ำกว่าพีเอชที่วัดด้วยน้ำประมาณ 1 หน่วย แสดงให้เห็นว่าดินที่ทำการศึกษามีประจุสุทธิเป็นลบ ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออน ได้ดีกว่าแอนไอออน เป็นลักษณะของดินเขตร้อน ส่วนใหญ่ที่มีพัฒนาการสูง ซึ่งจะมีออกไซด์ของเหล็ก อะลูมิเนียม และแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ เป็นองค์ประกอบที่สำคัญ (วิโรจ, 2531: Cindy *et al.*, 2008)

### 3.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ทำการศึกษาทั้ง 8 บริเวณ พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 3.44-32.16 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 16ก) และทุกบริเวณมีแนวโน้มลดลงตามความลึก การที่ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่สูงในชั้นดินบนเป็นผลมาจากการทับถมของเศษซากอินทรีย์และรากพืชที่อยู่ในดินเมื่อมีการผุพังสลาย ตัวจึงสะสมอยู่ในดินบนมากกว่าดินล่าง (Sanchez and Buol, 1975; Sanchez, 1976) ส่วนชั้นดินล่างซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า เป็นลักษณะของดินเขตร้อน เมื่อมีการย่อยสลายจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในดินบน ประกอบกับการชะละลายลงไปชั้นดินล่างเกิดขึ้นน้อย ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (Sanchez, 1976; Virgo and Holmes, 1977; Vangai *et al.*, 1986)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าสูงสุดในดินบนภายใต้สภาพป่าดิบแล้ง อยู่ในพิสัย 31.30-50.90 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมา คือพื้นที่รอยต่อ (Skr-4) เท่ากับ 47.47 กรัมต่อกิโลกรัม ป่าเต็งรัง มีค่าอยู่ในพิสัย 42.27-46.07 กรัมต่อกิโลกรัม และป่าเบญจพรรณทุกชนิดเท่ากับ 39.38 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ความแตกต่างของปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบน คาดว่าน่าจะเกี่ยวข้องกับพืชพรรณ และสัณฐานภูมิประเทศ (Vijarnsorn, 1984; Kerang *et al.*, 2003; Yuhai *et al.*, 2010)

### 3.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

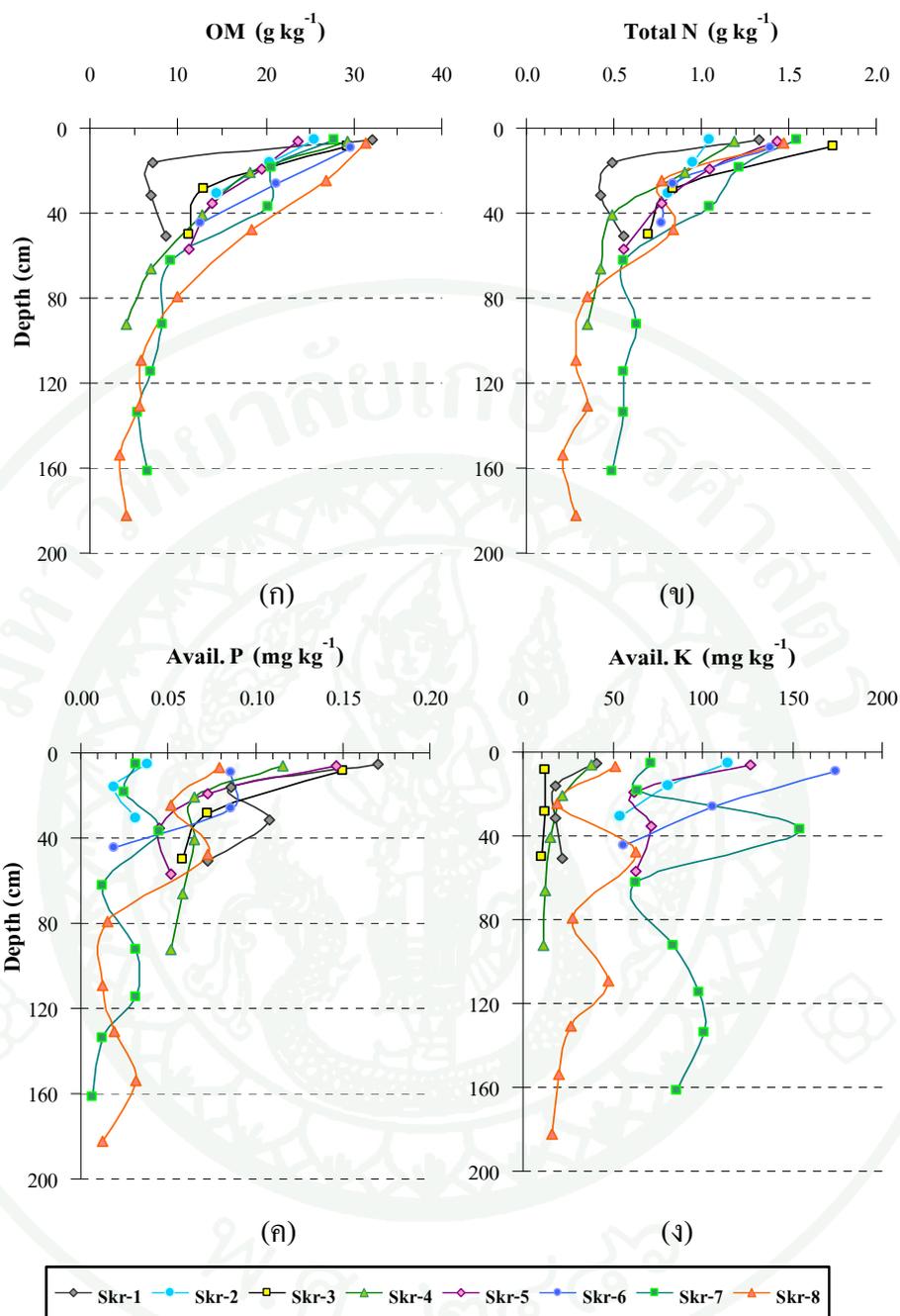
ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินในบริเวณที่ทำการศึกษาทั้ง 8 บริเวณ พบว่ามีอยู่ในระดับต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.21-1.75 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 16ข) และลักษณะการแจกกระจายภายในหน้าตัดดิน มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับอินทรีย์วัตถุในดิน

ลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของไนโตรเจนรวม มีลักษณะรูปแบบที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่จะ

ได้มาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดิน (Brady and Weil, 2008) และจากผลการศึกษาไม่พบว่ามีหินหรือแร่ธาตุใดที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ดังนั้น ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนจึงขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนรูปของอินทรีย์ในดิน เป็นอนินทรีย์ในดินเท่านั้น การที่มีปริมาณไนโตรเจนที่ต่ำมากในดิน เกิดจากการนำไปใช้ของพืชและจุลินทรีย์ในดิน และเกิดจากกระบวนการชะละลาย และมีบางส่วนสูญหายไปในรูปแบบแก๊ส (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Kononova, 1966; Buol *et al.*, 2010)

### 3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ทำการศึกษาทั้ง 8 บริเวณ พบว่า อยู่ในระดับต่ำมาก และต่ำมากถึงสูงมากตามลำดับ (0.01-0.17 และ 11.7-174.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ) (ภาพที่ 16ค, ง) โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกภายในหน้าตัดดิน ทั้งนี้เป็นผลมาจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุ และรากพืชในดิน แล้วปลดปล่อยฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมบางส่วนให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) นอกจากนี้ สาเหตุที่ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่ที่ทำการศึกษาค่ำมาก เนื่องจากวัตถุดิบกำเนิดดิน ไม่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งจากสภาพพื้นที่โดยทั่วไปปริมาณฟอสฟอรัสมีสะสมสูงอยู่ในชั้นดินบนซึ่งจะอยู่ในรูปฟอสเฟตอินทรีย์เป็นส่วนใหญ่ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Landon, 1991) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมจะมีสูงในป่าดิบแล้งมากที่สุด เนื่องจาก ปริมาณโพแทสเซียมจะมีค่าสูงในซากพืชที่เป็นใบ (ธำรง, 2527) และเนื่องจากเวลาที่ทำการศึกษา อยู่ในช่วงปลายเดือนตุลาคม ไม่พบว่ามีฝนตกในช่วงนั้น ปริมาณโพแทสเซียมจึงสะสมอยู่ในดินได้มาก ซึ่งเป็นไปในการทำงานเดียวกันกับผลการศึกษาในป่าใบกว้างไม่ผลัดใบในประเทศญี่ปุ่น (Katagiri *et al.*, 1978) ซึ่งพบว่า ปริมาณโพแทสเซียมในดินจะเพิ่มสูงขึ้นในฤดูแล้ง โดยมีปริมาณสูงที่สุดในเดือนมกราคม แล้วค่อย ๆ ลดลงอยู่ในระดับต่ำในช่วงฝนตกชุก ซึ่งฝนเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะละลายเกลือแร่ และธาตุโพแทสเซียม เป็นธาตุที่ง่ายต่อการถูกชะละลาย (Curlin, 1970)



ภาพที่ 16 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) ปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ค) และ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ง) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

### 3.5 ปริมาณเบสที่สกัดได้

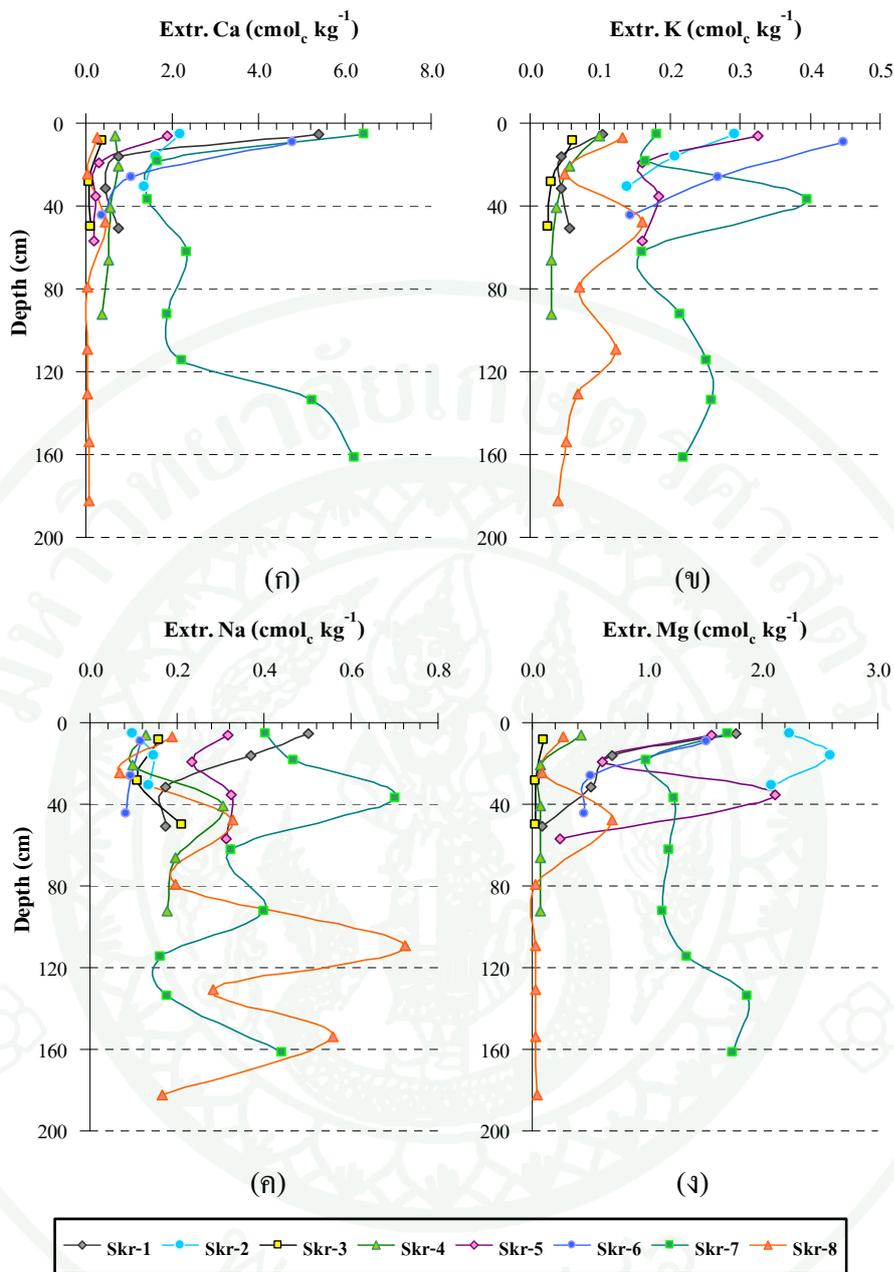
ปริมาณเบสที่สกัดได้ ได้แก่ แคลเซียม โปแทสเซียม โซเดียม และแมกนีเซียม เมื่อพิจารณาถึงปริมาณเบสที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.04-6.46, 0.03-0.45, 0.07-0.50 และ 0.03-2.58 เซนติโมลต่อกิโลกรัมตามลำดับ

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ พบว่า เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ กับความลึกแต่ละหน้าตัดดิน ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น ยกเว้นป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-7) ที่มีค่าสูง และแปรปรวนไม่แน่นอนในตอนล่างของหน้าตัดดิน เนื่องจากบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษานั้นน่าจะมีลักษณะเป็นแอ่ง ทำให้มีการสะสมตะกอนรวมทั้งธาตุอาหารพืชที่มากับน้ำมาสะสมในบริเวณนี้ (Brady and Weil, 2008) (ภาพที่ 17ก)

ปริมาณโปแทสเซียมที่สกัดได้ พบว่า เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณโปแทสเซียมที่สกัดได้กับความลึกแต่ละหน้าตัดดิน ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น ป่าดิบแล้งจะมีค่าสูงที่สุด ซึ่งมีลักษณะไปในทิศทางเดียวกันกับผลการวิเคราะห์โปแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน (ภาพที่ 17ข)

ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ พบว่า เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กับความลึกแต่ละหน้าตัดดิน ดินส่วนใหญ่มีแนวโน้มผันแปรมากในทุกบริเวณ (ภาพที่ 17ค) ซึ่งจากการศึกษาของ สุภาวดี (2544) ที่ได้ทำการศึกษาปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนในพื้นที่ป่าเต็งรังบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช พบว่าโซเดียมที่อยู่ในใบพืชส่วนใหญ่ได้มาจากต้นเต็ง (*Shorea obtuse* Wall.) รองลงมาได้แก่ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) และพะยอม (*Shorea roxburghii* G. Don.) ตามลำดับ ซึ่งนั่นน่าจะส่งผลต่อปริมาณโซเดียมที่มีอยู่ในดิน

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กับความลึกของแต่ละหน้าตัดดิน ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยในป่าดิบแล้งและป่าเต็งรังนั้นมีแนวโน้มลดลงตามความลึกไม่ชัดเจน ยกเว้นป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-7) ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อยในตอนล่าง ส่วนในป่าเบญจพรรณหุบผิภูมิตุ้ม (Skr-1) นั้นมีค่าลดลงตามความลึกอย่างชัดเจนโดยทั่วไปแมกนีเซียมจะละลายน้ำได้ดี จึงอาจถูกชะละลายลงไปสะสมในตอนล่างของหน้าตัดดิน (Zinke *et al.*, 1970) และป่าเต็งรังบริเวณตอนล่างของที่ลาดเชิงเขาตอนบน (Skr-2) มีแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด



ภาพที่ 17 ปริมาณแคลเซียม (ก) โพแทสเซียม (ข) โซเดียม (ค) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ง) กับ ความลึกของหน้าตัดดิน

อาจเป็นผลมาจากพื้นที่จะมีใบหญ้าแห้งอยู่อย่างหนาแน่น ซึ่งปริมาณธาตุอาหารที่ร่วงหล่นของใบพบว่า ธาตุแมกนีเซียมมีความเข้มข้นสูงสุดในซากพืชประเภทใบ (Katagiri and Tsutsumi, 1973) (ภาพที่ 17ง)

ปริมาณธาตุต่าง ๆ ที่พบในดินจะแตกต่างกันไปตามชนิดพืชตามชนิดป่า แม้แต่ป่าชนิดเดียวกันก็แตกต่างกันไปด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากความแตกต่างขององค์ประกอบชนิดพรรณไม้ที่ประกอบอยู่ในป่านั้น ๆ และชนิดดินที่ได้รับอิทธิพลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกัน (พงษ์ศักดิ์ และคณะ, 2527)

### 3.6 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ จากผลรวมของปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัย 0.33-4.82 เซนติโมลต่อ กิโลกรัม ดินส่วนใหญ่มีค่าความแปรปรวนเล็กน้อยและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดิน ยกเว้น ในป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-7) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในตอนล่างของหน้าตัดดิน แสดงว่าดินได้รับอิทธิพลการชะละลายที่รุนแรงพอที่จะเคลื่อนย้ายเบสบางส่วนออกไปจากหน้าตัดดิน (Bloom and Grigal, 1985; Bloom, 2000; Buol *et al.*, 2003) (ภาพที่ 18ก)

### 3.7 สภาพกรดที่สกัดได้

สภาพกรดที่สกัดได้ของดินในบริเวณที่ทำการศึกษา พบว่า อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 1.0-23.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 18ข)

สภาพกรดที่แลกเปลี่ยนได้ ส่วนใหญ่มีความแปรปรวนภายในหน้าตัดดินค่อนข้างน้อย ซึ่งชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และบางบริเวณมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการชะละลายแคตไอออนที่เป็นด่าง และการแทนที่ของไฮโดรเจนไอออนในดินบ่งชี้ว่าดินมีพัฒนาการปานกลาง ถึงค่อนข้างสูง (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008; Buol *et al.*, 2003) นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุของดิน เนื่องจากอินทรีย์วัตถุซึ่งมีค่าสูงในชั้นดินบนสามารถดูดซับไฮโดรเจนไอออนได้มาก (Foth, 1990; Tan, 1993) หรืออาจเกิดจากกระบวนการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะมีการแตก

ตัวของอนุมลกรด และปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) ทำให้ชั้นดินบนมีสภาพกรดที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่าชั้นดินล่าง และมีค่าลดลงตามความลึก

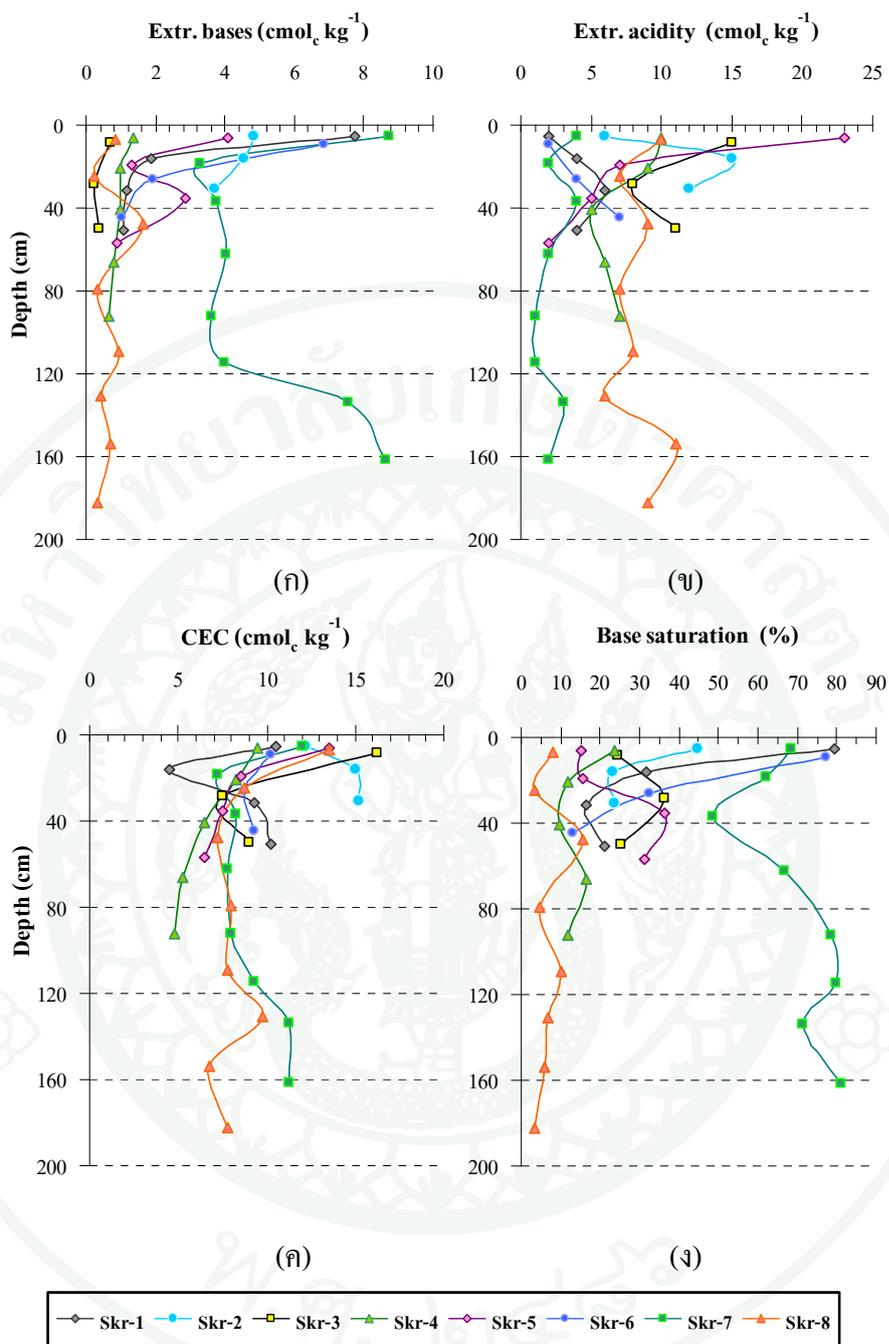
### 3.8 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินในบริเวณที่ทำการศึกษ พบว่า อยู่ในระดับต่ำถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 4.5-16.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 18ค) โดยภาพรวมแล้วมีค่าอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้น ดินภายใต้ป่าเต็งรังตอนบนของที่ลาดเชิงเขา (Skr-3) ที่มีค่าสูงที่สุดในดินบน ซึ่งเป็นมาจากรากของหญ้าเพ็กที่มีจำนวนมาก ทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง

ผลการศึกษา พบว่า ชั้นดินบน มีค่าสูงกว่าชั้นดินล่างในทุกบริเวณ ยกเว้นดินภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-3) ที่มีแนวโน้มสูงขึ้นเพียงเล็กน้อยตามความลึก โดยค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนจะมีความสัมพันธ์กับเนื้อดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Sanchez, 1976; Young, 1976) รวมถึงชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวที่มีอยู่ในดิน โดยในชั้นดินบน ซึ่งค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่สูงกว่าชั้นดินล่าง เนื่องจากในชั้นดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูงกว่าชั้นดินล่าง ส่วนในชั้นดินล่างนั้น ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินน่าจะเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวโดยตรง (Sanchez, 1976; Young, 1976; Brady and Weil, 2008) จากการที่ค่านี้ลดต่ำลงตามความลึกภายในหน้าตัดดิน และมีค่าค่อนข้างต่ำ เนื่องจาก แร่ดินเหนียวที่เป็นองค์ประกอบในดินส่วนใหญ่เป็นแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำ เช่น แร่เคโอลิไนต์ (Brady and Weil, 2008; Buol *et al.*, 2003)

### 3.9 ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบส

ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบส พบว่า อยู่ในระดับต่ำถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.5-81.2 โดยส่วนใหญ่แล้วจะมีค่าอยู่ในระดับต่ำ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยมีค่าร้อยละความอิ่มตัวของเบสต่ำกว่า 35 ยกเว้นป่าดิบแล้งฟื้นฟู (Skr-7) ที่มีค่าปานกลาง และมีแนวโน้มนำเพิ่มขึ้นตามความลึกเพียงเล็กน้อย เนื่องจากสภาพพื้นที่ที่เป็นแอ่ง จึงทำให้มีการสะสมเบสต่าง ๆ ในบริเวณนี้ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ทำให้ดินในบริเวณนี้มีพัฒนาการของดินที่แตกต่างไปจากดินอื่นที่ทำการศึกษา เนื่องจากยังมีเบสเหลืออยู่มากกว่า (ภาพที่ 18ง)



ภาพที่ 18 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) สภาพกรดที่สกัดได้ (ข) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ค) และร้อยละความอิ่มตัวเบส (ง) กับความลึกของหน้าตัดดิน

ค่าร้อยละความอิ่มตัวของดินส่วนใหญ่โดยเฉลี่ยทั้งหน้าตัดดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำ คือ มีค่าต่ำกว่า 35 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงการที่ดินมีพัฒนาการค่อนข้างสูงถึงสูง ผ่านการชะละลายมา มาก ทำให้แคตไอออนที่เป็นเบสเหลืออยู่ในดินน้อย (Bear, 1967; Lgwe *et al.*, 1999; Brady and Weil, 2008) แนวโน้มความสัมพันธ์ระหว่างค่าร้อยละความอิ่มตัวของดินกับความลึกของดินที่มีความ ผันแปร บางบริเวณเพิ่มขึ้น และลดลงตามความลึกของดิน อาจเนื่องมาจากอิทธิพลการชะละลายที่ ไม่รุนแรงมากพอ และมีการชะละลายที่ไม่สม่ำเสมอในหน้าตัดดิน (Thomson and Troeh, 1978; Sanchez *et al.*, 1983; Brady and Weil, 2008)

#### 4. การจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางฟิสิกส์ และสมบัติทางเคมีของดิน สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2010) ได้ 2 อันดับ โดยมีหน่วย จำแนกดินตามชั้นอนุกรมวิธานดิน ดังนี้

##### 4.1 อันดับอัลติซอลส์ (Ultisols)

ดินที่ทำการศึกษาทุกบริเวณมีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินต่างชัดเจน ที่เรียกว่าชั้นดิน ล่างวินิจัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) โดยในดิน Skr-1, 2, 3, 4, 5 และ 8 มีร้อยละความอิ่มตัวของ ดินต่ำกว่า 35 ที่ระดับความลึก 125 เซนติเมตร จากผิวดิน จึงจัดจำแนกอยู่ในอันดับอัลติซอลส์ (Ultisols) และ พื้นที่ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้นจำกัด จึงจัดเข้าในระบอบความชื้น ดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regime) ทำให้ดินเหล่านี้อยู่ในอันดับดินย่อย Ustults

ส่วนในดิน Skr-1, 3 และ 5 เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี มีชั้นพลินไทต์ต่อเนื่อง หรือ มากกว่าครึ่งหนึ่งของเนื้อดิน ภายในระดับความลึก 125 เซนติเมตร จากผิวดิน จึงสามารถจำแนกใน ระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Plinthustults นอกจากนี้พบหินต้นกำเนิดภายในความลึก 150 เซนติเมตร จากชั้นผิวดิน และมีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 จึงจัดจำแนกในระดับกลุ่ม ดินย่อยได้เป็น Haplic Plinthustults (ป่าเบญจพรรณทุกชนิด: Skr-1, ป่าเต็งรัง: Skr-3, ป่าดิบแล้ง พื้นฟู: Skr-5) ส่วนป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) ไม่มีลักษณะและสมบัติอื่นใดที่แตกต่างไปจาก ลักษณะเด่นของกลุ่มดินใหญ่ Plinthustult จึงจัดจำแนกเป็น Typic Plinthustult

แต่ดิน Skr-2, 4 และ 6 มีลักษณะแตกต่างกันออกไป ได้แก่ มีชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิล ลึกบาง หรือหนาปานกลาง และมีการแจกกระจายของดินเหนียว โดยที่ปริมาณของดินเหนียวลดลง มากกว่าร้อยละ 20 จากชั้นที่มีปริมาณสูงสุดภายในระดับความลึก 150 เซนติเมตร จึงสามารถจำแนก ในระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Haplustults นอกจากนี้ ดินมีลักษณะ และสมบัติอื่นที่ แตกต่างไปจากลักษณะเด่นของกลุ่มดินใหญ่ จึงจัดจำแนกได้เป็น Typic Haplustult (ป่าดิบแล้ง พื้นฟู: Skr-6)

ป่าเต็งรัง (Skr-2) ซึ่งเป็นดินต้นมีความลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร จึงจัดจำแนกในระดับ กลุ่มดินย่อย Lithic Haplustult

พื้นที่รอยต่อ หรือ ecotone (Skr-4) เนื่องจากพบชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน มีค่าความจุ แลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่า 24 เซนติเมตรต่อกิโลกรัม และมีปริมาณดินเหนียวร้อยละ 50 หรือ มากกว่า ภายในความลึก 100 เซนติเมตร จึงจัดจำแนกเป็น Kanhaplic Haplustult

#### 4.2 อันดับแอลฟิซอลส์ (Alfisol)

ดินบริเวณป่าดิบแล้งพื้นฟู (Skr-7) มีร้อยละความอิ่มตัวเบสสูงกว่าร้อยละ 35 จึงจัด จำแนกอยู่ในอันดับแอลฟิซอลส์ (Alfisol) และพื้นที่ที่มีปริมาณฝนค่อนข้างต่ำ ทำให้ดินมีความชื้น จำกัด จึงจัดเข้าในระบอบความชื้นดินแบบอัสติก (ustic soil moisture regime) ทำให้ดินนี้อยู่ใน อันดับดินย่อย Ustult และยังพบว่าดินที่มีการระบายน้ำดี มีชั้นพินไทต์ต่อเนื่อง หรือมากกว่า ครั้งหนึ่งของเนื้อดิน ในชั้นย่อยต่าง ๆ จึงสามารถจำแนกในระดับกลุ่มดินใหญ่ (great group) ได้เป็น Plinthustalf

นอกจากนี้ ดินไม่มีลักษณะและคุณสมบัติอื่นใดที่แตกต่างไปจากลักษณะเด่นของกลุ่ม ดินใหญ่ ดังนั้นดินตัวแทนที่ทำการศึกษาครั้งนี้จัดจำแนกในระดับกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Plinthustalf (ป่าดิบแล้งพื้นฟู, Skr-7)

## 5. การสะสมปริมาณคาร์บอนในดิน

การศึกษาชั้นหน้าตัดดินและทำการเก็บตัวอย่างเพื่อศึกษาการสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าต่างชนิด พบว่า ป่าชนิดต่าง ๆ มีการสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินแตกต่างกัน ดังนี้

### 5.1 การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเบญจพรรณหุบผิวยุค (Skr-1)

การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าเบญจพรรณหุบผิวยุค เท่ากับ 49.26 ตันต่อเฮกตาร์ โดยที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร ดินมีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุด เท่ากับ 23.52 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 10-22 เซนติเมตร เท่ากับ 7.16 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 22-41 เซนติเมตร เท่ากับ 11.48 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 41-50 เซนติเมตร เท่ากับ 7.11 ตันต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 1) ดินในชั้น A1 มีความหนา 10 เซนติเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับชั้น A2 แต่กลับพบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่อพื้นที่ในชั้นแรกมีค่าสูงกว่าเกือบ 3 เท่า (23.52 เปรียบเทียบกับ 7.16 ตันต่อเฮกตาร์) แสดงให้เห็นได้ว่า อิทธิพลของเศษใบไม้ที่ร่วงหล่น และตกทับถมเกิดการย่อยสลายและผสมคลุกเคล้ากับดินแร่ธาตุ (นฤมล, 2551) ภายใต้สภาพป่าเบญจพรรณหุบผิวยุค มีผลต่อการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินค่อนข้างมาก (Tangsinmankong, 2004)

ส่วนดินล่างนั้น พบว่า มีการเคลื่อนย้ายลงไปสะสมได้น้อย ทั้งนี้เห็นได้ชัดเจนจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A1 มีค่าสูงถึง 18.67 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ในชั้นถัดไปมีค่าเพียง 4.20 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณไม่แตกต่างกับชั้นดินล่าง (Bt1) เท่าใดนัก (4.00 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์ในชั้นดินล่างมีการสะสมต่ำ อาจเนื่องมาจากอิทธิพลของเนื้อดิน ซึ่งอนุภาคของดินส่วนใหญ่จะเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ตลอดหน้าตัดดิน ดินเนื้อหยาบมีผลทำให้มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ และมีการระบายน้ำดี (Wesseling *et al.*, 2009) ทำให้การดูดซับคาร์บอนอินทรีย์ในดินล่างน้อย โดยมีการเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (Sustainable Agriculture and Soil, 2009)

## 5.2 การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-2, 3)

การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าเต็งรังบริเวณที่ 1 เท่ากับ 57.89 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ระดับความลึกที่ 0-10 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอน เท่ากับ 16.45 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 10-22 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ เท่ากับ 18.78 ตันต่อเฮกตาร์ และที่ 22-40 เซนติเมตร เท่ากับ 22.66 ตันต่อเฮกตาร์

ส่วนการสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าเต็งรังบริเวณที่ 2 เท่ากับ 66.71 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ระดับความลึกที่ 0-10 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุด เท่ากับ 30.00 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 17-40 เซนติเมตร เท่ากับ 25.07 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 40-50 เซนติเมตร เท่ากับ 10.99 ตันต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาการสะสมคาร์บอนในดินบนบริเวณที่ 1 (Skr-2) พบว่า ชั้น A1 หนา 10 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาใกล้เคียงกับชั้น A2 แต่กลับพบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่อพื้นที่ในชั้น A2 มีค่าสูงกว่าชั้น A1 แต่มีปริมาณต่างกันเพียงเล็กน้อย (18.78 เปรียบเทียบกับ 16.45 ตันต่อเฮกตาร์) แสดงให้เห็นได้ว่า รากของหญ้าเพ็กจะกระจายอยู่ในดิน ที่ระดับความลึกที่ 0-10 เซนติเมตร น้อย ซึ่งส่วนใหญ่จะพบรากของหญ้าเพ็กในปริมาณสูง ที่ระดับความลึกที่ 0-20 เซนติเมตร (ชนาธิป, 2526) ส่วนบริเวณที่ 2 (Skr-3) ชั้น A ดินมีความหนา 17 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุดเท่ากับ 30.00 ตันต่อเฮกตาร์ ซึ่งในพื้นที่ป่าเต็งรังรากของหญ้าเพ็ก มีอิทธิพลมากที่สุด ต่อการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (Yonekura *et al.*, 2010)

ในดินล่างของทั้ง 2 บริเวณ มีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ ลดลงจากชั้นดินบนอย่างชัดเจน (ตารางที่ 1) โดย Skr-3 จะมีปริมาณการสะสมสูงกว่า Skr-2 ในชั้นดินบน คาร์บอนอินทรีย์ในดินล่างส่วนใหญ่ยังคงเป็นผลมาจากรากพืช เช่นเดียวกับดินบนแต่มีในปริมาณน้อย เมื่อมีการผุพังสลายตัว คาร์บอนอินทรีย์จะถูกดูดซับกับอนุภาคดินเหนียวในดินล่าง ซึ่งคาร์บอนจะอยู่ในรูปที่มีความเสถียรจึงยากต่อการเคลื่อนย้าย (Hamarashid, 2010) นอกจากนี้ยังเป็นผลเนื่องมาจากลักษณะดินเป็นดินต้นส่งผลต่อการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินต่ำ (Yuhai *et al.*, 2010) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ลักษณะของดินที่มีความหนาแน่นของรากขนาดเล็กจำนวนมาก แต่กลับพบว่า มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินอย่างจำกัด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุในดินจะถูกยับยั้งด้วยเหล็กออกไซด์ที่มีอยู่ในปริมาณสูง

ในดินล่างนี้ (Hedley *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตาม คาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าเต็งรังนี้ยังคงมีมากกว่าป่าเบญจพรรณทุกชนิด และมีแนวโน้มลดลงจากบนลงล่าง (ภาพที่ 19)

#### 5.4 การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้พื้นที่รอยต่อของป่า (Ecotone) (Skr-4)

การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่รอยต่อของป่า ระหว่างป่าเต็งรังและป่าดิบแล้ง เท่ากับ 68.36 ดันต่อเฮกตาร์ พบว่า ที่ระดับความลึกที่ 0-13 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุดเท่ากับ 25.51 ดันต่อเฮกตาร์ ที่ 13-29 เซนติเมตร เท่ากับ 20.70 ดันต่อเฮกตาร์ ที่ 29-50 เซนติเมตร เท่ากับ 7.40 ดันต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 1) เมื่อพิจารณาการสะสมคาร์บอนในดินบนพบว่า ชั้น A1 หนา 13 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาน้อยกว่าชั้น A2 แต่ยังคงพบว่ามีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A1 มีการสะสมสูงกว่าชั้น A2 อย่างชัดเจน (25.51 เปรียบเทียบกับ 20.70 ดันต่อเฮกตาร์) น่าจะเป็นผลเนื่องจากได้รับอิทธิพลจากการสลายตัวของเศษซากอินทรีย์ ทำให้มีการสะสมของปริมาณอินทรีย์วัตถุบนผิวดินเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกันกับทุกบริเวณที่ได้กล่าวมาแล้ว

ส่วนดินล่างนั้น พบว่า มีการเคลื่อนย้ายลงไปสะสมได้น้อย ทั้งนี้เห็นได้ชัดเจนจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A1 มีค่าสูงถึง 17.00 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ในชั้นถัดไปมีค่าเพียง 10.60 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่าง Bt1 มีค่าลดลงมาเรื่อย ๆ (7.40 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์ในชั้นดินล่างมีการสะสมต่ำ อาจเนื่องมาจาก อัตราการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในดินบน การชะละลายลงไปสะสมในชั้นดินล่างจึงเกิดได้น้อย (Sanchez, 1976; Virgo and Holmes, 1977; Vangai *et al.*, 1986) ซึ่งทำให้มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่ำด้วย

ถึงแม้ว่าปริมาณคาร์บอนในดินคาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่รอยต่อนี้ จะลดลงตามความลึกก็ตาม แต่ยังคงมีในปริมาณที่สูงกว่าป่าเบญจพรรณทุกชนิด และป่าเต็งรังทั้งสองบริเวณ ทั้งนี้เนื่องจากทางสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช มีการจัดการพื้นที่โดยการทำแนวกันไฟเพื่อป้องกันไฟป่า ซึ่งการจัดการดังกล่าวจะช่วยลดการสูญเสียคาร์บอนจากการถูกเผาโดยจะเปลี่ยนแปลงหายไปในรูปแบบของก๊าซและวัสดุอินทรีย์ไปเป็นจี้เถา (Ekinici, 2006) ผลของการจัดการทำให้ยังคงมีความหนาแน่นของพืชพรรณที่ประกอบด้วยพรรณไม้ของป่าดิบแล้ง และบางส่วนเป็นพรรณไม้ของป่าเต็งรัง นอกจากนี้ยังมีหญ้าเพ็กปกคลุมในบางส่วนของพื้นที่ ทำให้คาร์บอนอินทรีย์ยังคงมีสูง (ภาพที่ 19)

### 5.5 การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ 1 (Skr-5, 6, 7)

การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าดิบแล้งพื้นที่ 1 (Skr-5) เท่ากับ 68.03 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ระดับความลึกที่ 0-13 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุดเท่ากับ 25.34 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 13-26 เซนติเมตร เท่ากับ 17.53 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 26-44 เซนติเมตร เท่ากับ 19.00 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 44-50 เซนติเมตร เท่ากับ 6.16 ตันต่อเฮกตาร์

การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าดิบแล้งพื้นที่ 2 (Skr-6) เท่ากับ 91.84 ตันต่อเฮกตาร์ โดยที่ระดับความลึกที่ 0-18 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุดเท่ากับ 44.60 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 18-34 เซนติเมตร เท่ากับ 29.14 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 34-50 เซนติเมตร เท่ากับ 18.10 ตันต่อเฮกตาร์

ส่วนการสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าดิบแล้งพื้นที่ 3 (Skr-7) เท่ากับ 90.68 ตันต่อเฮกตาร์ พบว่า ที่ระดับความลึกที่ 0-11 เซนติเมตร มีการกักเก็บคาร์บอนเท่ากับ 25.86 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 11-26 เซนติเมตร เท่ากับ 26.82 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 26-48 เซนติเมตร มีการกักเก็บคาร์บอนสูงที่สุด เท่ากับ 36.42 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 48-50 เซนติเมตร เท่ากับ 1.58 (ตารางที่ 1)

ในชั้นดินบนของป่าดิบแล้งบริเวณที่ 1 พบว่า ชั้น A1 หนาประมาณ 13 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาเท่ากับชั้น A2 แต่ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A1 มีปริมาณสูงกว่าชั้น A2 อย่างชัดเจน (25.34 เปรียบเทียบกับ 17.53 ตันต่อเฮกตาร์) ส่วนบริเวณที่ 2 พบว่า ชั้น A หนา 18 เซนติเมตร มีปริมาณคาร์บอนสูงถึง 44.60 ตันต่อเฮกตาร์ ส่วนในบริเวณที่ 3 พบว่า ชั้น A1 หนา 11 เซนติเมตร ซึ่งมีความหนาน้อยกว่าชั้น A2 แต่จะเห็นได้ว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A1 มีการสะสมใกล้เคียงกับชั้น A2 (25.86 เปรียบเทียบกับ 26.82 ตันต่อเฮกตาร์)

การสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในชั้นดินบน (A) ของ Skr-7 จะมีปริมาณสูงที่สุด รองลงมา ได้แก่ Skr-6 และ Skr-5 (52.68, 44.60 และ 42.87 ตันต่อเฮกตาร์ ตามลำดับ) ในดินล่างของป่าดิบแล้งพื้นที่ทั้ง 3 บริเวณมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีการสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ลดลงจากชั้นบนอย่างชัดเจน (ตารางที่ 1) โดยในดิน Skr-6 จะมีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์สูงกว่า Skr-7 และ Skr-5 โดยมีปริมาณ เท่ากับ 19.64, 17.10 และ 14.70 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

โดยทั่วไป Skr-7 เป็นดินลึกมากกว่า 2 ดินที่เหลือ ความลึกของดินนั้นมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยที่ดินลึกมาก ๆ ก็จะสามารถจุน้ำ และสารอาหารทั้งหมดที่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชไว้ได้ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Division of Agricultural Sciences, 1978) จึงอาจทำให้ มีพืชขึ้นอยู่หนาแน่นมากกว่าป่าดิบแล้งอีก 2 บริเวณ นอกจากชั้น Skr-6 และ 7 มีเนื้อดินที่ละเอียดกว่า Skr-5 จึงมีช่องว่างขนาดเล็กมากกว่า ทำให้การซาบซึมน้ำช้า สามารถกักเก็บน้ำ และธาตุอาหารไว้ได้ดีกว่าดินเนื้อหยาบ (Division of Agricultural Sciences, 1978; Prot and Gundy, 1981) จึงส่งเสริมต่อการเจริญเติบโตของพืช ส่งผลทำให้มีการสะสมคาร์บอนในดินบนสูง เป็นผลมาจากอิทธิพลของพืชพรรณ (Yuhai *et al.*, 2010)

โดยลักษณะของ ป่าบริเวณนี้ซึ่งเป็นป่าฟื้นฟูจะเป็นสังคมพืชทุติยภูมิ (secondary growth) จะประกอบด้วยไม้ผสมผลัดใบ (Smitinand, 1977; Lekagul and McNeely, 1977; Kutintara, 1975) มีลักษณะโครงสร้างป่าที่มีความหลากหลาย และมีความหนาแน่นสูง ลักษณะทางชีวลักษณะที่ไม่มีการผลัดใบในฤดูแล้ง (สาพิศ และคณะ, 2548) ของพรรณไม้บางส่วน น่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งต่อการสะสมของปริมาณอินทรีย์วัตถุบนผิวดินเป็นจำนวนมาก คาร์บอนอินทรีย์ในดินของพื้นที่ป่าดิบแล้งนี้มีมากกว่าป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ ป่าเต็งรัง และพื้นที่รอยต่อเพียงเล็กน้อย เนื่องจาก เป็นบริเวณป่าฟื้นฟูที่ในอดีตมีการเปิดพื้นที่เพื่อใช้ทำการเกษตร ทำให้พรรณไม้ที่พบยังเป็นไม้ขนาดเล็กถึงกลาง แต่ยังคงมีการร่วงหล่นของซากใบไม้จำนวนมากทับถมบริเวณผิวดินสูง

การสะสมคาร์บอนในดินยังคงมีความเกี่ยวข้องกับความลาดเทของพื้นที่ (Hao *et al.*, 2002) โดยในดินของพื้นที่ป่าดิบแล้ง มีการสะสมต่ำกว่าป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ เป็นป่าที่เคยถูกรบกวนมาก่อน ในกรณีของป่าดิบแล้งบริเวณที่ 2 (Skr-6) พบว่า ชั้น A ของ Skr-6 มีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ เท่ากับ 17.28 กรัมต่อกิโลกรัม พื้นที่ที่มีความลาดชันร้อยละ 15 ส่วนป่าเบญจพรรณทุติยภูมิมีค่าเท่ากับ 18.67 กรัมต่อกิโลกรัม มีความลาดชันร้อยละ 4 และในป่าดิบแล้งที่ทำการศึกษานี้ Skr-6 มีร่องรอยแสดงถึงลักษณะของดินที่เกิดการกร่อนดินอย่างรุนแรงในอดีต ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินบนของป่าดิบแล้งนี้มีน้อยกว่าป่าเบญจพรรณทุติยภูมิประกอบด้วยความลาดชันของพื้นที่สูงกว่าป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ (Soil Survey Division Staff, 1993) อย่างไรก็ตามชั้นดิน A ที่พบในปัจจุบันเป็นชั้นดินที่เกิดขึ้นใหม่จากกระบวนการทางดิน (pedogenic process) ที่เรียกว่า littering ซึ่งเป็นผลมาจากการปลุกป่าเพื่อฟื้นฟูสภาพดิน เศษใบไม้ที่ร่วงหล่นและตกทับถมเกิดการย่อยสลายและผสมคลุกเคล้ากับดินแร่ธาตุเกิดเป็นชั้นดิน A ขึ้นใหม่ และเนื่องจากสภาพพื้นที่ยังพบร่องรอยอิทธิพลจากการกร่อนที่ผิวน้ำของที่ลาดเชิงเขา พืชที่ปลุกเป็นพืชที่มีความหลากหลาย มีลำ

ต้นสูง และมีไม้พื้นล่างปกคลุม (เกษม และคณะ, 2519; Wischmeier, 1975) ทำให้การสะสมคาร์บอนยังคงมีสูงในดินบน และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึก (ภาพที่ 19)

#### 5.8 การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8)

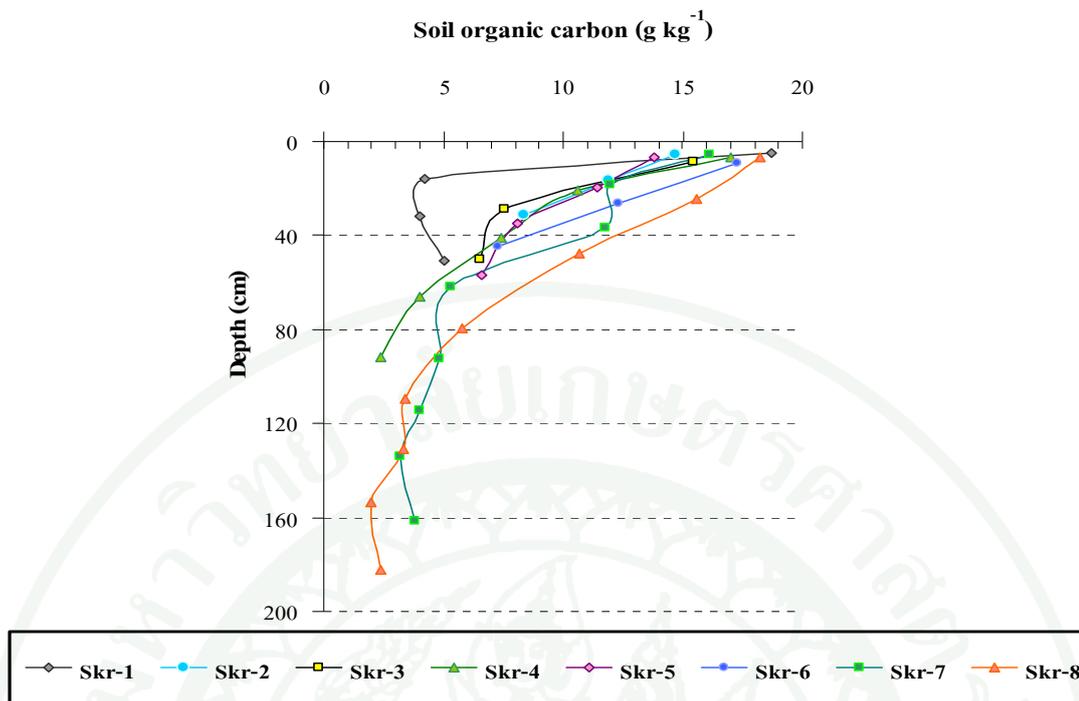
การสะสมปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินของป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนเท่ากับ 103.73 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ระดับ ความลึกที่ 0-14 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนเท่ากับ 31.07 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 14-35 เซนติเมตร มีการสะสมคาร์บอนสูงที่สุด เท่ากับ 47.81 ตันต่อเฮกตาร์ ที่ 35-50 เซนติเมตร เท่ากับ 24.85 ตันต่อเฮกตาร์ (ตารางที่ 1)

เมื่อพิจารณาการสะสมคาร์บอนในดินบน พบว่า ชั้น A หนา 14 เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A มีการสะสมสูงถึง 18.19 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่าง พบว่า มีการสะสมได้น้อย ทั้งนี้เห็นได้ชัดเจนจากปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในชั้น A มีค่าสูงถึง 18.19 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ในชั้น Bt1 และ Bt2 มีค่าเพียง 15.70 และ 10.77 กรัมต่อกิโลกรัม

เนื่องจาก พื้นที่ป่าดิบแล้ง เป็นป่าที่ไม่เคยถูกรบกวนมาก่อน ทำให้มีการสะสมของปริมาณอินทรีย์วัตถุบนผิวดินเป็นจำนวนมาก ส่งผลให้คาร์บอนอินทรีย์ในดิน ของพื้นที่ป่าดิบแล้งนี้มีปริมาณสะสมสูงที่สุด มากกว่าป่าเบญจพรรณทุกชนิด ป่าเต็งรัง พื้นที่รอยต่อ และป่าดิบแล้งพื้นที่ทั้งสามบริเวณ เนื่องจาก เป็นพื้นที่ป่าที่ไม่เคยถูกรบกวน และลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ทำให้พรรณไม้ที่พบ ในพื้นที่นั้นส่วนใหญ่ เป็นขนาดใหญ่จำนวนมาก ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นมากกว่าปริมาณอื่น ๆ ที่ทำการศึกษา และยังคงมีการร่วงหล่นของซากใบไม้จำนวนมากที่บนดิน ชนิดของพืชพรรณ ถือเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินนี้ (Wang *et al.*, 2010) (ภาพที่ 19)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของคาร์บอนอินทรีย์ และความหนาแน่นรวมในดินภายใต้ป่าต่างชนิด

Site	Horizon	Depth (cm)	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	SOC (g kg <sup>-1</sup> )	SOC (0-50 cm depth) (tonne ha <sup>-1</sup> )
Secondary mixed deciduous forest					
Skr-1	A1	0-10	1.26	18.67	49.26
	A2	10-22	1.42	4.20	
	Bt	22-41	1.51	4.00	
	Btc	41-50	1.58	5.00	
Dry dipterocarp forest					
Skr-2	A1	0-10	1.02	14.66	57.89
	A2	10-22	1.43	11.90	
	Btc	22-40	1.50	8.40	
Skr-3	A	0-17	1.17	15.47	66.71
	Bt	17-40	1.45	7.54	
	Btc	40-50	1.68	6.56	
Ecotone					
Skr-4	A1	0-13	1.15	17.00	68.36
	A2	13-29	1.22	10.60	
	Bt1	29-50	1.43	7.40	
Secondary dry evergreen forest					
Skr-5	A1	0-13	1.20	16.26	68.03
	A2	13-26	1.18	11.40	
	Bt	26-44	1.30	8.10	
	Btc	44-50	1.56	6.60	
Skr-6	A	0-18	1.43	17.28	91.84
	Bt1	18-34	1.48	12.34	
	Bt2	34-50	1.55	7.30	
Skr-7	A1	0-11	1.46	16.11	90.68
	A2	10-26	1.49	12.00	
	Bt1	26-48	1.40	11.80	
	Bt2	48-50	1.49	5.30	
Undisturbed dry evergreen forest					
Skr-8	A	0-14	1.22	18.19	103.73
	Bt1	14-35	1.45	15.70	
	Bt2	35-50	1.54	10.77	

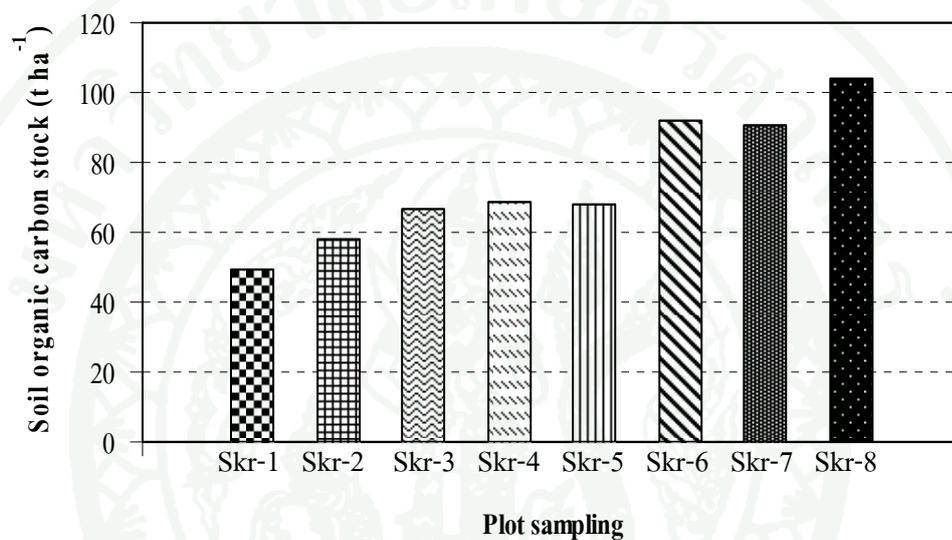


ภาพที่ 19 ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์กับความลึกของหน้าตัดดิน

การสะสมคาร์บอนอินทรีย์ของดินทุกบริเวณมีแนวโน้มลดลงตามความลึกที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 19) ภายใต้ป่าต่างชนิดภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากชั้นผิวดิน พบว่า ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) มีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์สูงสุดเท่ากับ 103.73 ตันต่อเฮกตาร์ รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้งฟื้นฟูทั้งสามบริเวณ (Skr-5, 6 และ 7) โดยมีค่าอยู่ในพิสัยเท่ากับ 68.03-90.84 ตันต่อเฮกตาร์ พื้นที่รอยต่อระหว่างป่าดิบแล้งกับป่าเต็งรัง (Skr-4) มีปริมาณเท่ากับ 68.36 ตันต่อเฮกตาร์ ป่าเต็งรังทั้งสองบริเวณ (Skr-2 และ 3) มีปริมาณอยู่ในพิสัย 57.89-66.71 ตันต่อเฮกตาร์ และป่าเบญจพรรณทุกชนิด (Skr-1) ซึ่งมีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 49.26 ตันต่อเฮกตาร์ (ภาพที่ 20) เนื่องจาก ลักษณะของสังคมพืชในพื้นที่ป่าดิบแล้งประกอบด้วยไม้ผลัดน้อยกว่าไม้ไม่ผลัดใบ และมีความหนาแน่นสูงกว่าป่าอื่น ๆ รวมทั้งลักษณะดินเป็นดินลึก ซึ่งส่งเสริมต่อสะสมคาร์บอนอินทรีย์ ส่วนพื้นที่รอยต่อ มีการสะสมคาร์บอนรองลงมาจากป่าดิบแล้ง เนื่องจากลักษณะของสังคมพืช ที่ประกอบด้วยป่าดิบแล้ง และบางส่วนเป็นป่าเต็งรัง ดินเป็นดินลึก (Yuhai *et al.*, 2010) ทำให้การสะสมคาร์บอนอินทรีย์อยู่ในระดับดี ป่าเต็งรังมีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ต่ำกว่าป่าดิบแล้ง และพื้นที่รอยต่อ เนื่องจาก มีลักษณะสังคมพืชเป็นป่าผลัดใบ มีดินไม่ขึ้นอยู่น้อย แต่เนื่องจากมีการจัดการพื้นที่ที่ดี โดยมีการทำแนวกันไฟ ทำให้ยังคงมีหญ้าเพ็กขึ้นปกคลุมหนาแน่นอยู่ตลอดเวลา ส่วนดินเป็นดินลึกปานกลางถึงดินตื้น และป่าเบญจพรรณทุกชนิด มีปริมาณการสะสมคาร์บอนต่ำที่สุด เนื่องจากลักษณะป่าเป็นป่า

รุ่นที่สอง ประเภทผลัดใบ คือ มีการเปลี่ยนแปลงจากป่าเต็งรังมาเป็นป่าเบญจพรรณ ทำให้มีไม้ใหญ่ในพื้นที่มีน้อย และยังคงพบก้อนหินขนาดใหญ่กระจายทั่วพื้นที่ ทำให้ไม้ใหญ่ขึ้นน้อย และไม้พื้นล่างปกคลุมไม่ค่อยหนาแน่น ลักษณะดังกล่าวนี้ ทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าป่าประเภทอื่น

Soil organic carbon stock under different of forests

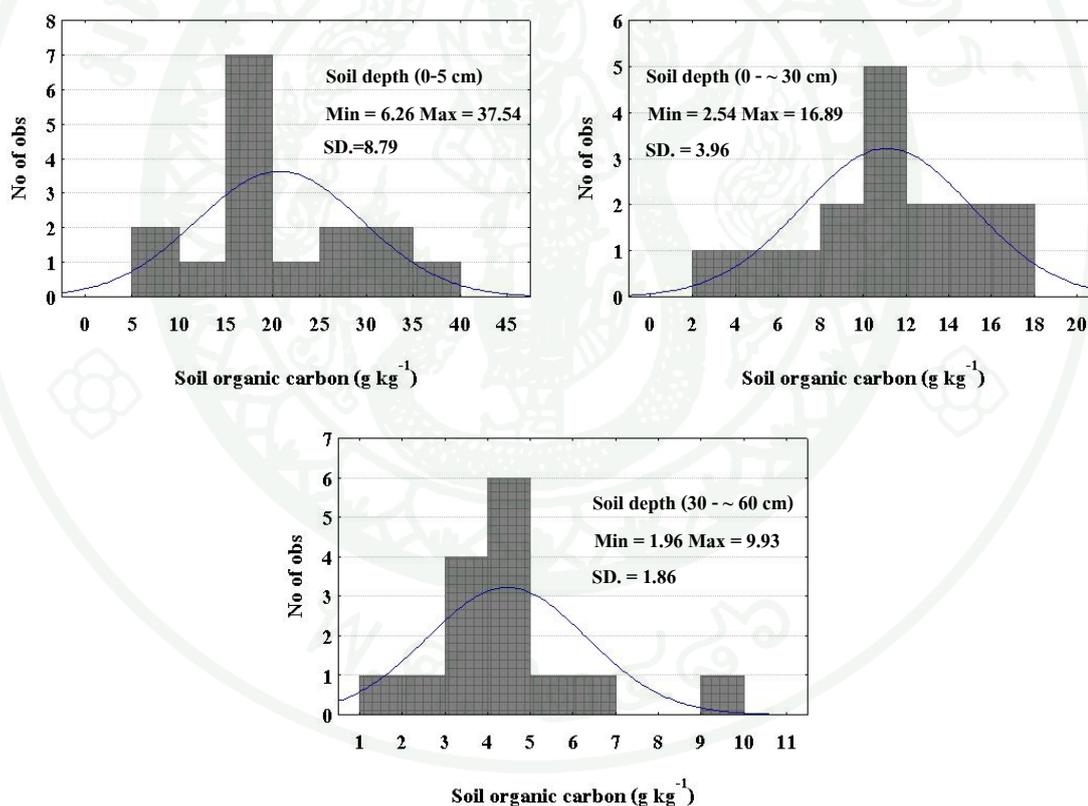


ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยของปริมาณการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร ภายใต้ป่าต่างชนิด

## 6. ความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าต่างชนิด

การศึกษาความแปรปรวนของปริมาณคาร์บอนในดินภายใต้ป่าต่างชนิด ดำเนินการโดยใช้ ส่วนเจาะดินเก็บดินจำนวน 16 บริเวณที่มีระยะห่างแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง 10 เมตร ครอบคลุมพื้นที่ 1,600 ตารางเมตร (1 ไร่) ครอบคลุมพื้นที่ที่มีการศึกษาทั้งหมด 8 บริเวณ ผลการศึกษาพบว่า

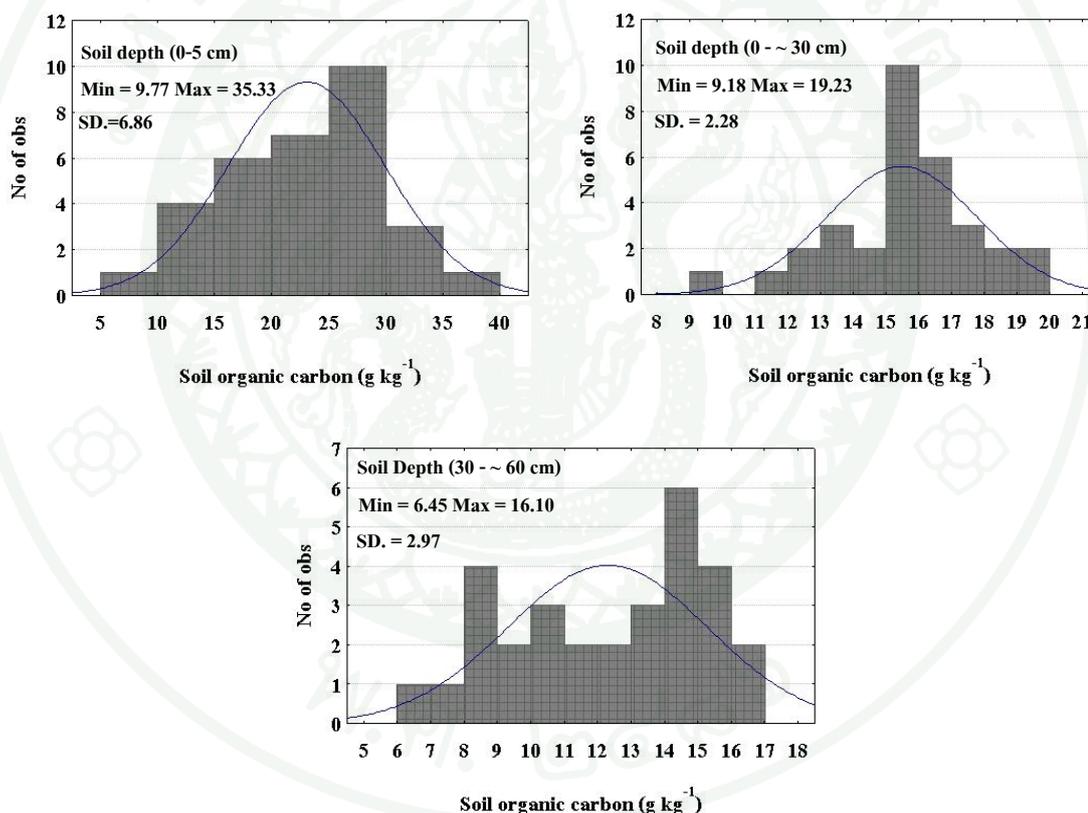
ป่าเบญจพรรณหุบผิวกุมิ (Skr-1) พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 6.26-37.54 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนที่ระดับความลึกที่ 0-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 2.54-16.89 กรัมต่อกิโลกรัม และ ดินล่างที่ระดับความลึกที่ 30-60 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 1.96-9.93 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 21)



ภาพที่ 21 การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้ป่าเบญจพรรณหุบผิวกุมิ (Skr1)

การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น เนื่องจาก พืชพรรณที่ขึ้นนั้นไม่สม่ำเสมอ ทำให้เกิดช่องว่างในชั้นเรือนยอด การร่วงหล่นของซากใบ จึงไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังมีผลมาจากไม้พื้นล่างอีกด้วย ส่วนดินล่างนั้นเป็นผลมาจากดินในบริเวณที่เป็นดินตื้นพบหินตื้นกำเนิดที่ระดับความลึกต่างกัน

ป่าเต็งรัง ทั้ง 2 บริเวณ พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 9.77-35.33 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนที่ระดับความลึกที่ 0~30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 9.18-19.23 กรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างที่ระดับความลึกที่ 30~60 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 6.45-16.10 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 22)

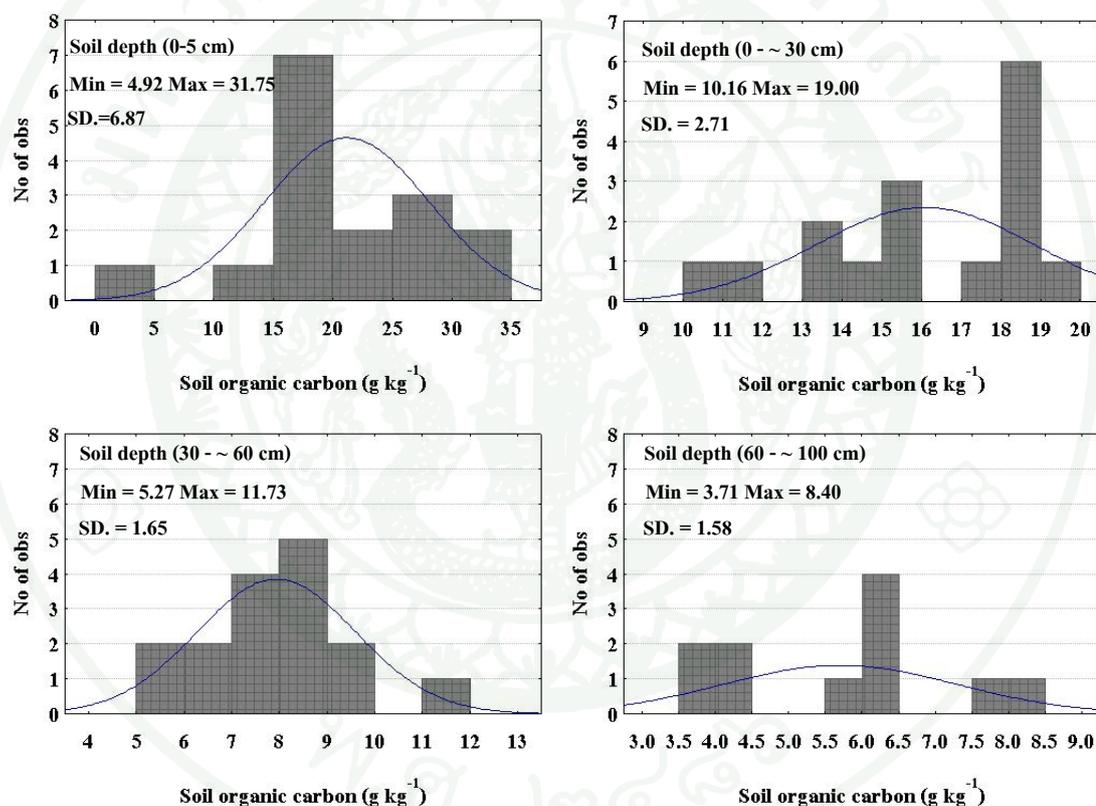


ภาพที่ 22 การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-2, 3)

การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เกิดในพื้นที่ป่าเต็งรัง เนื่องจากดินในบริเวณนี้เป็นดินตื้นถึงลึกปานกลาง พบหินตื้นกำเนิดที่ระดับความลึกต่างกัน ส่งผลทำให้พืชพรรณนั้นขึ้นไม่

สม่ำเสมอ เกิดช่องว่างในชั้นเรือนยอด รวมทั้งเป็นผลมาจากหญ้าเพ็กในพื้นที่ ทำให้การสะสมของซากใบไม้ที่เกิดขึ้นไม่สม่ำเสมอด้วย

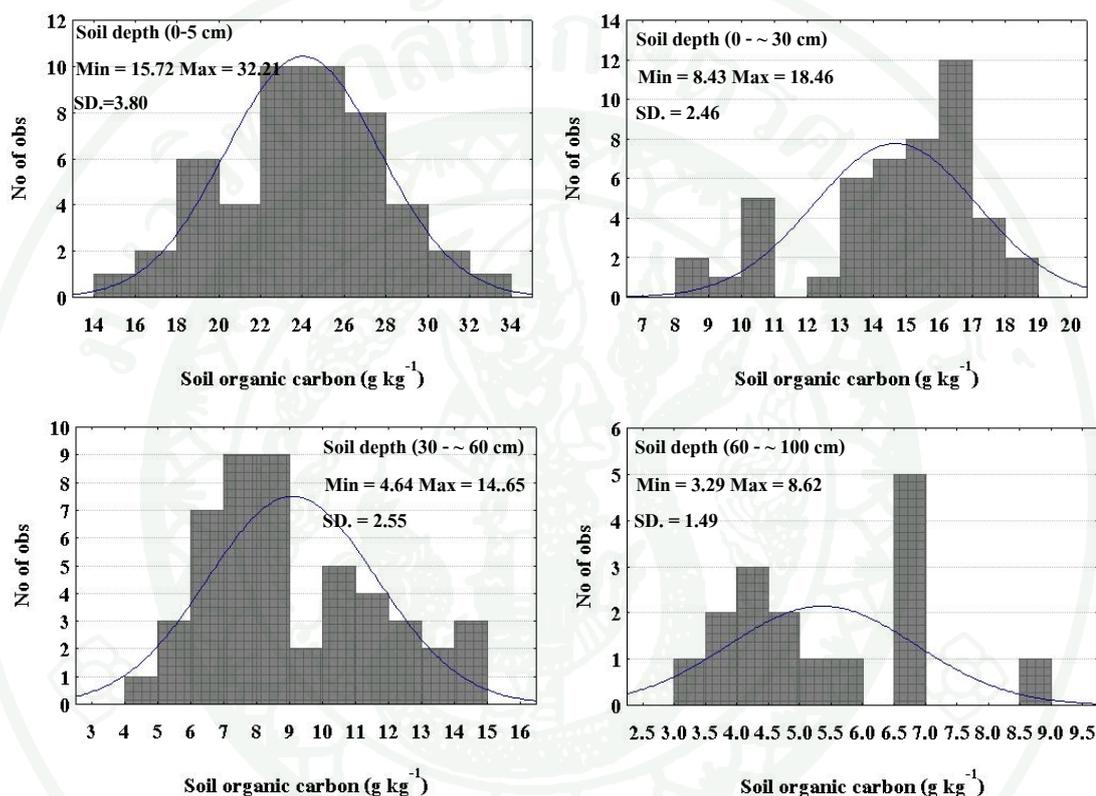
พื้นที่รอยต่อระหว่างป่าดิบแล้งกับเต็งรัง (Skr-4) พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 4.92-31.75 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนที่ระดับความลึกที่ 0-30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 10.16-19.00 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างที่ระดับความลึกที่ 30-60 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 5.27-11.73 กรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างที่ระดับความลึกที่ 60-100 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 3.71-8.40 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 23)



ภาพที่ 23 การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายพื้นที่รอยต่อ (Skr4)

การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น เนื่องจาก พื้นที่ที่ทำการศึกษานั้น บางส่วนมีพืชพรรณของป่าดิบแล้ง และบางส่วนเป็นป่าเต็งรังทำให้ซากพืชที่ร่วงหล่นมีปริมาณไม่สม่ำเสมอ

ป่าดิบแล้งพื้นที่ 3 บริเวณ พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 15.72-32.21 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนที่ระดับความลึกที่ 0~30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 8.43-18.46 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างที่ระดับความลึกที่ 30~60 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 4.64-14.65 กรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างที่ระดับความลึกที่ 60~100 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 3.29-8.62 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 24)

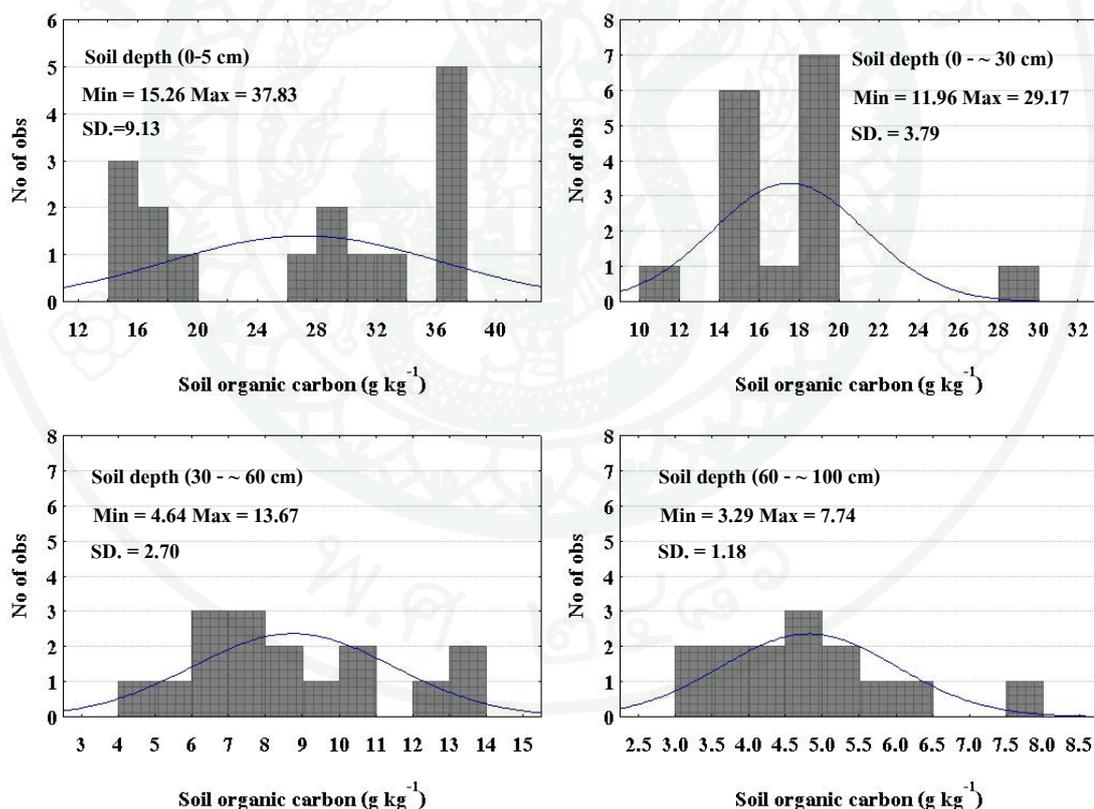


ภาพที่ 24 การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่างๆภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ (Sk-5,6,7)

การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น เนื่องจาก พืชพรรณขึ้นกระจาย สม่ำเสมอ จึงเป็นผลต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ และเนื่องจากดินเป็นดินลิกปานกลางถึงลิกมากมีความตื้นลึกที่แตกต่างกัน ส่งผลให้การกระจายตัวของคาร์บอนอินทรีย์ภายในระดับความลึกมีความแตกต่างกันด้วย และนอกจากนี้ ยังเป็นผลมาจากอิทธิพลของความลาดชัน (Percival *et al.*, 2000) ของพื้นที่ที่สูงถึงร้อยละ 10-15 ที่ส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินตามธรรมชาติที่บริเวณผิวดิน จึงเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ในบริเวณนี้

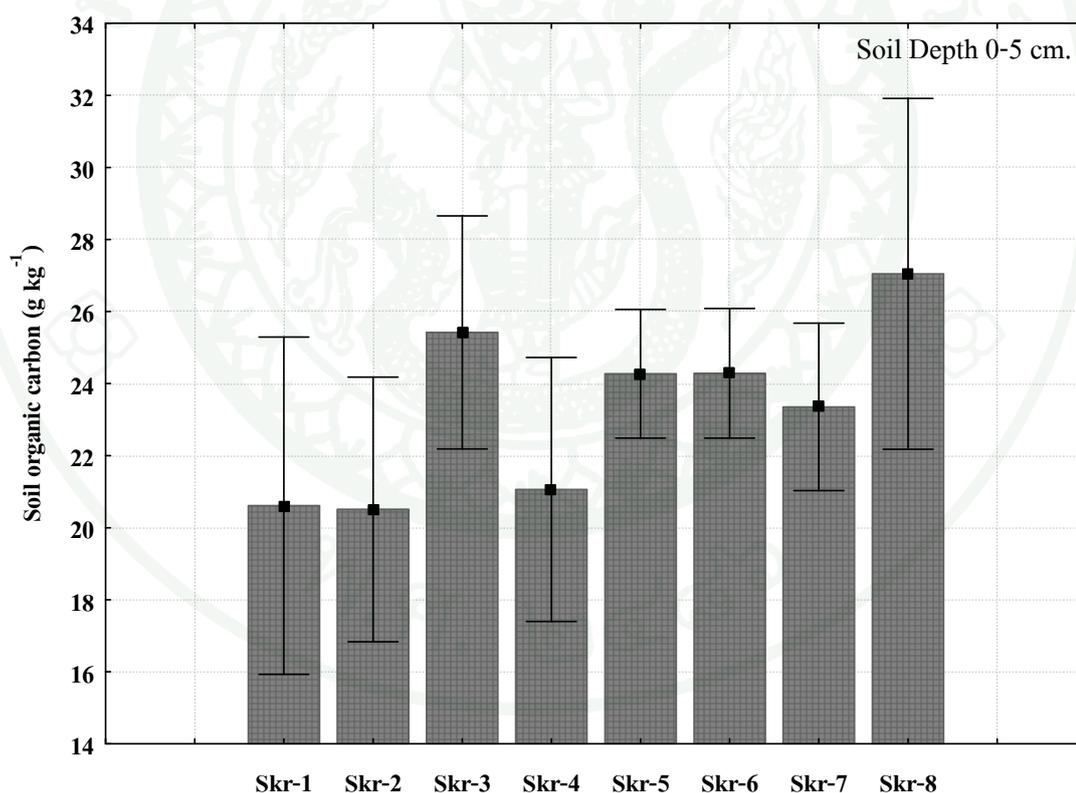
ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) พบว่า ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 15.27-37.83 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนที่ระดับความลึกที่ 0~30 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 11.97-29.17 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างที่ระดับความลึกที่ 30~60 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 4.64-13.67 กรัมต่อกิโลกรัม และดินล่างที่ระดับความลึกที่ 60~100 เซนติเมตร มีค่าอยู่ในพิสัย 3.29-7.74 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 25)

ความแปรปรวนส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นเกิด เนื่องจากบริเวณที่วางแปลงนั้นพบจอมปลวกขนาดใหญ่ ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในบางจุดที่เก็บในบริเวณใกล้กับจอมปลวกจึงมีค่าต่ำ เนื่องจากปลวกจะขนย้ายอินทรีย์วัตถุจากดินบริเวณรอบจอมปลวกมาเป็นอาหารและขับถ่ายออกมา (นิตยาพร และคณะ, 2541) แต่อย่างไรก็ตามปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในบริเวณนี้ยังคงสูงอยู่ เนื่องจากพรรณไม้ที่ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่น



ภาพที่ 25 การกระจายของคาร์บอนอินทรีย์ที่ระดับความลึกต่าง ๆ ภายใต้ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr8)

เมื่อพิจารณาความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิด ที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ป่าเบญจพรรณทุกชนิดมีค่าความแปรปรวนสูงสุด รองลงมาคือ พื้นที่รอยต่อ ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน และป่าดิบแล้งฟื้นฟู ตามลำดับ (ภาพที่ 26) น่าจะเป็นผลมาจาก อิทธิพลของพืชพรรณเป็นสำคัญ ความแตกต่างของพืชพรรณแต่ละบริเวณจะถูกควบคุมโดยสภาพภูมิอากาศ พืชแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญเติบโต และมีชีวมวล (biomass) ไม่เท่ากัน (Esteban *et al.*, 2000) ป่าแต่ละชนิดจะเก็บความชื้นไว้ได้แตกต่างกัน ทำให้การเกิดอัตราการย่อยสลายของซากพืชภายใต้ป่าแต่ละชนิดเกิดขึ้นแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้ยังมีผลมาจากการกระจายของพืชพรรณที่ไม่สม่ำเสมอ ไม้พื้นล่าง และความลาดชันของพื้นที่ที่ส่งเสริมให้เกิดการกร่อนของหน้าดิน (Percival *et al.*, 2000) ดินที่สูงและมีความลาดชัน มีความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ เนื่องจากเกิดการกร่อนของหน้าดินทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายอินทรีย์วัตถุที่ผิวดินอีกด้วย

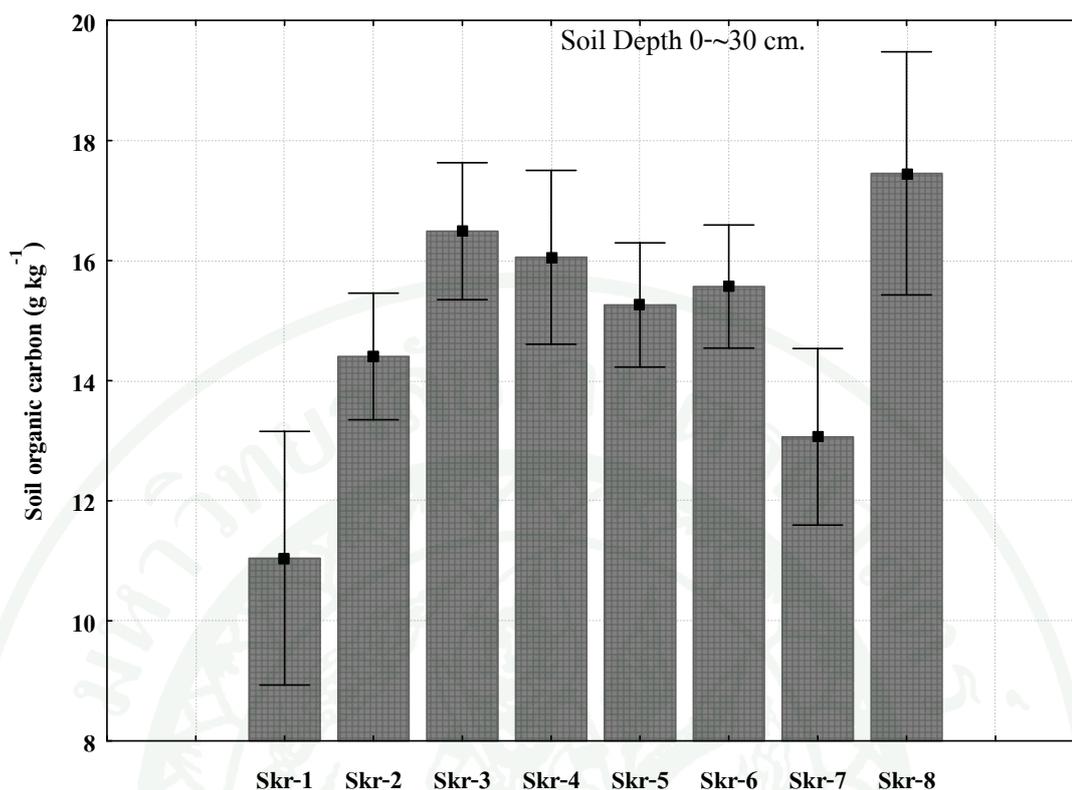


ภาพที่ 26 ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิดที่ระดับความลึกที่ 0-5 เซนติเมตร

แต่เมื่อพิจารณาที่ป่าเบญจพรรณซึ่งมีความแปรปรวนสูงสุด จะเห็นได้ว่า เนื่องด้วยมีลักษณะป่าเป็นป่าผลัดใบรุ่นที่สอง ยังคงมีไม้ขนาดเล็กถึงขนาดกลางอยู่ในพื้นที่จำนวนมาก และพบวัตถุต้นกำเนิดอยู่ในระดับต้น ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไม้ใหญ่ และไม้พื้นล่าง ด้วยลักษณะที่มีเรือนยอดโปร่ง และไม้พื้นล่างมีความหนาแน่นน้อย ส่งผลทำให้ได้รับแสงแดดเพิ่ม ดินมีอุณหภูมิสูงจะไปเร่งทำให้อัตราการย่อยสลายเกิดขึ้นได้มากกว่าบริเวณอื่น (เอิบ, 2548; Brady and Weil, 2008)

เมื่อพิจารณาความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินบน ภายใต้สภาพป่าต่างชนิด ระดับความลึกที่ 0-30 เซนติเมตร จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนมีค่าความแปรปรวนสูงสุด รองลงมาคือ ป่าเบญจพรรณทุกชนิด พื้นที่ที่รอยต่อ ในขณะที่ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้งพื้นฟู มีแนวโน้มความแปรปรวนใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 27)

ความแปรปรวนที่เกิดขึ้นในชั้นดินบน โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน น่าจะเป็นผลมาจากอิทธิพลของจอมปลวก ซึ่งปลวกล้วนพบว่ามีกระจายอย่างกว้างขวางในเขตร้อน เนื่องจากระบบนิเวศป่าในโซนภูมิอากาศในเขตร้อนนั้นเหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตและการพัฒนาของจอมปลวก (Somnuwat *et al.*, 2004) จึงสามารถพบได้อย่างง่ายดายในบริเวณนี้ โดยเฉพาะป่าธรรมชาติที่ไม่ถูกรบกวน เนื่องจากในพื้นที่ป่าธรรมชาตินั้นจะมีมวลชีวภาพปริมาณสูงกว่าพื้นที่อื่น ๆ ปลวกสามารถใช้เป็นอาหาร และใช้วัสดุสร้างจอมปลวกได้ทำให้มีปริมาณจอมปลวกสูงกว่าพื้นที่อื่น (นิตยาพร และคณะ, 2541) ด้วยสาเหตุดังกล่าว น่าจะเป็นผลทำให้เกิดความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินชั้นบน คือ ดินจอมปลวกโดยทั่วไปมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าดินชั้นบนในบริเวณใกล้เคียง (แสวง และคณะ, 2531; ส่งศักดิ์, 2543) เพราะปลวกจะใช้ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุในบริเวณที่อยู่ใกล้กับจอมปลวกไปเป็นอาหาร ส่งผลให้บริเวณข้างเคียงนั้นอาจจะมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินต่ำได้ รองลงมาคือความแปรปรวนของป่าเบญจพรรณทุกชนิด น่าจะมีสาเหตุสำคัญมาจากพืชพรรณ เนื่องจากสภาพป่าเคยเป็นป่าเต็งรังมาก่อน และได้ถูกเปลี่ยนมาเป็นป่าเบญจพรรณทำให้พรรณไม้ในพื้นที่ยังคงเป็นไม้ขนาดเล็กและกระจายที่ไม่สม่ำเสมอรวมทั้งไม้พื้นล่างที่พบมีความหนาแน่นน้อย ส่งผลทำให้เมื่อมีการผลัดใบ อุณหภูมิของดินจึงสูง เร่งให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้นเร็ว จึงมีอินทรีย์วัตถุเหลือสะสมอยู่ในดินต่ำ และแปรปรวนไม่เท่ากัน (ภูวดล, 2539) ส่วนในป่าบริเวณอื่นนั้นยังมีความแปรปรวนไม่ค่อยแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการพื้นที่ที่ดี

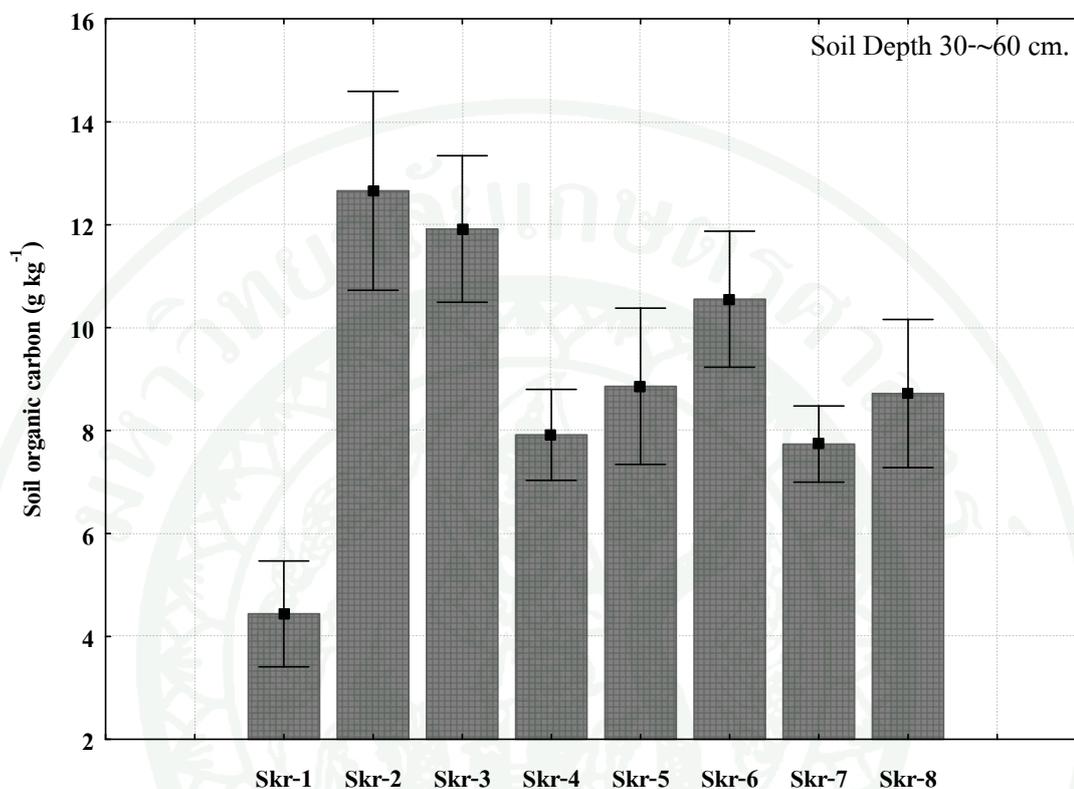


ภาพที่ 27 ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิด ที่ระดับความลึกที่ 0~30 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในชั้นดินล่างภายใต้สภาพป่าต่างชนิด ที่ระดับความลึกที่ 30~60 เซนติเมตร พบว่า ป่าเบญจพรรณทุกชนิด มีค่าความแปรปรวนสูงสุด รองลงมาคือ พื้นที่รอยต่อ ป่าเต็งรัง ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน และป่าดิบแล้งฟื้นฟู ตามลำดับ (ภาพที่ 28)

ความแปรปรวนสูงในชั้นดินล่างภายใต้ป่าเบญจพรรณทุกชนิด น่าจะเป็นผลมาจากอิทธิพลของเนื้อดิน เนื่องจากในบริเวณป่าเบญจพรรณที่ทำการศึกษานี้มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายตลอดหน้าตัดดิน ซึ่งมีเนื้อหยาบ ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของวัสดุขนาดเล็กรวมทั้งอินทรีย์วัตถุลงไปสะสมได้ง่าย แต่เนื่องจากมีการระบายน้ำดี อาจทำให้อินทรีย์วัตถุถูกออกซิไดส์และสูญหายได้ง่ายเช่นกัน ซึ่งนั่นทำให้เกิดความแปรปรวนในดินล่าง ส่วนบริเวณอื่น ความแปรปรวนที่เกิดขึ้น เนื่องจากพืชพรรณซึ่งแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกัน และมีเนื้อดินต่างกัน เมื่อมีการเคลื่อนย้ายสู่ดินล่างจึงเกิดการ

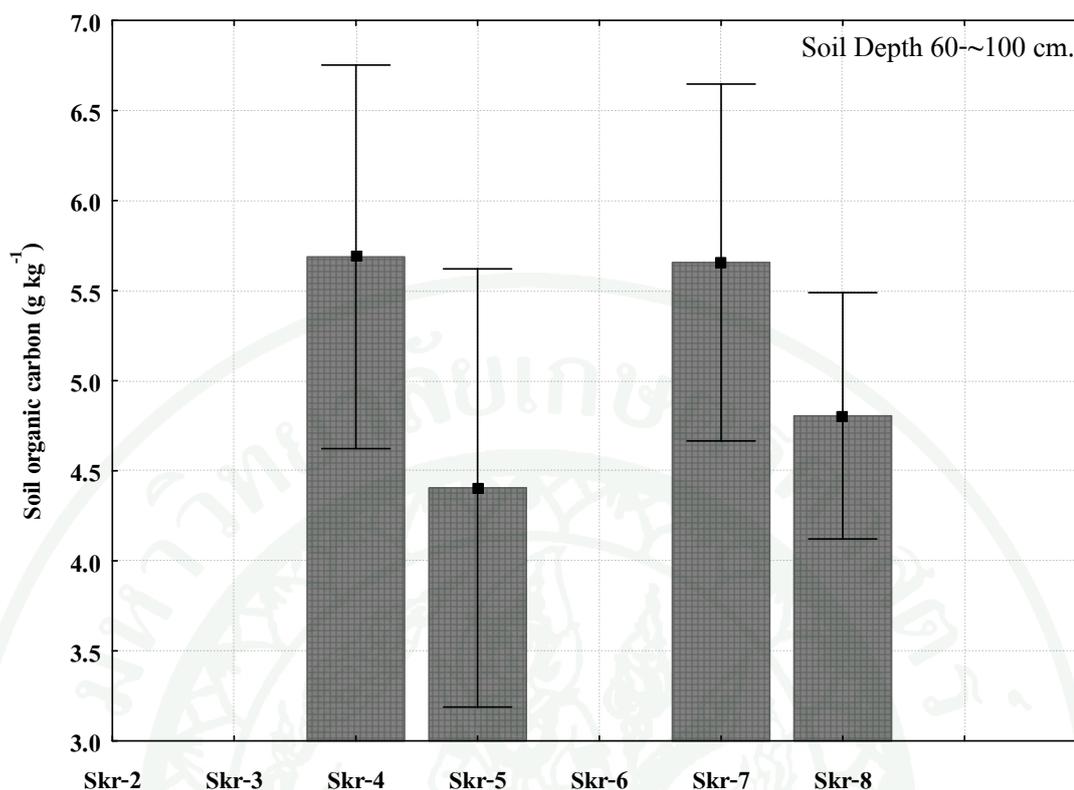
สะสมและดูดซับกับอนุภาคดินเหนียวได้ต่างกันด้วย การรับบอนในชั้นดินล่างส่วนใหญ่จึงยากต่อการเคลื่อนย้าย



ภาพที่ 28 ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิด ที่ระดับความลึกที่ 30~60 เซนติเมตร

เมื่อพิจารณาความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในชั้นดินล่างภายใต้สภาพป่าต่างชนิด ที่ระดับความลึกที่ 60~100 เซนติเมตร พบว่า พื้นที่รอยต่อ ป่าดิบแล้ง-ป่าดิบชื้น (Skr-5, 7) มีความแปรปรวนไม่ค่อยแตกต่างกัน และป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนมีความแปรปรวนน้อยสุด (ภาพที่ 29)

เนื่องจาก ดินในบริเวณนี้ เป็นดินลึกลับ คาร์บอนอินทรีย์ที่สะสมอยู่มีปริมาณน้อย ส่วนใหญ่จะถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดินเหนียว และยากต่อการเคลื่อนย้าย ส่วนป่าเต็งรัง (Skr-2, 3) ป่าเบญจพรรณ-ทุ่งหญ้า (Skr-1) และป่าดิบแล้ง-ป่าดิบชื้น (Skr-6) พบว่าไม่มีข้อมูลเนื่องจากเป็นดินต้น ซึ่งกล่าวสรุปได้ว่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่ระดับความลึก 60~100 เซนติเมตร ภายใต้ป่าชนิดต่าง ๆ มีความคล้ายคลึงกัน



ภาพที่ 29 ความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าต่างชนิด ที่ระดับความลึกที่ 60~100 เซนติเมตร

## 7. อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนของอินทรีย์วัตถุในดิน

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนอินทรีย์กับไนโตรเจน (C:N ratio) ของอินทรีย์วัตถุในดิน พบว่า ดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 10.6-13.0 ส่วนดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 9.2-12.7

พื้นที่รอยต่อ มีค่าอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนสูงที่สุด เท่ากับ 13.0 รองลงมา คือป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (C:N ratio = 12.4) ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ (C:N ratio = 11.5) ป่าเต็งรัง (C:N ratio = 11.2) และป่าดิบแล้งฟื้นฟู (C:N ratio = 10.6) ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ผลของอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนในดินบน มีค่าอยู่ในพิสัยที่ค่อนข้างแคบ ทั้งนี้ เกิดเนื่องจากการทับถมของซากพืช ซึ่งป่าแต่ละประเภทจะให้อินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกัน ชนิดของต้นไม้รวมทั้งไม้พื้นล่างมีความแตกต่างกัน รวมทั้งบางบริเวณที่ทำการศึกษาก็จะปกคลุม

ด้วยหญ้าแห้ง นอกจากนี้สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราชได้มีการป้องกันไฟฟ้า ส่งผลให้มีการทับถมของซากพืชในดินบนสูงเมื่อเกิดกระบวนการย่อยสลายจึงปลดปล่อยทั้งคาร์บอนและไนโตรเจนให้กับดิน ซึ่งปริมาณคาร์บอนส่วนใหญ่จะได้อมาจากเศษซากของพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งปริมาณคาร์บอนจะมีอยู่ประมาณร้อยละ 42 ส่วนปริมาณไนโตรเจนนั้นได้อมาจากเศษวัสดุของพืช จะมีค่าต่ำมาก และผันแปรไปตามชนิดพืชที่ขึ้น (Brady and waill, 2008)

เมื่อพิจารณาเฉพาะคาร์บอนอินทรีย์ภายใต้ป่าแต่ละชนิด พบว่า ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูงสุด เท่ากับ 18.2 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้งพุ่มไม้ เท่ากับ 14.1 กรัมต่อกิโลกรัม ป่าเต็งรัง เท่ากับ 14.0 กรัมต่อกิโลกรัม พื้นที่รอยต่อ และป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ เท่ากับ 13.8 และ 11.5 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม คาร์บอนที่สะสมอยู่ในดินในป่าธรรมชาติส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปที่เสถียรเมื่อเทียบกับป่าพุ่มไม้ซึ่งอยู่ในรูปที่พร้อมจะเกิดกระบวนการ mineralization ขึ้นได้ตลอดเวลาเนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างคาร์บอนและไนโตรเจนต่ำที่สุด ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศด้วย (Tibbett, 2010)

ในชั้นดินล่าง พบว่า อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนอินทรีย์กับไนโตรเจนป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 12.7 รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้งพุ่มไม้ เท่ากับ 10.6 พื้นที่รอยต่อ เท่ากับ 10.4 ป่าเต็งรัง และ ป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ เท่ากับ 9.7 และ 9.2 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าดินบน ยกเว้นภายใต้ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) เพียง 1 บริเวณ ที่มีค่าสูงกว่าดินบนเพียงเล็กน้อย ซึ่งสาเหตุที่ทำให้ ค่า C:N ratio ในดินล่างต่ำเนื่องจากปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งมีค่าต่ำเมื่อความลึกเพิ่มขึ้น (Bot and Benites, 2005)

ส่วนปริมาณไนโตรเจนในดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง พบว่า ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนจะมีค่าสูงสุด เท่ากับ 1.47 กรัมต่อกิโลกรัม รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้งพุ่มไม้ เท่ากับ 1.33 กรัมต่อกิโลกรัม ป่าเต็งรัง เท่ากับ 1.25 กรัมต่อกิโลกรัม พื้นที่รอยต่อ และป่าเบญจพรรณทุติยภูมิ เท่ากับ 1.05 และ 0.91 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และมีแนวโน้มไปทิศทางเดียวกันกับปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดิน ซึ่งการหมุนเวียนของไนโตรเจน จะเกิดจากกระบวนการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุในดิน ซึ่งจะให้อาอมโมเนียม (ammonium) และ ไนเตรต (nitrate) ประมาณร้อยละ 1.5-3.5 ของอินทรีย์ไนโตรเจน จากกระบวนการ mineralization ทั้งนี้การหมุนเวียนไนโตรเจนในดินมีปัจจัยที่ควบคุม ได้แก่ พืช อุณหภูมิ และความชื้นดิน (Porporato *et al.*, 2003) และปริมาณไนโตรเจนที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของมวลชีวภาพที่ร่วงหล่นบนพื้นดินเป็นสำคัญ (Yamakura, 1990)

ตารางที่ 2 อัตราส่วนระหว่างอินทรีย์คาร์บอนกับไนโตรเจนในดินบริเวณที่ทำการศึกษา

Forest type	C (g kg <sup>-1</sup> )	N (g kg <sup>-1</sup> )	C/N ratio
Topsoil (0~30 cm)			
Secondary mixed deciduous forest	11.45	0.91	11.5
Dry dipterocarp forest	14.01	1.25	11.2
Ecotone	13.80	1.05	13.0
Secondary dry evergreen forest	14.12	1.33	10.6
Undisturbed dry evergreen forest	18.20	1.47	12.4
Subsoil (~30 ~100 cm)			
Secondary mixed deciduous forest	4.50	0.49	9.2
Dry dipterocarp forest	7.50	0.80	9.7
Ecotone	4.60	0.42	10.4
Secondary dry evergreen forest	6.72	0.68	10.6
Undisturbed dry ever green forest	6.17	0.44	12.7

โดยทั่วไปอัตราส่วนระหว่างระหว่างคาร์บอนอินทรีย์กับไนโตรเจน (C:N ratio) ของเศษซากพืชจะลดลงไปเรื่อย ๆ ตามอัตราการสลายตัวของเศษพืช แล้วค่อย ๆ คงที่อยู่ที่ค่า C:N ratio ประมาณ 12/1 ถึง 10/1 ซึ่งเป็นค่า C:N ratio ของเซลล์จุลินทรีย์ และอินทรีย์วัตถุในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2548) ซึ่งในเขตร้อนจะมีการสะสมอินทรีย์วัตถุต่ำ เนื่องจากอุณหภูมิ และความชุ่มชื้นสูง จุลินทรีย์จะทำงานได้อย่างรวดเร็ว การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจึงเป็นได้เร็ว จึงทำให้มีค่า C:N ratio ต่ำด้วย เมื่อเทียบกับพื้นที่ในแถบอากาศหนาวเย็นซึ่งจะมีการสะสมอินทรีย์วัตถุมากกว่า เพราะมีการสลายตัวได้ช้ากว่า เป็นผลทำให้ค่า C:N ratio สูงนั่นเอง

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

ดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิดในพื้นที่สถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช ดินมีพัฒนาการปานกลางถึงค่อนข้างสูง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นเศษตะกอนหินคาตเซิงเขาที่สลายตัวมาจากหินทราย สมบัติดินอยู่ในพิสัยกว้าง ได้แก่ ดินเป็นดินต้นถึงลึกมาก เนื้อดินอยู่ในพิสัยดินร่วนปนทราย ถึงดินเหนียวและพบการสะสมดินเหนียวในชั้นดิน ดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดเล็กน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง ในโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำถึงสูง ร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำยกเว้นในบริเวณป่าดิบแล้งพื้นที่ฟูบริเวณที่ 3 (Skr-7)

ดินภายใต้ป่าเบญจพรรณทุกชนิด (Skr-1) ป่าเต็งรังบริเวณที่ 2 (Skr-3) และป่าดิบแล้งพื้นที่ฟูบริเวณที่ 1 (Skr-5) จัดจำแนกได้เป็น Haplic Plinthustults ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน (Skr-8) จัดจำแนกได้เป็น Typic Plinthustult ป่าเต็งรังบริเวณที่ 1 (Skr-2) จัดจำแนกได้เป็น Lithic Haplustult พื้นที่รอยต่อ (Skr-4) จัดจำแนกได้เป็น Kanhaplic Haplustult ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟูบริเวณที่ 2 (Skr-6) จัดจำแนกได้เป็น Typic Haplustult และป่าดิบแล้งพื้นที่ฟูบริเวณที่ 3 (Skr-7) จัดจำแนกได้เป็น Typic Plinthustalf

ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนมีการกักเก็บคาร์บอนแนวโน้มสูงที่สุด รองลงมา คือ ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู พื้นที่รอยต่อระหว่างป่าดิบแล้งกับป่าเต็งรัง ป่าเต็งรัง และป่าเบญจพรรณทุกชนิด ตามลำดับ โดยในชั้นดินบนจะมีการกักเก็บสูงกว่าในดินล่าง โดยเฉพาะที่ระดับความลึก 0-5 เซนติเมตร การแจกจ่ายคาร์บอนอินทรีย์ที่ผิวดิน (0-5 เซนติเมตร) ในป่าเบญจพรรณทุกชนิดมีความแปรปรวนมากกว่าในป่าชนิดอื่น ๆ ขณะที่ในดินบน (0-30 เซนติเมตร) ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวนจะมีความแปรปรวนสูงที่สุด แต่ในดินล่าง (~30-100 เซนติเมตร) การกระจายคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าต่างชนิดจะอยู่ในพิสัยแคบ ๆ คล้ายคลึงกัน การกักเก็บคาร์บอนในดินที่แตกต่างกันนี้เป็นผลมาจากการกระจายตัวของไม้พื้นล่าง และการทับถมของเศษใบไม้ที่ไม่สม่ำเสมอในพื้นที่ รวมทั้งความลึกของดิน การพบเศษหินวัตถุต้นกำเนิด และความลาดชันของพื้นที่ และปัจจัยแวดล้อมอื่น ๆ เช่น การพบจอมปลวก

อัตราส่วนระหว่างคาร์บอนกับไนโตรเจนในดิน (C:N ratio) มีอยู่ในพิสัย 9.2-12.7 ซึ่งเป็นค่าอยู่ในพิสัยที่พบได้ทั่วไปในเขตร้อน โดยในพื้นที่ร่อยต่อจะมีอัตราส่วนนี้สูงที่สุด รองลงมาได้แก่ ป่าดิบแล้ง ไม่ถูกรบกวน ป่าเบญจพรรณทุกชนิด ป่าเต็งรัง และป่าดิบแล้งฟื้นฟูตามลำดับ

ในการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในครั้งนี้ พบว่า ป่าเบญจพรรณทุกชนิดซึ่งเป็นสังคมพืชที่เริ่มมีการฟื้นฟูขึ้นมาใหม่ มีความสามารถที่จะกักเก็บปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินอยู่ในระดับที่ดี แต่ศักยภาพในการกักเก็บนั้นอาจจะน้อยลงหากเปรียบเทียบกับป่าเต็งรังที่มีการดูแลเป็นอย่างดี และป่าดิบแล้ง

### ข้อเสนอแนะ

พื้นที่ป่าสะแกราชส่วนใหญ่ผ่านการตัดไม้ทำลายป่ามาก่อน และในอดีตเคยใช้พื้นที่หลาย ๆ ส่วนสำหรับทำการเกษตร นอกจากนี้ในพื้นที่ป่าเต็งรังก็มักจะมีปัญหาไฟป่าอยู่เสมอ แต่หลังจากที่มีการฟื้นฟูพื้นที่ โดยการห้ามมิให้ใช้พื้นที่เหล่านี้ทำการเกษตรอีกต่อไป อีกทั้งมีมาตรการในการป้องกันไฟป่าที่มีประสิทธิภาพ จึงมีผลทำให้สภาพป่าต่าง ๆ มีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น มีผลทำให้ดินภายใต้สภาพป่าต่างชนิดในพื้นที่ที่มีการสะสมคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มขึ้น

ซึ่งดินภายใต้ป่าต่างชนิดที่ทำการศึกษารั้งนี้ มีการกักเก็บคาร์บอนได้สูงกว่าดินที่ใช้ทำการเกษตรทั่วไปที่เคยมีรายงานมาก่อนหน้านี้ ซึ่งปริมาณการกักเก็บจะขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของพืชพรรณในป่าโดยเฉพาะไม้พื้นล่าง แสดงให้เห็นว่าป่าไม้เป็นแหล่งสำคัญของการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินที่สำคัญ

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กิตติพงษ์ อภิชาตเมธี. 2539. การศึกษามวลชีวภาพของไม้พื้นล่างและซากพืชในป่าผสมผลัดใบที่สถานีวิจัยเพื่อรักษาต้นน้ำแม่กลอง จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- เกษม จันทรแก้ว, ปรีชา คุรัตน์, สามีคคี บุญยะวัฒน์, ปรีชา ธรรมานนท์ และนฤตย์ พันธุ์บูรณะ. 2519. การสูญเสียดินและน้ำบริเวณป่าแม่หวด ลำปาง, น. 1-33. ใน รายงานการวิจัยลุ่มน้ำห้วยคอกม้า เล่มที่ 28. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ครั้งที่พิมพ์ 10. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จำลอง แปลกสระน้อย. 2549. การประยุกต์การรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งบริเวณสถานีวิจัย สิ่งแวดล้อมสะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.
- ชนาธิป กุลดิลก. 2526. การเปลี่ยนแปลงมวลชีวภาพและอัตราการผลิตขั้นปฐมภูมิของหญ้าเพ็ดในป่าเต็งรัง บริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดอกรัก มารอด และ อุทิศ กุฎอินทร์. 2552. นิเวศวิทยาป่าไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ถนอม คลอดเพ็ง. 2528. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์วิเคราะห์. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ชิตี วิสารัตน์ และ ชลธิดา เขิญขุนทด. 2547. องค์ประกอบของชนิดพันธุ์พืชและปริมาณมวลชีวภาพเหนือพื้นดินของต้นไม้ในป่าดิบแล้ง, น. 1-31. ใน การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. วันที่ 16-17 สิงหาคม 2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

ชำระ ชินสุขใจประเสริฐ. 2527. การหมุนเวียนธาตุอาหารของป่าดิบแล้งสะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นฤมล หวะสุวรรณ. 2551. อิทธิพลของการใช้ที่ดินต่อสมบัติของดินในพื้นที่อ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นันทศักดิ์ ปิ่นแก้ว. 2542. ลักษณะทางชีววิทยาและนิเวศวิทยาบางประการของแมลงทักขาแดงในป่าเต็งรังบริเวณสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตยาพร ตันมณี, สุจจารี พินิจ และประสาท โพอุทัย. 2541. สมบัติทางเคมีและกายภาพของดินจอมปลวกในพื้นที่บางแห่งของประเทศไทย, น. 407-417. ใน เอกสารประกอบการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ครั้งที่ 5. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอันดับแอลฟิซอลล์และอินเซปติซอลล์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวลปราง นวลอุไร. 2547. การเปรียบเทียบค่าดัชนีพื้นที่ใบ มวลชีวภาพและปริมาณคาร์บอนที่สะสมอยู่เหนือพื้นดินของระบบนิเวศป่า จากการสำรวจด้านป่าไม้และการรับรู้จากระยะไกลบริเวณอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2551. ลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- บุญฤทธิ์ ภูริยากร. 2525. การเปลี่ยนแปลงสมบัติดินในป่าธรรมชาติตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่สระแกรاخ ปักธงชัย นครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู, บุญวงศ์ ไทยอุดมสำห, สมศักดิ์ สุขวงศ์, สนิท อักษรแก้ว และสันต์ เกตุปราณีต. 2527. การหมุนเวียนของธาตุอาหารในป่าเต็งรัง สระแกรاخ. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2538. ผลผลิตและการหมุนเวียนของธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พงษ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2552. การประมาณมวลชีวภาพของพืชและของป่าไม้. วารสารการจัดการ ป่าไม้ 3(5): 63-88.
- พจน์ย์ มอญเจริญ และ ทวีศักดิ์ เวียรศิลป์. 2541. คาร์บอนในดินของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- ภูวดล โกมณเทียร. 2539. ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของดินกับโครงสร้างระบบนิเวศป่าผลัดใบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- มรกต ทัพพะกุล ณ อุษยา. 2532. จุดลัฒฐานวิทยาของดิน. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- วาสนา วรภักต์. 2548. สิ่งแวดล้อมกับการพัฒนา. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี.
- วิโรจ อิมพิทักษ์. 2531. การจัดการดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- วีระศักดิ์ อุดมโชค. 2523. ผลกระทบของการทำลายป่าต่อสภาวะอากาศ บริเวณสถานีวิจัย  
สิ่งแวดล้อมสะแกกราช, น. 14. ใน **สัมมนาปริญาโท**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.
- วุฒนิพนธ์ วราโกรสวัสดิ์. 2551. ปราบปรามการโลกร้อนกับแนวทางการลดก๊าซเรือนกระจก.  
**วารสารนักบริหาร** 28(1-2): 65-69.
- วงศ กวศ์อภัย. 2551. ภาวะโลกร้อน: ทัวถึงและเท่าเทียม. **วารสารโลกพลังงาน** 12(39): 80-90.
- ศูนย์วิจัยป่าไม้. 2552. **แผนแม่บทด้านการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ**. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์  
ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- สถิตย์ วัชรกิตติ, ประคอง อินทรจันทร์ และสมเพ็ชร มังกรดิน. 2523. การศึกษา  
ทรัพยากรธรรมชาติและการใช้ที่ดินของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกกราช, น. 44. ใน  
**รายงานวนศาสตร์วิจัย เล่มที่ 69**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สาพิศ ดิลกสัมพันธ์, ชิติ วิสารรัตน์, สำเร็จ ปานอุทัย, ภาณุมาศ ลาตปลาละ, สิริรัตน์ จันทรมหเสถียร  
และศุภรัตน์ สำราญ. 2548. วัฏจักรคาร์บอนในป่าดิบแล้งสะแกกราชและป่าเบญจพรรณ  
ลุ่มน้ำแม่กลอง, น. 77-94. ใน **รายงานการประชุมวิชาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ  
ทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต**. วันที่ 4-5 สิงหาคม  
2548. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- แสวง รวยสูงเนิน และ ประสิทธิ์ ประคองศรี .2531. โฟงหรือจอมปลวกในระบบเกษตรภาค  
ตะวันออกเฉียงเหนือ. **ฟาร์มข้าว** 5(55): 10-20.
- สิริกานดา วัชรไทย. 2551. การศึกษาสมดุลคาร์บอนและการกักเก็บคาร์บอนในดินของสนุ่ดำที่  
**ปลูกในดินเหนียว และดินร่วนปนทราย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิริรัตน์ จันทรมหเสถียร และ ศิริภา โพธิ์พินิจ. 2544. การศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของระบบนิเวศป่าดิบเขาและป่าดิบชื้น. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สิริรัตน์ จันทรมหเสถียร, ศิริภา โพธิ์พินิจ, วิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์, สำเริง ปานอุทัย, ปัทมา ทิพรส, ชลดา อ่อนอาษา และจำเนียร เพื่อนดา. 2549. การศึกษาปริมาณคาร์บอนในดินของระบบนิเวศป่าดิบแล้งและป่าเบญจพรรณ. สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สุภาวดี สกุธธาร. 2544. ความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับธาตุอาหารไนโตรเจนในใบตลอดอายุใบของพรรณไม้ป่าเต็งรัง. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39 สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม. วันที่ 5-7 กุมภาพันธ์ 2544. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ส่งศักดิ์ ถูงแก้ว. 2543. การวิเคราะห์ธาตุอาหาร (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม) ในดินจอมปลวก. ปรินญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สนธยา จำปานิล และ นันทนา คชเสนี. 2547. การประเมินการเก็บกักคาร์บอน ผลผลิตและการย่อยสลายของเศษซากพืช ในอุทยานแห่งชาติแก่งกระจาน ประเทศไทย, น. 1-15. ใน การประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. วันที่ 16-17 สิงหาคม 2547. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2548. สรีรวิทยาของพืช. ครั้งที่พิมพ์ 4. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรัตน์. 2548. การสำรวจดิน: มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค. ครั้งที่พิมพ์ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2552. **คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน**. ครั้งที่พิมพ์ 6. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อำนาจ ชิดไชสง และ ณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร, น. 95-105. ใน รายงานการประชุมวิชาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้: ศักยภาพของป่าไม้ในการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต. วันที่ 4-5 สิงหาคม 2548. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.
- Ashagrie, Y., W. Zech, G. Guggenberger and T. Mamo. 2007. Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. **Soil Till. Res.** 94: 101-108.
- Bardgett, R.D., A. Richter, R. Bol, M.H. Garnett, R. Baumler, X. Xu, E. Lopez-Capel, D.C. Manning, P.J. Hobbs, L.R. Hartley and W. Wanek. 2007. Heterotrophic microbial communities use ancient carbon following glacial retreat. **J. Royal Sci.** 3: 487-490.
- Bear, F.E. 1967. **Chemistry of Soil**. Reinhold Publishing Cooperation, New York.
- Berg, B. and C. McClaugherty. 2008. **Plant Litter Decomposition, Humus Formation, Carbon Sequestration**. 2<sup>nd</sup> ed. Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-375. In A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH Buffering, pp. B333-B352. In M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science**. CRC Press LLC.
- Bloom, P.R. and D.F. Grigal. 1985. Modeling soil response to acidic deposition in non-sulfate adsorbing soils. **J. Environ. Qual.** 14: 481-495.

- Bot, A. and J. Benites. 2005. **The Importance of Soil Organic Matter**. Management Service Publ., Rome, Italy.
- Bongiovanni, M.D. and J.C. Lobartini. 2006. Particulate organic matter, carbohydrate, humic acid contents in soil macro- and microaggregates as affected by cultivation. **Geoderma** 136: 660-665.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils**. 14<sup>th</sup> ed. Prentice Hall, Inc., New Jersey, USA.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Bremner, J.M. 1996. Nitrogen-total, pp.1085-1121. *In* D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. **Method of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods**. SSSA Inc., ASA Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Brinkman, R. and W.G. Sombrock. 1996. The effects of global change conditions in relations to plant growth and food production. *In* F. Bazzaz. and W.G. Sombrock, eds. **Global Climatic Change and Agricultural Production: Direct and Indirect Effects of Changing Hydrological, Soil, and Plant Physiological Processes**. John Wiley, Chichester, United Kingdom.
- Bunyavejchewin, S. 1979. **Phytosociological Structure and Soil Property in Nam Pong Basin**. M.S. Thesis, Kasetsart Univ.
- Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State Univ. Press., Amer. Iowa.

- Cambardella, C.A. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. **Geoderma** 56: 449-457.
- Cambardella, C.A., A.M. Gajda, J.W. Doran, B.J. Wienhold and T.A. Kettler. 2001. Estimation of particulate and total organic matter by weight loss-on-ignition, pp. 349–359. *In* R. Lal *et al.*, eds. **Assessment Methods for Soil Carbon**. Lewis Publ., Boca Raton, FL.
- Cambardella, C.A. and E.T. Elliott. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 56: 777-783.
- Catherine, R.S., S.D. Nelson and H.A. Ajwa. 2010. Impact of soil texture and organic matter content on nitric oxide volatilization from soil columns. *In* World Congress of Soil Science, **Soil Solutions for a Changing World 19<sup>th</sup>**, 1-6 August 2010. Brisbane, Australia.
- Charles, T. and J. Garten. 2009. **A Disconnect between O Horizon and Mineral Soil Carbon- Implications for Soil C Sequestration**. Environmental Sciences Division, Oak Ridge National Laboratory, P.O. Box 2008, Mail Stop 6036, Oak Ridge, TN 37831-6036, United States.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties**. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Chhabra, A.H., S. Palria and V.K. Dadhwal. 2003. **Soil Organic Carbon Pool in Indian Forests**. Available Source: <http://www.elsevier.com/locate/foreco>, December 25, 2010.
- Ciais, P., W. Cramer, P. Jarvis, H. Khesghi, C. Nobre, S. Semenov and W. Steffen. 2000. Global perspective, pp. 69-96. *In* **IPCC Special on Report Land Use, Land Use Change, and Forestry. Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

- Cindy, S.M., J.C. Casagrande, L.R.F. Alleoni, O.A. Camargo and R.S. Berton. 2008. Nickel adsorption in two Oxisols and an Alfisol as affected by pH, nature of the electrolyte, and ionic strength of soil solution. **J. Soils Sed.** 8: 442–451.
- Curlin, J. W. 1970. Nutrient cycling as a factor in site productivity and forest fertilization, pp. 313-325. *In* C.T. Youngberg. and C. B. Davey. **Tree Growth and Forest Soils.** Proceedings of the Third North America Forest Soils Conference. Oregon state University.
- Day, P.R.. 1965. Particle fraction and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, ed. **Method of Soil Analysis, Part I: Particle Size Analysis.** Agron., No.9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Division of Agricultural Sciences. 1978. **Soil Physical Environment and How it Affects Plant Growth.** University of California.
- Ekinci, H. 2006. Effect of Forest Fire on Some Physical, Chemical and Biological Properties of Soil in Canakkale, Turkey. **Invest. J. of Agr. & Biology** 1: 102-106.
- Esteban, G. and B. Jackson. 2000. The Vertical Distribution of Soil Organic Carbon and Its Relation to Climate and Vegetation. **Ecological Applications** 10: 423-436.
- Eswaran, H. and P.F. Reich. 1998. Desertification: A global assessment and risks to sustainability. *In*: **Proceedings of the 16<sup>th</sup> International Congress of Soil Science,** Montpellier, France.
- Forth, H.D. 1990. **Fundamentals of Soil Science.** John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Handayani, I.P., M.S. Coyne and R.S. Tokosh. 2010. Soil organic matter fraction and aggregate distribution in response to Tall Fescue Stands. **Soil Sci. J.** 5: 1-10.

- Haile, S.G., P.K.R. Nair, V.D. Nair. 2008. Carbon storage of different soil-size fractions in Florida silvopastoral systems. **J. Environ.** 37: 1789-1797.
- Hamarashid, N.H., M.A. Othman and M.A.H Hussain. 2010. Effects Of Soil Texture On Chemical Compositions, Microbial Populations and Carbon Mineralization in Soil. **Egypt. J. Exp. Biol.** 6(1): 59-64.
- Hao, Y., R. Lal, L.B. Owens, R.C. Izaurralde, W.M. Post and D.L. Hotheim. 2002. Effect of cropland management and slope position on soil organic carbon pool at the North Appalachian Experimental Watersheds. **Soil & Till. Res.** 68: 133-142.
- Hedley, M., B. Kusumo, C. Hedley and M. Tuohy. 2010. Field measurement of root density and soil organic carbon content using soil spectral reflectance. *In* **19<sup>th</sup> World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World**, 1-6 August 2010. Brisbane, Australia.
- IPCC. 1996. **Greenhouse Gas Inventory Reference Manual**. International Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- IPCC . 2000. **Land Use, Land-use Change, and Forestry**. A Special Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- IPCC. 2001. **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
- IPCC. 2007. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. IPCC Secretariat, Geneva, Switzerland.
- Iwata, S., T. Tabuchi and B.P. Warkentin. 1995. **Soil-Water Interaction; Mechanisms and Applications**. 2<sup>nd</sup> ed. Macel Dekker, Inc., Madison Avenue, New York, USA.

- Jackson, K.L. 1965. **Soil Chemical Analysis**. Advance Course. Dept. of Soil Sci., Univ. of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Jacobs, G.K., R.C. Dahlman and F.B. Metting. 2001. **Carbon Sequestration in Terrestrial Ecosystems: A Status report on R&D Progress**. Proceedings of the First National Conference on Carbon Sequestration, Washington, D.C.
- Juma, N.G. 2001. **The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science**. Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.
- Katagiri, S., S. Matsutani and T. Tsutsumi. 1978. Mineral cycling, pp. 276-288. *In* T. Kira., Y. Ono and T. Hosokawa, eds. **Biological Production in a Warm-Temperate Evergreen Oak Forest of Japan**. JIBP. Synthesis: 18 Tokyo University Press.
- Katagiri, S. and T. Tsutsumi. 1973. The Relationship Between Site Condition and Circulation of Nutrients in Forest Ecosystem (I) Litterfall and Nutrient Contents. **JIBP-PT No.** 155: 83-90. (in Japanese with English summary)
- Kerang, L., W. Shaoqiang and C. Mingkui. 2003. Vegetation and soil carbon storage in China. *Science in China*. **Ser. Earth Sci.** 47(1): 49-57.
- Kheir, R.B., M.H. Greve, P.K. Bøcher, M.B. Greve, R. Larsen and K. McCloy. 2010. Predictive mapping of soil organic carbon in wet cultivated lands using classification-tree based models: the case study of Denmark. **J. Environ. Manage.** 91(5): 1150-1160.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soil. **Soil Sci.** 68: 15-24.

- Kirby, K.R. and C. Potvin. 2007. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. **For. Ecol. and Manage.** 246: 208-221.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. *In* C. A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: Physical Method.** Agron., No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Kononova, M.M. 1966. **Soil Organic Matter.** Permonon Press, New York.
- Krull, E., J. Baldock and J. Skjemstad. 2001. Soil Texture Effects on Decomposition and Soil Carbon Storage. *In* **CRC for Greenhouse Accounting, CSIRO Land and Water**, 18-20 April 2001.
- Kutintara, U. 1975. **Structure of the Dry Dipterocarp Forest.** Ph.D. Thesis, Colo. State Univ. For. Collins, Colo.
- Lal, R., T.M. Sobecki, T. Ivari and J.M. Kimble. 2004. **Soil Degradation in the United States: Extent, Severity and Trends.** Lewis Publishers. Boca Raton, Florida.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand.** Dept. of Land Development, Ministry of Agri. And Coop., Bangkok.
- Landon, J.R. 1991. **Booker Tropical Soil Manual: A Handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in Tropics and Subtropics.** Paperback Edition. Booker Agriculture International Ltd., New York.
- Lasco, R.D., K.G. MacDicken, F.B. Pulhin, I.Q. Guillermo, R.F. Sales and R.V.O. Cruz. 2006. Carbon stocks assessment of a selectively logged dipterocarp forest and wood processing mill in the Philippines. **J. Trop. For. Sci.** 18: 166-172.

- Lekagul, B. and J.A. McNeely. 1977. **Mammals of Thailand**. The Assoc. for the Cons. of Wildlife, Sahakarnbhat Co., Bangkok, Thailand.
- Lgwe, C.A., F.O.R. Akamigbo and J.S.C. Mbagwu. 1999. Chemical and mineralogical properties of soil in southeastern Nigeria in relation to aggregate stability. **Geoderma** 92: 111-123.
- Martin, D., L. Tarsem, C.B. Sachdev and J.P. Sharma. 2010. Soil organic carbon storage changes with climate change, landform and land use conditions in Garhwal hills of the Indian Himalayan mountains. **Agr. Ecosyst and Environ.** 138: 64-73.
- Meyer, M.S. and D.B. Anderson. 1952. **Plant Physiology**. 2<sup>nd</sup> ed. D. Van Nostrand Company, inc., New York, U.S.A.
- Morisada, K.Z.H.T., K.J. Ono and H.D.S.T. Kanomata. 2004. **Organic Carbon Stock in Forest Soil in Japan**. Available Source: <http://www.sciencedirect.com>, December 25, 2010.
- Nair, P.K.R., B.M. Kumar and V.D. Nair. 2009. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **J. Plant Nut. Soil Sci.** 172:10-23.
- Nalamphum, A., T. Santisuk and T. Smitinand. 1969. **The Defoliation of Teng (Shorea obtusa Wall) and Rung (Pentacme suavis A.DC.) at ASRCT Sakaerat Experimental Station**. Rep 1. NRCT. Bangkok, Thailand.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual**. Soil Survey Invest. Rept. No 42, Version 3.0. U.S. Dept. of Agr., U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 961-1010. *In* J.M. Bigham, ed. **Methods of Soil Analysis, Part III: Chemical Methods**. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin.
- OEPP. 2000. **Biodiversity Conservation in Thailand: A National Report**, Ministry of Science, Technology and Environment. Bangkok.
- Office of Science Office of Fossil Energy U.S. Department of Energy. 1999. **Carbon Sequestration Research and Development**. Available Source: [www.ornl.gov/carbon\\_sequestration/](http://www.ornl.gov/carbon_sequestration/), December 17, 2010.
- Ogawa, H., K. Yoda and T. Kira. 1961. A preliminary survey on the vegetation of Thailand. **Nature and Life in SE Asia** 1: 21-157.
- O'Neal, A.M. 1952. **Pedology** (translation from French). George Allen and Unwin Ltd., London.
- Palm, C.A., P.L Woomer, J.C. Alegre, L. Arevalo, C.E. Castilla, D.G. Cordeiro, B. Feigl, K. Hariah, J. Kotto-Same, A. Mendes, A. Moukam, D. Murdiyarso. R. Njomgang, W.J.A. PartonRitse, V. Rodrigues, S.M. Sitompul and M. van Noordwijk. 2000. Carbon sequestration an trace gas emissions in slash and burn and altermate land uses in the humid tropics, pp. 1-18. *In* P.A Sanchez, P.J. Ericksen and A.S.R. Juo, eds. **Alternatives to Slash and Burn Agriculture: A Global Synthesis**. American Society of Agronomy Special Publication.
- Percival, H.J., R.L. Parfitt and N.A. Scott. 2000. Factors controlling soil carbon levels in New Zealand grasslands, Is clay content important?. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 1623-1630.
- Pibumrung, P., N. Gajaseni and A. Popan. 2008. Profiles of carbon stocks in forest, reforestation and agricultural land, Northern Thailand. **J. of For. Res.** 19(1): 11-18.

- Pratt, P.F. 1987. Potassium, pp. 234-237. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties**. Agron. Monograph No.9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Prot, J.C. and S.D.V. Gundy. 1981. Effect of soil texture and the clay component on migration of *Meloidogyne incognita* second-stage juveniles. **J. Nematol** 13: 213-217.
- Quan, G. and J. Yan. 2009. **Particulate Organic Carbon and Mineral-associate Organic Carbon in Soil of Different Ecologic Zones of a Coastal Wetland**. Yancheng Institute of Technology Yancheng, China.
- Rayment, M.B. and P.G. Jarvis. 2000. Temporal and spatial variation of soil CO<sub>2</sub> efflux in a Canadian boreal forest. **Soil Biol. Biochem.** 32: 35-45.
- Roshetko, J.M., M. Delaney, K. Hairiah and P. Purnomosidhi. 2002. Carbon stocks in Indonesian home garden systems: Can smallholder systems be targeted for increased carbon storage?. **Amer. J. Altern. Agric.** 17: 138-148.
- Sanchez, J.H.V. and D.E. Bandy. 1983. Soil Fertility Dynamic After Cleaning A Tropical Rainforest in Peru. *Soil Sci. Soc.* **Amer. J.** 47: 1171-1178
- Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soil in the Tropics**. John Wiley and Son, Inc., New York.
- Sanchez, P.A. and S.W. Buol. 1975. Soil of the tropics and the world food crisis. **Sci.** 188: 598-603.
- Schneider, A. 1999. Why professors don't do more to stop students who cheat. **Chron. Higher Education** 45: 8-13.

- Sharrow, S.H. and S. Ismail. 2004. Carbon and nitrogen storage in agroforests, tree plantations, and pastures in western Oregon, USA. **Agrofor. Syst.** 60: 123-130.
- Singh, S.K., A.K. Singh., B.K. Sharma and J.C. Tarafdar. 2007. **Carbon stock and Organic Carbon Dynamics in Soils of Rajasthan, India.** Available Source: <http://www.elsevier.com/locate/jnlabr/yjare>, December 25, 2010.
- Smitinand, T. 1977a. **Vegetation and Ground Covers of Thailand.** The Forest Herbarium, Royal Forest Department., Bangkok, Thailand.
- Smitinand, T. 1977b. **Vegetation of Khao Yai.** The Forest Herbarium, Royal Forest Department., Bangkok, Thailand.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** U.S. Dept. Agr. Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Soil Survey Staff. 2010. **Keys to Soil Taxonomy.** 11<sup>th</sup> ed. Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, D.C.
- Sornnuwat, Y., C. Vongkaluang and Y. Takematsu. 2004. A Systematic Key to Termites of Thailand. **Kasetsart J.** 38: 349-368.
- Summer, M.E and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients, pp. 1021-1229. In J.M. Bigham, ed. **Methods of Soil Analysis, Part III: Chemical Methods.** Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin.
- Sustainable Agriculture and Soil. 2009. **Organic Matter Decline.** Available Source: <http://SOCO.jrc.ec.europa.eu>., May 2, 2010.

Tan, K.H. 1993. **Principle of Soil Chemistry**. 2<sup>nd</sup> ed. Macel Dekker, Inc., Madison Avenue, New York.

Tangsinmankong, W. 2004. **Carbon stocks in Soil of Mixed Deciduous Forest and Teak Plantation**. M.S. Thesis, Mahidol University.

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

The National Academies Reports. 2008. **Understanding and Responding to Climate Change**. Available Source: [www.national-academies.org](http://www.national-academies.org). May 11, 2011.

The U.S. Environmental Protection Agency. 2010. **Climate Change Indicators in the United States**. Environmental Protection Agency, Washington, United States.

Thomas, G.W. 1996. Soil pH and soil acidity, pp. 475-490. *In* J.M. Bigham, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 3: Chemical Methods**. Soil Science Society of America Book Series No. 5. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.

Thomson, L.M. and F.R. Troeh, 1978. **Soil and Soil Fertility**. 4<sup>th</sup>ed. McGraw-Hill Inc., New York.

Tibbett, M. 2010. Litter and Carbon Accumulation in Soils after Forest Restoration: the Australian Experience after Bauxite Mining. *In*: World Congress of Soil Science, **Soil Solutions for a Changing World 19<sup>th</sup>**, 1-6 August 2010, Brisbane, Australia.

- Vangai, S., I. Kheoruenromne and A. Sukthumrong. 1986. Soil organic matter, crop residue and green manure management, pp. 237-249. *In* M. Latham, ed. **The First Regional Seminar on Soil Management under Humid Conditions in Asia**. Bangkok, Thailand.
- Vijarnsorn, P. 1984. Skeletal soils of Thailand, pp. F 2.1-F 2.4. *In* **The Fifth ASEAN Soil Conference**. Vol. I. Dep. of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand.
- Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soil and landform features of mountainous terrain in South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.
- Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soil And Landform Features Of Mountainous Terrain In South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.
- Wang, H., S.R. Liu, J.M. Mo, J. X. Wang, F. Makeshin and M. Wolff. 2010. Soil organic carbon stock and hemical composition in four plantations of indigenous tree species in subtropical China. **Eco. Res.** 25: 1071-1079.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. **Soil. Sci.** 37: 29-38.
- Wesseling, J.G., C.R. Stoof, C.J. Ritsema, K. Oostindie and L.W. Dekker. 2009. The effect of soil texture and organic amendment on the Hydrological behaviour of coarse-textured soils. **Soil Use and Management** 25: 274-283.
- Wischmeier, W.H. 1975. **Estimating the Soil Loss Equation's Cover and Management Factor for Undisturbed Area**. Proc. of the 1975 Sediment. Prediction Workshop, Mississippi.

- Wright, J.T., G.W. Marcy, D.A. Fischer, R.P. Butler, S.S. Vogt, C.G. Tinney, H.R. Jones, B.D. Carter, J.A. Johnson, C. McCarthy and K. Apps. 2007. Four New Exoplanets and Hints of Additional Substellar Companions to Exoplanet Host Stars. **The Astrophysical J.** 657: 533-545.
- WRI. 2006. **World Resources 1988-1989**. Basic Books, New York.
- Yamakura, T. 1990. Carbon/Nitrogen Ratio as a Site Quality Index for Some South-East Asian Forests. **J. Tropical Eco.** 6(3): 371-377.
- Yimer, F.T., S. Ledin and A. Abdelkadir. 2006. **Soil Organic Carbon and Total Nitrogen Stocks as Affected by Topographic Aspect and Vegetation in the Bale Mountains, Ethiopia**. Available Source: <http://www.sciencedirect.com>., December 26, 2010.
- Yoda, K. and T. Kira. 1969. Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. V. Accumulation and turnover of soil organic matter with notes on the latitudinal Soil Sequence on Khao (Mt.) Luang, Peninsular Thailand. **Nature & Life in Southeast Asia** 6: 83-112.
- Yuhai, Y., C. Yaning, L. Weihong and C. Yapeng. 2010. Distribution of Soil Organic Carbon Under Different Vegetation Zones in the Ili River Valley, Xinjiang. **Geogr. Sci.** 20(5): 729-740.
- Yonekura, Y.S.O, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in Soil Carbon Stock After Deforestation And Subsequent Establishment Of “Imperata” Grassland In The Asian Humid Tropics. **Plant Soil.** 329: 495-507.
- Young, A. 1976. **Tropical Soils and Soil Survey**. Cambridge Univ. Press, London.

Yusuke, Y., S. Ohta, Y. Kiyono, D. Aksa, K. Morisada, N. Tanaka and M. Kanzaki. 2010. Changes in soil carbon stock after deforestation and subsequent establishment of “Imperata” grassland in the Asian humid tropics. **Plant soil** 329: 495-507.

Zhang, G., G.M. Zeng, Y.M. Jiang, C.Y. Du, G.H. Huang, J.M. Yao, M. Zeng, X.L. Zhang and W. Tan. 2006. Seasonal dry deposition and canopy leaching of base cations in a subtropical evergreen mixed forest, China. **Silva Fennica**. 40: 417–428.

Zinke, P., S. Sabhasri and P. Kunstader. 1970. **Soil Fertility Sapects of the Lua’ Forest Fallow System of Shifting Cultivation and Economic Development, in Northern Thailand**. Department of Land Development, Bangkok.



## คำอธิบายหน้าตัดดิน (Soil profile description)

### Sakaerat 1

#### **I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-1
Soil name	: -
Classification	: Haplic Plinthustult
Date of examination	: October 16, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanha, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 423.7 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-5337 I      Coordination : 47P 0816140 <sup>E</sup> , 160 6310 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Dissected Footslope
2. Surrounding land form	: Slightly Undulating
3. Slope on which profile site	: 4%      Aspect : 320 Azimuth
Land use	: Secondary Mixed Deciduous Forest
Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0 <sup>o</sup> C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: -

#### **II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than > 80 cm at time of sampling

#### **III Profile description**

Horizon	Depth (cm)	Description
A1	0-10	Dark reddish brown (5YR 2.5/2); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and non plastic; few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine, fine and common medium roots; few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt and smooth boundary to A2
A2	10-22	Yellowish red (5YR 4/6); sandy loam; weak fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and slightly plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains, few very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores;

Bt	22-41	many very fine, fine and common medium roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Bt Red (2.5YR 4/8); sandy clay loam; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; common on faint clay coating on faces of ped, surfaces of rock fragments and clay bridges between sand grains; many very fine and common fine vesicular pores; many very fine, common fine and few medium roots; few traces of dead roots; few very fine coated sands; many small to large angular stones and boulders of slightly weathered and fresh sandstone; extremely acid (field pH 4.5); clear and smooth boundary to Btc
Btc	41-60+	Red (2.5YR 4/8); very gravelly sandy clay loam; moderately weak fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; common distinct clay coating on faces of ped, surfaces of rock fragments and clay bridges between sand grains; common very fine and fine vesicular pores; common very fine, fine, coarse and few medium roots; few traces of dead roots; few very fine coated sands; many small to large angular gravel, stones and boulders of slightly weathered and fresh sandstone; common fine and medium subrounded Fe-Mn nodules; many large angular boulders of weathered sandstone underneath Btc horizon; very strongly acid (field pH 5.0).

### Sakaerat 2

#### I Information on the site

Profile symbol	: Skr-2
Soil name	: -
Classification	: Lithic Haplustult
Date of examination	: October 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanha, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 327.5 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-53371 I Coordination: 47P0816784 <sup>E</sup> , 160 6020 <sup>N</sup>

#### Landform

1. Physiographic position	: Upper lower Footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 6% Aspect : 350 Azimuth
Land use	: Dry Dipterocarp Forest mainly covered with Ya Pek ( <i>Arundinaria pusilla</i> Cheval & A. Camus)
Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0°C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: -

**II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Rapid
Depth of groundwater	: Deeper than > 40 cm at time of sampling

**III Profile description**

Horizon	Depth (cm)	Description
A1	0-11	Very dark grayish brown (10YR 3/2); very fine sandy loam; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many very fine, common very fine vesicular pores; many very fine, common fine and very few medium roots; few very fine coated sands; common traces of dead roots; few medium to large angular gravel of weathered and fresh sandstone; slightly acid (field pH 6.5); abrupt and smooth boundary to A2
A2	11-22	Strong brown (7.5YR 4/6); very fine sandy clay loam; moderate fine and medium roots subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderate sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; common very fine and fine vesicular pores; many very fine, fine and very few medium roots; few traces of dead roots; common traces of dead roots, common large angular gravel and small to medium angular stones of weathered and fresh sandstone; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt and smooth boundary to Btc
Btc	22-40	Strong brown (7.5YR 5/6) (95%) mixed with red (2.5YR 4/8) (5%); very fine sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, surfaces of rock fragments and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; common very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; common traces of dead roots; many various sizes of weathered sandstone rock fragments; many large angular boulders of weathered sandstone underneath Btc horizon; moderately acid (field pH 6.0);

**Sakaerat 3****I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-3
Soil name	: -
Classification	: Haplic Plinthustult
Date of examination	: October 26, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanha, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.

Location : Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup,  
Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.  
Elevation : Approximately 417 m (MSL)  
Map sheet number : 5338 II-5337 I Coordination: 47P 0816066<sup>E</sup>, 160 5460<sup>N</sup>

#### Landform

1. Physiographic position : Upper middle Footslope  
2. Surrounding land form : Undulating  
3. Slope on which profile site : 4% Aspect : 71 Azimuth  
Land use : Dry Dipterocarp Forest  
Annual rainfall : Approximately 1,222 mm  
Mean temperature : Approximately 27.0°C  
Climate : Tropical Savanna  
Other : -

#### **II General information on the soil**

Parent material : Colluvium of sandstone  
Drainage : Well drained  
Permeability : Moderate  
Runoff : Moderate  
Depth of groundwater : Deeper than > 60 cm at time of sampling

#### **III Profile description**

Horizon	Depth (cm)	Description
A	0-17	Dark reddish brown (5YR 3/3); very fine sandy loam; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and slightly plastic; few very fine coated sands; many very fine vesicular and few fine simple tubular pores; many very fine, common fine, medium and very few coarse roots; common traces of dead root; few large gravel of ironstone; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Bt
Bt	17-40	Reddish brown (5YR 4/4); slightly gravelly very fine sandy loam; weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non sticky and slightly plastic; few faint clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; many very fine and very few fine vesicular pores; many very fine, common fine, medium and few coarse roots; few traces of dead roots common large gravel of ironstone; many large angular boulders of slightly weathered and fresh sandstone; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Btc
Btc	40-60	Reddish brown (5YR 4/4); very gravelly very fine sandy clay loam; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common faint clay coating faces on peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands; common fine vesicular and few fine simple tubular pores; many very fine, common fine and medium roots; many small to large gravel of ironstone and Fe-Mn oxide nodule; many large angular

boulders of weathered sandstone underneath Btc horizon; strongly acid (field pH 5.5).

#### Sakaerat 4

##### **I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-4
Soil name	: -
Classification	: Kanhaplic Haplustult
Date of examination	: October 26, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanha, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 428.4 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-5337 I    Coordination: 47P 0815876 <sup>E</sup> , 160 5285 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Concave footslope
2. Surrounding land form	: Slightly Undulating
3. Slope on which profile site	: 2%    Aspect    : 160 Azimuth
Land use	: Ecotone with Dry Dipterocarp mixed with dry evergreen species
Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0°C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: Few large angular sandstone rock boulders on the surface

##### **II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than > 105 cm at time of sampling

##### **III Profile description**

Horizon	Depth (cm)	Description
A1	0-13	Very dusky red (2.5YR 2.5/2); very fine sandy loam; moderately weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, slightly sticky and moderate plastic; few very fine coated sands; many very fine, few fine and very few medium vesicular pores; many very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt and smooth boundary to A2
A2	13-29	Reddish brown (2.5YR 4/4); very fine sandy loam; moderately weak very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist,

		slightly sticky and moderate plastic; few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine, fine, medium and few coarse roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt and smooth boundary to Bt1
Bt1	29-53	Red (2.5YR 4/6); very fine sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine coated sands; few very fine and common fine vesicular pores; common very fine, medium coarse and many fine roots; few small Fe-Mn oxide nodules, few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear and smooth boundary to Bt2
Bt2	53-79	Red (2.5YR 4/8); very fine sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine coated sands; common very fine and fine vesicular pores; many medium, coarse, common fine and few very fine roots; few small mixed Fe-Mn oxide nodules, few traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); gradual and smooth boundary to Bt3
Bt3	79-105	Red (2.5YR 5/8); very fine sandy clay loam; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine coated sands; common very fine and fine vesicular pores; common very fine, fine and medium roots; few medium subrounded Fe-Mn oxide nodules; many large angular boulders of weathered sandstone underneath Bt3 horizon; slightly acid (field pH 6.5).

### Sakaerat 5

#### **I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-5
Soil name	: -
Classification	: Haplic Plinthustult
Date of examination	: October 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanha, Narissara Suksawat, Nipat Thanimarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 389.4 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-5337 I    Coordination: 47P 0815833 <sup>E</sup> , 160 5241 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Concex footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 5%    Aspect : 72 Azimuth
Land use	: Secondary Dry Evergreen Forest

Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0°C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: Few large angular sandstone rock boulders on the surface

## **II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than > 70 cm at time of sampling

## **III Profile description**

<b>Horizon</b>	<b>Depth (cm)</b>	<b>Description</b>
A1	0-13	Dark reddish brown (5YR 3/2); very fine sandy loam; moderately weak fine subangular blocky partly with moderate fine granular structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few very fine coated sands; many very fine and fine vesicular pores; many very fine, fine and medium roots; many traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear and smooth boundary to A2
A2	13-26	Reddish brown (5YR 4/4); very fine sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and moderate plastic; few very fine coated sands; many very fine and fine vesicular pores; many very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; few medium gravel of ironstones; strongly acid (field pH 5.5); abrupt and smooth boundary to Bt
Bt	26-44	Yellowish red (5YR 4/6); very fine sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, surfaces of rock fragments and Fe-Mn oxide nodule; few very fine coated sands; few very fine and fine vesicular pores; common very fine, medium and many fine roots; few small angular stones of weathered sandstone, few; extremely acid (field pH 4.5); abrupt and smooth boundary to Btc
Btc	44-70+	Yellowish red (5YR 4/6); very gravelly very fine sandy clay loam; moderately fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and moderate plastic; many distinct clay coating on faces of peds rock and surfaces of Fe-Mn oxide nodule; few very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine and few very fine roots; many Fe-Mn oxide nodules, many small to large angular stones of weathered sandstone; many Fe-Mn oxide nodules mixed with weathered sandstone stones and boulders of underneath Btc horizon; very strongly acid (field pH 5.0).

## Sakaerat 6

### **I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-6
Soil name	: -
Classification	: Typic Haplustult
Date of examination	: October 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanha, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 414.3 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-5337 I    Coordination: 47P 0815446 <sup>E</sup> , 160 5556 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Erosional surface of footslope
2. Surrounding land form	: Rolling
3. Slope on which profile site	: 15%    Aspect : 332 Azimuth
Land use	: Secondary Dry Evergreen Forest
Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0 <sup>o</sup> C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: Many large angular boulders of sandstone rock on the surface

### **II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than > 55 cm at time of sampling

### **III Profile description**

Horizon	Depth (cm)	Description
A	0-18	Dark gray (5YR 4/1) (40%) mixed with (5YR 6/6) (60%); very fine sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few very fine coated sands; many very fine and fine vesicular pores; common very fine, many fine, medium and coarse roots; many traces of dead roots, few medium to large angular stones of weathered sandstone; neutral (field pH 7.0); clear and smooth boundary to Bt1
Bt1	18-34	Yellowish red (5YR 5/8); very fine sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine, many fine, medium and coarse roots; few traces of dead roots;

		few medium angular stones of weathered sandstone, strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to Bt2
Bt2	34-55	Yellowish red (5YR 5/6); very fine sandy clay loam; moderate very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; common very fine vesicular pores; common fine, few very fine, medium and coarse roots; few traces of dead roots; few small Fe-Mn oxide nodules; common medium large angular gravel of weathered sandstone; many very large angular boulders of weathered sandstone lying underneath Bt2 horizon; very strongly acid (field pH 5.0).

### Sakaerat 7

#### **I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-7
Soil name	: -
Classification	: Typic Plinthustalf
Date of examination	: October 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanka, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 488 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-5337 I      Coordination: 47P 0814585 <sup>E</sup> , 160 4947 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Lower footslope
2. Surrounding land form	: Rolling
3. Slope on which profile site	: 10%      Aspect : 190 Azimuth
Land use	: Dry Evergreen Forest
Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0°C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: -

#### **II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Rapid
Depth of groundwater	: Deeper than > 175 cm at time of sampling

**III Profile description**

<b>Horizon</b>	<b>Depth (cm)</b>	<b>Description</b>
A1	0-11	Brown (7.5YR 5/3); very fine sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; few very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; many very fine, fine and few medium roots; A large holes of termite nest, few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to A2
A2	11-26	Brown (7.5YR 5/4) (80%) mixed with brown (7.5YR 5/3) (20%); very fine sandy clay loam; moderate and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; many very fine, common fine and few medium roots; A large hole of termite nest, few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Bt1
Bt1	26-48	Reddish brown (5YR 5/4); very fine sandy clay loam; moderate medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine coated sands; common very fine, fine and few very fine single tubular pores; common very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; few traces of rock fragment; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to Bt2
Bt2	48-76	Yellowish red (5YR 4/6); very fine sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine coated sands; few very fine, fine vesicular and few very fine simple and dendrite tubular pores; common very fine, fine and few medium roots; few traces of dead roots, few medium Fe-Mn oxide nodule; few very fine krotovinas; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Bt3
Bt3	76-109	Reddish brown (2.5YR 4/3) (70%) mixed with (7.5YR 6/3) (30%); very fine sandy clay; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine coated sands; few very fine, fine vesicular and few very fine simple and dendrite tubular pores; few very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots, few small to medium Fe-Mn oxide nodules; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Btc1
Btc1	109-120	Weak red (10R 4/4) (60%) mixed with (7.5YR 7/4) (40%); very gravelly fine sandy clay; strong fine subangular blocky structure; hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds, pore walls and surfaces of Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands; few very fine, fine vesicular and very fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common traces of dead roots, many small to large Fe-Mn oxide nodules; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt and smooth boundary to Btc2

Btc2	120-148	Pale red (10R 6/4) (30%) mixed with light brown(7.5YR 6/4) (70%); very gravelly very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore walls and surfaces of Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands; few very fine, fine vesicular and very fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium roots; common traces of dead roots, many small to large Fe-Mn oxide nodules; slightly acid (field pH 6.5); clear and smooth boundary to Bvg
Bvg	148-175+	Red (10R 4/6) (40%) mixed with pinkish gray (5YR 6/2) (40%) and light red (10R 6/6) (20%); very gravelly very fine sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds, pore walls and surfaces of Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands; few very fine, fine vesicular and very fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium roots; few large krotovinas few traces of dead roots, common small to medium Fe-Mn oxide nodules; common small angular boulders of weathered sandstone lying underneath Bvg horizon; neutral (field pH 7.0).

### Sakaerat 8

#### **I Information on the site**

Profile symbol	: Skr-8
Soil name	: -
Classification	: Typic Plinthustult
Date of examination	: October 27, 2010
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Woranan Sonkanka, Narissara Suksawat, Nipat Thanimmarn, Naruedon Poviang, Wanrapee Suwanprapa, Walailuck Saikaew, Yuttakarn Kaewkaemthong, Jeeranut Hongjaturun, Jeerawan Promma, Piyavut Pomthong.
Location	: Sakaerat Environmental Research Station, Tambon Udomsup, Amphoe Wang Nam Kheo, Changwat Nakhon Ratchasima.
Elevation	: Approximately 531 m (MSL)
Map sheet number	: 5338 II-5337 I      Coordination: 47P 0814581 <sup>E</sup> , 160 4947 <sup>N</sup>
Landform	
1. Physiographic position	: Upper middle footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 8%      Aspect : 20 Azimuth
Land use	: Dry Evergreen Forest
Annual rainfall	: Approximately 1,222 mm
Mean temperature	: Approximately 27.0°C
Climate	: Tropical Savanna
Other	: -

**II General information on the soil**

Parent material	: Colluvium of sandstone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than > 200 cm at time of sampling

**III Profile description**

Horizon	Depth (cm)	Description
A	0-14	Reddish yellow (5YR 6/8); very fine sandy loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few very fine coated sands; many very fine and common fine vesicular pores; common very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to Bt1
Bt1	14-35	Yellowish red (5YR 5/8); very fine sandy loam; moderately weak and very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderate plastic; common faint clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; many very fine vesicular pores; common very fine and fine and medium roots; few traces of dead roots; A very large hole of termite nest lining vertically from Bt1 to Bt3; strongly acid (field pH 5.5); gradual and smooth boundary to Bt2
Bt2	35-60	Yellowish red (5YR 5/8); very fine sandy loam; moderate weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderate sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine, fine and few medium roots; few traces of dead roots; few medium angular stones of weathered sandstone, few small Fe-Mn oxide nodules; very strongly acid (field pH 5.0); gradual and smooth boundary to Bt3
Bt3	60-88/99	Yellowish red (5YR 5/8); very fine sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few very fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine, fine and common medium roots; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt and wavy boundary to Bt3
Btc1	88/99-120	Yellowish red (5YR 5/8); very gravelly very fine sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds and surfaces of Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands, common very fine and few fine vesicular pores; few very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; many fine to large Fe-Mn oxide nodules, many angular gravel of weathered sandstone; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Btc2
Btc2	120-142	Yellowish red (5YR 5/8); very gravelly very fine sandy clay; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds,

		surfaces of rock fragments and Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine and medium roots; many traces of dead roots; many fine to large Fe-Mn oxide nodules, many large angular gravel of weathered sandstone; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Btc3
Btc3	142-165	Yellowish red (5YR 5/8); very gravelly very fine sandy clay; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, surfaces of rock fragments and Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine and medium roots; few traces of dead roots; many fine to large Fe-Mn oxide nodules, many large angular gravel of weathered sandstone; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Btc4
Btc4	165-200+	Yellowish red (5YR 5/8); very gravelly very fine sandy clay; moderate fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderate sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, surfaces of rock fragments and Fe-Mn oxide nodules; few very fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine and medium roots; few traces of dead roots; many fine to large Fe-Mn oxide nodules, many large angular gravel of weathered sandstone; very strongly acid (field pH 5.0).

ตารางผนวกที่ 1 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ของดินบริเวณที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Hydraulic conductivity (cm hr <sup>-1</sup> )
		sand	silt	clay			
(-----g kg <sup>-1</sup> -----)							
<b>Secondary mixed deciduous forest (Skr-1)</b>							
0-10	A1	718	219	62	Sandy loam	1.26	5.39
10-22	A2	670	266	62	Sandy loam	1.42	6.69
22-41	Bt1	641	237	120	Sandy loam	1.51	4.87
41-60+	Btc	635	302	62	Sandy loam	1.58	9.23
<b>Dry dipterocarp forest (Skr-2)</b>							
0-11	A1	466	363	170	Loam	1.02	9.11
11-22	A2	320	350	329	Clay Loam	1.41	8.81
22-40	Bt	303	359	337	Clay Loam	1.50	39.53
<b>Dry dipterocarp forest (Skr-3)</b>							
0-17	A	549	225	225	Sandy clay loam	1.17	17.27
17-40	Bt	510	310	179	Loam	1.45	54.65
40-60	Btc	487	312	200	Loam	1.68	24.73
<b>Ecotone with dry dipterocarp mixed with dry evergreen species (Skr-4)</b>							
0-13	A1	447	314	208	Loam	1.15	23.93
13-29	A2	441	383	175	Loam	1.22	12.34
29-53	Bt1	402	309	287	Clay loam	1.43	6.88
53-79	Bt2	421	278	300	Clay loam	1.48	5.50
79-105	Bt3	400	330	269	Clay loam	1.52	2.88
<b>Secondary dry evergreen forest (Skr-5)</b>							
0-13	A1	461	480	58	Sandy loam	1.20	6.71
13-26	A2	386	463	150	Loam	1.18	4.62
26-44	Bt	382	433	183	Loam	1.30	2.38
44-70+	Btc	372	435	191	Loam	1.56	1.16

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m <sup>-3</sup> )	Hydraulic conductivity (cm hr <sup>-1</sup> )
		sand	silt	clay			
(-----g kg <sup>-1</sup> -----)							
<b>Secondary dry evergreen forest (Skr-6)</b>							
0-18	A	373	505	120	Silt loam	1.43	5.44
18-34	Bt1	365	326	308	Clay loam	1.48	2.07
34-55	Bt2	311	296	391	Clay loam	1.55	1.38
<b>Secondary dry evergreen forest (Skr-7)</b>							
0-11	A1	282	388	329	Clay loam	1.46	0.48
11-26	A2	331	431	237	Loam	1.49	0.34
26-48	Bt1	377	476	145	Loam	1.40	0.76
48-76	Bt2	305	402	291	Clay loam	1.49	3.95
76-109	Bt3	272	440	287	Clay loam	1.54	0.03
109-120	Btc1	304	382	312	Clay loam	1.57	0.41
120-148	Btc2	251	369	379	Clay loam	1.72	0.17
148-175+	Bvg	267	345	387	Clay loam	1.82	0.06
<b>Undisturbed dry evergreen forest (Skr-8)</b>							
0-14	A1	350	332	316	Clay loam	1.22	42.81
14-35	Bt1	310	368	320	Clay loam	1.45	17.00
35-60	Bt2	403	350	245	Loam	1.54	66.05
60-89/99	Bt3	240	626	133	Silt loam	1.43	8.96
88/99-120	Btc1	229	170	600	Clay	1.40	2.30
120-142	Btc2	254	241	504	Clay	1.64	2.68
142-165	Btc3	369	130	500	Clay	1.72	3.32
165-200+	Btc4	398	226	375	Clay loam	1.68	1.18

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในบริเวณที่ศึกษา

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total		Available			Extractable bases				Sum base	Extr. acidity	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl		N	P	K	Ca	Mg	K	Na	by sum	NH <sub>4</sub> OAc					
				(-----g kg <sup>-1</sup> -----)			(-----mg kg <sup>-1</sup> -----)			(-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----)								
<b>Secondary mixed deciduous forest (Skr-1)</b>																		
0-10	A1	5.5	4.7	32.16	1.33	0.17	40.6	5.39	1.77	0.10	0.50	7.77	2	9.76	10.50	79.4		
10-22	A2	5.0	3.7	7.22	0.49	0.09	17.8	0.76	0.69	0.05	0.37	1.87	4	5.86	4.50	32.7		
22-41	Bt1	5.1	3.6	6.88	0.42	0.11	17.9	0.46	0.51	0.05	0.17	1.19	6	7.19	9.25	16.6		
41-60+	Btc	5.2	3.6	8.60	0.56	0.07	22.3	0.77	0.08	0.06	0.17	1.08	4	5.08	10.25	21.3		
<b>Dry dipterocarp forest (Skr-2)</b>																		
0-11	A1	5.1	4.1	32.68	1.05	0.04	114.3	2.19	2.24	0.29	0.10	4.82	6	10.82	12.25	44.4		
11-22	A2	5.5	3.5	20.47	0.95	0.02	80.6	1.64	2.58	0.21	0.15	4.58	15	19.57	15.00	23.3		
22-40	Bt	5.2	3.4	14.45	0.81	0.03	54.4	1.37	2.08	0.14	0.14	3.72	12	15.72	15.25	23.6		
<b>Dry dipterocarp forest (Skr-3)</b>																		
0-17	A	4.7	3.7	29.58	1.75	0.15	12.1	0.37	0.10	0.06	0.16	4.82	15	19.82	16.30	4.4		
17-40	Bt	4.9	3.8	12.97	0.84	0.07	12.4	0.07	0.03	0.03	0.11	4.58	8	12.57	7.50	2.9		
40-60	Btc	5	3.2	11.28	0.70	0.06	10.3	0.11	0.03	0.03	0.21	3.72	11	14.72	9.00	3.3		

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total		Available			Extractable bases				Sum base	Extr. acidity	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl		N	P	K	Ca	Mg	K	Na	by sum				NH <sub>4</sub> OAc		
				(-----g kg <sup>-1</sup> -----)			(-----mg kg <sup>-1</sup> -----)			(-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----)								
<b>Ecotone with dry dipterocarp mixed with dry evergreen species (Skr-4)</b>																		
0-13	A1	4.7	3.7	29.24	1.19	0.12	38.3	0.69	0.43	0.10	0.13	1.35	10	11.34	9.50	11.8		
13-29	A2	4.8	3.6	18.23	0.91	0.07	21.9	0.76	0.08	0.06	0.10	0.99	9	9.99	8.25	9.9		
29-53	Bt1	5	3.6	12.73	0.49	0.07	14.9	0.56	0.08	0.04	0.31	0.99	5	5.98	6.50	16.5		
53-79	Bt2	5	3.5	6.88	0.42	0.06	12.1	0.52	0.08	0.03	0.20	0.82	6	6.81	5.25	11.9		
79-105	Bt3	4.9	3.4	4.13	0.35	0.05	11.8	0.39	0.08	0.03	0.18	0.68	7	7.67	4.75	8.7		
<b>Secondary dry evergreen forest (Skr-5)</b>																		
0-13	A1	4.8	4.1	23.74	0.77	0.15	126.5	1.90	1.56	0.32	0.32	4.10	23	27.10	13.50	15.0		
13-26	A2	4.8	3.4	19.61	1.05	0.07	62.3	0.31	0.61	0.16	0.24	1.31	7	8.31	8.50	15.8		
26-44	Bt	4.5	3.3	13.93	0.77	0.05	71.7	0.23	2.10	0.18	0.32	2.84	5	7.84	7.50	36.0		
44-70+	Btc	4.5	3.3	11.35	0.56	0.05	62.4	0.20	0.24	0.16	0.31	0.91	2	2.91	6.50	31.0		

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total		Available			Extractable bases			Sum base	Extr. acidity	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl		N	P	K	Ca	Mg	K	Na	by sum			NH <sub>4</sub> OAc		
				(-----g kg <sup>-1</sup> -----)			(-----mg kg <sup>-1</sup> -----)			(-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----)							
<b>Secondary dry evergreen forest (Skr-6)</b>																	
0-18	A	5.3	4.6	28.04	1.40	0.09	174.6	4.79	1.52	0.45	0.12	6.87	2	8.87	10.25	77.4	
18-34	Bt1	4.9	3.4	15.82	0.84	0.09	105.3	1.05	0.51	0.27	0.09	1.93	4	5.93	8.75	32.4	
34-55	Bt2	4.5	3.2	12.56	0.77	0.02	56.1	0.36	0.45	0.14	0.08	1.04	7	8.04	9.25	12.7	
<b>Secondary dry evergreen forest (Skr-7)</b>																	
0-11	A1	5.8	4.8	25.28	1.55	0.03	71.3	6.46	1.70	0.18	0.40	8.74	4	12.74	12.00	68.5	
11-48	A2	5.5	3.5	20.64	1.22	0.03	64.1	1.66	0.99	0.16	0.47	3.28	2	5.28	7.25	62.0	
26-48	Bt1	5.2	3.6	20.30	1.05	0.05	154.4	1.44	1.23	0.40	0.70	3.76	4	7.76	8.25	48.3	
48-76	Bt2	5.1	3.4	9.12	0.56	0.01	62.8	2.35	1.19	0.16	0.32	4.02	2	6.02	7.75	66.7	
76-109	Bt3	5	3.4	8.26	0.63	0.03	83.9	1.88	1.13	0.22	0.40	3.63	1	4.63	8.00	78.3	
109-120	Btc1	4.9	3.4	6.88	0.56	0.03	98.4	2.21	1.35	0.25	0.16	3.98	1	4.98	9.25	79.8	
120-148	Btc2	5.3	3.9	5.50	0.56	0.01	100.9	5.25	1.87	0.26	0.18	7.55	3	10.55	11.25	71.5	
148-175+	Bvg	5.6	4.6	6.54	0.49	0.01	85.9	6.24	1.75	0.22	0.44	8.64	2	10.64	11.25	81.1	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total		Available			Extractable bases				Sum base	Extr. acidity	CEC		BS (%)
		H <sub>2</sub> O	KCl		N	P	K	Ca	Mg	K	Na	by sum	NH <sub>4</sub> OAc					
				(-----g kg <sup>-1</sup> -----)			(-----mg kg <sup>-1</sup> -----)			(-----cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----)								
<b>Undisturbed dry evergreen forest (Skr-8)</b>																		
0-14	A1	4.5	3.5	31.30	1.47	0.08	51.3	0.28	0.26	0.13	0.19	0.86	10	10.86	13.50	7.8		
14-35	Bt1	4.5	3.5	26.83	0.98	0.05	19.1	0.05	0.08	0.05	0.07	0.26	7	7.26	8.75	3.4		
35-60	Bt2	4.5	3.6	18.40	1.23	0.07	62.5	0.46	0.70	0.16	0.33	1.65	9	10.65	7.25	15.4		
60-89/99	Bt3	4.7	3.5	9.98	0.56	0.02	27.8	0.04	0.03	0.07	0.20	0.34	7	7.34	8.00	4.6		
88/99-120	Btc1	5.5	3.6	5.85	0.28	0.01	47.8	0.04	0.03	0.12	0.72	0.92	8	8.92	7.75	10.2		
120-142	Btc2	5.9	3.5	5.68	0.35	0.02	26.9	0.05	0.03	0.07	0.28	0.43	6	6.43	9.75	6.7		
142-165	Btc3	6.3	3.6	3.44	0.21	0.03	19.9	0.07	0.04	0.05	0.56	0.72	11	11.72	6.75	6.1		
165-200+	Btc4	5.8	3.6	4.13	0.28	0.01	15.8	0.08	0.04	0.04	0.17	0.33	9	9.33	7.75	3.5		

ตารางผนวกที่ 3 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเบญจพรรณทุกติชภูมิ (Skr-1)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(0~30 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(30~60 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(60~100 cm) (g kg <sup>-1</sup> )
Skr-1	1	15.64	14.66	-	-
	2	30.97	9.19	1.96	-
	3	28.94	10.36	2.54	-
	4	30.97	10.95	3.23	-
	5	37.54	11.93	6.45	-
	6	28.15	15.95	4.69	-
	7	19.16	6.84	4.20	-
	8	15.64	12.71	3.52	-
	9	8.60	10.17	4.17	-
	10	16.03	12.51	3.98	-
	11	18.77	11.73	3.52	-
	12	19.16	16.89	4.11	-
	13	10.95	5.47	4.59	-
	14	6.26	8.60	9.93	-
	15	23.46	2.54	4.50	-
	16	19.55	16.19	5.18	-

ตารางผนวกที่ 4 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-2)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm)	(0~30 cm)	(30~60 cm)	(60~100 cm)
		(g kg <sup>-1</sup> )			
Skr-2	1	18.77	15.25	15.68	-
	2	22.68	15.02	15.85	-
	3	15.64	11.14	8.21	-
	4	25.81	15.60	16.03	-
	5	25.81	15.25	14.55	-
	6	16.03	15.25	13.10	-
	7	11.73	12.51	8.99	-
	8	17.20	15.25	-	-
	9	19.55	14.08	6.45	-
	10	14.08	13.49	10.56	-
	11	30.11	14.66	14.86	-
	12	28.62	16.97	15.02	-
	13	9.78	9.19	-	-
	14	13.69	15.05	8.60	-
	15	29.33	15.60	14.66	-
	16	29.33	16.15	14.66	-

ตารางผนวกที่ 5 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าเต็งรัง (Skr-3)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm)	(0~30 cm)	(30~60 cm)	(60~100 cm)
		(g kg <sup>-1</sup> )			
Skr-3	1	29.52	17.67	13.61	-
	2	33.55	16.77	15.66	-
	3	32.65	19.23	13.98	-
	4	27.58	13.23	14.16	-
	5	24.97	16.03	11.18	-
	6	24.23	17.22	9.38	-
	7	24.23	16.33	11.37	-
	8	20.13	15.66	10.10	-
	9	25.72	15.47	12.30	-
	10	19.38	16.21	12.49	-
	11	35.34	19.01	8.23	-
	12	10.74	12.52	10.61	-
	13	25.35	13.05	7.35	-
	14	21.25	18.88	16.10	-
	15	28.63	17.89	9.23	-
	16	23.48	18.66	14.91	-

ตารางผนวกที่ 6 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้พื้นที่ร่อยต่อ (Skr-4)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(0~30 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(30~60 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(60~100 cm) (g kg <sup>-1</sup> )
Skr-4	1	28.15	18.34	5.47	-
	2	4.93	18.46	8.60	5.87
	3	31.75	17.79	8.02	7.82
	4	19.94	13.29	7.43	-
	5	18.38	11.93	6.06	-
	6	28.15	18.06	7.82	3.71
	7	24.24	18.06	8.41	4.11
	8	18.77	13.49	6.84	6.06
	9	14.86	18.30	9.78	8.41
	10	20.72	19.00	11.73	4.30
	11	25.03	18.53	9.97	6.26
	12	18.38	10.17	5.28	3.71
	13	15.64	15.84	7.82	6.26
	14	31.28	15.64	8.21	6.06
	15	18.77	14.55	7.23	-
	16	17.99	15.45	8.02	-

ตารางผนวกที่ 7 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-5)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(0~30 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(30~60 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(60~100 cm) (g kg <sup>-1</sup> )
Skr-5	1	26.72	13.36	12.00	-
	2	27.11	16.07	8.13	-
	3	24.01	16.81	11.04	-
	4	18.59	14.71	10.65	-
	5	28.27	14.17	14.66	-
	6	25.17	12.58	7.94	5.03
	7	29.43	15.72	14.13	4.65
	8	22.85	18.12	8.13	-
	9	22.46	16.50	7.74	4.65
	10	24.01	17.66	6.97	-
	11	17.04	13.75	8.13	-
	12	22.07	16.26	7.55	-
	13	24.01	16.50	4.65	-
	14	28.27	16.26	7.65	-
	15	24.39	10.84	6.39	-
	16	24.01	14.87	6.00	3.29

ตารางผนวกที่ 8 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-6)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm)	(0~30 cm)	(30~60 cm)	(60~100 cm)
		(g kg <sup>-1</sup> )			
Skr-6	1	23.93	15.27	7.60	-
	2	26.97	17.47	10.45	-
	3	24.34	16.49	10.07	-
	4	25.07	17.02	13.29	-
	5	21.65	10.45	6.46	-
	6	22.03	16.64	12.34	-
	7	19.37	15.19	11.59	-
	8	28.10	17.28	13.10	-
	9	21.22	15.57	14.43	-
	10	24.23	13.86	11.21	-
	11	26.21	14.36	9.31	-
	12	30.77	13.29	12.34	-
	13	26.33	18.46	10.26	-
	14	23.44	15.57	11.78	-
	15	17.67	16.22	8.93	-
	16	27.23	15.95	5.70	-

ตารางผนวกที่ 9 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งพื้นที่ฟู (Skr-7)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(0~30 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(30~60 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(60~100 cm) (g kg <sup>-1</sup> )
Skr-7	1	15.72	10.93	5.94	3.83
	2	19.94	8.63	6.65	4.41
	3	19.94	14.19	6.90	-
	4	32.21	15.84	9.59	-
	5	23.78	16.11	7.09	6.71
	6	26.08	14.00	8.82	8.63
	7	19.17	10.55	5.37	-
	8	27.23	14.76	8.82	6.71
	9	23.78	15.42	7.09	3.64
	10	21.86	9.97	7.48	4.22
	11	30.68	14.04	7.48	4.22
	12	21.86	8.44	8.25	6.52
	13	18.79	10.74	6.71	5.75
	14	23.01	16.11	8.25	6.52
	15	23.93	16.11	10.74	6.71
	16	25.69	13.23	8.63	-

ตารางผนวกที่ 10 ค่าความแปรปรวนของคาร์บอนอินทรีย์ในดินภายใต้ป่าดิบแล้งไม่ถูกรบกวน  
(Skr-8)

Area	Point sample	Surface soil	Topsoil	Subsoil	Subsoil
		(0-5 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(0~30 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(30~60 cm) (g kg <sup>-1</sup> )	(60~100 cm) (g kg <sup>-1</sup> )
Skr-8	1	15.27	15.00	8.36	5.13
	2	15.27	29.17	9.88	-
	3	30.54	15.04	6.27	4.56
	4	28.72	15.04	7.79	3.80
	5	37.83	14.62	10.26	4.37
	6	33.73	16.18	5.32	4.43
	7	16.18	18.82	8.91	6.27
	8	26.59	15.68	4.65	3.29
	9	17.42	18.59	7.94	3.48
	10	15.50	11.97	6.78	4.94
	11	37.83	18.23	13.67	4.94
	12	19.28	15.10	7.55	3.68
	13	36.47	18.59	10.26	7.74
	14	36.47	19.14	12.16	-
	15	28.72	19.14	6.46	5.51
	16	36.92	18.92	13.29	5.13

ตารางผนวกที่ 11 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

คำเรียกทั่วไป	ลักษณะเนื้อดิน	ชั้นเนื้อดินต่าง ๆ (texture classes)
ดินทราย (sandy soils)	เนื้อหยาบ (coarse textured)	ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายละเอียดมาก) ทรายปนดินร่วน ชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบปนดินร่วน ทรายปนดินร่วน ทรายละเอียดปนดินร่วน และทรายละเอียดมากปนดินร่วน)
ดินร่วน (loamy soils)	เนื้อดินหยาบปานกลาง (moderately coarse-textured)	ดินร่วนปนทรายหยาบ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายละเอียด
	เนื้อปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง
	เนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured)	ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
ดินเหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทราย แป้งและดินเหนียว

ตารางผนวกที่ 12 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน  
(นงคราญ, 2529; O'Neal, 1952)

Soil properties	Range	Rating
Bulk density ( $\text{Mg m}^{-3}$ )	< 1.2	Very low
	1.2-1.4	Low
	1.4-1.6	Moderate
	1.6-1.8	Moderately high
	1.8-2.0	High
	>2.0	Very high
Saturated hydraulic conductivity ( $\text{cm h}^{-1}$ )	<0.125	Very slow
	0.125-0.50	Slow
	0.50-2.00	Moderately slow
	2.00-6.25	Moderate
	6.25-12.50	Moderately rapid
	12.50-25.00	Rapid
	> 25.00	Very rapid

ตารางผนวกที่ 13 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมีของดิน (เอิบ, 2547; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

Soil properties	Range	Rating
Soil pH (1:1 Soil: H <sub>2</sub> O)	< 3.5	Ultra acid
	3.5-4.4	Extremely acid
	4.5-5.0	Very strongly acid
	5.1-5.5	Strongly acid
	5.6-6.0	Moderately acid
	6.1-6.5	Slightly acid
	6.6-7.3	Neutral
	7.4-7.8	Slightly alkaline
	7.9-8.4	Moderately alkaline
	8.5-9.0	Strongly alkaline
	> 9.0	Very strongly alkaline
Organic matter (g kg <sup>-1</sup> )	< 5	Very low
	5-10	Low
	10-15	Moderately low
	15-25	Moderate
	25-35	Moderate high
	35-45	High
	> 45	Very high
Total nitrogen (g kg <sup>-1</sup> )	< 1.0	Very low
	1.0-2.0	Low
	2.0-5.0	Moderately
	5.0-7.5	High
	> 7.5	Very high
Available P by Bray II (mg kg <sup>-1</sup> )	< 3	Very low
	3-6	Low
	6-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-25	Moderate high
	25-45	High
> 45	Very high	
Available K by NH <sub>4</sub> OAc (mg kg <sup>-1</sup> )	< 30	Very low
	30-60	Low
	60-90	Moderately
	90-120	High
	> 120	Very high

## ตารางผนวกที่ 13 (ต่อ)

Soil properties	Range	Rating
Extractable bases (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) Ca	< 2.0	Very low
	2-5	Low
	5-10	Moderately
	10-20	High
	> 20	Very high
Mg	< 0.3	Very low
	0.3-1.0	Low
	1.0-3.0	Moderately
	3.0-8.0	High
	> 8.0	Very high
K	< 0.2	Very low
	0.2-0.3	Low
	0.3-0.6	Moderately
	0.6-1.2	High
	> 1.2	Very high
Na	< 0.1	Very low
	0.1-0.3	Low
	0.3-0.7	Moderately
	0.7-2.0	High
	> 2.0	Very high
Sum bases	< 2.6	Very low
	2.6-6.6	Low
	6.6-14.3	Moderately
	14.3-31.2	High
	> 31.2	Very high
CEC by NH <sub>4</sub> OAC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	<3	Very low
	3-5	Low
	5-10	Moderately low
	10-15	Moderately
	15-20	Moderately high
	20-30	High
	>30	Very high
%Base saturation	<35	Low
	35-75	Moderately
	>75	High
Extractable acidity (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	<1	Very low
	1-2	Low
	2-5	Moderate
	5-10	Moderately high
	10-20	High
	>20-30	Very high

## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ	นางสาววรรณัทธ์ สนกันหา
เกิดวันที่	17 กุมภาพันธ์ 2530
สถานที่เกิด	จังหวัดเพชรบูรณ์
ประวัติการศึกษา	ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วนศาสตร์) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (บางเขน)
ตำแหน่งปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนสำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช) กลุ่มเรื่อง ภาวะโลกร้อนและพลังงานทางเลือก