



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิซอลส์ที่ดอนในประเทศไทย

Genesis and Factor Affecting Smectite Formation of Upland Vertisols in Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวกนกกรณ์ เหมทานนท์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรัตน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พินุลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิซอลส์ที่ดอนในประเทศไทย

Genesis and Factor Affecting Smectite Formation of Upland Vertisols in Thailand

โดย

นางสาวกนกกรณ์ เหมทานนท์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2552

กกรณ 2552: การกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสมกไทต์ของเวอร์ทิซอลส์ที่ตอนในประเทศไทย ปรินญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรัตน์, Ph.D. 176 หน้า

การศึกษาการกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสมกไทต์ของเวอร์ทิซอลส์ที่ตอนในประเทศไทย ทำการศึกษาโดยใช้ดินตัวแทน 7 บริเวณ ในที่ราบภาคกลางและเทือกเขาสูงตอนกลาง วิธีการศึกษาประกอบด้วย การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมและวิเคราะห์ฟีดคอนของดินในสนาม วิเคราะห์ตัวอย่างดินทางกายภาพ เคมี แร่วิทยา และจุลสัณฐานวิทยา ในห้องปฏิบัติการโดยวิธีมาตรฐาน

ผลการศึกษาพบว่า ดินมีปริมาณดินเหนียว 316-910 กรัมต่อกิโลกรัม ในระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นสูงมาก ($COLE = 0.09-0.28$) ดินเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างจัด ($pH\ 7.4-8.7$) ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ($2.0-30.3\ g\ kg^{-1}$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ($0.1-21.1\ mg\ kg^{-1}$) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงสูงมาก ($18-126\ mg\ kg^{-1}$) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับสูง (76-98%) มีสมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลักในอนุภาคนาโนดินเหนียวในปริมาณสูงถึงสูงมาก (ประมาณ 40 ถึง >60%) มีแคลไซต์ เวอร์มิคิวไลต์ ควอตซ์และเกอไทต์ในปริมาณเล็กน้อยถึงน้อย ในกลุ่มอนุภาคนาโนทรายแป้ง พบควอตซ์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก มีเฟลด์สปาร์ในปริมาณเล็กน้อยถึงปานกลาง และพบแคลไซต์ในดินบางบริเวณ ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยา พบชิ้นส่วนของหินต้นกำเนิด พบก้อนทรงมนของคาร์บอนेट และเหล็กออกไซด์ ดินจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Haplusterts

ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของดินที่ศึกษา แสดงว่า สมกไทต์เกิดจากการเปลี่ยนสภาพ (transformation) จากแร่อื่น ๆ และบางส่วนเกิดขึ้นใหม่ (neoformation) ปัจจัยสำคัญในการสร้างตัวของสมกไทต์ในเวอร์ทิซอลส์เหล่านี้คือ การมีวัตถุดิบกำเนิดเป็นหินปูน หินแอนดีไซต์ หินบะซอลต์ และหินเนื้อปูน เมื่อสลายตัวแล้วให้แมกนีเซียมและเหล็กค่อนข้างสูง สภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,207 มิลลิเมตรต่อปี มีช่วงเปียกและแล้งสลับกันชัดเจน สภาพการนำน้ำเข้ามา การชะละลายแคลไออนภายในหน้าตัดดินต่ำ พีเอชดินสูง ความจุแลกเปลี่ยนแคลไออนและปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก อัตราส่วนระหว่างซิลิกาต่ออะลูมินาสูง มีเหล็กออกไซด์สูง มีแร่เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ เกอไทต์ เป็นแหล่งของ Ca, Mg, Na, K และ Fe สำหรับการสร้างตัว และคงสภาพของสมกไทต์ในดิน สมกไทต์สัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดิน ($R^2 = 0.53$) ความจุแลกเปลี่ยนแคลไออน ($R^2 = 0.54$) และปริมาณเบสรวม ($R^2 = 0.43$) ทำให้ดินมีสมกไทต์เป็นดินที่อุดมสมบูรณ์ แต่มีส่วนทำให้เกิดปัญหาทางกายภาพของดินบางประการ มีผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน การรู้จักสมบัติของดิน มีส่วนช่วยให้การใช้และการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

Kokkorn Hemtanon 2009: Genesis and Factor Affecting Smectite Formation of Upland Vertisols in Thailand. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Professor Irb Kheoruenromne, Ph.D. 176 pages.

A study on genesis and factor affecting smectite formation of upland Vertisols in Thailand was carried out on seven representative locations of soils in Central Plain and Central Highlands. Methods of study included analysis of soil environments, field morphology and laboratory analyses of soil samples on their physical, chemical and mineralogical properties and micromorphological characteristics according to standard methods.

Results of the study revealed that these Vertisols have clay content of 316 to 910 grams per kilogram within 18-50 cm depth, very high coefficient of linear extensibility ($COLE = 0.09-0.28$), slightly to strongly alkaline ($pH\ 7.4-8.7$), very low to moderately high available phosphorus ($0.1-21.1\ mg\ kg^{-1}$), very low to very high available potassium ($18-126\ mg\ kg^{-1}$), high base saturation percentage (76-98%). Smectite is the dominant mineral (approx. 40 to >60%) of the clay fraction with traces of kaolinite, vermiculite, quartz and goethite. Quartz dominates minerals of the silt fraction with trace to moderate amount of feldspar, and calcite can be detected in some soils. Residual parent rock fragments, carbonate and iron oxide nodules are the dominant micromorphological features of the soils. Taxonomically, these soils are Haplusterts.

Analyses based on these characteristics of Vertisols indicate that smectite can be formed by transformation of other phyllosilicates and neoformation. The important factors affecting smectite formation in these Vertisols include parent materials that derived from limestone, andesite, basalt and calcareous rocks that weathered and released slightly high amount of magnesium and iron, tropical savanna climate with mean annual precipitation of 1,207 mm, distinct wet and dry cycles, very low hydraulic conductivity, low leaching of cations in soil profiles, high pH, high to very high CEC, high to very high bases, high SiO_3/Al_2O_3 ratios and high iron oxides. Feldspar, calcite and goethite are important sources of Ca, Mg, Na, K and Fe ions, for formation and stability of smectite in the soils. Smectite correlates with $COLE$ ($R^2 = 0.53$), CEC ($R^2 = 0.54$) and sum bases ($R^2 = 0.43$) in these soils. The presence of smectite positively affects soil fertility but can pose some physical limitation on land uses. The understanding on intrinsic properties of these soil can help promote more effective land uses and land use planning.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ความสำเร็จทางการศึกษาในครั้งนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ศ. ดร. เอิบ เขียวรัตน์รมณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ. ดร. อัญชลี สุทธิประการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งเป็นผู้ที่ให้โอกาส ให้ความรู้ ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงตรวจทานและแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์ ขอขอบพระคุณ ผศ. ดร. สุเทพ ทองแพ ประธานการสอบ รศ. ดร. อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้คำแนะนำและแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณคณาจารย์ของภาควิชาปรัชญาพิทยาสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้เพิ่มพูนความรู้ทางด้านปรัชญาพิทยาสถา

ขอขอบพระคุณ ดร. วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล อ. ประมวลพงษ์ สันธุเสน และเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินทุกท่าน สำหรับความช่วยเหลือทางด้านแร่วิทยา และจุลทรรศน์วิทยา

ขอขอบคุณ พี่ณัฐพล จิตมาตย์ สำหรับคำแนะนำ และความช่วยเหลือในส่วนต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบคุณ พี่จุฑามาศ แก้วมโน พี่วรชาติ วิสวพิพัฒน์ พี่ทิมทอง ธรรมสนธิยา สำหรับความช่วยเหลือในการสำรวจพื้นที่ และเก็บตัวอย่างดิน ขอขอบคุณพี่ฐนันทน์ เจริญชาศรี พี่ชัยภัทร และน้ำสมคิด สำหรับความช่วยเหลือในห้องปฏิบัติการ ขอขอบคุณพี่กมลวรรณ เหล่าพูลกิจ สำหรับคำพูดและข้อความที่ทำให้กำลังใจ ขอขอบคุณ คารากร อัคราศศรี และบุษยรัตน์ หมอกมัว ที่เข้ามาร่วมทุกข์ร่วมสุขด้วยกัน ช่วยเหลือกัน และขอขอบคุณทุก ๆ คน ที่มีส่วนร่วมทำให้ห้อง ป 412 มีสีสัน สนุก ขอขอบคุณเพื่อน พี่ น้อง ปรัชญาพิทยาสถาทุกคน ที่คอยให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ เรื่อง

ขอขอบพระคุณ พ่อศิริ แม่วยพร เหมทานนท์ ที่เปิดโอกาสทางการศึกษา สนับสนุน ให้ความรัก ความไว้วางใจ และคอยรับฟังปัญหา จนลูกทำหน้าที่สำเร็จ ขอขอบพระคุณ ยาย ย่า ลุง และป้า ที่คอยห่วงใยหลานคนนี้ ขอขอบใจ อวน อม ที่ทำตัวเป็นน้องชายที่ดีของพี่มาโดยตลอด

กนกกรณ์ เหมทานนท์

กันยายน 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	20
ผลและวิจารณ์	31
สรุปและข้อเสนอแนะ	110
สรุป	110
ข้อเสนอแนะ	113
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	115
ภาคผนวก	130
ภาคผนวก ก คำอธิบายหน้าตัดดิน	131
ภาคผนวก ข คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน	144
ภาคผนวก ค ตารางผนวกและภาพผนวก	154
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	176

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สูตรอุณหภูมิตามเคมีของสเมกไทต์	5
2	การจำแนกดินในอันดับเวอร์ทิสอลส์ที่ดอนของประเทศไทยตามระบบ อนุกรมวิธานดิน ปี ค.ศ. 2003	18
3	ลักษณะทั่วไปของดินที่ทำการศึกษา	33
4	สภาพแวดล้อมทั่วไปของดินที่ทำการศึกษา	33
5	ลักษณะพื้นฐานของดินในบริเวณที่ทำการศึกษา	34
6	จุดพื้นฐานวิทยาของดินที่ทำการศึกษา	57
7	องค์ประกอบทางเคมีรวมในดินที่ทำการศึกษา	98
8	ชนิดและปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว และกลุ่ม อนุภาคทรายแป้งของดินที่ทำการศึกษา	102
ตารางผนวกที่		
ค1	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ที่ทำการศึกษา	155
ค2	สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา	159
ค3	สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา	160
ค4	ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ที่สกัดด้วย ไคโรโอไนต์-ซีเทรต- ไบคาร์บอเนต ออกซาเลต และไฟโรฟอสเฟตของดินที่ทำการศึกษา	162
ค5	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	163
ค6	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความ อุดมสมบูรณ์ของดิน	164
ค7	เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแอมเปลี่ยนได้	167
ค8	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	168
ค9	ระดับชั้นของสภาพน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	168
ค10	สมบัติของดินทั่วไปเปรียบเทียบกับดินเค็ม ดินโซดิก และดินเค็มโซดิก	169

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

ก11	X-ray diffraction spacing obtained from (001) planes of layer-silicate species as related to sample treatment	170
-----	---	-----

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ขอบเขตบริเวณที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง	28
2 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ปริมาณการคายระเหยของน้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2551 ของจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี	29
3 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 1	32
4 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 2	43
5 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 3	45
6 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 4	47
7 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 5	49
8 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 6	51
9 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 7	54
10 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 1	61
11 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 2	63
12 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 3	64
13 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 4	66
14 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 5	68
15 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 6	70
16 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 7	71
17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	75
18 การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วน โดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวของดินที่ทำการศึกษา	76
19 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพน้ำของดินกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	77
20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดิน (ก) สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	79

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
21	ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และพีเอชดินที่วัดในโพแทสเซียมคลอไรด์ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	81
22	ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการนำไฟฟ้าของดินกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	82
23	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	83
24	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	85
25	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	87
26	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	89
27	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และปริมาณอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	91
28	ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d), ammonium oxalate (Fe_o) และ sodium pyrophosphate (Fe_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำหนดดินที่ทำการศึกษา	93
29	ความสัมพันธ์ระหว่างอะลูมิเนียมที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Al_d), ammonium oxalate (Al_o) และ sodium pyrophosphate (Al_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำหนดดินที่ทำการศึกษา	95
30	ความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Mn_d), ammonium oxalate (Mn_o) และ sodium pyrophosphate (Mn_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำหนดดินที่ทำการศึกษา	96
31	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียว (g kg^{-1}) กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดินที่ทำการศึกษา	105

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียว (g kg^{-1}) กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol kg^{-1}) ของดินที่ทำการศึกษา	106
33	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียว (g kg^{-1}) กับปริมาณเบสรวม (cmol kg^{-1}) ของดินที่ทำการศึกษา	106
ภาพผนวกที่		
ก1	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของพีคตอน 1 ชั้น Apk ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร	171
ก2	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของพีคตอน 1 ชั้น Bssk2 ช่วงความลึก 70-93 เซนติเมตร	171
ก3	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคตอน 2 ชั้น Bss2 ช่วงความลึก 80-110 เซนติเมตร	172
ก4	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคตอน 3 ชั้น Apk ช่วงความลึก 0-20 เซนติเมตร	172
ก5	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคตอน 4 ชั้น Btk2 ช่วงความลึก 40-60 เซนติเมตร	173
ก6	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคตอน 5 ชั้น Btc ช่วงความลึก 40-40/70 เซนติเมตร	173
ก7	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคตอน 6 ชั้น Btc1 ช่วงความลึก 45-75 เซนติเมตร	174
ก8	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคตอน 7 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร	174
ก9	กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของพีคตอน 1 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร	175

การกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิซอลส์ที่ดอนในประเทศไทย

Genesis and Factor Affecting Smectite Formation of Upland Vertisols in Thailand

คำนำ

เวอร์ทิซอลส์ (Vertisols) มาจากรากศัพท์ *Vertere* ในภาษาละติน ซึ่งแปลว่า turn (กลับหน้าดินตามธรรมชาติ) (Deckers *et al.*, 2001) มีพื้นที่ประมาณ 310 ล้านเฮกตาร์ หรือประมาณร้อยละ 2.4 ของพื้นที่โลก มีการแจกกระจายอยู่ตามทวีปต่าง ๆ ยกเว้นทวีปแอนตาร์กติกา (Buol *et al.*, 2003; Özsoy and Aksoy, 2007; Brady and Weil, 2008) สำหรับในประเทศไทยดินอันดับนี้ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 336,500 เฮกตาร์ หรือประมาณร้อยละ 0.65 ของพื้นที่ทั้งประเทศ พบมากในบริเวณที่ราบภาคกลาง เทือกเขาสูงตอนกลางของประเทศ และพบได้ในบางบริเวณของภาคเหนือ ภาคตะวันตก และในบริเวณที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (Panichapong, 1982; Vijarnsorn, 1982) เวอร์ทิซอลส์เป็นดินเหนียวสีคล้ำ มีปริมาณดินเหนียว 300 กรัมต่อกิโลกรัมขึ้นไป ที่ระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร เป็นดินที่ยึดหดตัวได้สูง ทำให้ผิวหน้าดินแตกระแหงในช่วงฤดูแล้ง ในช่วงที่ฝนตกวัสดุดินด้านบนจะตกลงไปตามร่องระแหงที่แตกทำให้เกิดการผสมกันระหว่างดินบนและดินล่าง (self mulching) ผิวหน้าของสภาพภูมิประเทศมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ (gilgai) เป็นความต่างระดับจุลภาค ประกอบด้วยเนินและแอ่งขนาดเล็กสลับกัน และพบรอยไถล (slickenside) หรือก้อนดินมีลักษณะคล้ายลิ้ม ผิวเรียบเป็นมัน ภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดิน กระบวนการหลักทางดินได้แก่ การเกิดชั้นน้อย (haploidization) เนื่องจากการรบกวนของดินเหนียว (argillipedoturbation) (Borchardt, 1989; Buol *et al.*, 2003; Soil Survey Staff, 2006; Miller *et al.*, 2007; Moeyersons *et al.*, 2006; Özsoy and Aksoy, 2007; Brady and Weil, 2008)

เวอร์ทิซอลส์ยึดและหดตัวได้เนื่องจากประกอบไปด้วยแร่ที่มีความสามารถในการยึดและหดตัวได้สูง ได้แก่ แร่ในกลุ่มสเมกไทต์ ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวในกลุ่มฟิโลซิลิเกต มีโครงสร้างพื้นฐานแบบ 2:1 ประกอบด้วยแผ่น tetrahedral 2 แผ่น และแผ่น octahedral 1 แผ่น โดยแผ่น octahedral จะใช้ออกซิเจนร่วมกันกับแผ่น tetrahedral อีก 2 แผ่น การจำแนกชนิดของแร่ในกลุ่มสเมกไทต์พิจารณาจากการแทนที่ของแคตไอออนทั้งในแผ่น octahedral และ tetrahedral และสมบัติที่แตกต่างกันเนื่องจากการแทนที่ รวมทั้งองค์ประกอบที่แตกต่างกัน สเมกไทต์ที่พบในดินส่วนใหญ่คือ มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) และไบเบลไลต์ (beidellite) ซึ่งการกำเนิดหรือการ

สร้างตัวของแร่สเมกไทต์เกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ เกิดการตกค้าง (inheritance) จากวัตถุดิบกำเนิด เช่น หินดินดาน การเปลี่ยนสภาพ (transformation) จากแร่ในกลุ่มฟิลาซิลิเกตชนิดอื่น เช่น ไมกา และการเกิดขึ้นใหม่ (neoformation) เมื่อสภาพแวดล้อมทางดินเหมาะสม (Churchman, 2000; Reid and Ulery, 2002) แม้ว่าสเมกไทต์สามารถพบได้ในดินหลายชนิด แต่จะพบมากในเวอร์ทิซอลล์ และเป็นลักษณะเชิงแร่เด่นในดินอันดับนี้ (Soil Survey Staff, 1999; Nabiollahy *et al.*, 2006; Pal *et al.*, 2009)

ปัจจัยที่มีผลต่อการสร้างตัวของสเมกไทต์ประกอบไปด้วยการมีวัตถุดิบกำเนิดที่สลายตัวแล้วให้แคลไออนสภาพเบสแก่ระบบดิน เช่น วัตถุดิบกำเนิดที่มาจาก มาร์ล หินเนื้อปูน หินปูน หินดินดาน หินแปรหรือหินอัคนีที่เป็นเบสโดยธรรมชาติ (Blokhuys, 2006; Grunwald and Jung, 2008) โดยสเมกไทต์สามารถสร้างตัวขึ้นได้ในสภาพภูมิอากาศที่หลากหลาย แต่ส่วนใหญ่มักสร้างตัวขึ้นในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน บริเวณที่มีฤดูกาลแตกต่างกันชัดเจน มีช่วงเปียกและแห้งสลับกัน (Uehara and Gillman, 1981; Blokhuys, 2006) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 500-1,300 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งไม่มากพอที่จะชะละลายแคลไออนต่าง ๆ ออกไปจากระบบดิน (กิจจา, 2529; พิเศษฐ์, 2531; Lee *et al.*, 2003; Bhattacharyya *et al.*, 1993) สภาพภูมิประเทศที่เหมาะสมเป็นพื้นที่ที่มีการระบายน้ำเร็ว มีการชะละลายภายในหน้าตัดดินน้อย มักเป็นพื้นที่ลุ่มที่ผิวหน้า แต่อาจสร้างตัวขึ้นในสภาพภูมิประเทศที่มีการระบายน้ำดี เช่น บริเวณที่เป็นไหล่เขา (Hseu *et al.*, 2007) ได้ หากมีปริมาณแคลไออนสภาพเบสเหมาะสม (Borchardt, 1989; Churchman, 2000)

โดยทั่วไปดินมีสเมกไทต์เป็นแร่หลักเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื่องจากสามารถดูดซับธาตุที่มีแคลไออนเช่น โพแทสเซียมและแอมโมเนียม เป็นที่เก็บสะสมธาตุอาหารพืช เช่น ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม เป็นต้น และสามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืชหรือโลหะหนัก ทำให้ถูกตรึงไว้ไม่ให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม (Borchardt, 1989) ได้ แต่การที่ดินมีสเมกไทต์เป็นองค์ประกอบ ทำให้เกิดปัญหาอื่น ทั้งในด้านเคมีและกายภาพ เช่น ปฏิกิริยาดินสูง ส่งผลต่อการละลายของธาตุอื่น ดินเหนียวจัดเป็นอุปสรรคต่อการไถพรวน ผิวหน้าดินแตกกระแหง ส่งผลให้รากพืชฉีกขาด จากสมบัติในด้านต่าง ๆ ของเวอร์ทิซอลล์ ทำให้มีความสนใจแร่สเมกไทต์ว่าเกิดมาได้อย่างไร และจากที่กล่าวมาแล้วว่าสเมกไทต์มักเกิดในบริเวณที่ลุ่ม การระบายน้ำเร็ว ทำให้สนใจที่จะศึกษาถึงปัจจัยที่ส่งผลให้เกิดสเมกไทต์ในดิน ในสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ดอนขึ้น

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และแร่วิทยาของเวอร์ทิคอลส์ที่ดอนในประเทศไทย
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสเมกไทต์กับสมบัติของเวอร์ทิคอลส์ที่ดอนในประเทศไทย
3. เพื่อวิเคราะห์การกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิคอลส์ที่ดอนในประเทศไทย

การตรวจเอกสาร

1. การกำเนิดของแร่ดินเหนียว

แร่ดินเหนียว (clay minerals) หมายถึงแร่กลุ่มอะลูมิโนซิลิเกต ซึ่งส่วนใหญ่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร มีโครงสร้างเป็นแผ่น โดยจะประกอบไปด้วยแผ่นซิลิกาและแผ่นอะลูมินาซ้อนกันแบบ 1:1 หรือ 2:1 มีทั้งขยายตัวได้และขยายตัวไม่ได้ แร่ดินเหนียวที่พบได้ในดินเขตร้อนมักประกอบด้วย แร่กลุ่มเคโอลิน สเมกไทต์ อิลไลต์ เวอร์มิคิวไลต์ คลอไรต์ รวมทั้งแอลโลเฟนและแร่ธาตุอื่น เมื่อศึกษาแร่ดินเหนียวเหล่านี้โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะพบว่าแร่มีรูปร่างเรขาคณิตแตกต่างกัน อาจเป็นแผ่นยาว เป็นเส้น เป็นหลอดหรือเป็นท่อ (อัญชลี, 2534; คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Olson *et al.*, 2000)

แร่ดินเหนียวแต่ละชนิดมีสภาพแวดล้อมและกระบวนการในการเกิดแตกต่างกัน กระบวนการหลัก ได้แก่ การเกิดขึ้นใหม่ (neoformation) และการเปลี่ยนรูป (transformation หรือ alteration) แร่ดินเหนียวสามารถสร้างผลึกขึ้นมาใหม่ได้จากสารละลายในสภาพแวดล้อมที่มีการผูกพันอยู่กับที่ เช่น เคโอลิไนต์เกิดขึ้นได้ในสภาพที่เป็นกรด สเมกไทต์เกิดขึ้นได้ในสภาพที่เป็นด่าง ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอย่างอื่นด้วย เช่น สเมกไทต์นอกจากจะเกิดในสภาพด่างแล้ว ในสารละลายนั้นจะต้องมีแมกนีเซียมสูง การชะละลายต่ำ เพื่อไม่ให้ไอออนที่จำเป็นต่อการสร้างตัวของสเมกไทต์ถูกชะละลายออกไป จึงพบสเมกไทต์ได้มากในดินเวอร์ทิซอลล์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมเหมาะสม เพราะฉะนั้นชนิดของแร่ดินเหนียวที่จะเกิดขึ้นอยู่กับไอออนในสารละลายหลังจากเกิดการผูกพันอยู่กับที่ และอีกกระบวนการหนึ่งคือ แร่ดินเหนียวอาจเปลี่ยนรูปจากแร่ดินเดียวชนิดหนึ่งไปเป็นอีกชนิดหนึ่งได้ โดยที่โครงสร้างหลักไม่เปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนรูปของมัสโคไวต์ไปเป็นอิลไลต์ ซึ่งมัสโคไวต์มีโครงสร้างแบบ 2:1 ที่ไม่ขยายตัว เมื่อเกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมและอะลูมิเนียมจะเปลี่ยนเป็นอิลไลต์ โดยที่โครงสร้างยังคงเป็น 2:1 เช่นเดิม และเมื่อการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมยังคงดำเนินต่อไป แมกนีเซียมแทนที่อะลูมิเนียมบางตัวในแผ่นอะลูมินา ก็จะทำให้เกิดสเมกไทต์ขึ้นได้ (เทียนชัย, 2539; Churchman, 2000; Brady and Weil, 2008)

2. การกำเนิดของสเมกไทต์

สเมกไทต์เป็นกลุ่มของแร่ดินเหนียวที่มีความสำคัญ พบได้ทั้งในดินและในตะกอนต่าง ๆ เป็นแร่ซิลิเกตที่ขยายตัวได้ จัดอยู่ในกลุ่มแรฟิลาซิลิเกต (phyllosilicate) มีโครงสร้างพื้นฐานเป็น

แบบ 2:1 แผ่น octahedral จะใช้ออกซิเจนร่วมกันกับแผ่น tetrahedral อีก 2 แผ่น ในหนึ่งหน่วยสูตรของสมกไทต์มีประจุ ตั้งแต่ 0.20-0.60 การจำแนกชนิดของแร่ในกลุ่มสมกไทต์พิจารณาจากการแทนที่ของแคตไอออนทั้งในแผ่น octahedral และ tetrahedral และสมบัติที่แตกต่างกันเนื่องจากการแทนที่ รวมทั้งองค์ประกอบที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับโครงสร้างพื้นฐานของแร่ไพโรฟิลไลต์ ซึ่งจัดเป็นแบบ dioctahedral และแร่ทัลค์ ซึ่งจะเป็นแบบ trioctahedral

สมกไทต์จำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม สมกไทต์ที่อยู่ในกลุ่ม dioctahedral ได้แก่ มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ไบเดลไลต์ (beidellite) มีอะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง และนอนโทรไนต์ (nontronite) มีเหล็กเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ในมอนต์มอริลโลไนต์ Mg^{2+} จะเข้าแทนที่ Al^{3+} ในแผ่น octahedral ส่วน ไบเดลไลต์และนอนโทรไนต์ Al^{3+} และ Fe^{3+} จะเข้าแทนที่ Si^{4+} ในแผ่น tetrahedral ส่วนสมกไทต์ที่อยู่ในกลุ่ม trioctahedral ได้แก่ เฮกทอไรต์ (hectorite) มีลิเทียม เป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ซาโปไนต์ (saponite) มีแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง และซอโคไนต์ (sauconite) มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ซึ่งแร่ดินเหนียวทุกชนิดที่พบในดินส่วนใหญ่จะเป็นประเภท dioctahedral เนื่องจากทนทานกว่าประเภท trioctahedral (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Thomas, 1998; Nater, 2000; Olson *et al.*, 2000)

ตารางที่ 1 สูตรอุดมคติทางเคมีของสมกไทต์

Subgroup	Species	Idealized formula
Dioctahedral	Montmorillonite	$Ca_{0.66}H_2O[(Si_8)(AlMg)_{0.66}O_{20}(OH)_4]$
	Beidellite	$Ca_{0.66}H_2O[(Si_{7.34}Al_{0.66})(Al_4)O_{20}(OH)_4]$
	Nontronite	$Ca_{0.66}H_2O[(Si_{7.34}Al_{0.66})(Fe_4^{3+})O_{20}(OH)_4]$
Trioctahedral	Saponite	$Ca_{0.66}H_2O[(Si_{7.34}Al_{0.66})(Mg_6)O_{20}(OH)_4]$
	Hectorite	$Ca_{0.66}H_2O[(Si_{7.34}Al_{0.66})(Mg_{5.34}Li_{0.66})O_{20}(OH)_4]$
	Sauconite	$Ca_{0.66}H_2O[(Si_{6.8}Al_{1.2})(Zn_4Mg_2)O_{20}(OH)_4]$

ที่มา: Thomas (1998)

สภาพแวดล้อมในการกำเนิดสมกไทต์ต่างจากแร่ชนิดอื่น ๆ แต่มีกระบวนการในการกำเนิดหรือการสร้างตัวขึ้นมากล้ายคลึงกัน เกิดขึ้นมาใน 3 ลักษณะ สมกไทต์อาจเกิดการตกค้าง อาจเปลี่ยนสภาพจากแร่ในกลุ่มฟิลโลซิลิเกตชนิดอื่น เมื่อเกิดการผุพังอยู่กับที่ โดยเฉพาะแร่ไมกา

ซึ่งเมื่อเปลี่ยนสภาพแล้ว โครงสร้างพื้นฐานยังคงเป็นแบบ 2:1 เช่นเดิม และสมกไทต์อาจเกิดขึ้นใหม่ เมื่อสภาพแวดล้อมทางดินเหมาะสม (Churchman, 2000; Reid and Ulery, 2002)

2.3 การตกค้าง

สมกไทต์เป็นส่วนประกอบของหินตะกอน โดยเฉพาะหินตะกอนที่เกิดขึ้นหลังจากยุคภูเขาไฟ เช่น ในยุคเพอร์เมียน (280-230 ล้านปี) ยุคไทรแอสซิก (230-195 ล้านปี) และยุคจูแรสซิก (195-141 ล้านปี) ดินที่พัฒนามาจากหินตะกอนท้องทะเลในยุคครีเทเชียส (141-65 ล้านปี) เป็นตัวอย่างของดินที่มีการตกค้างของสมกไทต์ เช่น ดินที่พัฒนามาจากหินดินดานในยุคครีเทเชียส (141-65 ล้านปี) และมหายุคซีโนโซอิก (65-1.8 ล้านปี) ในแคลิฟอร์เนีย มีสมกไทต์ตกค้างมาเป็นจำนวนมาก วัตถุต้นกำเนิดมีผลทำให้สารละลายน้ำร้อนสภาพต่างยังคงมีสมกไทต์หลงเหลืออยู่บ้างในดิน สมกไทต์ชนิดซาโฟไนต์ อาจเกิดในบริเวณรอยแยก (joint) และรอยแตก (fracture) จากการแปรสภาพของหินปูนในสภาพแวดล้อมน้ำร้อน (Reid and Ulery, 2002)

Mirallella *et al.* (2005) ศึกษาการกำเนิดแร่ดินเหนียวในดินที่มาจากการทับถมของตะกอนภูเขาไฟ ในสภาพภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน ลำดับการผุพังของแร่เริ่มจากแก้วภูเขาไฟ → ฮาลลอยไซต์ต์ → เกลโอลิไนต์ หรือแร่สอดซัน เกลโอลิไนต์-แร่ดินเหนียวชนิด 2:1 และพบสมกไทต์โดยเฉพาะชนิดมอนต์มอริลโลไนต์ และให้ความเห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่แร่ชนิดนี้ไม่ได้เกิดมาจากระบวนการในการกำเนิดดินแต่ตกค้างมาจากวัตถุต้นกำเนิด

Christidis (2006) พบว่าหินตะกอนภูเขาไฟสภาพเบสในยุคครีเทเชียสตอนบนเปลี่ยนสภาพไปเป็นหินเบนทอไนต์ (bentonite) ทำให้เกิดสมกไทต์ชนิดมอนต์มอริลโลไนต์และไบเบลไลต์ เป็นองค์ประกอบอยู่ภายในหิน เนื่องจากแก้วภูเขาไฟประกอบด้วยวัสดุคล้ายแก้วที่มีซิลิกอนสูง ซึ่งจำเป็นสำหรับการเกิดสมกไทต์ (อัญชลี, 2534)

2.3

2.3 การเปลี่ยนรูป

สมกไทต์สามารถเปลี่ยนรูปจากไมกา คลอไรต์ และเวอร์มิคิวไลต์ ซึ่งในสภาพบางอย่างไมกาอาจจะผุพังให้เวอร์มิคิวไลต์แต่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและไม่คงสภาพ เมื่อเกิดการสูญเสียโพแทสเซียมและประจุของชั้นลดลงจะเกิดเป็นสมกไทต์ขึ้น การที่ไมกาจะเปลี่ยนไปเป็นสมกไทต์ต้องผ่านกระบวนการ 3 กระบวนการ ได้แก่ การเคลื่อนย้ายโพแทสเซียม (depotassication)

การเคลื่อนย้ายอะลูมิเนียม (dealumination) ออกจากแผ่น tetrahedral และการเพิ่มซิลิกอน (silication) ในแผ่น tetrahedral

Biotite mica	→	chlorite	→	vermiculite (trioctahedral)	→	smectite
Muscovite mica	→	illite	→	vermiculite (dioctahedral)	→	smectite

ดังนั้นสภาพแวดล้อมที่จะทำให้ไมกาเปลี่ยนไปเป็นสมกไทต์ได้ต้องประกอบไปด้วย การมีอุณหภูมิและความดันต่ำพอที่จะทำให้อะลูมิเนียมในแผ่น tetrahedral ไม่คงสภาพ ความเข้มข้นของโพแทสเซียมและซิลิกอนสูง ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมต่ำ ปฏิกิริยาดินจะต้องมากกว่า 6 หรือ 7 เนื่องจากหากมีปฏิกิริยาดินน้อยกว่า 6 ไมกาจะเปลี่ยนรูปไปเป็นเวอร์มิคิวไลต์และเคโอลิไนต์ ตามลำดับ (Thomas, 1998; Nater, 2000; Reid and Ulery, 2002)

Fesharaki *et al.* (2007) ศึกษาการกำเนิดแร่ดินเหนียวและวิวัฒนาการทางเคมีใน ตะกอนสมัยไมโอซีน (22.5-5 ล้านปี) พบว่ามัสโคไวต์และไดออกเตสโตรอลไลต์เปลี่ยนสภาพไป เป็นไบเบลไลต์ แร่คลอไรต์ที่อยู่ในดินที่พัฒนามาจากหินเซอร์เพนทีนเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่สอดซัน คลอไรต์-เวอร์มิคิวไลต์จากนั้นเปลี่ยนสภาพไปเป็นเวอร์มิคิวไลต์ชนิดไตรออกเตสโตรอลต่อจากนั้น เปลี่ยนสภาพไปเป็น high-charge smectites สันนิษฐานได้ว่าการสูญเสียประจุในแผ่นออกเตสโตรอล เช่น เหล็กถูกออกซิไดซ์ (Lee *et al.*, 2003)

2.3 การเกิดขึ้นใหม่

การเกิดขึ้นใหม่ของแร่ดินเหนียวนั้น จะเกิดได้เมื่อมีสภาพทางเคมีและฟิสิกส์เหมาะสม เกิดในสภาพแวดล้อมที่มีการผูกพันอยู่กับที่ ปฏิกิริยา องค์ประกอบและความเข้มข้นของสารละลาย ดิน และธรรมชาติของวัสดุตั้งต้น ปัจจัยแวดล้อมภายนอกเช่น อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน อัตราการไหล ซึมผ่าน (percolation rate) ของน้ำ ต้องเหมาะสมเช่นเดียวกัน (Wilson, 1999)

ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดขึ้นใหม่ของสมกไทต์ที่มีในดินนั้น ประเมินได้จากการทดลอง ในห้องปฏิบัติการ สภาพที่มีส่วนช่วยให้เกิดการสร้างตัวและความมีเสถียรภาพในสภาพแวดล้อม ทางดินประกอบด้วย การที่มีกิจกรรมของซิลิกอน และแมกนีเซียมสูง ปฏิกิริยาเป็นด่าง และการระบายน้ำแล้ว ภายใต้การระบายน้ำที่ถูกจำกัด สมกไทต์จะตกตะกอนจากสารละลายดิน ซึ่งวัตถุดิบ กำหนดจะให้ธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลักในสมกไทต์ การที่สารละลายดินมีแมกนีเซียมอยู่ในภาวะ ที่เข้มข้น จึงเป็นสิ่งสำคัญต่อการเกิดขึ้นใหม่และการคงสภาพอยู่ได้ของสมกไทต์ (Reid and Ulery,

2002) Fesharaki *et al.* (2007) พบว่ามอนคัมมอร์ลโลไนต์เกิดขึ้นใหม่ได้จากกระบวนการไฮโดรไลซิส และการผุพังอยู่กับที่ของแร่ปฐมภูมิ เช่น เฟลด์สปาร์และมัสโคไวต์

3. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดแร่สมกไทต์

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดสมกไทต์ในดิน ประกอบไปด้วย สภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ลุ่ม การระบายน้ำเลว และวัตถุดิบกำเนิดมีเบสเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง ทำให้สภาพทางเคมีมีลักษณะเฉพาะ โดยจะมีปฏิกิริยาดินสูง กิจกรรมของซิลิกอนสูง และอุดมสมบูรณ์ไปด้วยแคลไออนสภาพเบส ซึ่งในสภาพเช่นนี้พบได้ในดินหลายชนิด ภายใต้สภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น เขตอบอุ่น หรือเขตร้อน บริเวณที่มีข้อจำกัดเรื่องการชะละลาย รวมถึงปริมาณน้ำฝนน้อย ชั้นของหน้าตัดดินขัดขวางน้ำที่ไหลผ่าน หรือมีปริมาณน้ำใต้ดินในธรรมชาติสูง ในธรรมชาติมักพบสมกไทต์ในชั้น B ของดินอันดับเวอร์ทิวซอลส์เป็นส่วนใหญ่ เพราะในสภาพเช่นนี้มีการสะสมซิลิกอนและแคลไออนสภาพเบสอยู่สูง (Allen and Hajek, 1989; Borchardt, 1989; Wilson, 1999; Churchman, 2000; Reid and Ulery, 2002)

3.1 วัตถุดิบกำเนิด

สมกไทต์สร้างตัวขึ้นในดินที่วัตถุดิบกำเนิดเมื่อสลายตัวแล้วให้แคลไออนสภาพเบสแก่ระบบดิน เช่น วัตถุดิบกำเนิดที่มาจาก มาร์ล หินเนื้อปูน หินปูน หินดินดาน หินแปรหรือหินอัคนีที่เป็นเบสโดยธรรมชาติ (Blokhuys, 2006; Grunwald and Jung, 2008)

ชนิดของสมกไทต์มักขึ้นอยู่กับชนิดของหินต้นกำเนิด เช่นถ้าหินชนิดเบสที่มีเหล็กสูง เช่นเซอร์เพนทีน เมื่อเกิดการผุพังจะให้แร่ในกลุ่มสมกไทต์ชนิดนอนโทไรต์ ถ้ามีแมกนีเซียมสูง คาดว่าจะให้ชนิดซาโฟไนต์ สำหรับไบเคลไลต์มักพบในดินที่มีการผุพังอยู่กับที่ของหินที่มีไมกาและคลอไรต์ เพราะแร่ทั้งสองนี้มีการแทนที่ของแคลไออนในแผ่น tetrahedral ซึ่งการแทนที่นี้มีในไบเคลไลต์ด้วย (อัญชลี, 2534; Churchman, 2000; Nater, 2000)

Taimeh and Khresat (1998) พบว่าสมกไทต์และแร่ชั้นผสมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในชั้นส่วนของดินเหนียวในดินอันดับเวอร์ทิวซอลส์ส่วนใหญ่ที่ได้ทำการศึกษา ดินที่มีพัฒนาการมาจากหินบะซอลต์จะมีสมกไทต์เด่น ในขณะที่ดินที่มีพัฒนาการมาจากหินปูนจะมีแร่ชั้นผสม สมกไทต์-เวอร์มิคูไลต์เด่น

วัตถุต้นกำเนิดของดินอันดับเวอร์ทิซอลส์มาจากการทับถมของตะกอนเนื้อละเอียดหรือทรายแป้ง หรือเป็นวัสดุที่ผุพังมาจากหินชนิดเบส เช่น มาร์ล หินปูน หินบะซอลต์ และหินอัคนีชนิดเบส มีสเมกไทต์เป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูง ซึ่งการกักเก็บไอออนสภาพเบสไว้ในช่วงที่เกิดการผุพังเป็นสิ่งที่จำเป็นต่อการเกิดดินและต่อการเกิดสเมกไทต์ด้วย (Blokhuys, 2006)

3.2 สภาพภูมิอากาศ

ความหลากหลายของภูมิอากาศส่งผลให้เกิดการผุพังอยู่กับที่ของแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิในช่วงเปียกแต่ในช่วงแล้งจะเป็นการสะสมแคลไออนสภาพเบส สเมกไทต์จึงเกิดได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการผุพังอยู่กับที่ เช่น ภูมิอากาศกึ่งแห้งแล้ง กระบวนการไฮโดรไลซิสของแร่ในกลุ่มซิลิเกตเกิดขึ้นในขณะที่เปียก แต่เมื่อแห้งแคลไออนในสารละลายซึ่งเดิมเจือจาง ก็จะเข้มข้นหรือมีมากขึ้นได้แก่ แมกนีเซียม แคลเซียม เหล็ก โซเดียม เป็นต้น เมื่อรวมกับ ออกซิเจน ซิลิกอน อะลูมินัม ก็จะเกิดแร่สเมกไทต์ขึ้นได้ (อัญชลี, 2534; Grunwald and Jung, 2008)

Srivastava *et al.* (1998) ศึกษาแร่ดินเหนียวเมื่อภูมิอากาศมีการเปลี่ยนแปลงในบริเวณที่ราบดินตะกอนน้ำพาในสมัยโฮโลซีน (น้อยกว่า 0.01 ล้านปี) โดยศึกษาลำดับกาลของชุดดินพบว่าไบโอไทต์จะเกิดการผุพังอยู่กับที่กลายเป็นเวอร์มิคิวไลต์ชนิด trioctahedral และสเมกไทต์ในช่วงภูมิอากาศแห้งแล้ง เมื่อถึงช่วงที่ภูมิอากาศเป็นแบบอบอุ่นและชื้น สเมกไทต์จะไม่เสถียรจะเปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่ชั้นผสมสเมกไทต์-เวอร์มิคิวไลต์ เมื่อภูมิอากาศแบบชื้นหยุดลง เวอร์มิคิวไลต์ สเมกไทต์ และแร่ชั้นผสมสเมกไทต์-เวอร์มิคิวไลต์ยังคงอยู่จนถึงปัจจุบัน

ในเวอร์ทิซอลส์ของประเทศอินเดียบนที่ราบสูงเดคคานที่พัฒนามาจากหินบะซอลต์ซึ่งจำแนกได้เป็น Typic Chromusterts พบสเมกไทต์เป็นองค์ประกอบหลักในดิน โดยบริเวณนี้มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 500-1,000 มิลลิเมตรต่อปี (Bhattacharyya *et al.*, 1993) Lee *et al.* (2003) พบสเมกไทต์ในดินที่มาจากหินเซอร์เพนทีน ภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,000 มิลลิเมตรต่อปี กิจจา (2529) และ พิเชษฐ์ (2531) รายงานว่าพบสเมกไทต์ในเวอร์ทิซอลส์ บริเวณที่มีภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อนในประเทศไทยซึ่งมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตั้งแต่ 1,033.5-1,242.1 มิลลิเมตรต่อปี จึงกล่าวได้ว่าสเมกไทต์จะเกิดขึ้นและคงสภาพอยู่ได้ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเหมาะสม ไม่มากพอที่จะชะละลายแคลไออนต่าง ๆ ออกไปจากระบบดิน ถึงแม้สเมกไทต์สามารถกำเนิดหรือสร้างตัวขึ้นในสภาพภูมิอากาศที่หลากหลาย แต่ส่วนใหญ่มักสร้างตัวขึ้นในสภาพภูมิอากาศเขตร้อน

บริเวณที่มีฤดูกาลแตกต่างกันชัดเจน โดยมีช่วงเปียกและแห้งสลับกัน (Uehara and Gillman, 1981; Blokhuis, 2006)

3.3 สภาพภูมิประเทศ

สเมกไทต์พบได้มากในพื้นที่ราบเรียบ หรือในที่ราบลุ่มดินตะกอนน้ำพา และอาจจะพบในบริเวณถ้ำภูเขาไฟตกทับถมในทะเลสาบ ซึ่งการเกิดสเมกไทต์ในที่ลุ่มไม่ได้หมายความว่าเกิดอยู่กับที่หรือเกิดขึ้นจากบริเวณนั้น ๆ อาจจะเป็นเพราะมีการรักษาไว้ในบริเวณนั้นได้นานเนื่องจากการชะละลายต่ำ ในดินที่มีการระบายน้ำดีก็อาจจะพบสเมกไทต์อยู่ในชั้น B ได้ โดยที่สเมกไทต์ในดินจะมากหรือน้อย ขึ้นกับปริมาณของซิลิคอน อะลูมิเนียมหรือแมกนีเซียม และปฏิกิริยาดิน มากกว่าสภาพที่จำเป็นอื่น ๆ และยังมีการรายงานอีกว่ามีการเปลี่ยนรูปของแร่ไปเป็นสเมกไทต์ในบริเวณเชิงเขาได้ด้วย (Borchardt, 1989; Churchman, 2000)

Ogawa *et al.* (1980) ศึกษาแร่ดินเหนียวในดินที่ดอนบางบริเวณของประเทศไทย พบว่าดินที่ดอนซึ่งเป็นชุดดินลพบุรี ชัยบาดาล และบุรีรัมย์ พบสเมกไทต์ในปริมาณสูงถึงสูงมาก เช่นเดียวกับ กิจจา (2529) ศึกษาสมบัติทางเคมีและทางแร่วิทยาของดินในอันดับเวอร์ทิวอลส์ ดินที่จำแนกอยู่ในอันดับย่อย Usterts พบสเมกไทต์ค่อนข้างสูงถึงสูงมาก

Hseu *et al.* (2007) ศึกษาลำดับการผุพังของแร่ดินเหนียวในดินตามลำดับภูมิประเทศของดินที่มาจากหินเซอร์เพนทีนในดินอันดับเวอร์ทิวอลส์ซึ่งสภาพภูมิประเทศที่ศึกษาเป็นบริเวณไหล่เขา ในบริเวณนี้ยังคงพบสเมกไทต์และแร่เซอร์เพนทีน

3.4 พืชพรรณธรรมชาติ และจุลินทรีย์

Carpenter *et al.* (2007) พบว่าการผุพังของแร่โดยกระบวนการทางชีวเคมี จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญ คือแบคทีเรีย เชื้อรา ไคเคน และพืช ทำให้อัตราการผุพังอยู่กับที่ของแร่เพิ่มขึ้น เมื่อแร่ผุพังก็จะปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืช เช่น โพแทสเซียม แคลเซียม ฟอสฟอรัส การผุพังอยู่กับที่ของแร่ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน การเก็บกักน้ำไว้ในดิน รวมถึงการเกิดแร่ดินเหนียว และ oxyhydroxides เพิ่มขึ้นอีกด้วย (Dubbin, 2001; Carpenter *et al.*, 2007)

3.5 เวลา

ในการกำเนิดหรือการสร้างตัวของแร่ดินเหนียว เวลาเป็นปัจจัยต่อการเปลี่ยนสภาพจากอิลไลต์ไปเป็นเวอร์มิคิวไลต์ อิลไลต์-สเมกไทต์ และสเมกไทต์ โดยสังเกตได้ในดินที่มีอายุมากกว่าสมัยโพสโตซีน (1.8-0.01 ล้านปี) ซึ่งมีการรายงานว่าสเมกไทต์เกิดขึ้นมาเรียบร้อยแล้วหลังจากที่ดินมีการสร้างตัวมาประมาณ 3,000 ปี (Egli *et al.*, 2003)

Egli *et al.* (2003) ศึกษาอัตราการสร้างตัวของสเมกไทต์จากลำดับกาลของดิน 2 บริเวณในสมัยโฮโลซีน (น้อยกว่า 0.01 ล้านปี) พบว่าอัตราการสร้างตัวของสเมกไทต์เท่ากับ 0.1 กรัม/กิโลกรัม/ปี ในดินที่มีพัฒนาการ 1,000-3,000 ปี ส่วนในดินที่มีพัฒนาการมากกว่า 7,000 ปี พบอัตราการสร้างตัวของสเมกไทต์น้อยกว่า 0.01 กรัม/กิโลกรัม/ปี

4. สมบัติของสเมกไทต์

สเมกไทต์มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange capacity: AEC) ต่ำ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity: CEC) สูง โดยอยู่ในช่วง 47 ถึง 162 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ทำให้ดินที่มีสเมกไทต์มีความอุดมสมบูรณ์สูง เนื่องจากสเมกไทต์สามารถยึดปุ๋ยที่มีแคตไอออนเช่น โพแทสเซียมและแอมโมเนียม และยังเป็นที่ยกเก็บธาตุอาหารพืช เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง และสังกะสี สเมกไทต์มีพื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface) สูงถึง 650-800 ตารางเมตรต่อกรัม และสามารถเกิดสารเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุในดิน ยามาแมลง ยาปราบศัตรูพืช ซึ่งได้มีการประยุกต์ใช้ มอนิเตอร์ไรโลไนต์ เพื่อกำจัดโลหะหนัก และยามาแมลงด้วย (Borchardt, 1989; Nater, 2000; Reid and Ulery, 2002; Khaorapapong, 2006; Brady and Weil, 2008)

สเมกไทต์ มีความสามารถในการหดและขยายตัว (shrink-swell) การคาดคะเนการขยายตัวของสเมกไทต์ในดินดูจากค่าดัชนีการเป็นพลาสติก (plasticity index) ซึ่งหาได้จากค่าขีดจำกัดของเหลว (liquid limit) ลบด้วยค่าขีดจำกัดพลาสติก (plastic limit) หรือดูจากค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (coefficient of linear extensibility: COLE) ดินที่มีค่า COLE มากกว่า 0.03 บ่งบอกว่ามีสเมกไทต์อยู่ภายในดินนั้น การหดและขยายตัวของสเมกไทต์เมื่อความชื้นในดินเปลี่ยนแปลงอาจทำให้เกิดแผ่นดินถล่ม (landslides) และเกิดการคืบของดิน (soil creep) ได้ (Buol *et al.*, 1980; Reid and Ulery, 2002; Chinn and Pillai, 2008)

5. เวอร์ทิกซอลส์

เวอร์ทิกซอลส์มาจากรากศัพท์ *Vertere* ในภาษาละติน ซึ่งแปลว่า *turn* (กลับหน้าดินตามธรรมชาติ) (Deckers *et al.*, 2001) ดินอันดับนี้มีชื่อเรียกแตกต่างกันออกไปในหลายประเทศ เช่น ในประเทศออสเตรเลียเรียก “cracking clays” ฟิลิปปินส์เรียก “Adobe” จีนเรียก “Shaching” ในอินเดียเรียก “Black Cotton soil” บัลแกเรียและโรมาเนียเรียก “Smolnitza” โมร็อกโกเรียก “Tirs” ในมาลาวีเรียก “Makande” ทวีปแอฟริกาใต้เรียก “Vleigrond” และนิการากัวเรียก “Sonsosuite” ส่วนชื่อที่ใช้ในการจำแนกดิน เช่นในอินโดนีเซียเรียก “Margalite soil” ในแองโกลาเรียก “Densinegra soil” และในสหรัฐอเมริกาเรียกดินในอันดับนี้ว่า “Grumusols” (Soil Survey Staff, 1999)

เวอร์ทิกซอลส์ พบได้ในระหว่างละติจูด 50 องศาเหนือ และ 45 องศาใต้ แต่ส่วนใหญ่พบระหว่างละติจูด 30 องศาเหนือ และ 30 องศาใต้ มีพื้นที่ประมาณ 310 ล้านเฮกตาร์ หรือประมาณร้อยละ 2.4 ของพื้นที่โลก มีการแจกกระจายอยู่ตามทวีปต่าง ๆ ทั่วโลก ยกเว้นทวีปแอนตาร์กติกา (Buol *et al.*, 2003; Özsoy and Aksoy, 2007; Brady and Weil, 2008) บริเวณที่พบได้มากที่สุดได้แก่ตอนกลางของออสเตรเลียและทางตะวันตกเฉียงเหนือของอินเดียที่แถบราบสูงเดคคาน (แต่ละแห่งมี 80 ล้านเฮกตาร์) ชูดาน (50 ล้านเฮกตาร์) และสหรัฐอเมริกา จีน และเอธิโอเปีย (แต่ละแห่งมี 12-15 ล้านเฮกตาร์) นอกจากนี้ยังพบในอีกหลายประเทศได้แก่ กานา อียิปต์ ซาอุดีอาระเบีย ปาเลสไตน์ ไต้หวัน และอุรุกวัย (Coulombe *et al.*, 2000; Buol *et al.*, 2003) ดินในอันดับนี้จะมีระบอบความชื้นดินแบบอัสติกร้อยละ 65 แอริดิก ร้อยละ 18 ยูดิก ร้อยละ 13 และเซอริก ร้อยละ 4 ของพื้นที่ที่ดินเป็นเวอร์ทิกซอลส์ทั้งหมด (Soil Survey Staff, 1999)

เวอร์ทิกซอลส์ในประเทศไทย พบในบริเวณ ละติจูด 14 องศา 30 ลิปดาเหนือ ถึง 17 องศาเหนือ และลองจิจูด 100 องศาตะวันออก ถึง 105 องศาตะวันออก พบมากในบริเวณที่ราบภาคกลาง เทือกเขาสูงตอนกลางของประเทศ และพบได้ในบางบริเวณของภาคเหนือ ภาคตะวันตกและในบริเวณที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 336,500 เฮกตาร์ หรือประมาณร้อยละ 0.65 ของพื้นที่ทั้งประเทศ (Panichapong, 1982; Vijarnsorn, 1982)

5.1 คำจำกัดความของเวอร์ทิซอลส์

เวอร์ทิซอลส์เป็นดินแร่ที่มีลักษณะดังต่อไปนี้ (Soil Survey Staff, 2006)

- 1) ภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดินแร่ จะพบรอยไถลหรือก้อนดินมีลักษณะคล้ายลิ่ม ผิวเรียบเป็นมัน ตั้งเอียงทำมุมกับแนวนอนระหว่าง 10-60 องศา เกิดเป็นชั้นหนาดังแต่ 25 เซนติเมตรขึ้นไป
- 2) มีปริมาณดินเหนียวเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 30 ขึ้นไปในทุกชั้นที่มีความลึกระหว่าง 18-50 เซนติเมตร หรือถึงแนวสัมผัสดินแน่น แนวสัมผัสหินแข็ง หรือแนวสัมผัสหินเนื้ออ่อน ถ้าพบในระดับตื้นกว่า
- 3) ดินแตกกระแหง กว้างและลึกและปิดเปิดในบางช่วงของปี ดินมีผิวหน้าตะปุ่มตะป่ำ เนื่องจากการยึดและหดตัวของดินสูง

5.2 ปัจจัยในการเกิดเวอร์ทิซอลส์

ปัจจัยในการสร้างตัวของดิน ทำให้ดินแต่ละชนิดมีลักษณะแตกต่างกัน ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเกิดเวอร์ทิซอลส์ประกอบด้วย วัตถุดิบกำเนิด สภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศ สำหรับเวลาและพืชพรรณนั้นไม่สามารถกำหนดได้ชัดเจนว่าเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเกิดที่มีอิทธิพลมากพอในการทำให้เกิดลักษณะเด่นของดินในอันดับนี้ (Buol *et al.*, 1980)

5.2.1 วัตถุดิบกำเนิด

เวอร์ทิซอลส์พัฒนามาจากวัตถุดิบกำเนิดในขอบเขตที่กว้าง ซึ่งประกอบไปด้วย ตะกอนน้ำพา (alluvium) ตะกอนคาชเชิงเขา (colluvium) ตะกอนทะเลสาบ (lacustrine deposits) ที่ถูกพัดพามาทับถม มารัด หินเนื้อปูน หินปูน หินดินดาน หินอัคนี หินแปรและหินภูเขาไฟที่เป็นเบส โดยธรรมชาติ วัตถุดิบกำเนิดเป็นวัสดุที่ทับถมกันได้ไม่นานและการสร้างตัวของดินยังคงอยู่ในระยะแรก วัตถุดิบกำเนิดเนื้อปูนหรือตะกอนที่ไม่แข็งแรงจะมีลักษณะสำคัญคือเป็นเบส และมีแร่ควอตซ์น้อย เป็นการส่งเสริมให้ดินสร้างตัวขึ้น และเมื่อวัตถุดิบกำเนิดผ่านการผุพังอยู่กับที่จะให้สเมกไทต์เป็นองค์ประกอบอยู่ภายในดิน (Grunwald and Jung, 2008; ISRIC, 2008)

ในออสเตรเลียดินอันดับนี้มีพัฒนาการมาจากหินบะซอลต์ ในอินเดียมีการพัฒนาจากหินไนส์และหินทราย ส่วนในอเมริกามีการพัฒนาจากหินตะกอนเนื้อปูน (calcareous sedimentary rock) (Grunwald and Jung, 2008)

ในประเทศไทยดินเวอร์ทิซอลส์ส่วนใหญ่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีสมกไทต์เป็นแร่หลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว (Vijarnsorn, 1982) ซึ่งวัตถุต้นกำเนิดเหล่านี้ส่วนมากจะเกี่ยวข้องกับหินปูนหรือมาร์ล ที่พัฒนาจากวัตถุตะกอนน้ำพา หรือตะกอนตกล้างของหินอัคนีที่มีปฏิกิริยาเป็นด่าง เช่นบะซอลต์หรือหินแอนดีไซต์ กิจจา (2529) พบว่าทุกชุดดินที่ศึกษาเกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำพาแบบผสม ตะกอนน้ำพาท้องถิ่น และตะกอนตกล้างของหินปูนและหินมาร์ล พิเศษฐ (2531) พบว่าทุกบริเวณที่ศึกษามีส่วนสัมพันธ์กับหินปูนแทบทั้งสิ้น

5.2.2 สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศจะต้องมีช่วงที่ทำให้หน้าตัดดินแห้งได้ในช่วงปีหรือตามฤดูกาล ปริมาณน้ำฝนไม่มากพอที่จะชะละลายแคลเซียมคาร์บอเนตออกไปจากดิน จึงไม่พบในบริเวณที่ฝนตกชุก พบได้ในสภาพอากาศเขตร้อน กึ่งแห้งแล้งถึงชื้น และในเขตเมดิเตอร์เรเนียน โดยส่วนใหญ่จะมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 500-1,000 มิลลิเมตร แต่อาจจะพบได้ในบางบริเวณที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปีสูงถึง 3,000 มิลลิเมตร (ISRIC, 2008)

โดยส่วนใหญ่แล้วดินอันดับนี้จะมีระบบความชื้นดินแบบอัสติก ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ร้อยละ 65 ของพื้นที่ที่เป็นเวอร์ทิซอลส์ทั้งหมดทั่วโลก สำหรับในประเทศไทยจะอยู่ในบริเวณที่มีระบอบความชื้นดินแบบแอริดิก (aridic) มีส่วนน้อยที่อยู่ในแบบอัสติก (ustic) และเซอริก (xeric) (Grunwald and Jung, 2008)

ในประเทศไทยเวอร์ทิซอลส์พบมากในบริเวณที่ครอบคลุมโดยสภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (tropical savanna: AW) (Köppen, 1931) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี 1,090-1,590 มิลลิเมตร (เอิบ, 2534)

5.2.3 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของเวอร์ทิซอลส์มักเป็นบริเวณที่ค่อนข้างราบเรียบถึงมีผิวหน้าแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความชันอยู่ในช่วงร้อยละ 1-8 ผิวหน้าประกอบด้วยความต่างระดับขนาดเล็ก (gilgai) อย่างน้อยประมาณร้อยละ 50 (Decker *et al.*, 2001; Buol *et al.*, 2003; Soil Survey Staff, 2006)

ในประเทศไทยเวอร์ทิซอลส์พบมากในบริเวณที่ราบภาคกลาง ที่ระดับความสูง 4 ถึง 25 เมตร ในบริเวณเทือกเขาสูงตอนกลางของประเทศ ที่ระดับความสูง 60 ถึง 100 เมตร ส่วนบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ระดับความสูง 150 ถึง 180 เมตร จากระดับน้ำทะเล แต่ในภาคเหนือจะอยู่สูงกว่า 350 เมตรขึ้นไป บริเวณที่พบเกี่ยวข้องกับตะกอนน้ำพาท้องถิ่นหรือตะกอนน้ำพาค่อนข้างใหม่ ในบริเวณที่เกี่ยวข้องกับภูเขาอาจมีสภาพผิวหน้าการกร่อน (erosion surface) ที่มีลักษณะแบบลูกคลื่นลอนลาด ในสัณฐานภูมิประเทศแบบคาร์สต์ศูนย์สูตรหรือคาร์สต์เขตร้อน (tropical karst) และเชิงเขา (เอิบ, 2534)

5.2.4 พืชพรรณตามธรรมชาติ

พืชพรรณธรรมชาติในบริเวณที่เป็นเวอร์ทิซอลส์เป็นแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Soil Survey Staff, 1999) ในบางครั้งสร้างตัวขึ้นมาจากได้สภาพป่า ในอเมริกาใต้ใช้ประโยชน์ที่ดินในการเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เพาะปลูกข้าวสาลี ข้าว ฝ้ายและข้าวฟ่าง ในอินเดียใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก ถั่ว พืชน้ำมัน และฝ้าย ในประเทศออสเตรเลียส่วนใหญ่จะปล่อยพื้นที่ให้สัตว์เข้าไปแทะเล็ม (Grunwald and Jung, 2008)

ในประเทศไทยพืชพรรณที่ขึ้นเป็นพวกทุ่งหญ้า และไม้พุ่มต่าง ๆ ในบริเวณที่ดอนมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย อ้อย และถั่วบางชนิด และไม้ผล บางบริเวณยังคงสภาพเป็นป่าเบญจพรรณ ส่วนบริเวณที่ลุ่มมีการใช้ประโยชน์ในการปลูกข้าว (เอิบ, 2534; กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

5.2.5 เวลา

เวลาพัฒนาการไม่ค่อยมีความสัมพันธ์มากนักกับระดับพัฒนาการของหน้าตัดดิน โดยทั่ว ๆ ไป คาดว่าเวอร์ทิซอลส์ เกิดมาตั้งแต่สมัย ไพลสโตซีนหรือโฮโลซีน แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดในการสร้างลักษณะของดิน เวอร์ทิซอลส์อาจจะมีช่วงอายุการเกิดจริง นานถึงนานมาก แต่ดินแสดงพัฒนาการของหน้าตัดน้อยมาก (Buol *et al.*, 1980)

5.3 กระบวนการเกิดเวอร์ทิซอลส์

กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการสร้างตัวของเวอร์ทิซอลส์มีหลายกระบวนการ กระบวนการหลักที่เห็นได้ชัดคือ การเกิดชั้นน้อย เนื่องจากการรบกวนดินของดินเหนียว ซึ่งต้องมีปริมาณดินเหนียวมากพอ คือมากกว่า 300 กรัมต่อกิโลกรัม เนื่องจากการยึดหดตัวของแร่ดินเหนียว ประเภท 2:1 ทำให้ผิวหน้าเวอร์ทิซอลส์แตกกระแหงในช่วงฤดูแล้ง ขณะที่ร่องเปิดอยู่ วัสดุที่อยู่บนผิวหน้าดินจะตกลงไปโดยอิทธิพลของสัตว์ ลม หรือฝนต้นฤดู เมื่อดินชื้นและเปียกจะเกิดการขยายตัว จากการที่มีวัสดุแทรกอยู่แล้วตามร่อง ทำให้ต้องการปริมาตรเพิ่มขึ้น กลุ่มมวลของดินจึงเกิดการเลื่อน ทำให้ดินล่างส่วนใหญ่มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม (angular blocky structure) และมีรอยไถลเกิดขึ้น กิจกรรมการขยายตัวเช่นนี้ส่งผลให้เกิดพื้นที่ตะปุ่มตะป่ำขึ้นเป็นความต่างระดับจุลภาคที่ผิวหน้าดิน ดินชั้น B มีลักษณะเหมือนกลื่นชั้น A เข้าไปใหม่ แล้วพัฒนาชั้น A ขึ้นมาใหม่อีก เป็นวัฏจักรไปเรื่อย ๆ ทำให้หน้าตัดดินมีชั้นน้อย ต่างจากดินอันดับอื่น ๆ ที่มีพัฒนาการแล้ว ทำให้พิจารณาอายุของดินอันดับนี้ยาก (Decker *et al.*, 2001; Buol *et al.*, 2003; Soil Survey Staff, 2006; Özsoy and Akoy, 2007; Brady and Weil, 2008)

5.4 สมบัติเวอร์ทิซอลส์

เวอร์ทิซอลส์เป็นดินเหนียวจัด สีคล้ำ สามารถยึดหดตัวได้สูง โดยทั่วไปแล้วมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (coefficient of linear extensibility: COLE) อยู่ในช่วง 0.07-0.2 ความหนาแน่นรวมของก้อนดินสูง การซาบซึมน้ำเป็นตามสภาพในสนาม (Soil Survey staff, 1999; Heidari and Mahmodi, 2006)

กิจจา (2529) พบว่าสมบัติด้านความอุดมสมบูรณ์ของเวอร์ทิซอลส์อยู่ในระดับปานกลาง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงถึงสูงมาก อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสสูง ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีค่ามากในดินบนและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ปริมาณของธาตุที่เป็นองค์ประกอบพบว่ามีธาตุซิลิกอนและอะลูมิเนียมสูงในเวอร์ทิซอลส์ทุกชุดดิน

ในประเทศไทยแร่ที่พบในกลุ่มอนุภาคนาขนาดดินเหนียวของเวอร์ทิซอลส์ส่วนใหญ่เป็นแร่ในกลุ่มสมกไทต์ อิลไลต์ และมีเคโอลิไนต์อยู่บ้างในปริมาณไม่มากนัก นอกจากแร่ดินเหนียวดังกล่าว พบว่ามีแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ และดินเหนียวชั้นผสมชนิด 10 และ 14 อังสตรอมรวมอยู่ด้วย ส่วนในกลุ่มอนุภาคนาขนาดทรายแป้ง มีควอตซ์เป็นแร่หลัก ดินอาจมีเฟลด์สปาร์ แคลไซต์ ไมกา และเคโอลิไนต์ เป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกัน (กิจจา, 2529; พิเชษฐ, 2531; Vijarnsorn, 1982)

5.5 การจำแนกดินในอันดับเวอร์ทิซอลส์

การจำแนกดินในชั้นอันดับย่อย ดินอันดับเวอร์ทิซอลส์สามารถแจกแจงออกได้เป็น 6 อันดับย่อย ได้แก่ 1. Aquerts 2. Cryerts 3. Xererts 4. Torrerts 5. Usterts 6. Uderts 7. Usterts (Soil Survey Staff, 2006)

สำหรับในประเทศไทยมีเพียง 2 อันดับย่อยคือ อันดับย่อย Aquerts และ Usterts (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

5.5.1 Aquerts

เป็นดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำหรืออยู่ในสภาพแอควิกเป็นระยะเวลานานจนเป็นข้อจำกัดในการปลูกพืชไร่ เว้นแต่จะมีการระบายน้ำออก ดินนี้จะมีชั้นดินชั้นหนึ่งหรือมากกว่าที่อยู่ในสภาพน้ำขังหรืออิ่มตัวด้วยน้ำในช่วงหนึ่งของปี ซึ่งพบภายในความลึก 50 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินแร่ และดินในชั้นที่กล่าวนี้จะมีสีเทา หรือมีค่ารังค์ 2 หรือน้อยกว่าตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปของพีคอน หรือสังเกตได้ว่าสารประกอบหลักอยู่ในรูปเฟอร์รัส (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืชวิทยา, 2551; Buol *et al.*, 2003; Soil Survey Staff, 2006)

ในประเทศไทยพบในบริเวณที่ราบต่ำหรือที่ลุ่ม ระดับน้ำใต้ดินตื้นหรือมีน้ำขังในช่วงหนึ่งของปี ใช้ทำนาเป็นส่วนใหญ่ พบมากในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตัวอย่าง

ชุดดินที่จำแนกไว้ในอันดับย่อยนี้ เช่น ชุดดินบุรีรัมย์ บ้านหมี่ พิมาย โครกระเทียม บางเลน สระบุรี (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548; คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

5.5.2 Usterts

เป็นดินที่พบในเขตอบอุ่นหรือเขตร้อน ถ้าไม่มีการชลประทาน ดินแตกกระแหงกว้างตั้งแต่ 5 มิลลิเมตร และลึกตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ขึ้นไปภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดินแร่ เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 90 วันขึ้นไปต่อปีโดยนับสะสม (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; Buol *et al.*, 2003; Soil Survey Staff, 2006)

ในประเทศไทยดินนี้พบสารคาร์บอนेटอิสระในหน้าตัดดินตอนล่าง และพบบริเวณที่ดอนหรือที่ราบต่ำในภาคกลาง และที่ราบสูงตอนกลางของประเทศ ใช้ปลูกพืชไร่และไม้ผล ชุดดินที่จำแนกไว้ในดินอันดับย่อยนี้ เช่น ชุดดินชัยบาดาล สมอทอด วังชมพู ลพบุรี (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548; คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551)

ตารางที่ 2 การจำแนกดินในอันดับเวอร์ติซอลส์ที่ดอนของประเทศไทยตามระบบอนุกรมวิธานดิน ปี ค.ศ. 2003 (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2548)

Order	Suborder	Great group	Subgroup	Family	Symbols	Series
Vertisols	Usterts	Haplusterts	Typic	vf, smec	Lb	Lop Buri
					Sat	Samo Thod
			Chromic	vf, smec, iso	Wc	Wang Chomphu
			Leptic	f, smec, iso	Cd	Chai Badan

หมายเหตุ Soil temperature regime = isohyperthermic, f = fine, vf = very-fine, smec = smectitic

5.6 ปัญหาการใช้ที่ดินเวอร์ติซอลส์ที่ดอนในประเทศไทย

เวอร์ติซอลส์เป็นดินที่มีลักษณะเด่นเฉพาะ ซึ่งบางครั้งลักษณะเหล่านี้ทำให้เกิดปัญหาในการใช้ที่ดินทางการเกษตร เช่น การที่ผิวดินแตกกระแหงในช่วงฤดูแล้ง ทำให้รากพืชเกิดการฉีกขาด พืชขาดแคลนน้ำในระยะฝนทิ้งช่วง แต่เมื่ออยู่ในช่วงฤดูฝน น้ำอาจซึมผ่านได้ช้า เกิดการแช่ขังน้ำได้ง่าย ซึ่งเมื่ออยู่ในสภาพเปียกดินจะเหนียวและเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้มาก เป็นอุปสรรคต่อ

การทำงานของเครื่องจักร ต้องไถพรวนในช่วงที่ดินมีความชื้นพอเหมาะ ค่าปฏิบัติการดินส่วนใหญ่ค่อนข้างสูง จึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการใช้ปุ๋ย ใช้วัสดุปรับปรุงดิน เพื่อไม่ให้เกิดความไม่สมดุลในการใช้ธาตุอาหารของพืช โดยมักจะพบว่าปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์สูง มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ จากสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ดอน ไม่เหมาะสำหรับทำนา เนื่องจากจะเก็บกักน้ำไว้ปลูกข้าวได้ยาก เหมาะสำหรับปลูกพืชไร่ แต่การปลูกพืชไร่ในบางบริเวณที่ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ อาจเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของหน้าดินได้ในระดับปานกลาง (เอิบ, 2534; กรมพัฒนาที่ดิน, 2548; สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550ก, 2550ข; Deckers *et al.*, 2001; Elias *et al.*, 2001; Moeyersons *et al.*, 2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ราวที่ 5140 II, 5240 I, 5241 II, 5241 IV, 5239 III, 5139 III (กรมแผนที่ทหาร, 2516ก, 2516ข, 2516ค, 2516ง, 2523, 2524)
2. แผนที่ดินของจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี มาตราส่วน 1:100,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2519, 2524)
3. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (กรมทรัพยากรธรณี, 2528)
4. เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2552; Soil Survey Division Staff, 1993)
5. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมี ฟิสิกส์ จุลสัณฐานวิทยา และแร่วิทยา
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

วิธีการ

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นและวางแผนก่อนออกสำรวจภาคสนาม

1.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลด้านต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและแผนที่ชนิดต่าง ๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของดิน ในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.2 กำหนดจุดเก็บตัวอย่างเพื่อเป็นตัวแทนครอบคลุมบริเวณทั้งหมดของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

2. การปฏิบัติงานในภาคสนาม

2.1 กำหนดตำแหน่งเก็บตัวอย่างดินที่จะใช้เป็นตัวแทน

2.2 ขุดหน้าตัดดินตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร แต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินในสนามได้ชัดเจน แบ่งชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ตรวจสอบสมบัติดินในแต่ละชั้นพร้อมทำคำอธิบายหน้าตัดดิน ตามวิธีการศึกษาสัณฐานวิทยาของดินในภาคสนาม (พิสุทธิ์, 2518; เอิบ, 2552) เพื่อศึกษาการเกิดดิน

2.3 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แยกออกเป็น 2 วิธี คือ

2.3.1 ตัวอย่างดินที่ถูกกรบกวน (Disturbed soil samples) เก็บดินทุกชั้น ตามชั้นกำเนิดดิน ที่ได้แบ่งไว้ตลอดหน้าตัดดิน ชั้นละประมาณ 1-2 กิโลกรัม ก่อนนำดินไปวิเคราะห์ต้องผึ่งดินให้แห้งในที่ร่ม บดดินด้วยโกร่งบดดิน แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทั่วไป บดดินให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด ให้มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในโตรเจน เหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม (เอิบ, 2552)

2.3.2 เก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (Undisturbed soil samples) เลือกเก็บเฉพาะชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาสภาพน้ำของดิน (hydraulic conductivity) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) และชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาจุลสัณฐานวิทยาของดิน (soil micromorphology) โดยใช้กล่องเก็บตัวอย่างดินคูเบียนา (Kubiena box) (เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 2003) และเก็บตัวอย่างหินในบริเวณที่ทำการศึกษาเพื่อการวิเคราะห์ลักษณะของหินซึ่งให้วัตถุต้นกำเนิด

3. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

3.1.1 การกระจายของอนุภาคดิน (Particle size distribution) โดยวิธีปิเปตต์ (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตร สหรัฐ (USDA textural class) (Soil Survey Staff, 2006)

3.1.2 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) โดยวิธี core method ใช้กระบอกลูกเต๋บ ตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง และโดยวิธี clod method ซึ่งได้จากเก็บตัวอย่างดินที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร (Blake and Hartge, 1986) การวิเคราะห์สภาพน้ำของดิน ที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยวิธีพลังงานจับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

3.1.3 สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (Coefficient of linear extensibility: COLE) โดยวิธีอบแห้งในขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (soil pastes) (Schafer and Singer, 1976) โดยมีอุปกรณ์และวิธีการดังนี้

อุปกรณ์

- 1) ถ้วยพลาสติกขนาด 200 มิลลิลิตร
- 2) Spatula (ช้อนตักดิน)
- 3) กระบอกลูกเต๋บพลาสติก ขนาด 25 มิลลิลิตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร
- 4) Calipers หรือ traveling microscope สำหรับวัดความยาวของแท่งดิน

วิธีการ

1) ใส่น้ำที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 2 มิลลิเมตร ลงในถ้วยพลาสติกประมาณ 1/2 ถ้วย เติมน้ำลงไปแล้วใช้ช้อนตักดินจนกระทั่งดินอิ่มตัวด้วยน้ำ คือผิวหน้าดินมีลักษณะมันวาวและดินไม่ไหลเมื่อเอียงถ้วย เมื่อเคาะเบา ๆ ผิวหน้าต้องเรียบ จากนั้นปิดฝาแล้วตั้งทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง

2) ปรับให้ดินอยู่ในลักษณะอิ่มตัวด้วยน้ำ จากนั้นบรรจุดินใส่ในหลอดชนิด ดันให้ดิน ออกเป็นแท่ง ยาว 5-7 เซนติเมตร ลงบนถาดหรือภาชนะที่เคลือบด้วยเทฟลอน เพราะจะไม่ทำให้แท่งดินโค้งเมื่อหัดตัว

3) วัดความยาวของแท่งดินด้วย caliper และนำเข้าตู้อบจนดินแห้งสนิทแล้วนำมาวัดความยาวอีกครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ไปคำนวณ

วิธีคำนวณ

$$\text{COLE rod} = \frac{L_m - L_d}{L_d} = \frac{L_m}{L_d} - 1$$

L_m = ความยาวของแท่งดินเมื่อชื้น (moist)

L_d = ความยาวของแท่งดินหลังจากอบแห้ง (dry)

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

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

4.1.2 สภาพการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) โดยวัดสภาพการนำไฟฟ้าของสารสกัดอิ่มตัวของดิน (saturation extract) วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง electrical conductivity bridge (Richards, 1954)

4.1.3 อินทรีย์วัตถุในดิน โดยวิธี Walkley และ Black Titration (Walkley and Black, 1934)

4.1.4 ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

4.1.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorous) โดยวิธี Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945)

4.1.6 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) โดยสกัดด้วย 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

4.1.7 เบสที่สกัดได้ (Extractable bases) ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม โดยสกัดด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

4.1.8 ความเป็นกรดที่สกัดได้ (Extractable acidity) โดยวิธี barium chloride-triethanolamine pH 8.2 (Peech, 1965)

4.1.9 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity) โดยการซึมชะแคตไอออน ด้วยสารละลาย 1 M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพเป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

4.1.10 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (Base saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ (sum bases) ซึ่งได้แก่ผลรวมของแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม และความเป็นกรดที่สกัดได้ (National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\% \text{ BS} = \frac{\text{Sum bases}}{\text{Extractable bases} + \text{extractable acidity}} \times 100$$

4.1.11 ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ในรูปอิสระ โดยวิธี dithionite-citrate-bicarbonate (Mehra and Jacson, 1960) ในรูปอสัณฐาน โดยวิธี ammonium oxalate (McKeague and Day, 1966) และในรูปสารอินทรีย์โดยวิธี sodium pyrophosphate (McKeague, 1967)

4.1.12 องค์ประกอบทางเคมีรวม (Total chemical analysis) เตรียมตัวอย่างด้วยวิธี pressed powder แล้ววัดปริมาณธาตุรวมโดยใช้เครื่อง X-ray fluorescence (XRF) spectrophotometer (Norrish and Hutton, 1969; Angela, 1982)

4.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงแร่ของดิน

4.2.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในกลุ่มของอนุภาคดินเหนียว (clay fraction) ที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction: XRD) (Whittig and Allardice, 1986)

4.2.2 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในกลุ่มอนุภาคทรายแป้ง (silt fraction) โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับชนิดของแร่มาตรฐาน (Brindley and Brown, 1980)

สำหรับปริมาณของแร่ชนิดต่าง ๆ ประเมินโดยวิธี relative peak height และ peak area (Whittig and Allardice, 1986)

4.3 การวิเคราะห์จุลสัณฐานวิทยาของดิน

ตัวอย่างดินที่เก็บมาจากภาคสนามโดยใช้กล่องคูเบียนา มีขั้นตอนการเตรียมทำแผ่นตัดบาง (thin section) เพื่อศึกษาจุลสัณฐานวิทยาของดิน โดยวิเคราะห์ผ่านกล้องจุลทรรศน์ (มรกต, 2532; Bullock *et al.*, 1985) ดังนี้

1) ถ่ายดินออกจากกล่องคูเบียนาลงในกล่องกระดาษซึ่งบุพลาสติกเรียบร้อยแล้วพร้อมทั้งเขียนรายละเอียด ชื่อชุดดิน ชั้นดิน และทำลูกศรชี้ทิศทางของตัวอย่างดินที่เก็บ

2) อบดินให้แห้งภายในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ หรือจนแน่ใจว่าความชื้นในดินไม่มีเหลืออยู่เลย (อุณหภูมิในการอบตัวอย่างดิน ถ้าสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ดินแตก และอินทรีย์วัตถุจะถูกทำลาย) หลังจากนั้นนำมาทำให้แข็ง โดยการแทรกสาร (impregnation) ซึ่งเป็นน้ำยาผสมของอัลโพลิต ยูพี 001 อี ที่ใช้เป็นสารเชื่อม เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ เป็นสารทำให้เกิดปฏิกิริยา และสไตรีนโมโนเมอร์ เป็นตัวทำเจือจาง โดยเทน้ำยาที่ผสมดีแล้วลงในกล่องตัวอย่างดิน

3) นำไปใส่ในตู้อบสุญญากาศ (vacuum drying oven) ที่ความดัน 60 เซนติเมตรปรอท ประมาณ 6-8 ชั่วโมง จึงนำออกมาใส่ตู้ควั่น ต้องคอยเติมน้ำยาให้ท่วมอยู่เสมอ ค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้น และเพิ่มเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ทีละน้อย จนกว่าน้ำยาจะแข็งตัว จึงนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4) จากนั้นนำมาตัดด้วยเครื่องตัด (diamond saw) ให้หนาประมาณ 5-8 เซนติเมตรนำมาขัดผิวหน้าด้านใดด้านหนึ่งของตัวอย่าง โดยใช้ผงขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide powder) ผสมน้ำมัน นำตัวอย่างดินที่ขัดและเช็ดให้แห้งเรียบร้อยแล้ว อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

5) นำตัวอย่างดินมาติดบนสไลด์ โดยใช้กาวที่มีส่วนผสมของอัลโฟลิท ยูพี 001 อี กับ ไฮโคลเฮกซะโนนเปอร์ออกไซด์ (cyclohexanone peroxide) และโคบอลต์ออกทีโอเตต (cobaltoctate) หลังจากติดตัวอย่างสไลด์เรียบร้อยแล้ว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

6) นำตัวอย่างที่ติดสไลด์แล้วมาตัดด้วยเครื่องตัดบางและขัดด้วยผงขัดหยาบและละเอียดตามลำดับ จนกระทั่งตัวอย่างมีความหนาประมาณ 0.03 มิลลิเมตร โดยสังเกต สีของแร่ควอตซ์ ซึ่งจะมีสีเทา หรือเทาปนเหลือง เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ในสภาพ x-nicols จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (cover glass) แล้วนำไปส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่เพื่อศึกษาทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน

4. สถานที่

4.1 การปฏิบัติงานในภาคสนาม บริเวณที่เป็นชุดดินอันดับเวอร์ทิวอลส์ที่ตอนของประเทศ ไทยในจังหวัดลพบุรีและเพชรบูรณ์

4.2 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และการวิเคราะห์สมบัติทางแร่ของดิน ณ สำนัก วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

สภาพทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษา

1. ขอบเขตและลักษณะพื้นที่ที่ศึกษา

ทำการศึกษาดำเนินการ 4 ชุมชน ได้แก่ ชุมชนลพบุรี ชัยบาดาล สมอทอด และวังชมพู ใน จังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี

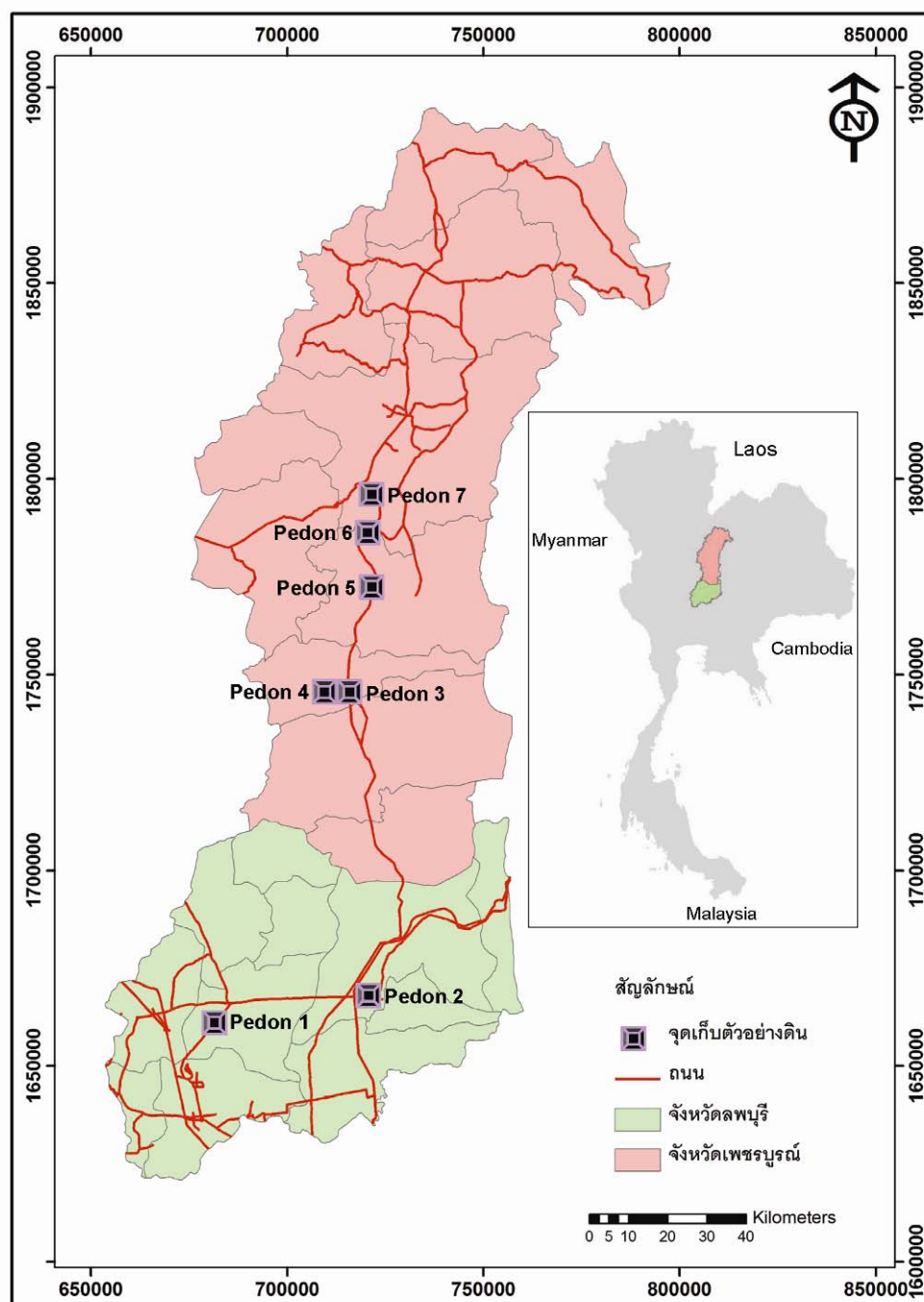
จังหวัดเพชรบูรณ์ตั้งอยู่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ระหว่างละติจูดที่ 16 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 101 องศา ตะวันออก ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดเลย ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดขอนแก่นและชัยภูมิ ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดลพบุรี ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดพิษณุโลก จังหวัดพิจิตร และจังหวัดนครสวรรค์ (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550ก)

จังหวัดลพบุรีตั้งอยู่ในภาคกลางตอนบนของประเทศไทยระหว่างละติจูด 47 องศา 37 ลิปดาเหนือ และลองจิจูด ที่ 100 องศา 25 ลิปดา ตะวันออก ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดเพชรบูรณ์ ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดนครราชสีมา และจังหวัดชัยภูมิ ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดสระบุรี จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดอ่างทอง ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดนครสวรรค์ และจังหวัดสิงห์บุรี (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550ข)

2. สภาพภูมิประเทศ

จังหวัดเพชรบูรณ์มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มแบบท้องกระทะ ประกอบด้วยเนินเขา ป่า และที่ราบเป็นตอน ๆ สลับกันไป พื้นที่มีลักษณะลาดชันจากทิศเหนือลงไปทางทิศใต้ ตอนเหนือมีทิวเขาสูง ตอนกลางของจังหวัดเป็นพื้นที่ราบ และมีเทือกเขาเพชรบูรณ์ขนานกันไปทั้งสองข้าง มีแม่น้ำป่าสักไหลผ่านตอนกลางของจังหวัด จากทิศเหนือไปทิศใต้ โดยมีต้นน้ำเกิดจากภูเขาผาลานใน จังหวัดเลย (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550ก)

จังหวัดลพบุรี สภาพภูมิประเทศแบ่งออกเป็นสองส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ 1. ที่ราบลุ่ม 2. ที่ราบสลับเนินเขาและภูเขา มีแม่น้ำสำคัญไหลผ่านคือแม่น้ำป่าสัก โดยมีการสร้างเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์เพื่อกักเก็บน้ำ และมีแม่น้ำลพบุรีผ่านทางฝั่งตะวันตกของจังหวัด (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550ข)

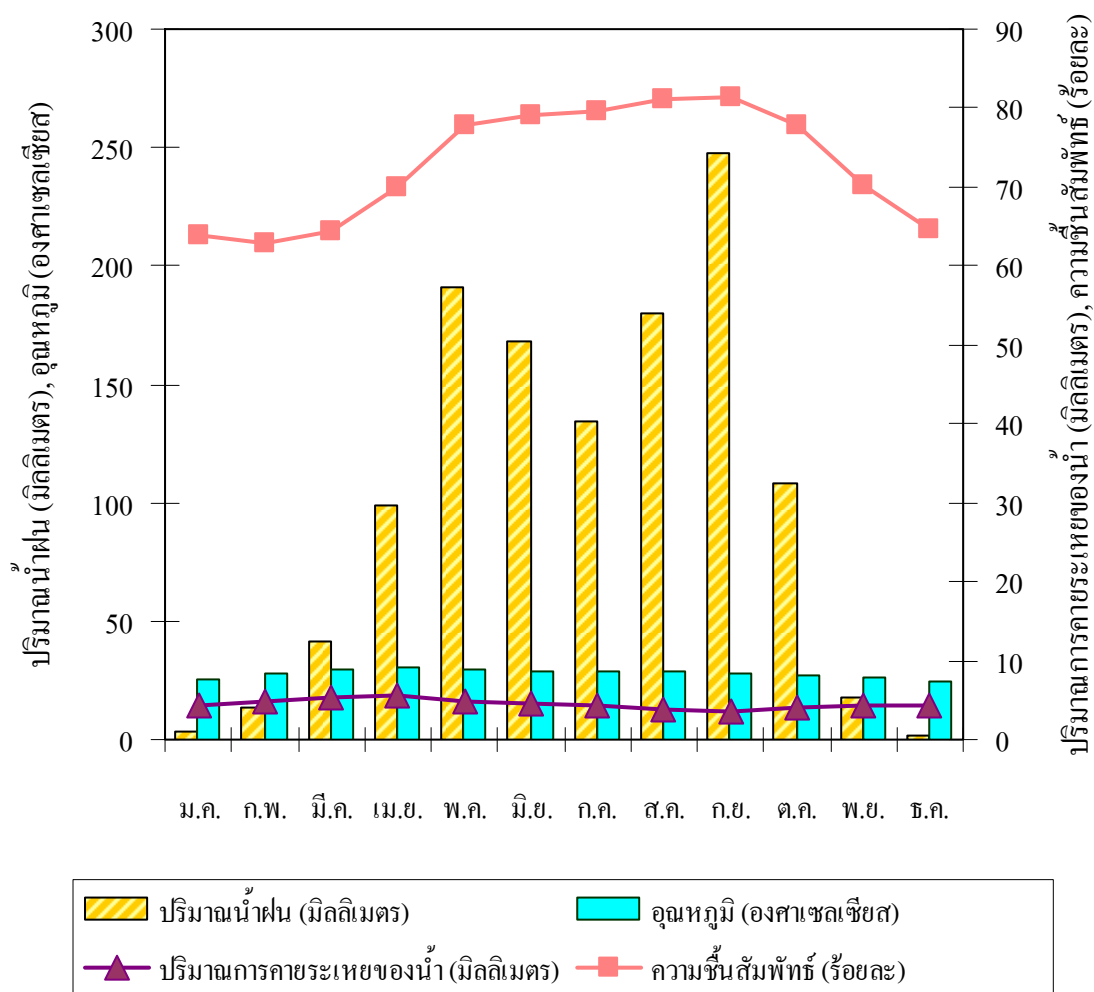


ภาพที่ 1 ขอบเขตบริเวณที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง

ที่มา: ดัดแปลงมาจากกรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2516ก, 2516ข; 2516ค; 2516ง, 2523, 2524)

3. สภาพภูมิอากาศ

จากข้อมูลสถิติลักษณะภูมิอากาศโดยเฉลี่ยในคาบ 10 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2551 ของสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี พบว่า (แสดงในตารางผนวกที่ 1 และภาพที่ 2) (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552)



ภาพที่ 2 ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิ ปริมาณการคายระเหยของน้ำ และความชื้นสัมพัทธ์ ระหว่างปี พ.ศ. 2542-2551 ของจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี

ปริมาณน้ำฝนตลอดปี เฉลี่ยเท่ากับ 1,206.8 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดเฉลี่ยในเดือนกันยายนเท่ากับ 247.5 มิลลิเมตร และปริมาณน้ำฝนต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนธันวาคมเท่ากับ 1.9 มิลลิเมตร จำนวนวันฝนตกในรอบปีเฉลี่ย 111.9 วัน เดือนกันยายนมีจำนวนวันฝนตกสูงสุด เฉลี่ย 17.4 วัน และเดือนธันวาคมมีจำนวนวันฝนตกน้อยที่สุด เฉลี่ย 0.7 วัน

อุณหภูมิตลอดปี เฉลี่ยเท่ากับ 27.88 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 33.4 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิสูงสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 36.7 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 22.7 องศาเซลเซียส โดยมีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคมเท่ากับ 18.8 องศาเซลเซียส

ปริมาณความชื้นสัมพัทธ์ตลอดปี เฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 72.7 โดยมีปริมาณสูงสุดเฉลี่ยในเดือนกันยายน เท่ากับร้อยละ 81.3 และต่ำสุดเฉลี่ยในเดือนกุมภาพันธ์ เท่ากับร้อยละ 63.0 ปริมาณการคายระเหยของน้ำตลอดปี เฉลี่ยเท่ากับ 53.16 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณการคายระเหยสูงสุดในเดือนเมษายน เท่ากับ 5.6 มิลลิเมตร และปริมาณการคายระเหยต่ำสุดในเดือนกันยายน เท่ากับ 3.6 มิลลิเมตร

5. ลักษณะทางธรณีฐานวิทยา

จากลักษณะทางภูมิศาสตร์กายภาพของประเทศไทย ประกอบกับลักษณะของกระบวนการพื้นผิว และลักษณะเด่น ๆ ที่เกิดจากกระบวนการเหล่านี้ สามารถแบ่งประเทศไทยออกเป็น 6 เขตใหญ่ ๆ บริเวณที่ทำการศึกษาล้อมอยู่ในเขตเทือกเขาสูงตอนกลาง (Central Highlands) เป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนวางตัวเป็นแนวยาวเหนือใต้ ครอบคลุมบริเวณจากจังหวัดเลยและเพชรบูรณ์จนถึงจังหวัดสระบุรีและนครราชสีมา มีความยาวประมาณ 300 กิโลเมตร และกว้างประมาณ 20-100 กิโลเมตร พื้นที่ราบมีน้อยและสูงจากระดับน้ำทะเล 100 เมตร โดยประมาณ แม่น้ำสายสำคัญคือ แม่น้ำป่าสัก ภูเขาเป็นหินดินดาน หินปูน หินแอนดีไซต์ ไดโอไรต์ และหินทราย มีบริเวณที่เกิดจากการทับถมของตะกอนน้ำเป็นหอย่อม ๆ เป็นตะพักกลุ่มน้ำและที่ราบตะกอนน้ำพาค่อนข้างใหม่ (recent alluvial plain) (อัญชลี และคณะ, 2552)

6. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

จังหวัดเพชรบูรณ์มีพื้นที่สำหรับใช้ประโยชน์ในการทำการเกษตร ประมาณร้อยละ 40.72 พืชเศรษฐกิจที่ปลูกมากเป็นอันดับ 1 คือข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รองลงมาคือข้าวนาปีและอ้อยโรงงาน ส่วนจังหวัดลพบุรี มีพื้นที่สำหรับใช้ประโยชน์ในการทำการเกษตร ประมาณร้อยละ 57.69 พืชเศรษฐกิจที่ปลูกมากเป็นอันดับหนึ่งคือ มันสำปะหลัง รองลงมาคือ อ้อยโรงงานและข้าวนาปี (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2550ก, 2550ข)

ผลและวิจารณ์

การศึกษาการกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิซอลล์ที่ดอนในประเทศไทย บริเวณที่ศึกษาเป็นดินที่ดอน ในที่นี้หมายถึง ดินที่เกิดในสภาพพื้นที่ที่น้ำไม่ท่วมขังหรือมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกจากผิวดิน ดินมีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี ใช้ปลูกพืชไร่หรือไม้ผล (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปลูกพืชวิทยา, 2551) ทำการศึกษาโดยกำหนดดินตัวแทน 7 บริเวณ ประกอบด้วยการศึกษาลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน จุลสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีและแร่วิทยาของดิน โดยแต่ละบริเวณ กำหนดให้เป็นพีดอน (pedon) ซึ่งเป็นปริมาตรที่เล็กที่สุดที่สามารถบอกได้ว่าเป็นดินหนึ่ง (soil individual) (Buol *et al.*, 2003) และสามารถอธิบายหน้าตัดดินได้ครบทุกลักษณะ (เอิบ, 2548)

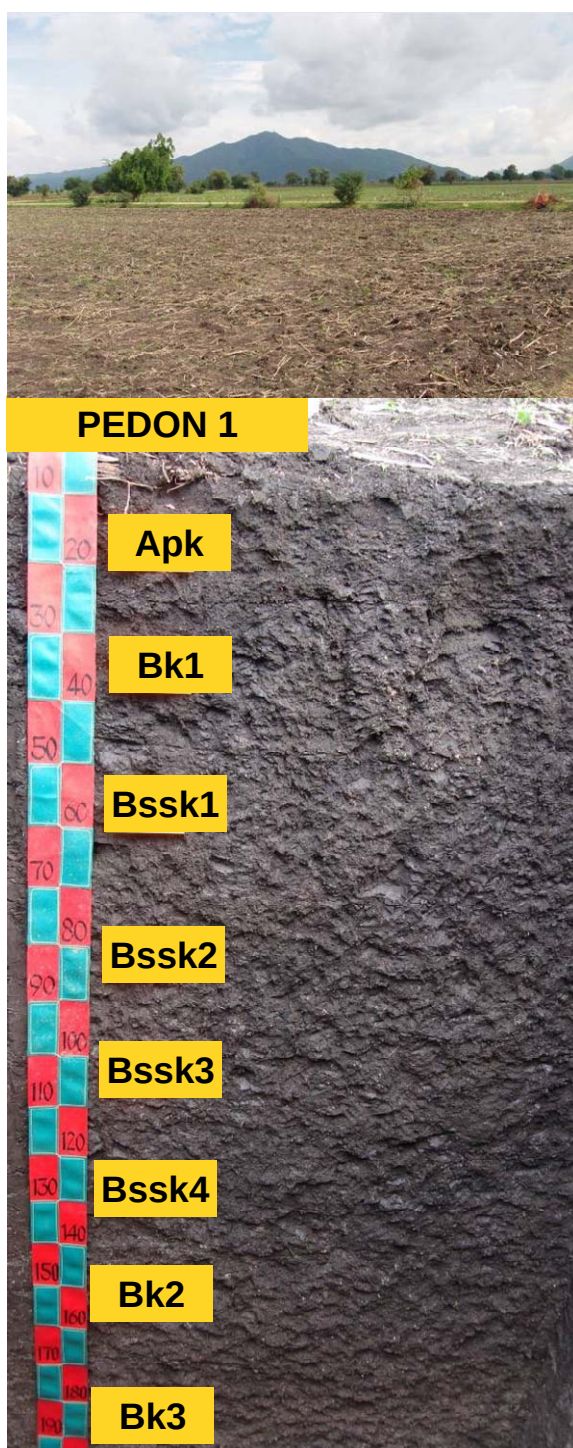
1. ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 7 บริเวณแสดงไว้ในคำอธิบายหน้าตัดดินในภาคผนวก ก และตารางที่ 3, 4 และ 5 แต่ละบริเวณมีลักษณะโดยละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ดินพีดอน 1 (Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 3)

ชุดดินลพบุรี อยู่ในบริเวณบ้านวังขอนขว้าง ตำบลวังขอนขว้าง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี อยู่ในบริเวณเชิงเขาตอนล่าง มีความสูง 35 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Apk-Bk-Bssk วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่สลายตัวมาจากหินปูน (local alluvium derived from limestone) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความชันร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำช้า การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินมีการปลูกข้าวฟ่าง งาม และทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

ดินบนมีสีดำ หนาประมาณ 25 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนมาก พีเอชดินในสนามเป็นด่างปาน



ภาพที่ 3 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 1

บริเวณบ้านวังขนขว้าง ตำบลวังขนขว้าง อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

ตารางที่ 3 ลักษณะทั่วไปของดินที่ทำการศึกษา

Pedon	Thickness of surface soil (cm)	Effective depth (cm)	Profile development	Slope (%)	Elevation (m)	Relief	Landform	Parent Material
1	25	200+	Apk-Bk-Bssk	2	35	Undulating	Lower footslope	Local alluvium derived from limestone
2	20	160+	Apk-ABk-Bss-Bk	2	52	Undulating	Dissected upper footslope	Local alluvium derived from lime producing rocks
3	20	140+	Apk-Bt-Crt	1	83	Undulating	Dissected upper footslope	Local alluvium on residuum both derived from weathered andesite mixed with limestone
4	20	168+	Apk-Btk-Crtk	2	93	Undulating	Upper footslope	Local alluvium derived from limestone on residuum derived from weathered andesite
5	15	130+	Ap-Bt-Btc-Crt	1	99	Undulating	Lower middle slope on basalt corrosion plain	Residuum derived from weathered basalt
6	20	160+	Ap-Bt-Btc-2Btk	1	96	Undulating	Lower footslope	Local alluvium and wash over residuum derived from lime containing rock
7	25	182+	Ap-Bt-2Btk-2Crtk	1	102	Undulating	Lower dissected footslope	Local alluvium on residuum derived from calcareous rock

ตารางที่ 4 สภาพแวดล้อมทั่วไปของดินที่ทำการศึกษา

Pedon	Drainage	Permeability	Runoff	Climate type	Land use
1	Well drained	Slow	Slow	Tropical savana	Sesame, sorghum and livestock pasture
2	Well drained	Moderate	Moderate	Tropical savana	Mung bean, cassava and sugarcane
3	Well drained	Moderate	Moderate	Tropical savana	Mung bean, Bamboo spp., coconut, local trees and chilli
4	Well drained	Moderate	Moderate	Tropical savana	Corn and mung bean
5	Well drained	Moderate	Moderate	Tropical savana	Mung bean and corn
6	Well drained	Moderate	Moderate	Tropical savana	Mango intercropping with mung bean, tamarind, teak, eucalyptus, banana
7	Well drained	Moderate	Moderate	Tropical savana	Livestock pasture for grazing

ตารางที่ 5 ลักษณะดินในบริเวณที่ทำการศึกษา

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-25	Mixed 10YR 4/1, 10YR 3/2 10YR 4/6	C	3, f-m, sbk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Common fine cracks and traces of dead roots, few fine lime fragments
Bk1	25-45	2.5Y 4/1 2.5Y 4/4	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	G and S	Common fine cracks and few faint slickensides and pressure faces, common fine lime fragments and traces of dead roots
Bssk1	45-70	Mixed 10YR 4/1, 2.5Y 4/1 2.5Y 4/4, 7.5YR 5/8	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.5	G and S	Common fine cracks and faint pressure faces and slickensides, few fine lime fragments and traces of dead roots
Bssk2	70-93	2.5Y 4/2 2.5Y 4/4, 7.5YR 5/8	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.5	G and S	Common fine cracks, many faint pressure faces and distinct slickensides, common fine lime fragments and very few traces of dead roots
Bssk3	93-115	2.5Y 4/2 2.5Y 5/4, 10YR 5/4	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.5	G and S	Common fine cracks, faint and many faint slickensides
Bssk4	115-140	Mixed 2.5Y 6/3, 10YR 4/1 2.5Y 6/8	C	3, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.5	C and S	Common fine cracks, faint and many faint slickensides, common fine lime fragments
Bk2	140-170	Mixed 10YR 6/2, 10YR 5/1, 2.5Y 6/8	C	3, m-c, semi abk	H, F, MS/VP	8.5	C and S	Common fine faint pressure faces and few fine cracks, common soft lime accumulation and lime fragments
Bk3	170-200+	Mixed 10YR 6/2, 10YR 5/1 2.5Y 6/8	SGC	2, m-c, semi abk	H, F, MS/VP	8.5	-	Few fine faint pressure faces and few fine cracks, many soft lime accumulations and fine lime fragments

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplusterts, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-20	7.5YR 3/1	C	3, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Few fine rocks and lime fragments, few traces of dead roots
ABk	20-47	10YR 3/1	C	3, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Few fine pressure faces, few traces of dead roots, few fine cracks
Bss1	47-80	10YR 3/1	C	2, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and A	Common spots of lime soft nodules, common fine pressure faces and common slickensides of various sizes, commom fine cracks
Bss2	80-110	10YR 2/1	C	2, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and A	Many pressure faces and slickensides and common cracks, fewer spots of lime soft nodules
Bk1	110-130/140	10YR 2/1	C	2, f-m, semi abk	H, F, MS/MP	8.0	A and S	,Many spots of lime soft nodules and few fine cracks, few rock fragments
Bk2	140-160+	Mixed 10YR 4/1, 10YR 8/1	GCL	2, f-m, sbk	H, F, MS/MP	8.0	-	Few faint clay coats on pore walls, many lime hardened nodules of various sizes

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-20	10YR 4/3	C	2, m-c, abk	H, F, MS/MP	8.0	C and S	Few faint pressure faces and few fine rock fragments and manganese nodules, some spots of divided lime fragments, few fine cracks, few traces of dead roots
Bt1	20-45	10YR 4/3	C	2, f-m, semi abk	H, F, MS/MP	8.0	G and S	Few faint clay coats on pore walls, common fine pressure faces and few rock fragments, few fine cracks, few traces of dead roots
Bt2	45-70	Mixed 10YR 4/2, 10YR 4/110YR 5/6, 10YR 4/6	C	3, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Few faint clay coats on pore walls, common fine rock fragments and manganese nodules, common white spots of weathered rock fragments, few fine cracks, very few traces of dead roots
Bt3	70-90	Mixed 10YR 4/1, 10YR 4/2 10YR 4/4	C	3, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	G and S	Few faint clay coats on pore walls, common faint pressure faces and few small slickensides, few white spots of weathered rock fragments, few fine cracks, few traces of dead roots
Bt4	90-110/115	Mixed 10YR 5/2, 10YR 5/1 10YR 5/6	C	2, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	A and W	Few faint clay coats on pore walls, common faint pressure faces and few small slickensides, common fine cracks, few fine rock fragments
Crt	115-140+	10YR 5/1 10YR 5/6, 2.5YR 7/4, 10YR 2/1	SGC	2, f-m, semi abk	H, F, MS/MP	8.0	-	Few faint clay coats on pore walls, common faint pressure faces and many white spots of fragments, few fine rock fragments and cracks

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-18/20	7.5YR 4/3	C	3, c, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.0	A and S	Few faint clay coats on pore walls, common fine faint pressure faces and few rock fragments, few traces of dead roots
Btk1	20-40	Mixed 10YR 5/3, 7.5YR 4/3, 10YR 4/37.5YR 5/6, 10YR 2/1	C	2, f-m, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Few faint clay coats on pore walls and ped faces, common faint pressure faces and rock fragments, few traces of dead roots and charcoal fragments
Btk2	40-60	Mixed 10YR 4/2, 10YR4/1 7.5YR 5/6, 10YR 2/1	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	G and S	Few faint clay coats on pore walls, few faint pressure faces and few fine cracks, common lime fragments, few rock fragments, few traces of dead roots
Btk3	60-80	Mixed 10YR 4/2, 10YR 4/1 7.5YR 5/6, 5YR 4/4, 10YR 2/1	C	2, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Common faint clay coats on ped faces and pore pressure faces, lime fragments and fine rock fragments, a crack continues from surface down to the lower limit of this horizon
Btk4	80-110	Mixed 10YR 5/3, 10YR 5/2 10YR 5/8, 10YR 2/1	SGC	2, f-m, sbk	H, VF, VS/VP	8.0	A and S	Few faint clay coats on pore walls, common faint pressure faces and few manganese-oxide nodules, many lime fragments, few rock fragments
Crtk1	110-135	Mixed 10YR 5/2, 10YR 5/1 10YR 5/6	GC	1, m-c, abk	H, F, VS/VP	8.0	G and S	Few faint clay coats on pore walls and rock fragment surfaces, some accumulations of lime materials and common faint pressure faces, many fine and medium and few large rock fragments
Crtk2	135-168+	10YR 5/2 10YR 4/6, 10YR 2/1	GC	1, m-c, abk	H, F, VS/VP	8.0	-	Few faint clay coats on pores walls and rock fragment surfaces, some accumulations of lime common faint pressure faces, weathered basalt retaining

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-15	7.5YR 3/2	C	3, m-c, sbk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Few faint pressure faces and few fine weathered rock fragments, common large vertical cracks through Ap down to some part of Bt, few traces of dead roots
Bt	15-30/40	7.5YR 3/2	C	2, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and W	Few faint clay coats on pore walls and some ped faces, common faint pressure faces, fine cracks and few fine weathered rock fragments, few rock fragments and some clay balls
Btc	40-40/70	7.5YR 3/2 7.5YR 5/8	SGC	2, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and W	Common faint clay coats on pore walls, ped faces and nodule surface, common faint pressure faces and fine Mn-oxide nodules, common fine cracks, weathered rock fragments, few fine clay balls
Crt1	70-100	10YR 5/2 7.5YR 5/8, 10YR 6/8, 10YR 2/1	GSC	2, f-m, semi abk	H, F, VS/VP	7.0	C and S	Few faint clay coats on pore walls and mangan on weathered rock fragment surfaces, few faint pressure faces, many weathered rock fragments and manganiferous rocks, few fine cracks
Crt2	100-130	10YR 4/2 7.5YR 5/8, 10YR 6/8, 10YR 2/1	GSC	2, f-m, semi abk	H, F, VS/VP	7.0	-	Few faint clay coats on pore walls and mangan on weathered rock fragment surfaces, few faint pressure faces, many weathered rock fragments and manganiferous rocks, few fine cracks

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-20	7.5YR 2.5/2	C	3, m-c, sbk	VH, VF, VS/VP	6.0	A and S	Few faint pressure faces and few fine rock fragments, traces of dead roots and common vertical cracks down to approximate 12 cm depth
Bt	20-45	7.5YR 4/3 2.5YR 4/8	C	3, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	5.5	A and S	Few faint clay coats on pore walls mainly, few faint pressure faces and few fine rock fragments, traces of dead roots, few iron-manganese nodules and concretions
Btc1	45-75	7.5YR 4/2 10YR 6/8, 2.5YR 4/6, 10YR 2/1	VGC	2, f-m, sbk	H, F, MS/MP	6.0	C and S	Few faint clay coats on pore walls and on nodule surfaces, common distinct mangan on faces of rock fragments, many fine nodules and concretions of Fe-Mn oxides, very few pressure faces, traces of dead roots
Btc2	75-105	10YR 5/2 2.5YR 4/8, 7.5YR 5/8, 10YR 6/8	VGC	2, m-c, semi abk	VH, VF, MS/MP	6.5	A and S	Few faint clay coats on pore walls and on nodule surfaces, common distinct mangan on faces of rock fragments, many fine nodules and concretions of Fe-Mn oxides, very few pressure faces, traces of dead roots
2Btk1	105-135	Mixed 2.5Y 5/3, 2.5Y 5/1	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	G and S	Common faint clay coats on ped faces and pore walls, common faint pressure faces and few slickensides, common fine lime materials, few fine cracks
2Btk2	135-160+	Mixed 2.5Y 5/3, 2.5Y 4/1 2.5Y 5/6	C	2, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	8.0	-	Few faint clay coats on pore walls and nodule surfaces, few faint pressure faces and common fine dark spots of Mn-oxides, many fine lime materials in soil matrix, few traces of dead roots, few fine cracks

ตารางที่ 5 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Field pH	Boundary	Others
Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-25	2.5YR 2.5/1	C	3, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	6.5	C and S	Common faint pressure faces and fine rock fragments, common vertical cracks down to upper part of Bt, some traces of dead roots
Bt1	25-48	2.5YR 2.5/1 2.5YR 4/6	C	2, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	6.5	G and S	Few faint clay coats on pore walls and rock fragment surfaces, common faint pressure faces and fine rock fragmentsfew fine cracks, traces of dead roots
Bt2	48-70	2.5YR 4/1 2.5YR 4/6	GC	2, m-c, semi abk	VH, VF, VS/VP	5.5	A and S	Few faint clay coats on pore walls mainly, common faint pressure faces, common rock fragments of various sizes, traces of dead roots
2Btk1	70-100	Mixed 2.5Y 5/3, 2.5Y 6/6, 2.5Y 6/1	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	G and S	Common faint clay coats on pore walls and ped faces, many faint pressure faces and few slickensides, few rock fragments and Fe-Mn oxides nodules, few fine nodules
2Btk2	100-130	Mixed 2.5Y 5/3, 2.5Y 6/4	C	3, m-c, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	C and S	Common faint clay coats on pore walls and ped faces, many faint pressure faces and few slickensides, few fine cracks, common fine lime nodules
2Btk3	130-150	Mixed 2.5Y 6/4, 10YR 6/6, 10YR 7/1	C	2, f-m, abk	VH, VF, VS/VP	8.0	A and S	Common faint clay coats on pore walls and ped faces, many faint pressure faces and very few slickensides, few fine cracks, few fine lime nodules
2Crtk	150-182+	Mixed 2.5Y 6/4, 10YR 6/6, 10YR 7/1, 2.5Y 8/1	C	3, m-c, abk	H, F, MS/MP	8.0	-	Few faint clay coats on pore walls and some on planar weathered rock surfaces, common pressure faces on planar rock structure surfaces, common fine cracks

ตารางที่ 5 (ต่อ)

หมายเหตุ เนื้อดิน (Texture)

C	= clay
GCL	= gravelly clay loam
SGC	= slightly gravelly clay
G	= gradual
GC	= gravelly clay
GSC	= gravelly sandy clay
VGC	= very gravelly clay

โครงสร้าง (Structure)

1	= weak
2	= moderate
3	= strong
c	= coarse
m	= medium
f	= fine
abk	= angular blocky
sbk	= subangular blocky
semi abk	= semi-angular blocky

การยึดตัว (Consistence)

แข็ง

H	= hard
VH	= very hard

ชื้น

F	= firm
VF	= very firm

เปื่อย

MS	= moderately sticky
MP	= moderately plastic
VS	= very sticky
VP	= very plastic

ขอบเขตชั้นดิน (Boundary)

A	= abrupt
C	= clear
S	= smooth
W	= wavy

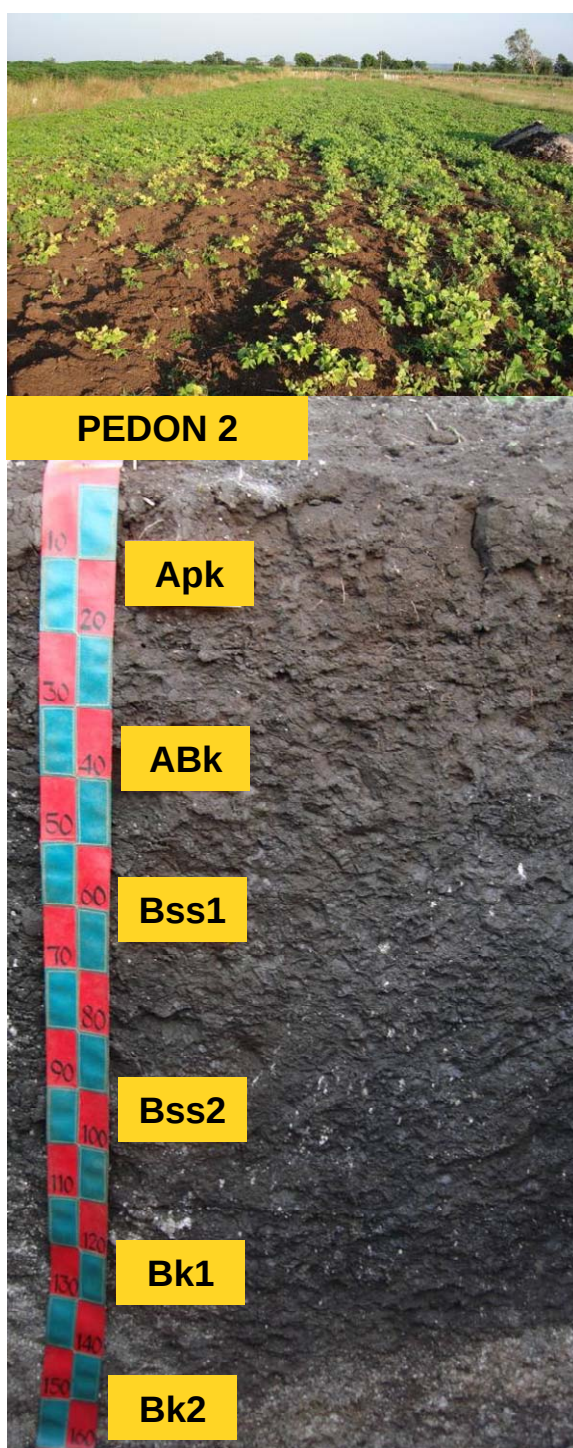
กลาง (field pH 8.0) ดินล่างลึก 25-200+ เซนติเมตร มีสีเทาเข้มมากและเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียว ที่ระดับความลึก 170-200+ เซนติเมตร เป็นดินเหนียวปนกรวดเล็กน้อย โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ที่ระดับความลึก 25-115 เซนติเมตร ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนมาก เป็นแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ที่ระดับความลึก 115-200+ เซนติเมตร ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนปานกลางถึงมาก พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลางถึงด่างจัด (field pH 8.0-8.5)

ตลอดหน้าตัดดิน พบรอยแตกกระแหงขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมากจนถึงระดับความลึก 140 เซนติเมตร พบในปริมาณน้อย พบหน้าอัคมัน ไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณ น้อยถึงมาก เพิ่มขึ้นตามความลึก ที่ระดับความลึก 25-93 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 140-200+ เซนติเมตร พบในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก พบรอยไถล ไม่ค่อยชัดเจนที่ระดับความลึก 25-140 เซนติเมตร ในปริมาณน้อยถึงมาก เพิ่มขึ้นตามความลึก พบชิ้นส่วนของปูนขนาดเล็กที่ระดับความลึก 0-93 และ 115-140+ เซนติเมตร ในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก พบการสะสมชิ้นส่วนของปูนขนาดเล็กและปูนที่สลายตัวได้ง่ายในปริมาณค่อนข้างมากถึงมาก ที่ระดับความลึก 140-200+ เซนติเมตร

1.2 พืดอน 2 (Calcic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 4)

ชุดดินชัยบาดาล บริเวณบ้านถนนโค้ง ตำบลชัยบาดาล อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี อยู่ในบริเวณส่วนตักของเชิงเขาตอนบน มีความสูง 52 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Apk-ABk-Bss-Bk วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพา ห่อหุ้มที่สลายตัวมาหินที่สลายตัวแล้วให้ปูนเป็นองค์ประกอบภายในดิน (local alluvium derived from lime producing rocks) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความชันร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ขณะทำการสีระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 160 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดิน มีการปลูกถั่วเขียว มันสำปะหลังและอ้อย

ดินบนมีสีเทาเข้มมาก หนาประมาณ 20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนมาก พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0) ดินล่างลึก 20-160+ เซนติเมตร มีสีเทาเข้มมาก สีดำและสีเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียว ที่ระดับความลึก 140-160+ เป็นดินร่วนเหนียวปนกรวด โครงสร้างดินแบบกึ่ง



ภาพที่ 4 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 2

บริเวณบ้านถนนโค้ง ตำบลชัยบาดาล อำเภอย้ายบาดาล จังหวัดลพบุรี

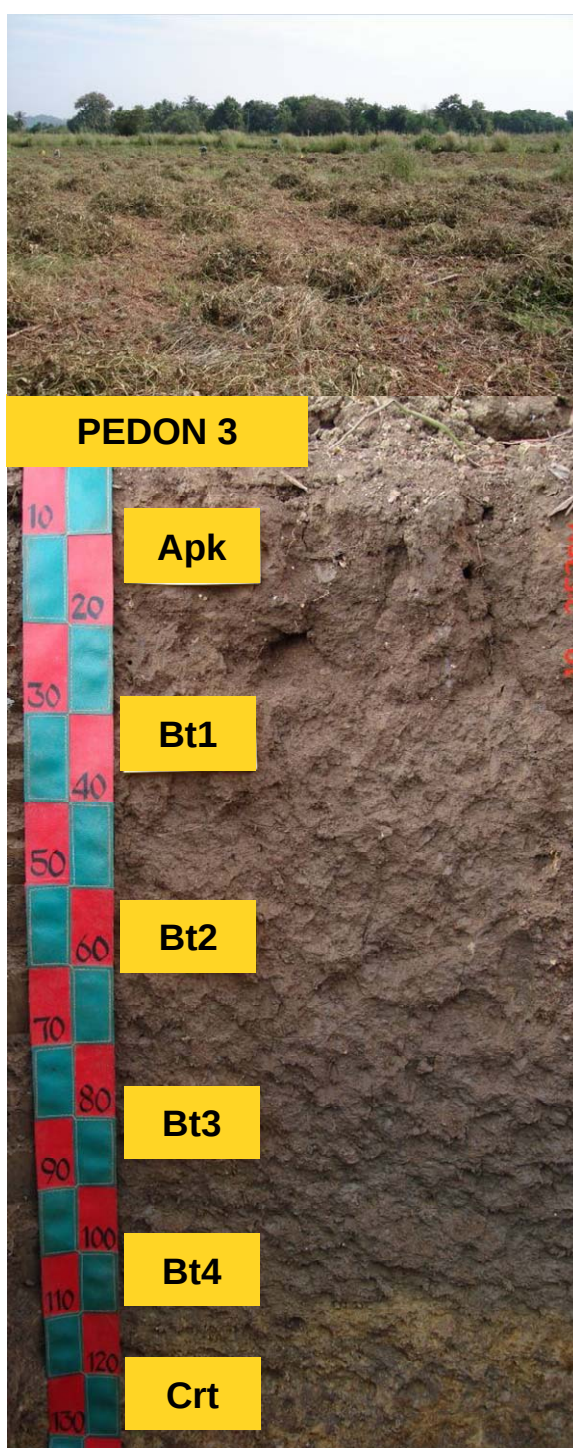
ก้อนเหลี่ยมมุมคม ที่ระดับความลึก 20-47 และ 110-140 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงหยาบ ความคงทนปานกลางถึงมาก แบบก้อนเหลี่ยมมุมคมในตอนกลางของหน้าตัดดินที่ระดับความลึก 47-110 เซนติเมตร ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนปานกลาง แบบก้อนเหลี่ยมมุมมนในตอนล่างของหน้าตัดดินที่ระดับความลึก 140-160+ เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลาง พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0)

ดินบนที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร พบชิ้นส่วนของปูนและหินผุ ขนาดเล็กในปริมาณน้อย พบรอยแตกกระแหงขนาดเล็ก ที่ระดับความลึก 20-140 เซนติเมตร ในปริมาณน้อยถึงมาก โดยพบมากที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร พบหน้าอัดมัน ขนาดเล็กในปริมาณน้อยถึงมากที่ระดับความลึก 20-110 เซนติเมตร มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก พบรอยไถล ในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 47-80 เซนติเมตร และพบมากที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร พบคราบดินเหนียวบนผนังช่องว่าง ที่ระดับความลึก 140-160 เซนติเมตร ในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน ที่ระดับความลึก 47-140 เซนติเมตร พบก้อนทรงมนของปูนที่สลายตัวได้ง่าย มีลักษณะเป็นจุดในปริมาณน้อยถึงมาก โดยพบมากที่ระดับความลึก 110-140 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 140-160+ พบก้อนทรงมนของปูนที่มีความคงทน หลายขนาดในปริมาณมาก

1.3 ดินพีคอน 3 (Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 5)

ชุดดินสมอทอด บริเวณตำบลบึงสามพัน อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในบริเวณส่วนตัดของเชิงเขาตอนบน มีความสูง 83 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Apk-Bt-Crt วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาที่องคั่นทับถมอยู่บนตะกอนตกร้างที่สลายตัวมาจากหินแอนดีไซต์และหินปูน (local alluvium on residuum both derived from weathered andesite mixed with limestone) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชันร้อยละ 1 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 140 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดิน มีการปลูกข้าว ไร่ มะพร้าว และพริก

ดินบนมีสีน้ำตาลหนาประมาณ 20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนปานกลาง พิเศษดินในสนามเป็น



ภาพที่ 5 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 3
บริเวณตำบลบึงสามพัน อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

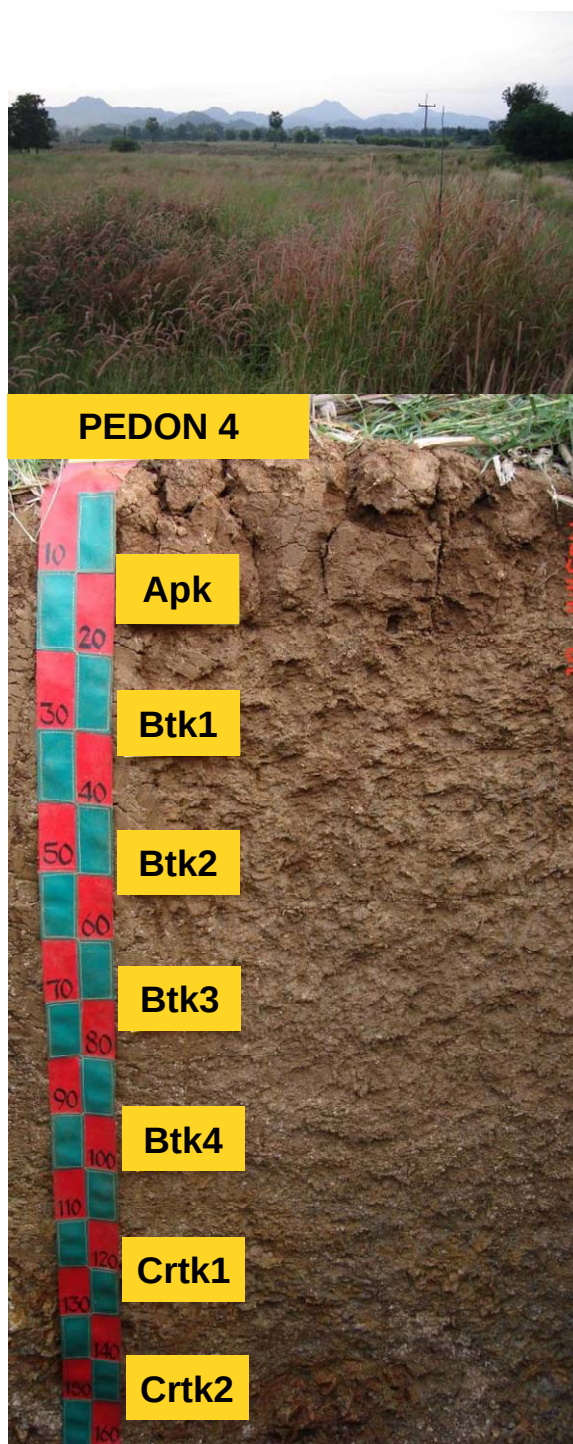
ด่างปานกลาง (field pH 8.0) ดินล่างลึก 20-140+ เซนติเมตร มีสีน้ำตาล สีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทาเข้มกับสีเทาเข้ม สีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทาเข้มกับสีเทา และสีเทา เนื้อดินเป็นดินเหนียว ที่ระดับความลึก 115-140+ เป็นดินเหนียวปนกรวดเล็กน้อย โครงสร้างดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคมที่ระดับความลึก 20-45 และ 115-140+ เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลาง แบบกึ่งเหลี่ยมมุมคม ที่ระดับความลึก 45-115 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลางถึงมาก พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0)

พบรอยแตกกระแหขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 0-90 เซนติเมตร พบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 90-115 เซนติเมตร ตลอดหน้าตัดดินพบหน้าอัฒัน ขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมาก พบรอยไถล ขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 70-115 เซนติเมตร ตลอดหน้าตัดดินพบคราบดินเหนียวบนผนังช่องว่างและผิวเม็ดดิน ในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน พบหินผุที่ได้จากการสลายตัว มีลักษณะเป็นจุดสีขาว กระจายอยู่ทั่วไป และพบก้อนทรงมนของแมงกานีสขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร และพบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 45-70 เซนติเมตร

1.4 ดินพีคอน 4 (Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 6)

ชุดดินสมอทอด บริเวณตำบลซับสมอทอด อำเภอวังสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในบริเวณเชิงเขาตอนบน มีความสูง 93 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Apk-Btk-Crk วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่นสลายตัวมาจากหินแกรนิตทับถมอยู่บนตะกอนตกค้างที่สลายตัวมาจากหินแอนดีไซต์ (local alluvium derived from limestone on residuum derived from weathered andesite) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความชันร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 160 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดิน มีการปลูกข้าวโพดและถั่วเขียว

ดินบนมีสีน้ำตาล หนาประมาณ 20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดหยาบ ความคงทนสูง พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0) ดินล่างลึก 20-168+ เซนติเมตร มีสีน้ำตาล สีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทาเข้มกับสีเทาเข้ม สีผสมระหว่างสีน้ำตาลกับสีน้ำตาลปนเทา สีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทาเข้มกับสีเทา และสี



ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 4

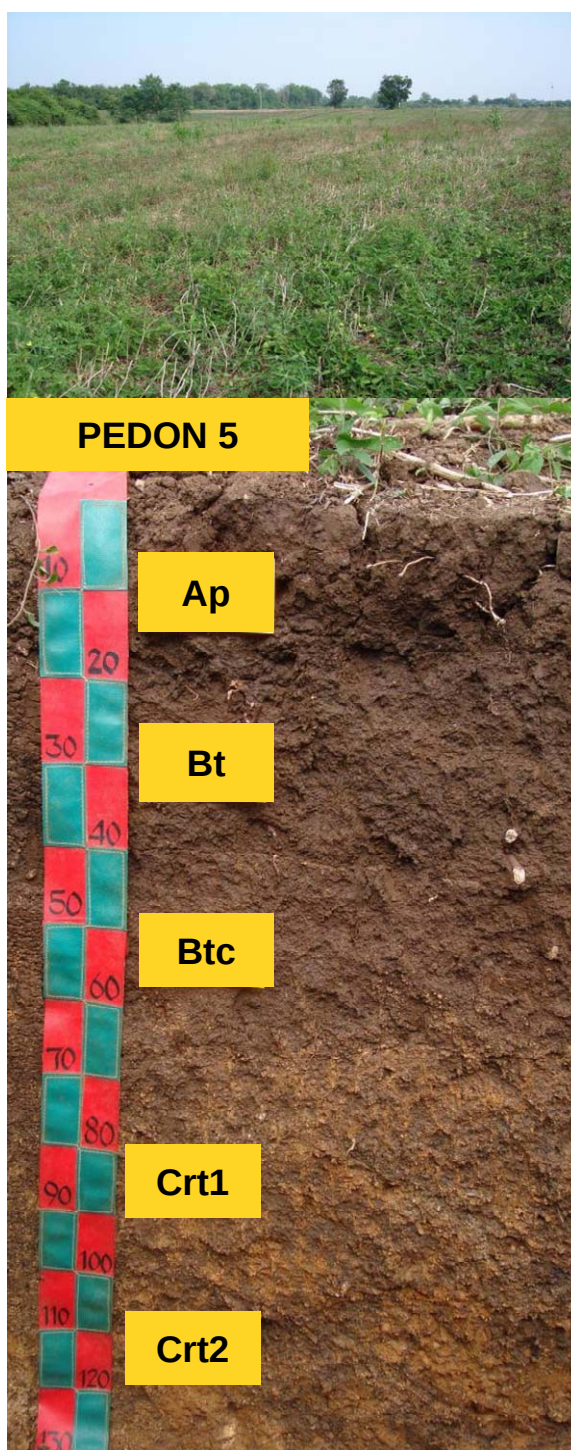
บริเวณตำบลซับสมอทอด อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์

น้ำตาลปนเทา เนื้อดินเป็นดินเหนียวที่ระดับความลึก 20-80 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวปนกรวด เล็กน้อยที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร และเป็นดินเหนียวปนกรวดที่ระดับความลึก 110-168+ เซนติเมตร โครงสร้างดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคมที่ระดับความลึก 20-40 และ 60-80 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงหยาบ ความคงทนปานกลาง แบบก้อนเหลี่ยมมุมคมที่ระดับความลึก 40-60 และ 110-168+ เซนติเมตร ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนสูงที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร และความคงทนน้อยที่ระดับความลึก 110-168+ เซนติเมตร แบบก้อนเหลี่ยมมุมมนที่ระดับความลึก 80-110 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลาง พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0)

พบรอยแตกกระแหงขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร รอยแตกต่อเนื่องกันที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร พบหน้าอัฒัน ที่ระดับความลึก 0-135 เซนติเมตร ไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณค่อนข้างมาก พบรอยไถล ไม่ค่อยชัดเจน ในปริมาณน้อย ที่ระดับความลึก 40-60 เซนติเมตร และพบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร ตลอดหน้าตัดดิน พบคราบดินเหนียวบนผนังช่องว่างไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก พบคราบดินเหนียวบนผิวเม็ดดินที่ระดับความลึก 20-40 และ 60-80 เซนติเมตร และพบคราบดินเหนียวเคลือบบนผิวหน้าของหินฝุ่ที่ระดับความลึก 110-168+ เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับความลึกที่หินบะซอลต์กำลังผุพัง มีการสะสมปูนเกิดขึ้น ทำให้พบชิ้นส่วนของปูนและหินฝุ่กระจายอยู่ทั่วไปตลอดหน้าตัดดิน นอกจากนี้ พบชิ้นส่วนของถ่าน (charcoal fragments) ที่ระดับความลึก 20-40 เซนติเมตร

1.5 ดินพีคอน 5 (Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 7)

ชุดดินชัยบาดาล บริเวณบ้านน้อย ตำบลหนองไผ่ อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในบริเวณส่วนต่ำของความลาดชันตอนกลาง บนที่ราบหินบะซอลต์ที่ถูกกัดกร่อน มีความสูง 99 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-Btc-Crt วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนตกค้างที่สลายตัวมาจากหินบะซอลต์ (residuum derived from weathered basalt) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความชันร้อยละ 1 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลต่ำของน้ำบนผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 130 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดิน มีการปลูกข้าวโพดและถั่วเขียว



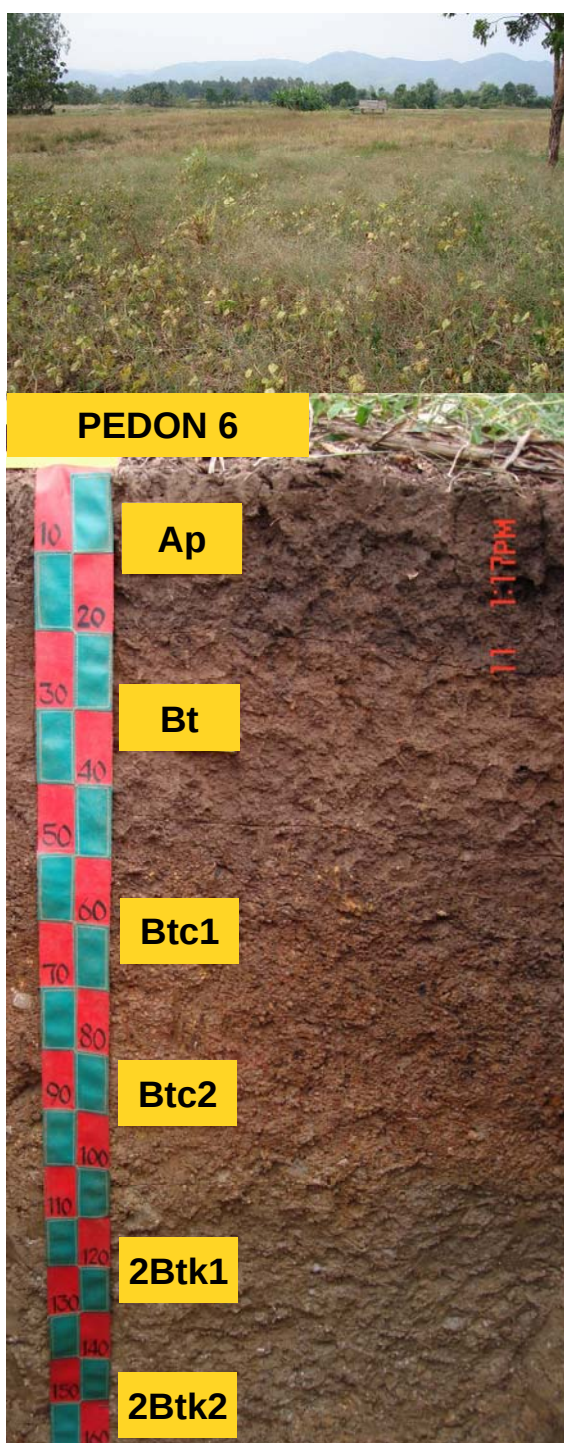
ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 5
บริเวณบ้านน้อย ตำบลหนองไผ่ อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

ดินบนมีสีน้ำตาลเข้ม หนาประมาณ 15 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดปานกลางถึงหยาบ มีความคงทนมาก พิเศษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0) ดินล่างลึก 15-130 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลเข้ม สีนํ้าตาลปนเทา และสีน้ำตาลปนเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวที่ระดับความลึก 15-40 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวปนกรวดเล็กน้อยที่ระดับความลึก 40-70 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวปนทรายปนกรวด ที่ระดับความลึก 70-130+ เซนติเมตร โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ที่ระดับความลึก 15-70 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลาง แบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ที่ระดับความลึก 70-130+ เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลาง พิเศษดินในสนามเป็นกลางถึงด่างปานกลาง (field pH 7.0-8.0)

พบรอยแตกกระแหงตลอดหน้าตัดดิน ดินบนพบรอยแตกขนาดใหญ่ในปริมาณค่อนข้างมากรอยแตกต่อเนื่องกันตามแนวตั้งลงลึกถึงบางส่วนของดินล่างที่ระดับความลึก 15-40 เซนติเมตร ภายในดินล่าง พบรอยแตกกระแหงขนาดเล็ก แนวโน้มลดลงตามความลึก พบหน้าอัคมันตลอดหน้าตัดดิน ไม่ค่อยชัดเจนและพบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 15-70 เซนติเมตร พบคราบดินเหนียวบนผนังช่องว่าง ไม่ค่อยชัดเจนที่ระดับความลึก 15-130 เซนติเมตร โดยพบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 40-70 เซนติเมตร และในระดับความลึกนี้ยังพบคราบดินเหนียวบนก้อนทรงมนในปริมาณค่อนข้างมาก พบคราบดินเหนียวบนผิวเม็ดดินไม่ค่อยชัดเจนที่ระดับความลึก 15-70 เซนติเมตร ในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก พบหินผุกระจายอยู่ทั่วไป พบมากที่ระดับความลึก 70-130 เซนติเมตร เป็นระดับความลึกที่มีการผุพังของ *manganiferous rock* ทำให้พบคราบแมงกานีสบนผิวของหินผุ และพบ clay balls ขนาดเล็ก ที่ระดับความลึก 15-100 เซนติเมตร

1.6 ดินพืดอน 6 (Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 8)

ชุดดินวังชมพูปริเวณบ้านอภัยมณีรัตน์ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในบริเวณเชิงเขาตอนล่าง มีความสูง 96 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-Btc-2Btk วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพา ท้องถิ่นและตะกอนล้างผิวดินที่สลายตัวมาจากหินที่มีปูนเป็นองค์ประกอบ (local alluvium and wash over residuum derived from lime containing rock) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชันร้อยละ 1 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 160 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดิน มีการปลูกมะม่วง ถั่วเขียว มะขาม ต้นสัก ยูคาลิปตัส และกล้วย



ภาพที่ 8 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 6
บริเวณบ้านอภัยมณีรัตน์ ตำบลห้วยโป่ง อำเภอนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์

ดินบนมีสีน้ำตาลเข้มมาก หนาประมาณ 20 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนมาก พีเอชดินในสนามเป็นกรดปานกลาง (field pH 6.0) ดินล่างลึก 20-160+ เซนติเมตร สีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเทา สีผสมระหว่างสีน้ำตาลมะกอกอ่อนกับสีเทา สีผสมระหว่างสีน้ำตาลมะกอกอ่อนกับสีเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคมที่ระดับความลึก 20-45 และ 105-135 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงหยาบ ความคงทน ความคงทนสูง แบบก้อนเหลี่ยมมุมมนที่ระดับความลึก 45-75 เซนติเมตร ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลาง แบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคมที่ระดับความลึก 75-105 และ 135-160+ เซนติเมตร ขนาดปานกลางถึงหยาบ ความคงทนปานกลาง พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัดถึงเป็นด่างปานกลาง (field pH 5.5-8.0)

พบรอยแตกกระแหงที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร ปริมาณค่อนข้างมาก รอยแตกมีความยาวตามแนวตั้งประมาณ 12 เซนติเมตร และพบรอยแตกกระแหงขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 135-160+ เซนติเมตร ตลอดหน้าตัดดินพบหน้าอัฒัน ไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก (ไม่พบที่ระดับความลึก 45-75 เซนติเมตร) พบรอยไถล ในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 105-135 เซนติเมตร พบคราบดินเหนียวบนผนังช่องว่าง ไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 20-164+ เซนติเมตร โดยพบค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 105-135 เซนติเมตร และพบคราบดินเหนียวบนก้อนทรงมน ไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 45-105 และ 135-160+ เซนติเมตร นอกจากนี้พบคราบดินเหนียวบนผิวเม็ดดินไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 105-135 เซนติเมตร พบก้อนทรงมนและมวลสารพอกของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 20-45 เซนติเมตร และพบในปริมาณมากที่ระดับความลึก 45-105 เซนติเมตร ทำให้พบคราบแมงกานีสบนผิวหินผุชัดเจนในปริมาณค่อนข้างมาก นอกจากนี้พบจุดสีเข้มขนาดเล็กของแมงกานีสออกไซด์ในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 135-160+ พบหินผุขนาดเล็กในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 0-45 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 105-160+ เซนติเมตร พบชิ้นส่วนของปูนขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมากถึงมาก

1.7 ดินพีคอน 7 (Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 9)

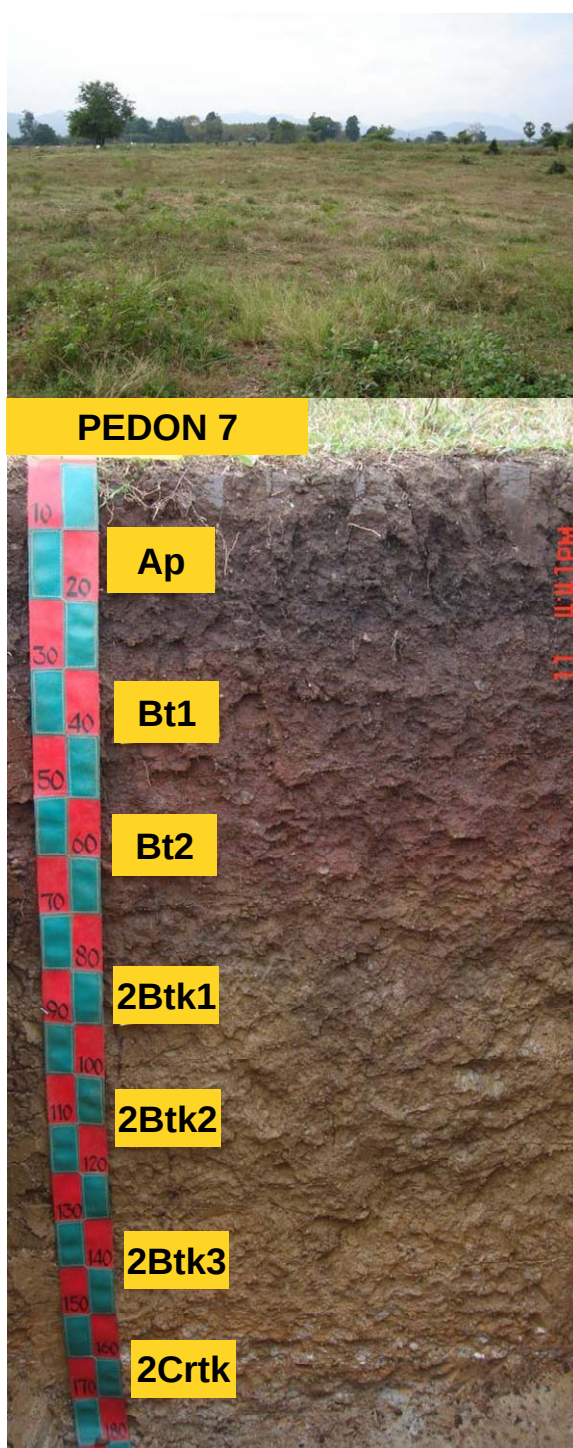
ชุดดินวังชมพู บริเวณบ้านชัยเจริญ ตำบลห้วยสะแก อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ในบริเวณส่วนตัดของเชิงเขาตอนล่าง มีความสูง 102 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-2Btk-2Crtk วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพา

ท้องถิ่นทับถมอยู่บนตะกอนตลิ่งที่สลายตัวมาจากหินเนื้อปูน (local alluvium on residuum derived from calcareous rock) สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชันร้อยละ 1 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง การใช้ที่ดิน มีการใช้เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ความลาดชันร้อยละ 1 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 180 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินมีการทำเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

ดินบนมีสีดำนแดง หนาประมาณ 25 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดปานกลางถึงหยาบ มีความคงทนมาก พิเษดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อย (field pH 6.5) ดินล่างลึก 25-182+ เซนติเมตร มีดำนแดง สีเทาปนแดงเข้มมาก สีส้มระหว่างสีน้ำตาลมะกอกอ่อนกับสีเหลืองมะกอก สีส้มระหว่างสีน้ำตาลมะกอกอ่อนกับสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน และสีส้มระหว่างสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อนกับสีเหลืองปนน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดละเอียดถึงปานกลาง ความคงทนปานกลางถึงมาก พิเษดินในสนามเป็นด่างปานกลาง (field pH 8.0)

พบรอยแตกกระแหงที่ระดับความลึก 0-48 และ 100-182+ เซนติเมตร ขนาดเล็ก พบในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมาก โดยพบค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 0-25 เซนติเมตร รอยแตกลึกถึงถึงบางส่วนของระดับความลึก 25-48 เซนติเมตร และพบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 150-180+ เซนติเมตร พบหน้าอัด ที่ระดับความลึก 0-70 เซนติเมตร ในปริมาณค่อนข้างมาก และพบในปริมาณมากที่ระดับความลึก 70-150 เซนติเมตร ในระดับความลึกนี้พบรอยไถล ในปริมาณค่อนข้างน้อยถึงน้อยและพบรอยไถลในปริมาณค่อนข้างมากบนผิวน้ำหินผุที่ระดับความลึก 150-182+ พบคราบดินเหนียวบนผนังช่องว่างไม่ค่อยชัดเจนที่ระดับความลึก 25-182+ เซนติเมตร โดยพบในปริมาณค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 70-150 เซนติเมตร ในระดับนี้ยังพบคราบดินเหนียวบนผิวเม็ดดินไม่ค่อยชัดเจนในปริมาณค่อนข้างมาก และพบคราบดินเหนียวบนผิวน้ำของหินผุที่ระดับความลึก 150-182+ เซนติเมตร พบหินผุขนาดเล็กที่ระดับความลึก 0-70 เซนติเมตร ในปริมาณค่อนข้างมาก และระดับความลึก 70-100 เซนติเมตร พบหินผุในปริมาณน้อย พบก้อนทรงมนของปูนขนาดเล็กในปริมาณน้อยถึงค่อนข้างมากที่ระดับความลึก 100-150 เซนติเมตร

ดินที่ทำการศึกษาทั้ง 7 พืดอน อยู่ภายใต้สภาพอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,207 มิลลิเมตร มีช่วงฤดูการเปียกและแห้งสลับกันชัดเจน กระบวนการการ



ภาพที่ 9 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของพีดอน 7
บ้านชัยเจริญ ตำบลห้วยสะแก อำเภอมือง จังหวัดเพชรบูรณ์

เกิดขึ้นน้อย เนื่องจากการรบกวนของดินเหนียว ส่งผลให้ผิวหน้าดินแตกกระแหง และเกิดรอยไถลภายในหน้าตัดดิน ตามมาตรฐานความลึกของดินในสนามพบว่า เป็นดินลึกถึงลึกมาก (เอิบ, 2552) บนสัณฐานภูมิประเทศที่เป็นเชิงเขาตอนล่างและตอนบน ส่วนดัดของเชิงเขาตอนล่างและตอนบน และส่วนต่ำของความชันตอนกลางบนที่ราบหินบะซอลต์ที่ถูกกัดกร่อน สภาพภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาด ความชันร้อยละ 1-2 ส่งผลให้ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำช้าถึงปานกลาง การไหลบ่าของน้ำช้าถึงปานกลาง เนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงดินร่วนเหนียว พีเอชดินมีค่าตั้งแต่ 5.5-8.5 แต่ส่วนใหญ่แล้วมีค่าเท่ากับ 8 สิณส่วนใหญ่เป็นสีเทาถึงเทาเข้มมาก สีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้มมาก สีน้ำตาลปนเทาถึงเทาเข้ม สีส้มระหว่างสีน้ำตาลปนเทาถึงเทาเข้มกับสีเทาถึงเทาเข้ม สังเกตได้ว่าสีดินขึ้นอยู่กับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ บริเวณที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า สีดินจะคล้ำกว่าดินที่สูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาเป็นที่ดอน สีดินจึงไม่เข้มแบบเวอร์ทีซอลส์ที่ลุ่ม (Bühmenn and schoeman, 1995; Khresat, 2007) และโดยภาพรวมจะเห็นว่า ทั้ง 7 พืดอนเกิดจากวัตถุดินกำเนิดที่เป็นตะกอนน้ำพาที่องถิน ตะกอนตกล้าง ตะกอนน้ำพาที่องถินทับถมอยู่บนตะกอนตกล้าง และตะกอนล้างผิวดินที่สลายตัวมาจากหินปูน หินแอนดิไซต์ หินบะซอลต์ และหินเนื้อปูน ซึ่งวัตถุดินกำเนิดเป็นตัวแปรที่สังเกตง่ายในภาคสนาม ถ้าดินนั้นยังมีระดับพัฒนาการน้อยก็สามารถเห็นวัตถุดินกำเนิด (ชั้น C) ได้ในระดับตื้น ซึ่งดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีชั้นที่แสดงให้เห็นอิทธิพลของวัตถุดินกำเนิด ได้แก่ พืดอน 3 พบที่ระดับความลึก 115 เซนติเมตร พืดอน 4 พบที่ระดับความลึก 110 เซนติเมตร พืดอน 5 ที่ระดับความลึก 70 เซนติเมตร และพืดอน 7 ที่ระดับความลึก 150 เซนติเมตร เป็นต้นไป แสดงให้เห็นว่าเป็นดินที่มีพัฒนาการต่ำ

จากสภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษพบว่า สารละลายดินมีความเข้มข้นของซิลิกาและแมกนีเซียมสูง เป็นผลจากการสลายตัวของแร่ซิลิเกตที่มีเหล็กและแมกนีเซียมสูง (Buol *et al*, 2003; Watanabe *et al.*, 2006) วัตถุดินกำเนิดของดินทั้ง 7 บริเวณมาจาก หินปูน หินบะซอลต์ หินแอนดิไซต์และหินเนื้อปูน วัตถุดินกำเนิดเหล่านี้มีแร่ที่เป็นองค์ประกอบเช่น เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ เกอไทต์ (ตารางที่ 8) เมื่อสลายตัวจะให้ Ca, Mg, Na, K และ Fe แก่ระบบดิน ผลของการสลายตัวของแร่เหล่านี้ทำให้ดินมีพีเอชเป็นด่าง ซึ่งเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการสร้างตัวของสเมกไทต์ (Furquim *et al.*, 2008) วัตถุดินกำเนิดจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการปลดปล่อยแคตไอออนที่จำเป็นสำหรับการกำเนิดหรือสร้างตัวของสเมกไทต์ออกมาในระบบดิน (Reid-Soukup and Ulery, 2002) สภาพภูมิประเทศและสัณฐานภูมิประเทศของดินส่งผลให้การชะละลายภายในหน้าตัดดินยังเกิดได้น้อย เห็นได้จากการพบคาร์บอนเตภายในหน้าตัดดิน แคตไอออนจำเป็นต่อการสร้างตัวยังคงอยู่ในระบบดิน สภาพภูมิประเทศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,207 มิลลิเมตรต่อปี ยังมีน้ำไม่มากพอที่จะชะละลายคาร์บอนเต หรือแคตไอออนต่าง ๆ ออกจากหน้าตัดดิน ทำให้ดินมี

พัฒนาการต่ำ การพบรอยแตกกระแหงบริเวณผิวหน้าแสดงว่าสภาพภูมิอากาศมีช่วงเปียกและแห้งสลับกันอย่างชัดเจน กระบวนการไฮโดรไลซิสของแร่ซิลิเกตจะเกิดขึ้นขณะเปียก ขณะแห้ง แคลไออนในสารละลายจะเข้มข้นขึ้นหรือมีมากขึ้น เมื่อรวมตัวกับซิลิกาและอะลูมินา ทำให้เกิดการสร้างตัวของสมกไทต์ขึ้น (Borchardt, 1989; Allen and Hajek, 1989; Wilson, 1999; Churchman, 2000; Reid and Ulery, 2002) ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินคาดว่าจะมีผลน้อยต่อการสร้างตัวของสมกไทต์

2. ลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยา

จากการศึกษาลักษณะทางจุลทรรศน์ของดินทั้ง 7 บริเวณ โดยการทำแผ่นตัดบาง และใช้กล้องจุลทรรศน์ ชนิดคูทิน-แร่ จากตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ ในชั้นดินที่เป็นตัวแทน (คำอธิบายลักษณะทางจุลทรรศน์ของดินแสดงไว้ในภาคผนวก ข และตารางที่ 6) สรุปได้ดังนี้

2.1 พีคอน 1 (ภาพที่ 10)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ cracks structure ช่องว่างในดินแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบ รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) ถึงค่อนข้างกลม (subrounded) การจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง พบชิ้นส่วนของหินแกรนิตซึ่งมีแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์เกิดผสมกัน บางชิ้นส่วนเป็นแร่ควอตซ์ที่เกิดผสมกับแร่ไบโอไทต์ และพบแร่ฮอร์เนเบลนด์ ส่วนอนุภาคนาละเอียดเป็นอนุภาคนาขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลเข้มเข้ม ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาขนาดหยาบกับอนุภาคนาละเอียดเป็นแบบเปิดถึงปิด (open to close porphyric) การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine materials, punctuation และ liquified plant tissue residues พบก้อนทรงมนของคาร์บอเนต (carbonates nodules) และก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ pseudomorphous nodules

ดินล่างที่ความลึก 25-45 เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบ cracks structure ช่องว่างในดินแบบ planar voids และที่ความลึก 70-200+ เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบ vughy structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่แบบ vughs และแบบ planar voids ในปริมาณน้อย ช่องว่างในดินล่างมีประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบ รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม การจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง พบชิ้นส่วนของ

ตารางที่ 6 จุลสัณฐานวิทยาของดินที่ทำการศึกษา

Horizon	Depth (cm)	Microstructure		Basic component			c/f related distribution	b-fabric	Pedofeature
		Structure	Voids	c/f ratio at 10 μm	Coarse fraction	Fine fraction			
Pedon 1	Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-25	Cracks	Planar	10:90	Quartz, granite rock fragments, feldspar, biotite, homblende	Dark brown clay	Open to close porphyric	Stipple-speckled	Carbonate nodules, iron oxide pseudomorphic nodules
Bk1	25-45	Cracks	Planar	10:90	Quartz, granite rock fragments, feldspar, biotite, homblende	Dark brown clay	Open to close porphyric	Stipple-speckled	Carbonate nodules, iron oxide pseudomorphic nodules
Bssk2	70-93	Vughy	Vughs, planar	5:95	Quartz	Dark brown clay	Close porphyric	Crystallitic	Carbonate nodules, manganese aggregate nodules
Bssk4	115-140	Vughy	Vughs, planar	5:95	Quartz	Dark brown clay	Close porphyric	Crystallitic	Carbonate nodules, manganese aggregate nodules
Bk3	170-200+	Vughy	Vughs, planar	5:95	Quartz	Dark brown clay	Close porphyric	Crystallitic	Carbonate nodules, manganese oxide superimposed on carbonate nodules
Pedon 2	Chai Badan variant 1; Calcic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-20	Vughy	Vughs, planar	2:98	Quartz	Yellowish brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Carbonate nodules, manganese aggregate nodules, pressure faces or slickenside
ABk	20-47	Fissure	Planar, vughs	2:98	Quartz	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide mottles, pressure faces
Bss2	80-110	Fissure	Planar, vughs	2:98	Quartz	Brown to dark brown clay	Open porphyric	Undifferentiated	Carbonate nodules
Bk2	140 160+	Granular	Compound packing	1:99	Quartz	Brown to dark brown clay	Open porphyric	Undifferentiated	Carbonate nodules

ตารางที่ 6 (ต่อ)

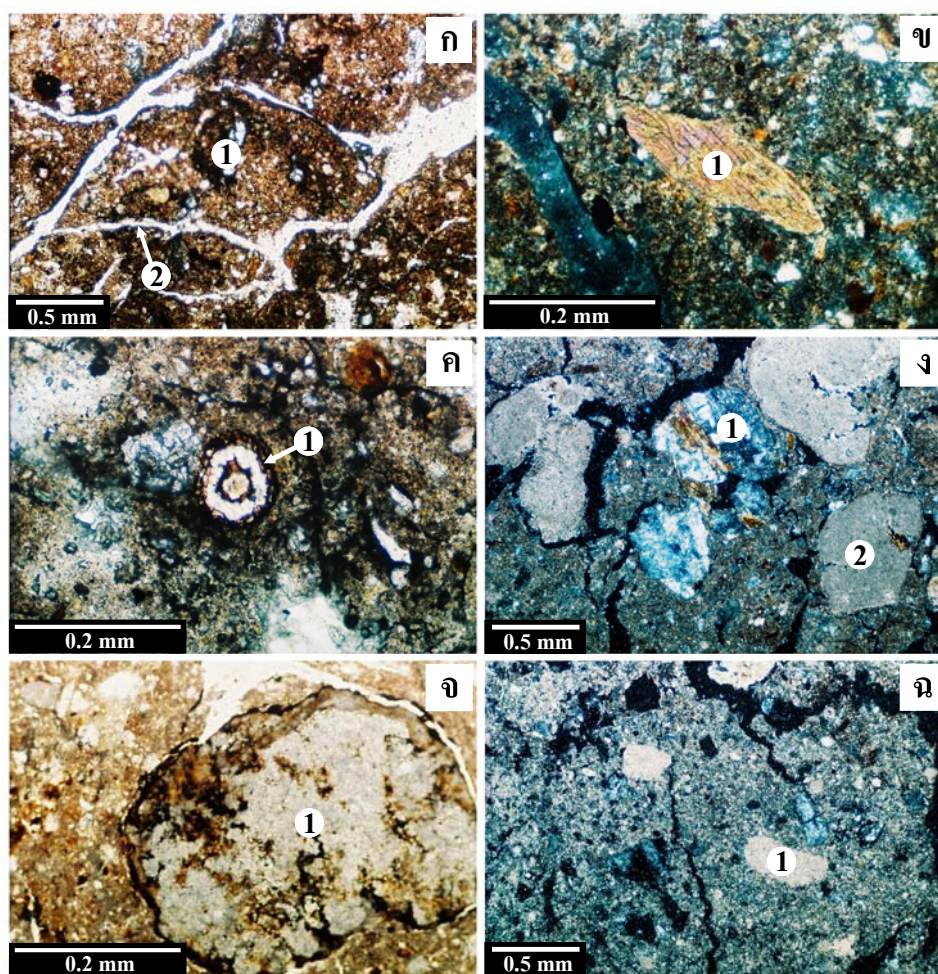
Horizon	Depth (cm)	Microstructure		c/f ratio at 10 µm	Basic component		c/f related distribution	b-fabric	Pedofeature
		Structure	Voids		Coarse fraction	Fine fraction			
Pedon 3 Apk	Samo Thod 0-20	variant; Chromic Vughy	Haplustert, fine, smectitic, Vughs	10:90	isohyperthermic Quartz, chert, pyroxene tuff rock fragments	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Crystallitic	Carbonate nodules, iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Bt1	20-45	Vughy	Vughs	10:90	Quartz, chert, pyroxene tuff rock fragments	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Grano-porostriated	Carbonate nodules, iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Bt3	70-90	Vughy	Vughs	5:95	Quartz, chert, pyroxene tuff rock fragments chalcedony	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Grano-porostriated	Iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Crt	115-140+	Fissure	Planar, vughs	5:95	Quartz, tuff rock fragments	Pyroxene altered to chlorite, gray clay, pale yellowish brown clay	Nearly clay monic	Mosaic speckled	Clay coatings, birefringence, iron oxide pseudomorphic nodules, iron oxide impregnated s-matrix
Pedon 4 Apk	Samo Thod series; 0-18/20	Chromic Vughy	Haplustert, very fine, smectitic, Vughs, planar	15:85	isohyperthermic Lithorelicts of shale, limestone & rhyolite rock fragments, quartz	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide concentric nodules
Btk2	40-60	Cracks	Planar, Intrapedal vughs	5:95	Lithorelicts of shale, & limestone rock fragments, quartz	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Mixed of stipple- speckled & crystallitic	Carbonate nodules, iron oxide typic nodules, manganiferous impregnated s-matrix as aggregate nodules
Btk4	80-110	Granular	Planar, intrapedal vughs	5:95	Lithorelicts of shale, limestone and rhyolite rock fragments, quartz	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Mixed of stipple- speckled & crystallitic	Clay mixed with carbonate material, manganese oxide superimposed on carbonate nodules, iron oxide typic nodules
Crt1	110-135	Subangular blocky	Planar	98:2	Shale and limestone rock fragments, quartz	Pale yellowish brown clay	Close porphyric	Stipple-speckled, porostriated	Clay coatings, carbonate material impregnated s-matrix, manganese oxides

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Microstructure		c/f ratio at 10 μm	Basic component		c/f related distribution	b-fabric	Pedofeature
		Structure	Voids		Coarse fraction	Fine fraction			
Pedon 5	Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-15	Vughy	Vughs, planar	10:90	Pedorelicts (basalt), quartz	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Bt	15-30/40	Subangular blocky	Planar	5:95	Pedorelicts (basalt), quartz	Brown to reddish brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Btc	40-40/70	Subangular blocky	Planar	5:95	Siltstone rock fragments, quartz	Brown to reddish brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Crt1	70-100	Subangular blocky	Planar	5:95	Weathered basalt, quartz and chert	Brown to reddish brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide typic and pseudomorphic nodules
Pedon 6	Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-20	Intergrain micro-aggregate	Vughs, planar	20:80	Quartz, chert and shale rock fragments	Yellowish brown to brown clay	Close porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide impregnative and typic nodules
Bt	20-45	Intergrain micro-aggregate	Vughs, planar	15:85	Quartz, chert and shale rock fragments	Yellowish brown to brown clay	Close porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide impregnative nodules
Btc1	45-75	Fissure	Planar	2:98	Quartz, chert and shale rock fragments	Yellowish brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide typic, impregnative and pseudomorphic nodules
2Btk1	105-135	Fissure	Planar	2:98	Quartz	Yellow to yellowish brown clay	Open porphyric	Stipple-speckled	Carbonate nodules, iron oxide mottles

ตารางที่ 6 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Microstructure		Basic component			c/f related distribution	b-fabric	Pedofeature
		Structure	Voids	c/f ratio at 10 μm	Coarse fraction	Fine fraction			
Pedon 7 Apk	Wang Chomphu series 2; 0-25	Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic							
		Complex	Compound packing, planar, intrapedal vughs	20:80	Quartz, chert rock fragments	Dark reddish brown to brown clay to fine silt	Open to close porphyric	Stipple-speckled	Iron oxide impregnative and pseudomorphic nodules
Bt1	25-48	Complex	Compound packing, planar, intrapedal vughs	15:85	Quartz, chert rock fragments	Dark reddish brown to brown clay to fine silt	Open to close porphyric	Stipple-speckled	Clay coatings, iron oxide impregnative and pseudomorphic nodule
2Btk2	100-130	Vughy	Vughs, planar, channels	10:90	Quartz	Yellowish brown to brown clay	Open porphyric	Mixed of stipple-speckled & crystallitic	Iron oxide coatings, carbonate nodules iron oxide mottles
2Crtk	150-182+	Vughy	Vughs, planar, channels	10:90	Shale fragments, quartz	Pale yellow	Open porphyric	Mixed of stipple-speckled & crystallitic	Lamination between clay rich in mottles of ferruginous material



ภาพที่ 10 ลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยาของดินพีคอน 1

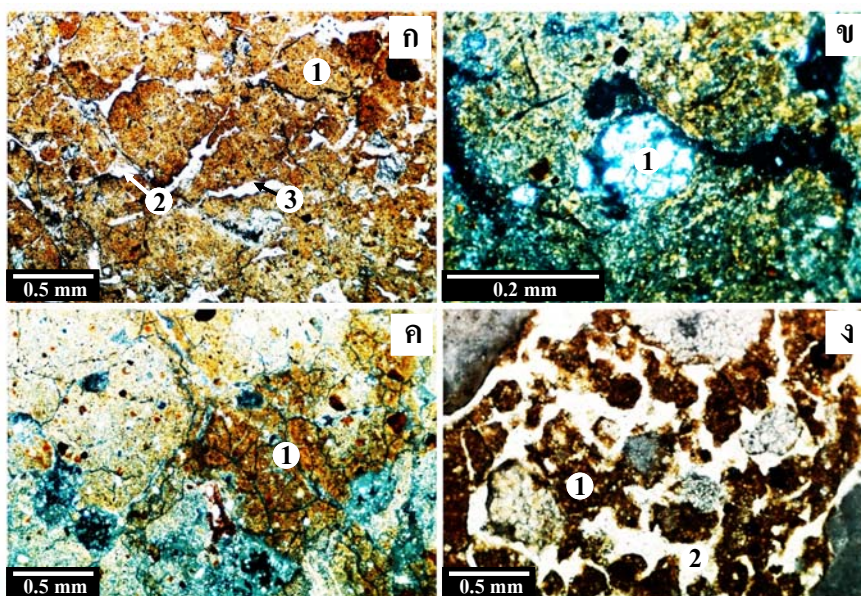
- ก) โครงสร้างแบบ cracks structure (1) ช่องว่างแบบ planar voids (2) ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ open to close porphyric ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-25 เซนติเมตร (plane light)
- ข) แร่ไบโอไทต์ (1) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-25 เซนติเมตร (x-nicols)
- ค) ชิ้นส่วนของรากพืช (1) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-25 เซนติเมตร (plane light)
- ง) แร่ควอตซ์ที่เกิดผสมกับแร่ไบโอไทต์ (1) และก้อนทรงมนของคาร์บอเนต (2) ในชั้น Bssk4 ที่ความลึก 115-140 เซนติเมตร (x-nicols)
- จ) ก้อนทรงมนของคาร์บอเนตแบบ manganese oxide superimposed on carbonate nodules (1) ในชั้น Bk3 ที่ความลึก 170-200+ เซนติเมตร (plane light)
- ฉ) การจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ crystallitic b-fabric และ calcite (1) ในชั้น Bk3 ที่ความลึก 170-200+ เซนติเมตร (x-nicols)

หินแกรนิตซึ่งมีแร่ควอตซ์และแร่เฟลด์สปาร์เกิดผสมกัน บางชิ้นส่วนเป็นแร่ควอตซ์ที่เกิดผสมกับแร่ไบโอไทต์ พบแร่ฮอร์เนเบลนด์ และพบแร่ควอตซ์ชนิด polymorphic quartz ส่วนอนุภาคนาตาละเอียดเป็นอนุภาคนาตาลินเหนียวสีน้ำตาลเข้ม ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาตาละเอียดกับอนุภาคนาตาละเอียดที่มีความลึก 25-45 เซนติเมตร (Bk1) เป็นแบบเปิดถึงปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาตาละเอียดแบบ stipple-speckled และที่ความลึก 70-200+ เซนติเมตร เป็นแบบปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาตาละเอียดแบบ crystallitic พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine materials, punctuation และ plant tissue residues พบก้อนทรงมนของคาร์บอนेट ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ pseudomorphic nodules ก้อนทรงมนของแมงกานีส และแมงกานีสออกไซด์เคลือบบนก้อนทรงมนของคาร์บอนेट (manganese oxide superimposed on carbonate nodules)

2.2 พืดอน 2 (ภาพที่ 11)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ vuggy structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs และแบบ planar voids ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคนาตาละเอียดเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายละเอียด รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม และแร่ควอตซ์ชนิด polymorphic quartz อนุภาคนาตาละเอียดเป็นอนุภาคนาตาลินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลือง ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาตาละเอียดกับอนุภาคนาตาละเอียดเป็นแบบเปิด (open porphyric) การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาตาละเอียดแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด plant tissue residues และ amorphous organic fine material พบก้อนทรงมนของคาร์บอนेट และหน้าอัดมัน หรือรอยไถล

ดินล่างที่ความลึก 20-110 เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบ fissure structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ planar voids และแบบ vughs ในปริมาณน้อย และที่ความลึก 140-160+ เซนติเมตร เหลืองถึงสีน้ำตาล และสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลเข้ม ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาตาละเอียดกับอนุภาคนาตาละเอียดเป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาตาละเอียด ที่ความลึก 20-47 เซนติเมตร (ABk) เป็นแบบ stipple-speckled และที่ความลึก 80-160+ เซนติเมตร เป็นแบบ undifferentiated พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine materials, punctuation และ organic pigment พบจุดประของเหล็กออกไซด์ หน้าอัดมัน และก้อนทรงมนของคาร์บอนेट

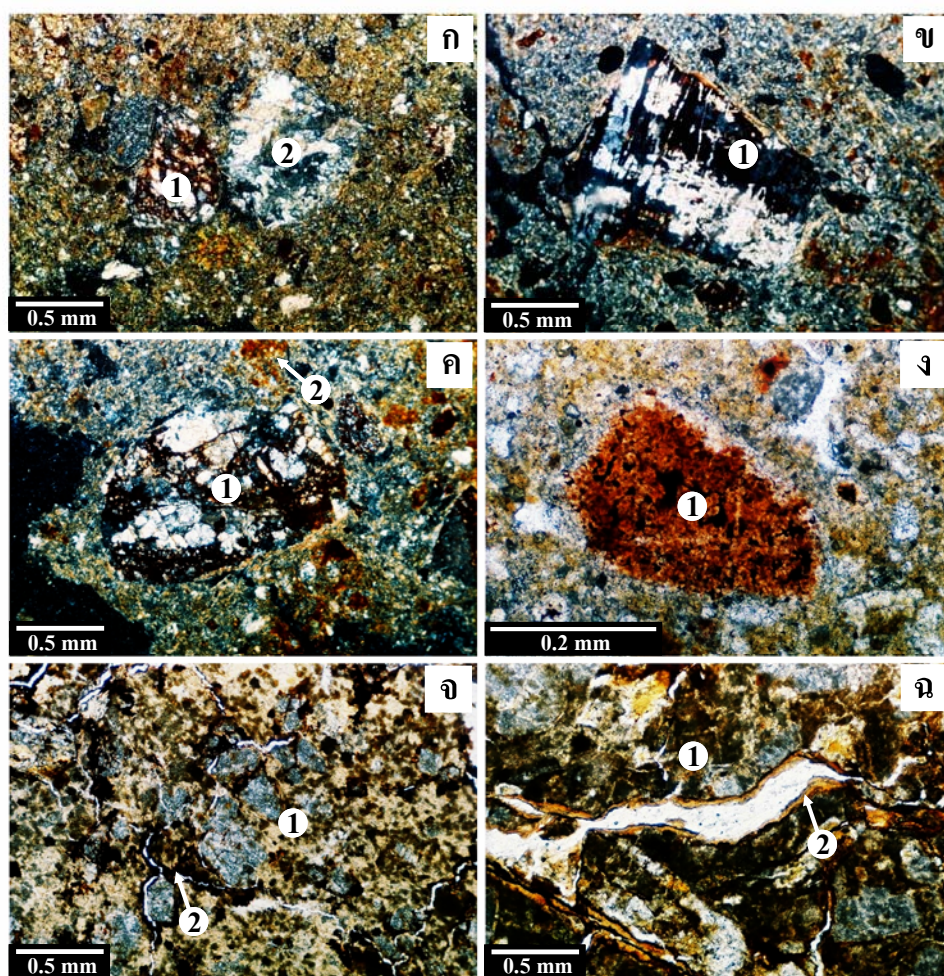


ภาพที่ 11 ลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยาของดินฟีดอน 2

- ก) โครงสร้างแบบ vuggy structure (1) ช่องว่างแบบ vugh (2) และ planar voids (3) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร (plane light)
- ข) แร่ควอตซ์ (1) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร (x-nicols)
- ค) Iron oxide impregnated s-matrix (1) ในชั้น ABk ที่ความลึก 20-47 เซนติเมตร (x-nicols)
- ง) โครงสร้างแบบ granular structure (1) ช่องว่างแบบ compound packing voids (2) ในชั้น Bk2 ที่ความลึก 140-160+ เซนติเมตร (plane light)

2.3 ฟีดอน 3 (ภาพที่ 12)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ vuggy structure ช่องว่างในดินแบบ vughs ประมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตร อนุภาคนาหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบปานกลาง รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม ถึงค่อนข้างกลม การจัดเรียงตัวและการกัณขนาอยู่ในระดับเลว พบชิ้นส่วนของหินเชิร์ต (chert) และแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตกจากการแปรสภาพ (metamorphic quartz) แร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก (runi-quartz) และชิ้นส่วนของแร่ไพรอกซีนทัพฟ์ (pyroxene tuff rock fragments) อนุภาคนาละเอียดเป็นอนุภาคนาดินเหนียว สีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาล ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาหยาบกับอนุภาคนาละเอียดเป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาละเอียดเป็นแบบ crystallitic พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine material, punctuation และเศษซากพืชที่กำลังสลายตัว พบก้อนทรงมนของคาร์บอนेट ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบมีดทึบ (typic nodules) และแบบ pseudomorphitic nodules



ภาพที่ 12 ลักษณะทางจุลทัศน์ฐานวิทยาของดินพีคอน 3 (ภายใต้สภาพ x-nicols)

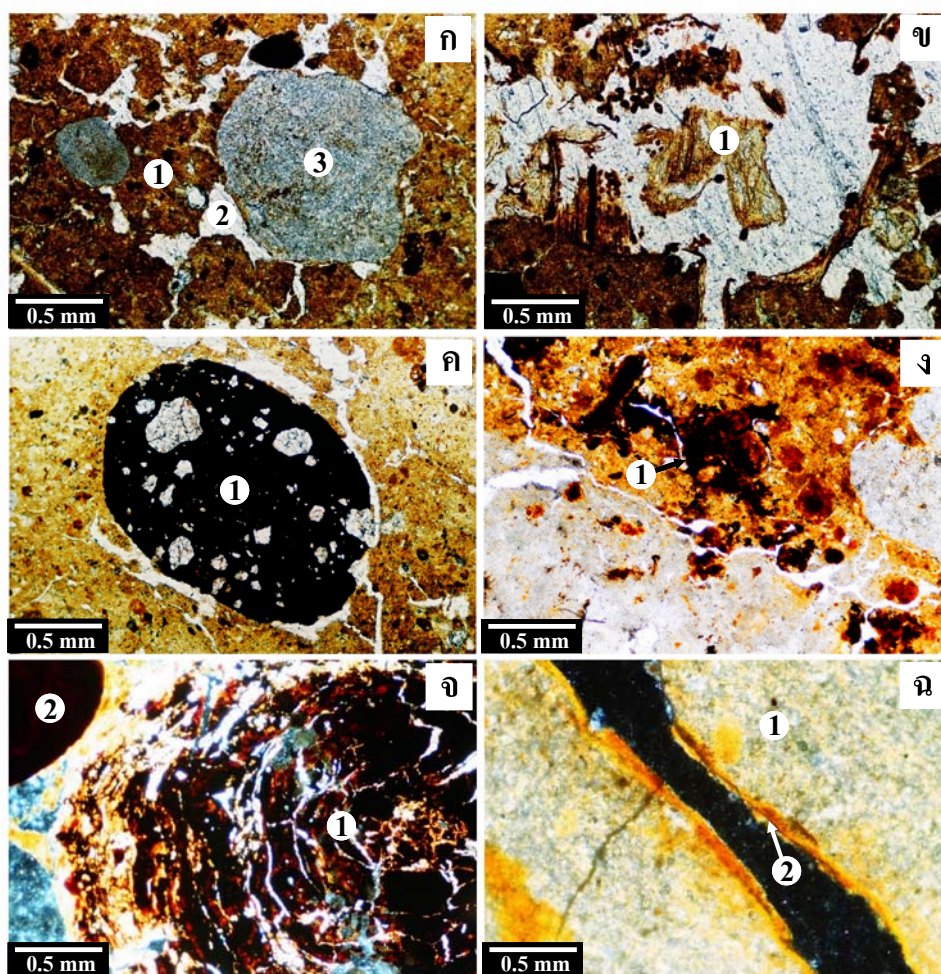
- ก) แร่ควอตซ์แบบ runi-quartz (1) และแบบ metamorphic quartz (2) ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ open porphyric ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร
- ข) แร่ควอตซ์แบบ polymorphic quartz (1) ในชั้น Bt1 ที่ความลึก 20-45 เซนติเมตร
- ค) แร่ควอตซ์แบบ runi-quartz (1) และจุดประของเหล็กออกไซด์ (mottles) (2) ในชั้น Bt1 ที่ความลึก 20-45 เซนติเมตร
- ง) ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ pseudomorphic nodule (1) ในชั้น Bt3 ที่ความลึก 70-90 เซนติเมตร
- จ) ชิ้นส่วนของหินทัฟฟ์ (1) และ iron and manganese oxides impregnated s-matrix (2) ในชั้น Crt ที่ความลึก 115-140+ เซนติเมตร
- ฉ) ชิ้นส่วนของหินทัฟฟ์ (1) และการเคลือบของดินเหนียวบนผนังช่องว่าง (2) ในชั้น Crt ที่ความลึก 115-140+ เซนติเมตร

ดินล่างที่ความลึก 20-90 เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบ vughy structure ช่องว่างในดินแบบ vughs และที่ระดับความลึก 115-140+ เซนติเมตร (Crt) มีโครงสร้างแบบ fissure structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ planar voids และแบบ vughs ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินล่างมีประมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตร ส่วนชั้น Crt มีประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบปานกลาง รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลวถึงปานกลาง พบชิ้นส่วนของหินจีร์ดและแร่ควอตซ์ชนิด metamorphic quartz, runi-quartz และชิ้นส่วนของแร่ไพรอกซีนทัพฟ์ ที่ความลึก 70-90 เซนติเมตร (Bt3) พบแร่ chalcedony และในชั้น Crt พบชิ้นส่วนของหินทัพฟ์ และแร่ควอตซ์ชนิด polymorphic quartz ส่วนอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นอนุภาคนาขนาดดินเหนียว สีนํ้าตาลปนเหลืองถึงสีนํ้าตาล ในชั้น Crt พบดินเหนียวสีเทาปนอยู่ในสีนํ้าตาลปนเหลืองอ่อน และพบแร่ไพรอกซีนที่เปลี่ยนสภาพไปเป็นแร่คลอไรต์ ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาขนาดหยาบกับอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด ส่วนชั้น Crt เป็นแบบ nearly clay monic การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบ Grano-porostriated ส่วนชั้น Crt เป็นแบบ mosaic speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine material, punctuation และเศษซากพืชที่กำลังสลายตัว พบ ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบมีดทึบ และแบบ pseudomorphic nodules นอกจากนี้ในชั้น Crt ยังพบการเคลือบของดินเหนียวบนก้อนทรงมน

2.4 พืดอน 4 (ภาพที่ 13)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ vughy structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughy และเป็นแบบ planar voids ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบโดยทั่วไปเป็น lithorelicts ของชิ้นส่วนหินดินดานและหินปูน ชิ้นส่วนของหินไรโอไลต์ และแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดมาก รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว อนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นอนุภาคนาขนาดดินเหนียว สีนํ้าตาลปนเหลืองถึงสีนํ้าตาล ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาขนาดหยาบกับอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด plant tissue residues และ amorphous organic fine material พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ชนิด concentric nodules

ดินล่างที่ความลึก 40-60 เซนติเมตร (Btk2) มีโครงสร้างแบบ crack structure ที่ความลึก 80-110 เซนติเมตรมี (Btk4) มีโครงสร้างแบบ granular structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ planar voids และเป็นแบบ intrapedal vughs ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ



ภาพที่ 13 ลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยาของดินฟีดอน 4

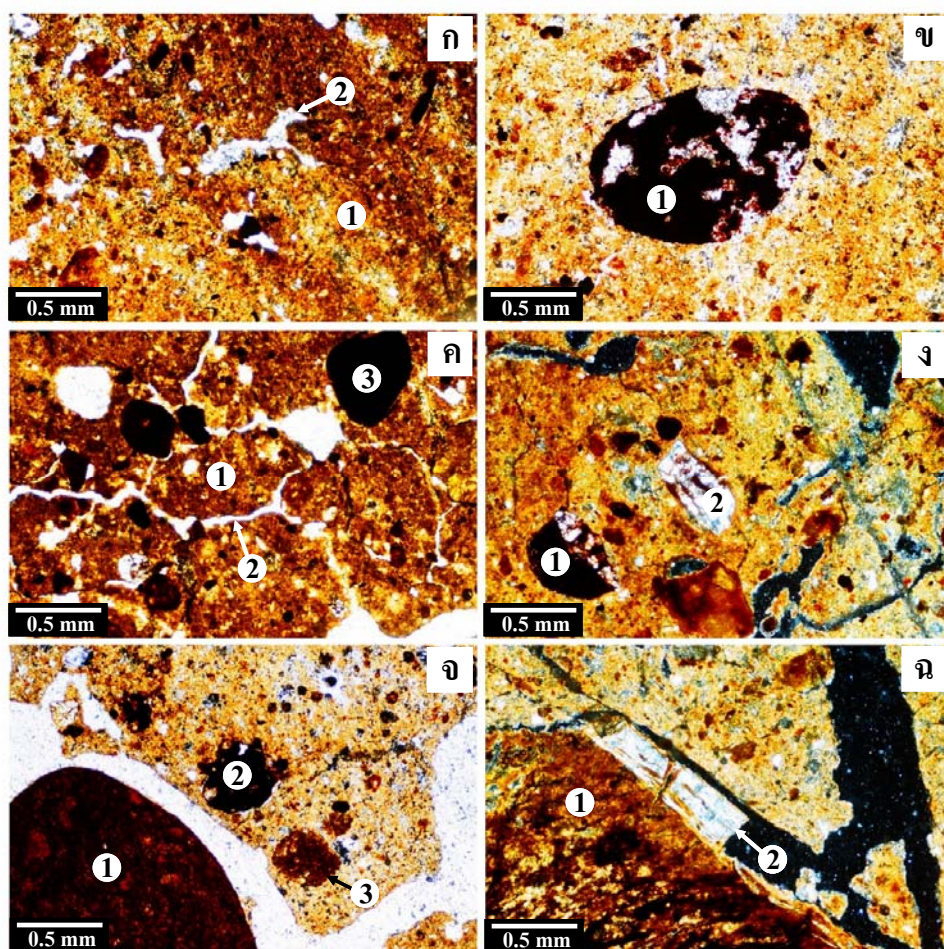
- ก) โครงสร้างแบบ vuggy structure (1) ช่องว่างแบบ vughs (2) และก้อนทรงมนของคาร์บอนेट (3) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-18/20 เซนติเมตร (plane light)
- ข) ชิ้นส่วนของพืช (1) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-18/20 เซนติเมตร (plane light)
- ค) ก้อนทรงมนของเหล็กแบบ impregnative nodule (1) ในชั้น Apk ที่ความลึก 0-18/20 เซนติเมตร (plane light)
- ง) The manganiferous material impregnated s-matrix (1) ในชั้น Btk2 ที่ความลึก 40-60 เซนติเมตร (plane light)
- จ) ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ concentric nodule (1) และแบบ typic nodule (2) ในชั้น Btk4 ที่ความลึก 80-110 เซนติเมตร (x-nicols)
- ฉ) ชิ้นส่วนของหิน shale (1) และการเคลือบของดินเหนียว (2) ในชั้น Crt1 ที่ความลึก 110-135 เซนติเมตร (x-nicols)

10-15 โดยปริมาตร และที่ความลึก 110-135 เซนติเมตร (Crt1) มีโครงสร้างแบบ subangular blocky structure ช่องว่างเป็นแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบ โดยทั่วไปเป็น lithorelicts ของชิ้นส่วนหินดินดานและหินปูน แร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้ง รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม แร่ควอตซ์ชนิด metamorphic quartz การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง อนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นอนุภาคนาขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาล และสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาขนาดหยาบกับอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด ส่วนชั้น Crt1 เป็นแบบปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบผสมระหว่าง stipple-speckled กับ crystallitic ส่วนชั้น Crtk1 เป็นแบบ stipple-speckled และเป็นแบบ porostriated ในปริมาณน้อย พบอินทรีย์วัตถุชนิด plant tissue residues พบก้อนทรงมนของคาร์บอนेट ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบมีดทับ ก้อนทรงมนของแมงกานีสที่รวมตัวกับเหล็กแล้วจับตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnated s-matrix) พบวัสดุดินเหนียวผสมกับคาร์บอนेट พบแมงกานีสออกไซด์เคลือบบนก้อนทรงมนของคาร์บอนेट และในชั้น Crt1 พบการเคลื่อนของดินเหนียวบนชิ้นส่วนของหิน พบวัสดุคาร์บอนेटจับตัวกันแน่นในเนื้อดิน และแมงกานีสออกไซด์

2.5 พืดอน 5 (ภาพที่ 14)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ vughy structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs และแบบ planar voids ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบส่วนใหญ่เป็น pedorelicts (หินปะชอลต์ที่มีการผุพังสลายตัว) และแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้ง ถึงทรายหยาบปานกลาง การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว อนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นอนุภาคนาขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาล ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาขนาดหยาบกับอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine material, punctuations และ เนื้อเยื่อพืชที่กำลังสลายตัว พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบมีดทับ และแบบ pseudomorphic

ดินล่างมีโครงสร้างแบบ subangular blocky structure ช่องว่างในดินแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคนาขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบ รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม และ pedorelicts (basalt) การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว ที่ความลึก 40-40/70 เซนติเมตร (Btc) พบชิ้นส่วนของหิน siltstone และที่ความลึก 70-100 เซนติเมตร (Crt1) พบหินปะชอลต์ที่มีการสลายตัว แร่ควอตซ์แบบกลุ่มผลึก (polycrystalline quartz) และหินเชิร์ต อนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นอนุภาคนาขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนแดง ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาขนาดหยาบกับอนุภาคนาขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของ



ภาพที่ 14 ลักษณะทางจุลทัศน์ฐานวิทยาของดินพีคอน 5

- ก) โครงสร้างแบบ vughy structure (1) ช่องว่างแบบ vughs (2) ในชั้น Ap ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร (plane light)
- ข) ก้อนทรงมนของเหล็กแบบ impregnative nodule (1) ในชั้น Ap ที่ความลึก 0-15 เซนติเมตร (plane light)
- ค) โครงสร้างแบบ subangular blocky structure (1) ช่องว่างแบบ planar (2) ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ typic nodule (3) ในชั้น Bt ที่ความลึก 15-30/40 เซนติเมตร (plane light)
- ง) แร่ควอตซ์ที่มีเหล็กเคลือบ (1) และ แร่ควอตซ์ (2) ในชั้น Btc ที่ความลึก 40-40/70 เซนติเมตร (x-nicols)
- จ) ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ typic nodule (1) แบบ aggregate nodule (2) และ จุดประของเหล็ก (mottles) (3) ในชั้น Btc ที่ความลึก 40-40/70 เซนติเมตร (plane light)
- ฉ) ชิ้นส่วนของหินบะซอลต์ (1) และหิน chert (2) ในชั้น Crt ที่ความลึก 70-100 เซนติเมตร (x-nicols)

อนุภาคละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organic fine material พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบมีคทีบ และแบบ pseudomorphic

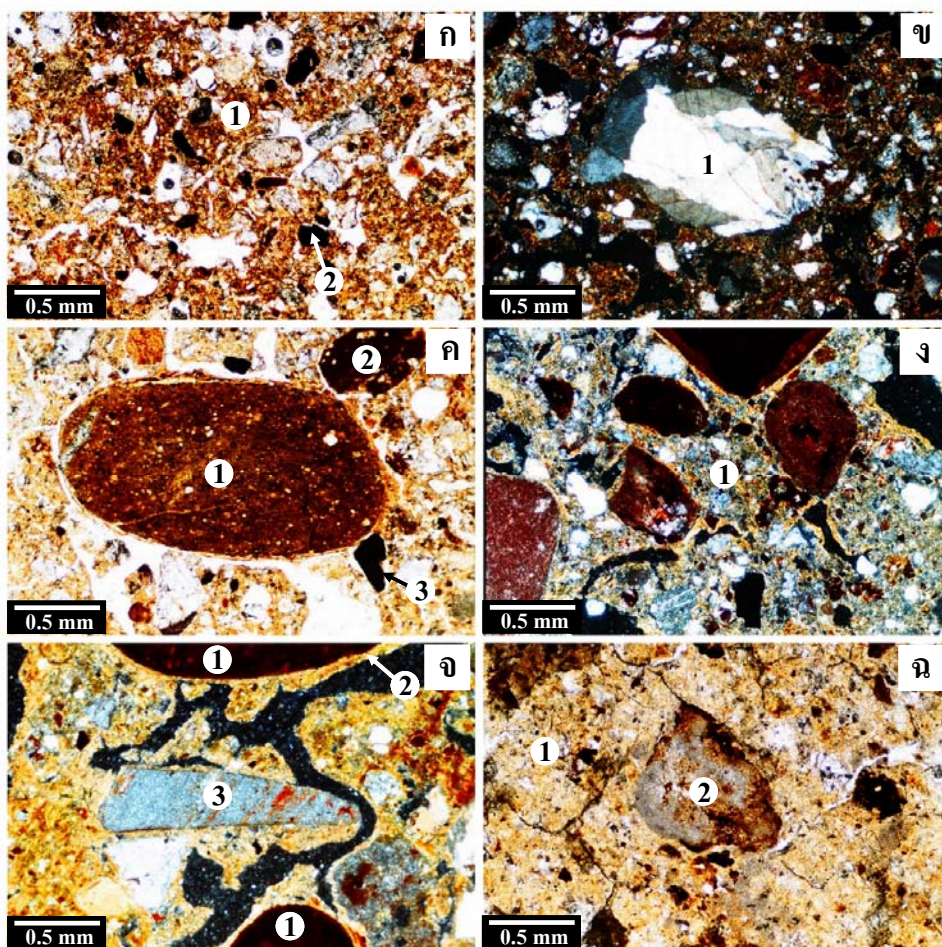
2.6 พืดอน 6 (ภาพที่ 15)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ intergrain micro-aggregate structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs และมีช่องว่างแบบ planar voids ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร อนุภาคขนาดหยาบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบ รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม ชิ้นส่วนของหินเชิร์ตและหินดินดาน การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว อนุภาคขนาดละเอียดเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาล ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดหยาบกับอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบปิด (close porphyric) การจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organics fine material และ punctuations พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) และแบบมีคทีบ

ดินล่างที่ความลึก 20-45 เซนติเมตร (Bt) มีโครงสร้างแบบ intergrain micro-aggregate structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs และมีช่องว่างแบบ planar voids ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ 10 โดยปริมาตร และที่ความลึก 45-135 เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบ fissure structure ช่องว่างในดินแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตร อนุภาคขนาดหยาบเป็น แร่ควอตซ์ ชิ้นส่วนของหินเชิร์ตและหินดินดาน อนุภาคขนาดละเอียดเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาล และสีเหลืองถึงสีน้ำตาลปนเหลือง ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดหยาบกับอนุภาคขนาดละเอียด ชั้น Bt เป็นแบบปิด ส่วนที่ความลึก 45-135 เซนติเมตรเป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด amorphous organics fine material และ punctuation พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน แบบมีคทีบ และแบบ pseudomorphic nodules ส่วนที่ระดับความลึก 105-135 เซนติเมตร (2Btk1) พบก้อนทรงมนของคาร์บอนและจุดประของเหล็กออกไซด์

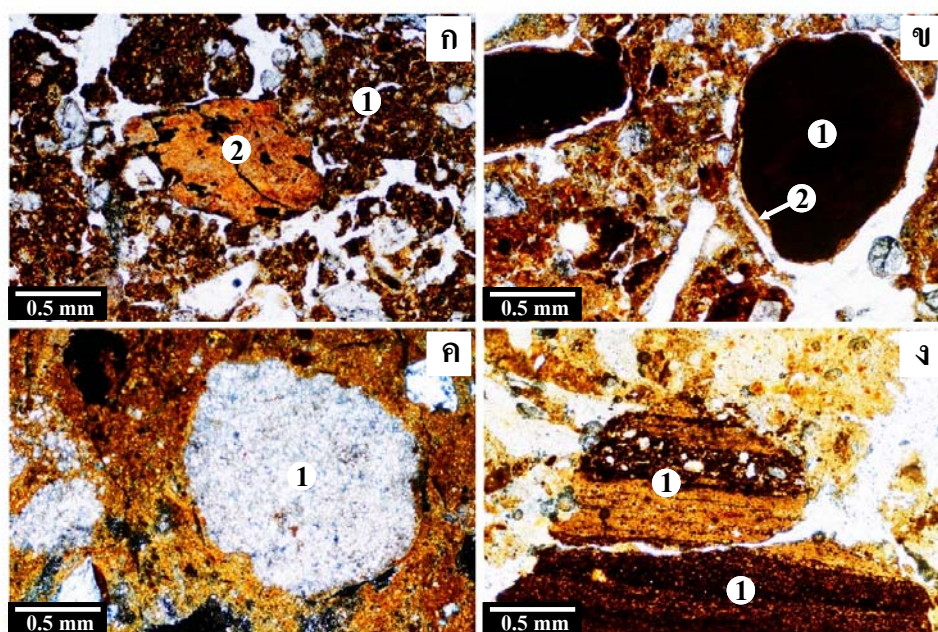
2.7 พืดอน 7 (ภาพที่ 16)

ดินบนมีโครงสร้างแบบ complex structure ช่องว่างในดินแบบ compound packing



ภาพที่ 15 ลักษณะทางจุลทัศน์ฐานวิทยาของดินพีค่อน 6

- ก) โครงสร้างแบบ intergrain micro-aggregate structure (1) ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบ typic nodule (2) ในชั้น Ap ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร (plane light)
- ข) แร่ควอตซ์แบบ polymorphic quartz (1) ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ close porphyritic ในชั้น Ap ที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร (x-nicols)
- ค) ชิ้นส่วนของหินดินดาน (1) และก้อนทรงมนของเหล็กแบบ impregnative nodule (2) ในชั้น Bt ที่ความลึก 20-45 เซนติเมตร (plane light)
- ง) ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดหยาบกับอนุภาคขนาดละเอียดแบบปิด (close porphyritic) (1) ในชั้น Bt ที่ความลึก 20-45 เซนติเมตร (x-nicols)
- จ) ก้อนทรงมนของเหล็กแบบ typic nodule (1) การเคลือบของดินเหนียวบนก้อนทรงมน (2) และชิ้นส่วนของหินเชิร์ต (3) ในชั้น Btc1 ที่ความลึก 45-75 เซนติเมตร (x-nicols)
- ฉ) โครงสร้างดินแบบ fissure structure (1) และก้อนทรงมนของคาร์บอเนตแบบ manganese oxide superimposed on carbonate nodules (2) ในชั้น 2Btk1 ที่ความลึก 105-135 เซนติเมตร (plane light)



ภาพที่ 16 ลักษณะทางจุลทรรศน์วิทยาของดินพีค่อน 7

- ก) โครงสร้างแบบ complex structure (1) และชิ้นส่วนของหินเชิร์ต (2) ในชั้น Ap ที่ความลึก 0-25 เซนติเมตร (plane light)
- ข) ก้อนทรงมนของเหล็ก (1) และการเคลือบของดินเหนียวบนก้อนทรงมน (2) ในชั้น Bt1 ที่ความลึก 25-48 เซนติเมตร (plane light)
- ค) ก้อนทรงมนของคาร์บอนเนตแบบ typic nodule (1) ในชั้น 2Btk2 ที่ความลึก 150-182 เซนติเมตร (x-nicols)
- ง) ชิ้นส่วนหินดินดาน (1) ในชั้น 2Crtk ที่ความลึก 150-182+ เซนติเมตร (plane light)

voids, planar voids และ intrapedal vughs ประมาณร้อยละ 20 โดยปริมาตร อนุภาคขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบ รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม ชิ้นส่วนของหินเชิร์ต และแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตกจากการแปรสภาพ การจัดเรียงตัวและการคั่งขนาดอยู่ในระดับเลว อนุภาคขนาดละเอียดเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้งเนื้อละเอียดสีน้ำตาลปนแดงเข้มถึง สีน้ำตาล ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดหยาบกับอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิดถึงปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled พบอินทรีย์วัตถุชนิด organic pigment, punctuations, amorphous organic fine material และเนื้อเยื่อพืชที่กำลังสลายตัว พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน และแบบก้อนทรงมนสวมรูป (pseudomorphic nodules)

ดินล่างที่ระดับความลึก 25-48 เซนติเมตร (Bt1) มีโครงสร้างแบบ complex structure ช่องว่างในดินแบบ compound packing, planar voids และ intrapedal vughs ประมาณร้อยละ 20 โดยปริมาตร และที่ความลึก 100-182+ เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบ vughy structure ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs เป็นแบบ planar voids และ channels ในปริมาณเล็กน้อย ช่องว่างในดินมีประมาณร้อยละ 10-15 โดยปริมาตร อนุภาคนาหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายหยาบ รูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม ชิ้นส่วนของหินเชิร์ต และแร่ควอตซ์ชนิด metamorphic quartz การจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว และที่ความลึก 150-182+ เซนติเมตร (2Crtk) พบชิ้นส่วนของหินดินดานเป็นส่วนใหญ่ อนุภาคนาละเอียดเป็นอนุภาคนาหยาบดินเหนียวถึงทราย แป้งเนื้อละเอียด สีน้ำตาลปนแดงเข้มถึงสีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาล และสีเหลืองอ่อน ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคนาหยาบกับอนุภาคนาละเอียด ที่ความลึก 25-48 เซนติเมตร (Bt1) เป็นแบบเปิดถึงปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาละเอียดเป็นแบบ stipple-speckled ส่วนที่ความลึก 100-182+ เซนติเมตร เป็นแบบเปิด การจัดเรียงตัวของอนุภาคนาละเอียดเป็นแบบผสมระหว่าง stipple-speckled กับแบบ crystallitic พบอินทรีย์วัตถุชนิด organic pigment, punctuations, amorphous organic fine material และเนื้อเยื่อพืชที่กำลังสลายตัว พบการเคลือบของดินเหนียวบน grain และ ped faces พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์แบบมีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน และแบบ pseudomorphic nodules ที่ความลึก 100-130 เซนติเมตร (2Btk2) พบการเคลือบของเหล็กออกไซด์ จุดประของเหล็กออกไซด์และก้อนทรงมนของคาร์บอนเนต และที่ระดับความลึก 150-182 เซนติเมตร (2Crtk) พบจุดประของเหล็กออกไซด์มีการเรียงตัวแบบขนานบนหิน

จากผลการศึกษาลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินทั้ง 7 พืดอน พบว่าดินเป็นดินเนื้อละเอียด เนื่องจากมีวัตถุต้นกำเนิดที่สลายตัวแล้วให้ดินเนื้อละเอียด อนุภาคนาหยาบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ ที่มีขนาดอยู่ในพิสัยทรายแป้งถึงทรายหยาบ มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม และบางพืดอนพบชิ้นส่วนของหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดเช่น หินบะซอลต์ หินปูน หินดินดาน เป็นต้น อนุภาคนาละเอียดเป็นอนุภาคนาหยาบดินเหนียวสีเหลือง สีน้ำตาล น้ำตาลปนเหลือง น้ำตาลปนแดง และสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาเป็นพืดอน สีดินจึงไม่คล้ำเท่าดินเวอร์ทิซอลล์ที่ลุ่ม และการที่ดินมีสีน้ำตาลปนเหลือง บ่งบอกให้รู้ว่าภายในดินมีอนุภาคนาเล็กของแร่เกอไทต์ สอดคล้องกับการพบแร่เกอไทต์จากการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในอนุภาคนาหยาบดินเหนียวโดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ดูจากแผ่นตัดบาง เกอไทต์จะมีสีเหลืองถึงสีน้ำตาล แตกต่างจากฮีมาไทต์ที่มีสีแดง และทึบแสง (Tucker, 2001)

โครงสร้างดินที่พบมีหลากหลาย มีโครงสร้างที่แสดงให้เห็นลักษณะเฉพาะของ เวอร์ทิซอลส์ได้แก่ โครงสร้างแบบ crack structure, fissure structure และ subangular blocky structure โครงสร้างดังกล่าวเป็นผลมาจากการยืดและหดตัวของดิน ทำให้ช่องว่างในดินส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs และ planar

การพบรอยแตกกระแหง พบหน้าอัดมัน หรือรอยไถล ภายในหน้าตัดดินแสดงให้เห็นว่า เกิดการเลื่อนของกลุ่มมวลดินเมื่อดินมีการหดและขยายตัว เป็นผลมาจาก ดินมีสเมกไทต์เป็น องค์ประกอบหลัก และผลจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดแล้วให้แร่ซิลิเกตที่มี แคลเซียม แมกนีเซียม และเหล็กสูง ทำให้พบก้อนทรงมนของคาร์บอนेट ก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ใน ลักษณะต่าง ๆ และนอกจากนี้ยังพบก้อนทรงมนของแมงกานีส และแมงกานีสในลักษณะอื่น ๆ เนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดเป็นหินบะซอลต์ หินปูน หรือหินดินดาน ซึ่งมีปริมาณแมงกานีสเป็น องค์ประกอบสูงกว่าวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นหินแกรนิตหรือหินทราย (Krauskopf, 1972; Schulte and Kelling; 1999)

3. สมบัติทางกายภาพของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา ประกอบด้วย การแจกกระจาย ของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน สภาพน้ำของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ผล การวิเคราะห์แสดงตามตารางภาคผนวกที่ ค2 และใช้เกณฑ์แบ่งระดับค่าวิเคราะห์ตามตารางผนวกที่ ค5, ค8 และ ค9 และวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น

3.1 การแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

ผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของ ดินทั้ง 7 บริเวณ สรุปได้ดังนี้ (ภาพที่ 17 และตารางภาคผนวกที่ ค2)

3.1.1 อนุภาคขนาดทราย (ภาพที่ 17ก)

การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายอยู่ในพิสัย 27-502 กรัมต่อกิโลกรัม พีคอง 1 และ 2 (ชุดดินลพบุรีและชัยบาดาล) มีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน เนื่องจากวัตถุต้น กำเนิดเกิดจากตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่สลายตัวมาจากหินปูนและหินที่สลายตัวแล้วให้ปูนเป็น

องค์ประกอบภายในดิน ทำให้วัสดุที่ถูกพัฒนามีขนาดใกล้เคียงกันและมีปริมาณสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน ปริมาณอนุภาคนาตรายจะน้อยเนื่องจากเมื่อวัตถุต้นกำเนิดสลายตัวแล้วจะให้วัสดุเนื้อละเอียด ฟีดคอน 3 (ชุดดินสมอทอด) ปริมาณอนุภาคนาตรายสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดินและเพิ่มขึ้นที่ระดับความลึก 115-140+ เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด เนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดดินล่างเกิดจากตะกอนตกล้างสลายตัวมาจากหินแอนดีไซต์และหินปูน และอยู่ในช่วงผุพังสลายตัว (Crt) ส่งผลให้ปริมาณอนุภาคนาตรายเพิ่มขึ้นจากชั้นดินตอนบน ฟีดคอน 4 และ 5 (ชุดดินสมอทอดและชัยบาดาล) ปริมาณอนุภาคนาตรายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดหน้าตัดดิน ฟีดคอน 4 วัตถุต้นกำเนิดเกิดจากตะกอนน้ำพาที่ตกล้างสลายตัวมาจากหินปูนที่บดอยู่บนตะกอนตกล้างจากหินแอนดีไซต์ ทำให้ตอนบนของหน้าตัดดินมีปริมาณอนุภาคนาตรายน้อย สำหรับตอนล่างที่ระดับความลึก 110-168+ เซนติเมตร ชั้นดินแสดงอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดอยู่ในช่วงผุพังสลายตัว (Crt1 และ Crt2) วัสดุส่วนใหญ่ยังคงเป็นหิน ทำให้มีปริมาณอนุภาคนาตรายสูง เช่นเดียวกับฟีดคอน 5 วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนตกล้างจากหินบะซอลต์ ช่วงความลึก 70-130+ เซนติเมตร เป็นระดับชั้นที่หินกำลังผุพังสลายตัว ทำให้มีปริมาณอนุภาคนาตรายสูงกว่าชั้นดินตอนบน ฟีดคอน 6 และ 7 (วังชมพู) ปริมาณอนุภาคนาตรายมีแนวโน้มลดลงตลอดหน้าตัดดินเนื่องจาก ฟีดคอน 6 วัตถุต้นกำเนิดเกิดจากตะกอนน้ำพาที่ตกล้างและตะกอนล้างผิวดินที่บดบนตะกอนตกล้างที่สลายตัวมาจากหินที่มีปูนเป็นองค์ประกอบ ซึ่งตะกอนน้ำพาที่ตกล้างและตะกอนล้างผิวดินจะเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่เพราะมีการพัฒนามาจากที่อื่น ส่วนชั้นดินตอนล่างสลายตัวมาจากหินเนื้อปูนทำให้เป็นดินเนื้อละเอียด อนุภาคนาตรายมีปริมาณลดลง เช่นเดียวกับฟีดคอน 7

3.1.2 อนุภาคนาตรายแป้ง (ภาพที่ 17ข)

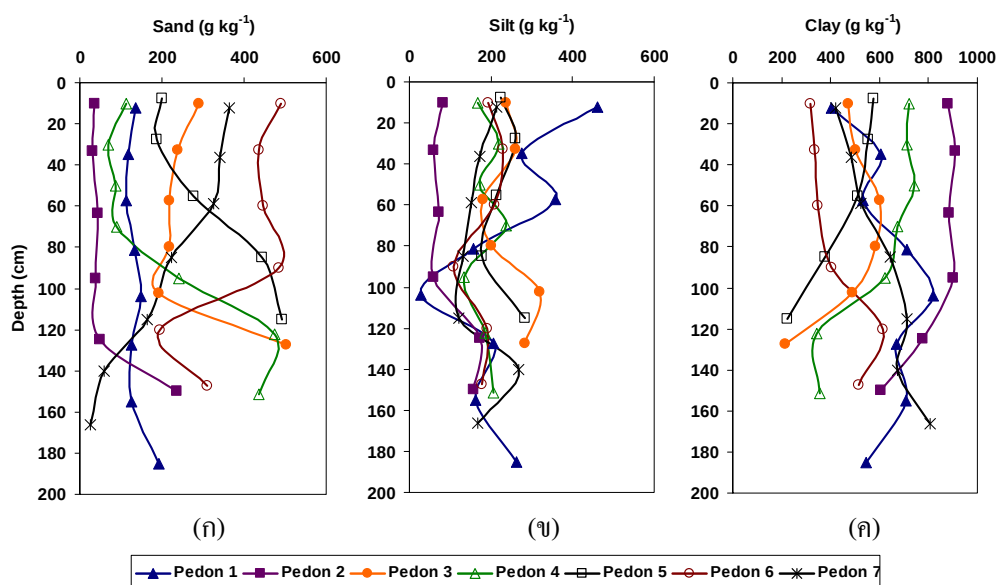
การกระจายของอนุภาคนาตรายแป้งอยู่ในพิสัย 29-461 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ละฟีดคอนมีความแปรปรวนภายในหน้าตัดดิน โดยฟีดคอน 2 มีอนุภาคนาตรายแป้งน้อยกว่าฟีดคอนอื่น ๆ

3.1.3 อนุภาคนาตรดินเหนียว (ภาพที่ 17ค)

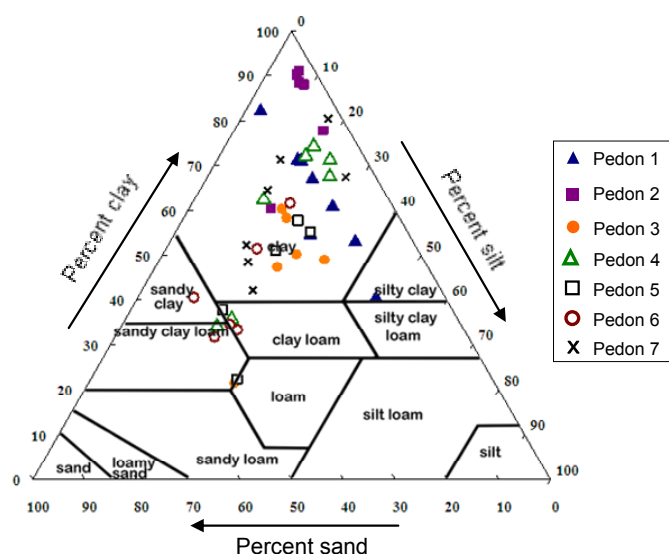
การกระจายของอนุภาคนาตรดินเหนียวอยู่ในพิสัย 215-910 กรัมต่อกิโลกรัม โดยภาพรวมพบว่าดินมีอนุภาคนาตรดินเหนียวมากกว่านาตรายและทรายแป้ง เนื่องจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดเมื่อสลายตัวแล้วให้ดินเนื้อละเอียด และโดยภาพรวมจะเห็นว่าดินชั้นล่างสุดจะมี

ปริมาณดินเหนียวลดลง เนื่องจากดินที่ทำการศึกษาคือเป็นดินที่มีพัฒนาการต่ำ สามารถเห็นชั้นของวัตถุต้นกำเนิดอยู่ในช่วงผุพังสลายตัวได้ในระดับตื้น

ลักษณะที่สำคัญของดินเวอร์ทิวซอลส์คือมีปริมาณดินเหนียว 300 กรัมต่อกิโลกรัม ขึ้นไปที่ระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร (Soil Survey Staff, 2006) ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร ดินมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว 320-910 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อนำผลจากการศึกษาการกระจายของอนุภาคดินมาแจกแจงประเภทเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐ (USDA textural class) (เอิบ, 2552; Soil Survey Staff, 2006) พบว่าดินที่ทำการศึกษามาก่อนใหญ่อยู่ในกลุ่มดินเหนียว (clayey) (ภาพที่ 18) ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดอนุภาคดินกับชนิดของแร่ในดินพบว่าในอนุภาคขนาดดินเหนียวจะมีแร่ดินเหนียวซิลิเกตเป็นองค์ประกอบหลัก (Brady and Weil, 2008) ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินที่ทำการศึกษา จึงเป็นสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่อการกำเนิดหรือการสร้างตัวของสเมกไทต์ขึ้นในดิน และมีผลต่อสมบัติในการหดตัวและขยายตัวของดิน (Bhattacharyya *et al.*, 2007)



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 18 การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้งและดินเหนียวของดินที่ทำการศึกษา

3.2 สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัว (ภาพที่ 19)

ผลการวิเคราะห์สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร พบว่าดินทั้ง 7 พืดอน มีสภาพน้ำอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 1.14×10^{-7} - 1.4×10^{-3} เซนติเมตรต่อชั่วโมง

พืดอน 1 ไม่มีข้อมูลสภาพน้ำเนื่องจากดินแน่นทึบจนไม่สามารถทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำได้ สำหรับดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 7.66×10^{-7} - 6.66×10^{-4} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bk1

พืดอน 2 สภาพน้ำดินบนมีค่าเท่ากับ 7.80×10^{-4} เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 8.12×10^{-7} - 1.05×10^{-6} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Apk

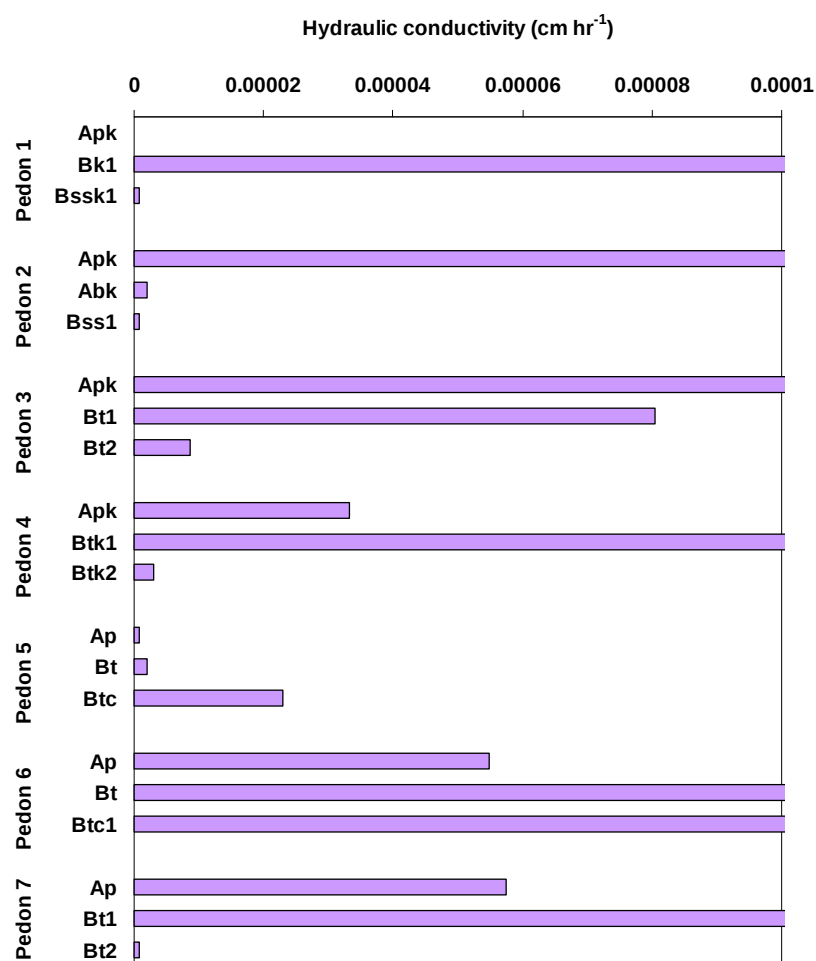
พืดอน 3 สภาพน้ำดินบนมีค่าเท่ากับ 1.40×10^{-3} เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 8.64×10^{-6} - 8.04×10^{-5} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Apk

พีดอน 4 สภาพนํ้าดินบนมีค่าเท่ากับ 3.33×10^{-5} เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 3.06×10^{-6} - 3.49×10^{-4} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Btk1

พีดอน 5 สภาพนํ้าดินบนมีค่าเท่ากับ 1.87×10^{-7} เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.14×10^{-7} - 2.30×10^{-5} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Btc

พีดอน 6 สภาพนํ้าดินบนมีค่าเท่ากับ 5.49×10^{-5} เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.34×10^{-4} - 5.28×10^{-4} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Btc 1

พีดอน 7 สภาพนํ้าดินบนมีค่าเท่ากับ 5.75×10^{-5} เซนติเมตรต่อชั่วโมง สำหรับดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 4.16×10^{-7} - 1.42×10^{-4} เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bt1



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพนํ้าของดินกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

พืดอน 2 และ 3 สภาพนำน้ำดินบนสูงกว่าดินล่างเนื่องจากดินบนมีโครงสร้างดีกว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่าง มีผลทำให้ดินมีปริมาณช่องว่างในดินมากกว่าในดินล่าง (Iwata *et al.*, 1995; Juma, 2001) สำหรับพืดอนอื่น ๆ ดินล่างมีสภาพนำน้ำสูงกว่าดินบน อาจเป็นอิทธิพลของการไถพรวน การใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร ส่งผลให้ดินบนแน่นทึบ ขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำ และผลการวิเคราะห์สภาพนำน้ำทุกพืดอนอยู่ในระดับต่ำมากเนื่องจากดินเป็นดินเหนียว มีช่องว่างขนาดใหญ่ (macropores) ภายในดินซึ่งทำหน้าที่ระบายน้ำอยู่น้อย การชะละลายภายในหน้าตัดดินจึงเกิดขึ้นน้อย มีผลต่อการกำเนิดหรือการสร้างตัวของสมกไทต์ เนื่องจากมีส่วนทำให้แคลไออนสภาพเบสต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการสร้างตัวของสมกไทต์คงอยู่ในระบบดิน และธาตุที่เป็นองค์ประกอบต่าง ๆ ไม่ถูกชะละลายจนสมกไทต์เปลี่ยนเป็นแร่ดินเหนียวชนิดอื่น (Alves *et al.*, 2004)

3.3 ความหนาแน่นรวมของดิน (ภาพที่ 20ก)

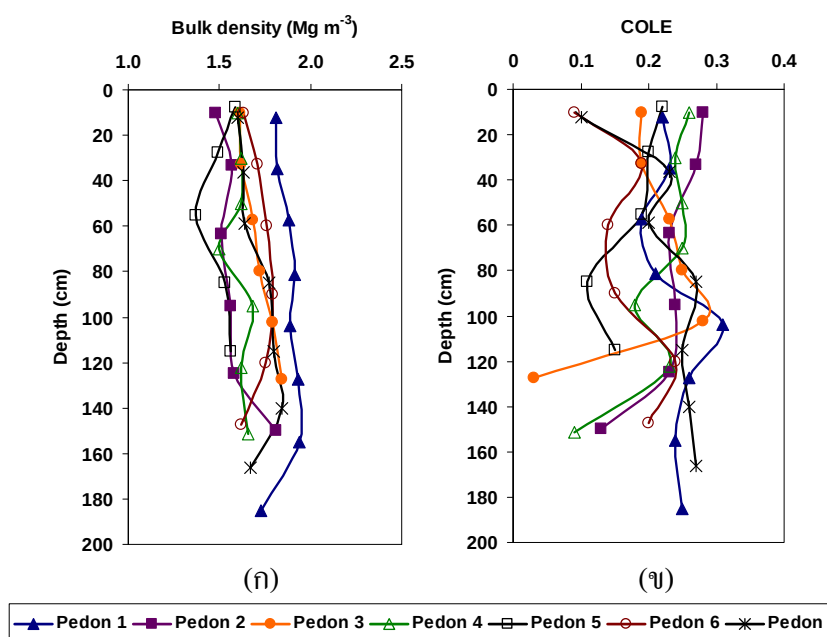
ผลการวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินโดยวิธี clod method พบว่าดินที่ทำการศึกษาทั้ง 7 พืดอน มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 1.37-1.94 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง ทุกพืดอนมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน พืดอน 1 มีความหนาแน่นรวมสูงกว่าพืดอนอื่น ๆ

ความหนาแน่นรวมของดินอันดับเวอร์ทิซอลส์ขึ้นอยู่กับปริมาณความชื้นในดิน มีค่าสูงเมื่อดินมีการหดตัวและมีค่าต่ำเมื่อดินมีการขยายตัว ดินที่นำมาศึกษาอยู่ในช่วงที่ดินหดตัว เนื่องจากบริเวณที่ทำการศึกษามีรอยแตกกระแหงบนผิวน้ำดิน และเนื้อดินเป็นดินเหนียวทำให้เกิดการอัดตัวกันแน่น ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (Bhattacharyya *et al.*, 2007)

3.4 สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (COLE) (ภาพที่ 20ข)

ผลการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นโดยวิธีอบแห้งในขณะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (soil paste) พบว่าดินทั้ง 7 พืดอน มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.03-0.31 และทุกพืดอนมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดินยกเว้นในชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 140-160+ เซนติเมตรของพืดอน 2 ที่ระดับ 115-140+ เซนติเมตรของพืดอน 3 และที่ระดับความลึก 135-168+ เซนติเมตร ของพืดอน 4 สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นอยู่ในพิสัย 0.03-0.09 ลดลงจากชั้นดินตอนบนอย่างชัดเจนเนื่องจากเป็นชั้น Bk₂, C_{tt} และ C_{rk2} ตามลำดับ ซึ่งเป็นชั้นที่พบปูนและหินวัตถุต้นกำเนิดกำลังผุพังสลายตัวทำให้ดินมีปริมาณดินเหนียวน้อย

ปริมาณดินเหนียวอยู่ในพิสัย 215-605 กรัมต่อกิโลกรัม ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง น้อยกว่าตอนบนซึ่งอยู่ในระดับสูงมาก และที่ระดับความลึก 93-115 เซนติเมตรของพีดอน 1 สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเท่ากับ 0.31 ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับสูงมาก เนื่องจากที่ระดับนี้ มีปริมาณดินเหนียวสูงถึง 821 กรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมของดิน (ก) สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

ตามระบบการจำแนกดินของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของเวอร์ทิซอลส์ มีค่ามากกว่า 0.09 (Soil Survey Staff, 1999) เป็นค่าที่อยู่ในระดับสูงมาก (Thomas *et al.*, 2000) ผลการศึกษาที่ระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับชั้นตามคำจำกัดความของเวอร์ทิซอลส์ที่ต้องมีปริมาณดินเหนียว มากกว่า 300 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าทุกพีดอนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.09-0.28 โดยสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดิน ขึ้นอยู่กับปริมาณดินเหนียว และชนิดของแร่ดินเหนียว แต่จะขึ้นอยู่กัชนิดของแร่ดินเหนียวมากกว่า (Chinn and Pillai, 2008) ดินที่มีสมกไทต์ซึ่งมีสมบัติในการหดขยายตัวได้ เป็นองค์ประกอบหลัก ส่งผลให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดินมีค่าสูง (Pal *et al.*, 2009) นอกจากนี้ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นยังขึ้นอยู่กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน เนื่องจากดินที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง มีผลต่อการสร้างตัวของสมกไทต์ (Bühmann and Schoeman, 1995) สำหรับดินที่มีสภาพการนำไฟฟ้าสูง มีส่วนทำให้ความสามารถในการขยายตัวของดินน้อยลง (Nayak *et al.*, 2008)

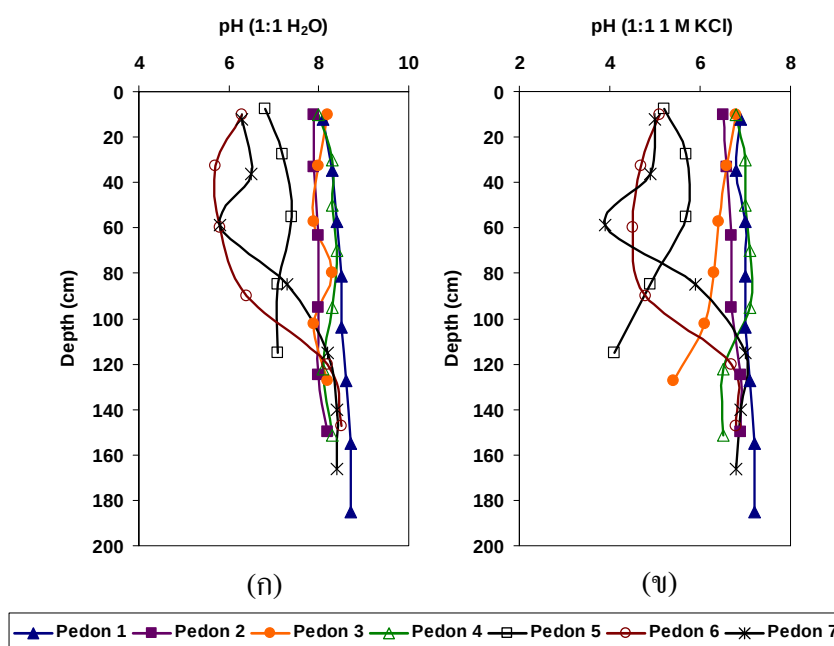
4. สมบัติทางเคมีของดิน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินทั้ง 7 บริเวณ แสดงผลตามตารางผนวกที่ ค3 โดยใช้เกณฑ์แบ่งระดับค่าวิเคราะห์ ตามตารางผนวกที่ ค6, ค7 และ ค10 ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางเคมีมีดังนี้

4.1 พีเอชดิน (ภาพที่ 21)

ผลการวัดพีเอชของดินโดยใช้ดินต่อน้ำในอัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 21ก) พบว่าดินเป็นกรดปานกลางถึงด่างจัด มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 5.7-8.7 โดยพีดอน 5, 6 และ 7 อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางถึงด่างจัด มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 5.7-8.5 พีดอน 1-4 อยู่ในระดับด่างปานกลางถึงด่างจัด มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 7.9-8.7 และพีเอชดิน โดยใช้ดินต่อโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 21ข) อยู่ในระดับกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 3.9-7.2 โดยพีดอน 5, 6 และ 7 อยู่ในระดับเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 3.9-7 พีดอน 1-4 อยู่ในระดับเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีค่าพีเอชอยู่ในพิสัย 5.4-7.2 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่าง ค่าที่ได้จากการใช้ดินต่อโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1 กับค่าที่ได้จากการใช้น้ำในอัตราส่วน 1:1 พบว่าอยู่ในช่วง -3 ถึง -1

ดินที่ทำการศึกษาล้วนส่วนใหญ่ เป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างจัด (pH 7.4-8.7) เป็นผลมาจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด มีการปลดปล่อยซิลิกาแก่ระบบดิน และภายในหน้าตัดดิน พบสารประกอบจำพวกคาร์บอเนต เมื่อเกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสของสารพวกคาร์บอเนต ทำให้พีเอชดินอยู่ในช่วงที่เป็นด่าง (Bloom, 2000) การพบแคลไซต์ในอนุภาคขนาดทรายแป้ง (ตารางที่ 8) แสดงว่าคาร์บอเนตส่วนใหญ่อยู่ในรูปแร่แคลไซต์ ซึ่งแคลไซต์สามารถละลายได้ง่ายกว่าคาร์บอเนตในรูปอื่น ๆ (Fukue *et al.*, 2008) พีเอชดินจึงสัมพันธ์กับการสะสมพวกคาร์บอเนตภายในดิน (Irmak *et al.*, 2007) ทำให้พีดอน 5, 6 และ 7 ในชั้นที่ไม่พบสารประกอบพวกคาร์บอเนต มีพีเอชดินต่ำกว่าพีดอนอื่น ๆ และพีเอชดินที่วัดได้จากน้ำมีค่าสูงกว่าที่วัดได้จากสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วนเดียวกัน แสดงให้เห็นว่า ผลรวมของประจุสุทธิของดินเป็นลบ (Diatte *et al.*, 2006) บ่งบอกว่าภายในดินประกอบด้วยแร่ดินเหนียว เมื่อมีการแทนที่ขนาดเท่า ทำให้เกิดแอนไอออนตรงบริเวณผิวของแร่ดินเหนียว ทำให้ดินมีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน เนื่องจากต้องทำให้สมดุลกับแอนไอออน (Brady and Weil, 2008)

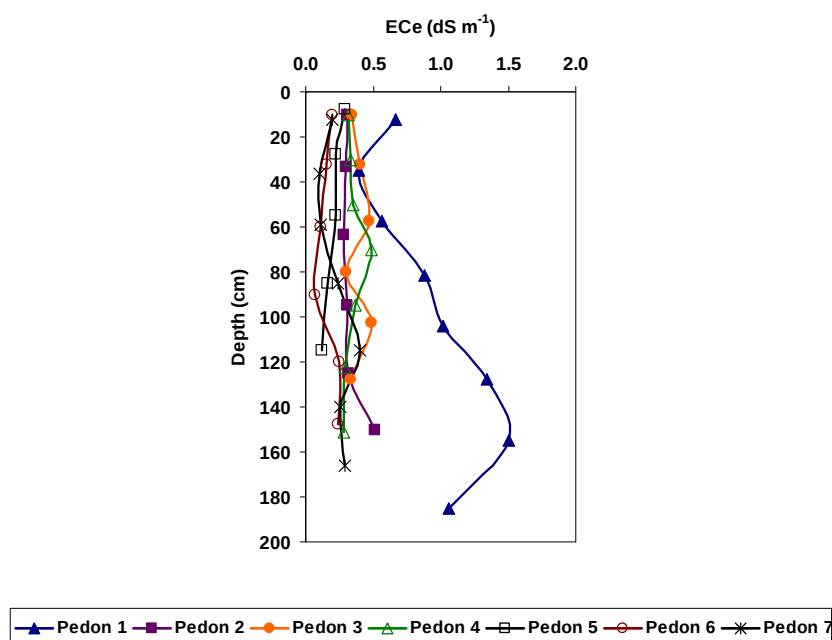


ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และพีเอชดินที่วัดในโพแทสเซียมคลอไรด์ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

การปลดปล่อยซิลิกาจากวัตถุต้นกำเนิด เป็นประโยชน์ในการสังเคราะห์สเมกไทต์ตามธรรมชาติในสภาพแวดล้อมที่มีพีเอชของดินสูง (Polyak and Guven, 2000) ในสภาพแวดล้อมที่เป็นด่าง สเมกไทต์สามารถสร้างตัวขึ้นใหม่ (neoformation) หรือเกิดการเปลี่ยนสภาพ (transformation) มาจากแร่ตั้งต้น และคงอยู่ได้ในระบบดินได้ (Khresat, 2007; Furquim *et al.*, 2008) พีเอชดินจึงมีส่วนทำให้พบสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลักในอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินที่ทำการศึกษา

4.2 สภาพการนำไฟฟ้า (ภาพที่ 22)

ผลการวิเคราะห์สภาพการนำไฟฟ้าของสารสกัดอิ่มตัวของดิน (saturation extract) ของดินทั้ง 7 พืดอน พบว่าสภาพการนำไฟฟ้าอยู่ในพิสัย 0.07-1.5 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร โดยพืดอน 2-7 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.07-0.51 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และพืดอน 1 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.39-1.5 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ดินทุกพืดอนมีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แสดงว่าดินที่ทำการศึกษาไม่เป็นดินเค็ม (Khresat, 2007) ไม่มีผลต่อความสามารถในการขยายตัวของดิน ไม่ทำให้ดินขยายตัวได้น้อยลง (Nayak *et al.*, 2008)

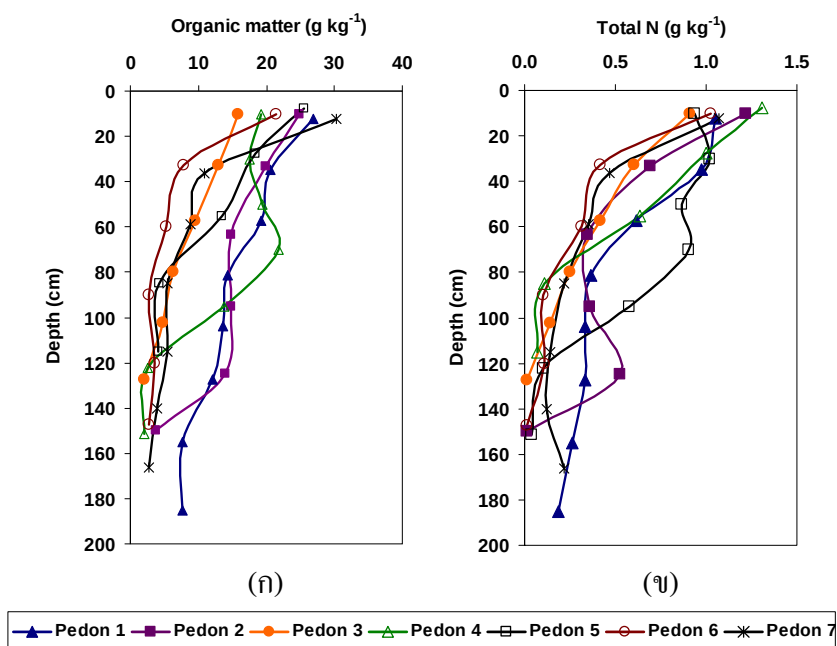


ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาพการนำไฟฟ้าของดินกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

4.3 อินทรีย์วัตถุ (ภาพที่ 23ก)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินทั้ง 7 พีดอน พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 2.0-30.3 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 15.9-30.3 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 2.0-21.8 กรัมต่อกิโลกรัม และทุกพีดอนมีแนวโน้มลดลงตามความความลึก

ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่างเป็นผลจากการสลายตัวของเศษซากอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในดินตามธรรมชาติ หรือส่วนตกค้างทางเกษตรกรรม ตลอดจนรากพืชที่ปกคลุมผิวดิน ขณะเดียวกันอัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่เป็นไปอย่างรวดเร็วในดินบนทำให้การชะละลายลงไปในดินล่างเกิดขึ้นน้อย เมื่อเกิดการสลายตัวจึงสะสมในชั้นดินบนมากกว่าดินล่าง (Virgo and Holmes, 1977; Baize, 1993; Brady and Weil, 2008)



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

4.4 ไนโตรเจนรวม (ภาพที่ 23ข)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินทั้ง 7 พีดอน พบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.01-1.31 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนอยู่ในพิสัย 0.91-1.31 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.01-1.02 กรัมต่อกิโลกรัม ดินบนมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าชั้นดินล่าง

มีแนวโน้มลดลงตามความลึก ดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่าง เป็นไปในลักษณะเดียวกับอินทรีย์วัตถุ (Brady and Weil, 2008) เนื่องจากโดยทั่วไปหินและแร่ที่ให้กำเนิดดินนั้นไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินส่วนใหญ่ขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอินทรีย์ เป็นไนโตรเจนอนินทรีย์ (Mengesha, 2004) ดินมีปริมาณไนโตรเจนรวมต่ำมากถึงต่ำเป็นผลมาจากจุลินทรีย์และพืชนำไปใช้จากกระบวนการชะละลาย จากการสูญหายในรูปของก๊าซ หรือถูกตรึงด้วยแร่ดินเหนียว เนื่องจากแร่ดินเหนียว เวอร์มิคิวไลต์ อิลไลต์ และสเมกไทต์ สามารถตรึงแอมโมเนียมให้อยู่ภายในโครงสร้างของแร่ดินเหนียวเหล่านี้ได้

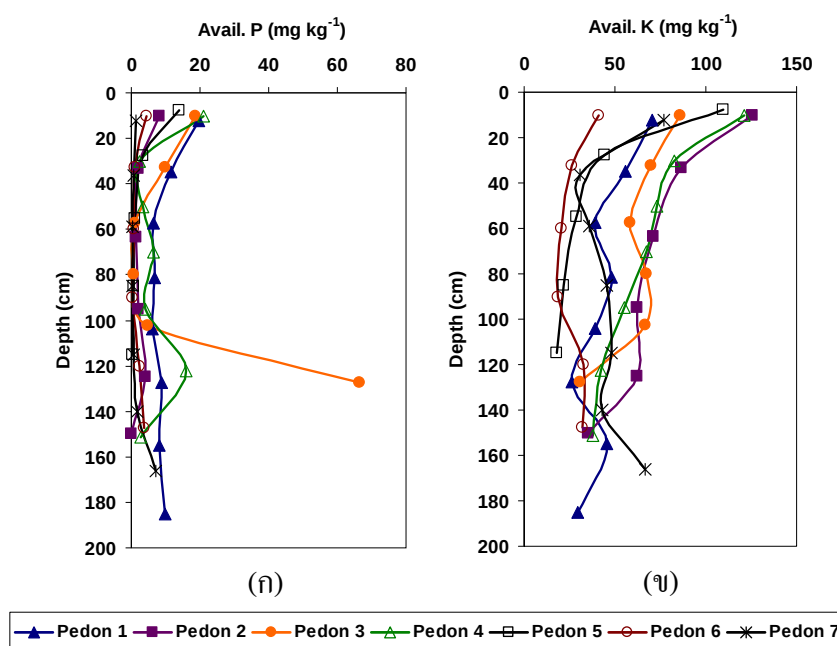
4.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ภาพที่ 24ก)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินทั้ง 7 พืช พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 0.1-66.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 1.3-21.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 13.8-21.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.1-16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และพืชคน 3 ที่ระดับความลึก 115-140+ เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้น Crt มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก มีค่า 66.4 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทุกพืชคนมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

ดินบนมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินล่าง เนื่องจาก ปริมาณฟอสฟอรัสสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุ มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสจากอินทรีย์วัตถุซึ่งมีอยู่มากในดินบน การเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์แก่ดินจึงทำได้โดยการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ (Meena *et al.*, 2007; Seiksepour *et al.*, 2008) หรืออาจเป็นผลจากการใส่ปุ๋ยเคมี ในดินล่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ฟอสฟอรัสจับกับแคลเซียม ตกตะกอนกลายเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก และพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Halajnia *et al.*, 2009; Zhuan-xi *et al.*, 2009) ทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินล่างมีค่าน้อยกว่าดินบน พืชคน 3 ชั้น Crt มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก เป็นผลมาจากการตกค้างจากวัตถุต้นกำเนิด

4.6 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ภาพที่ 24ข)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินทั้ง 7 พืช พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 18-126 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 41-126 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 18-87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และทุกพืชคนมีแนวโน้มลดลงตามความลึก



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชได้มาจากการปลดปล่อยโดยแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ หรือ การเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปดิน (Sparks, 1987; Jalali, 2008) ทำให้ดินบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินล่าง ดินล่างมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าดินบนเนื่องจากภายในดินล่างประกอบด้วยสเมกไทต์ที่มีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมสูง (Nursyamsi *et al.*, 2008) การศึกษาเวอร์ทิกซอลส์ในอินเดียพบว่าไบเคลไลต์มีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมได้ดีกว่ามอนต์มอริลโลไนต์ ไมกา อิลไลต์ และเวอร์มิคิวไลต์ (Murthy *et al.*, 1987; Nursyamsi *et al.*, 2008) การตรึงทำให้โพแทสเซียมบางส่วนอยู่ในรูปแลกเปลี่ยนไม่ได้ (nonexchangeable K) โพแทสเซียมรูปนี้จึงเป็นแหล่งกักเก็บโพแทสเซียมที่สำคัญในดินเพื่อให้พืชใช้ประโยชน์ (Mengel and Uhlenbecker, 1993; Jalali and Zarabi, 2006; Jalali, 2008) เนื่องจากแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 มีความสามารถในการดูดซับและปลดปล่อยโพแทสเซียมได้สูงกว่าแร่ดินเหนียว 1:1 (Nursyamsi *et al.*, 2008) พืชจึงใช้ประโยชน์ได้เมื่อถูกปลดปล่อยออกมาในรูปที่แลกเปลี่ยนได้เมื่อสภาพในดินเหมาะสม

4.7 เบสที่สกัดได้ (ภาพที่ 25)

ปริมาณเบสที่สกัดได้ เป็นแคตไอออนสภาพเบสในรูปที่สกัดได้ ในที่นี้ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ผลการศึกษาปริมาณเบสที่สกัดได้ทั้ง 7 พืชonstrูปได้ต่อไปนี้

4.7.1 แคลเซียมที่สกัดได้ (ภาพที่ 25ก)

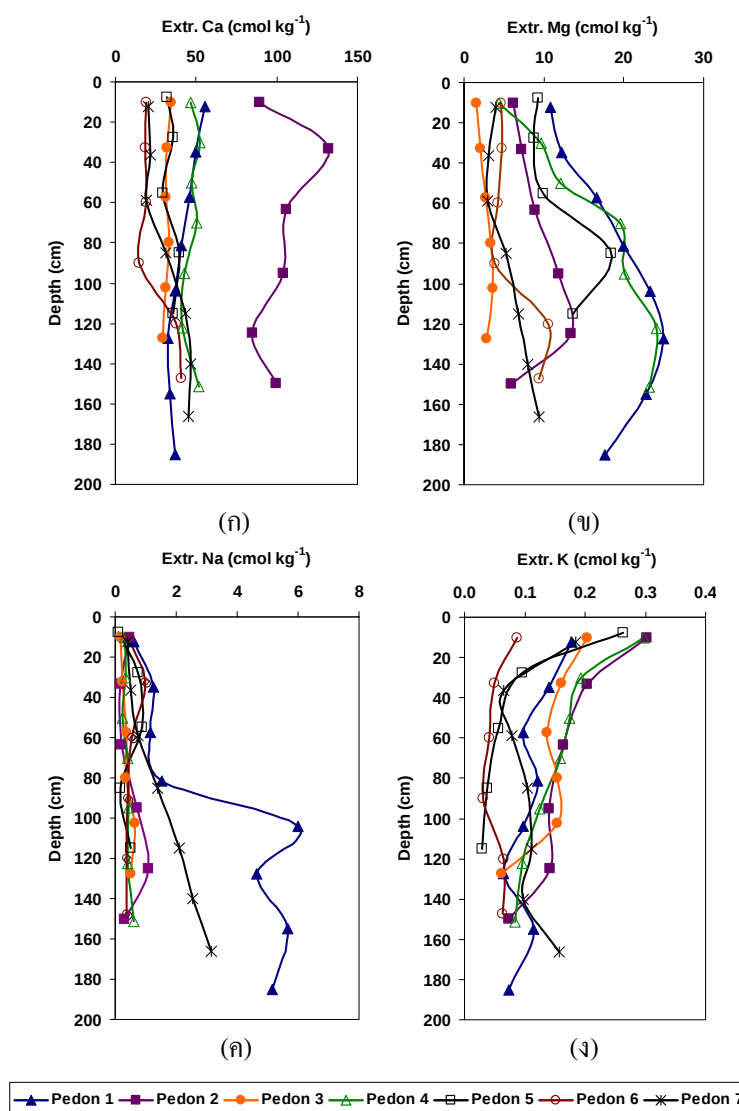
ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 14.50-132.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ทุกพืชมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน โดยพืช 1, 3-7 มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 14.50-55.63 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พืช 2 มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงกว่าพืชอื่น ๆ อยู่ในระดับสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 84.73-132.24 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

4.7.2 แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ภาพที่ 25ข)

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 1.57-24.94 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พืช 3, 5, และ 6 มีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน พืช 1, 2, 4 และ 7 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก

4.7.3 โซเดียมที่สกัดได้ (ภาพที่ 25ค)

ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 0.11-5.99 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พืช 2-6 ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน อยู่ในระดับต่ำถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.11-1.08 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พืช 1 และ 7 ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 0.36-5.99 เซนติโมลต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 25 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ค) และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดิน ที่ทำการศึกษา

4.7.4 โพแทสเซียมที่สกัดได้ (ภาพที่ 25ง)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัย 0.03-0.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และทุกพีดอนมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

เนื่องจากวัตถุดิบกำเนิด เมื่อสลายตัวจะให้คาร์บอนเนต และแร่ต่าง ๆ เช่น เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ เมื่อวัสดุเหล่านี้สลายตัว มีการปลดปล่อยแคตไอออน ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม

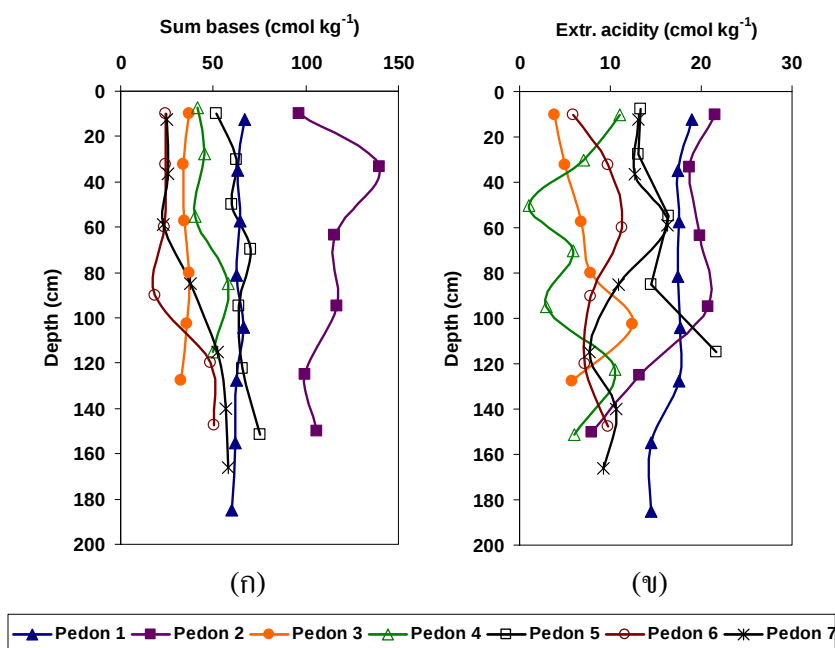
โซเดียม และโพแทสเซียมแก่ระบบดิน โดยให้แคลเซียม และแมกนีเซียมในปริมาณสูงและยังคงอยู่ในระบบดินเนื่องจากดินที่ทำการศึกษามีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สภาพอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน ปริมาณน้ำฝนยังไม่มากพอที่จะชะละลายแคลไออนเหล่านี้ออกไป พืดอน 2 มีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงกว่าพืดอนอื่น ๆ เป็นผลมาจากการสลายตัวของแร่แคลไซต์ เนื่องจากพืดอน 2 มีปริมาณแคลไซต์ (ตารางที่ 8) ในอนุภาคนาตรายแป่งสูงกว่าพืดอนอื่น ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ขึ้นอยู่กับคาร์บอเนตที่พบในหน้าตัดดิน สารประกอบคาร์บอเนตอาจอยู่ในรูปแคลเซียมแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) แตกตัวแล้วให้แคลเซียมและแมกนีเซียมแก่ระบบดิน (Fukue *et al.*, 2008) ทำให้พืดอน 1, 2, 4 และ 7 มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นตามความลึก การที่ดินมีพัฒนาการต่ำ และอยู่ในช่วงสุพังสลายตัว ทำให้พบเฟลด์สปาร์และอาจเป็นเฟลด์สปาร์ในกลุ่มโซดา-โลมมเฟลด์สปาร์ ($\text{NaCa}(\text{AlSi})_4\text{O}_8$) ในอนุภาคนาตรายแป่ง (ตารางที่ 8) ทำให้พืดอน 1 และ 7 มีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้สูงกว่าพืดอนอื่น และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เช่นเดียวกับปริมาณเฟลด์สปาร์ ส่วนการที่ดินมีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำเนื่องจากโซเดียมมีความสัมพันธ์ในทางลบกับธาตุแคลไออนอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เนื่องจากดินส่วนใหญ่มีแรงดูดยึดไออนบวกของแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมได้ดีกว่าโซเดียม ประกอบกับโซเดียมเป็นธาตุที่ละลายน้ำและเคลื่อนย้ายง่าย จึงทำให้โซเดียมสูญหายโดยการชะละลายออกไปจากหน้าตัดดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Brady and Weil, 2008) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำเนื่องจากวัตถุดิบกำเนิดมีองค์ประกอบของธาตุโพแทสเซียมน้อย

4.8 เบสรวมที่สกัดได้ (ภาพที่ 26ก)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเบสรวม ซึ่งเป็นผลรวมของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ ของดินทั้ง 7 พืดอน พบว่าปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 18.80-139.77 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ทุกพืดอนมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดินพืดอน โดยพืดอน 1, 3-7 อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 18.80-75-64 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พืดอน 2 มีปริมาณเบสรวมสูงกว่าพืดอนอื่น ๆ อยู่ในระดับสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 96.63-139.77 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมากเนื่องจากมีวัตถุดิบกำเนิดเป็นหินปูน ซึ่งมีแร่แคลไซต์ (CaCO_3) เป็นองค์ประกอบหลัก หินแอนดีไซต์ ซึ่งมีแร่ในกลุ่มแพลซิโอเคลส และแร่เฟอร์โรแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ หินบะซอลต์ ซึ่งเกิดจากหินหนืดที่มีเหล็ก แคลเซียม

แมกนีเซียมมาก มีแร่แคลซิโอเคลส (ที่มีแคลเซียม) และแร่ในกลุ่มเฟอร์โรแมกนีเซียม (โอลิวีน ไพรอกซีน แอมฟิโบล) เป็นองค์ประกอบ และหินเนื้อปูน (อัญชลิ และคณะ, 2552) หินเหล่านี้เมื่อสลายตัวจะให้แคลซิออนสภาพเบส อีกทั้งสภาพแวดล้อมที่ทำการศึกษามีการคงอยู่ในระบบดิน มีการชะละลายภายในหน้าตัดดินน้อย ทำให้ดินมีปริมาณเบสรวมอยู่ในปริมาณสูงถึงสูงมาก



ภาพที่ 26 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

4.9 ความเป็นกรดที่สกัดได้ (ภาพที่ 26ข)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ของดินทั้ง 7 พีดอน พบว่าปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้มีความแปรปรวนตลอดหน้าตัดดิน โดยอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 1.01-21.66 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และส่วนใหญ่มีค่าค่อนข้างสูงถึงสูงมาก

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้เป็นการวัดความเข้มข้นของไฮโดรเจนและอะลูมิเนียมในดิน ผลจากการวัดค่าพีเอชดิน ความแตกต่างของค่าที่วัดได้จากการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์กับค่าที่ได้จากการใช้น้ำ อยู่ในช่วง -3 ถึง -1 แสดงให้เห็นว่าผลรวมของประจุสุทธิของดินเป็นลบ (Diatla *et al.*, 2006) จึงมีไฮโดรเจนเข้าไปยึดกับประจุลบเหล่านี้ ส่วนอะลูมิเนียม จะมีอยู่ในดินในรูปที่แตกต่างกัน ในดินที่พีเอชเท่ากับ 7 ความเข้มข้นของอะลูมิเนียมมีน้อย แต่เมื่อดินมีพีเอชมากกว่า 7 จะมี

อะลูมินัมในรูป $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ เกิดขึ้น และจะเข้มข้นมากขึ้นเมื่อเป็นด่างมากขึ้น ที่พีเอชดินเท่ากับ 8 อะลูมินัมยังคงอยู่ในรูปนี้ และจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นรูป $\text{Al}(\text{OH})_5^{2-}$ เมื่อดินเป็นด่างสูง (Tyler, 1994) ผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดที่สกัดได้จึงมีค่าค่อนข้างสูงถึงสูงมากเนื่องจากเป็นผลรวมของไฮโดรเจนและอะลูมินัมในรูปดังกล่าว

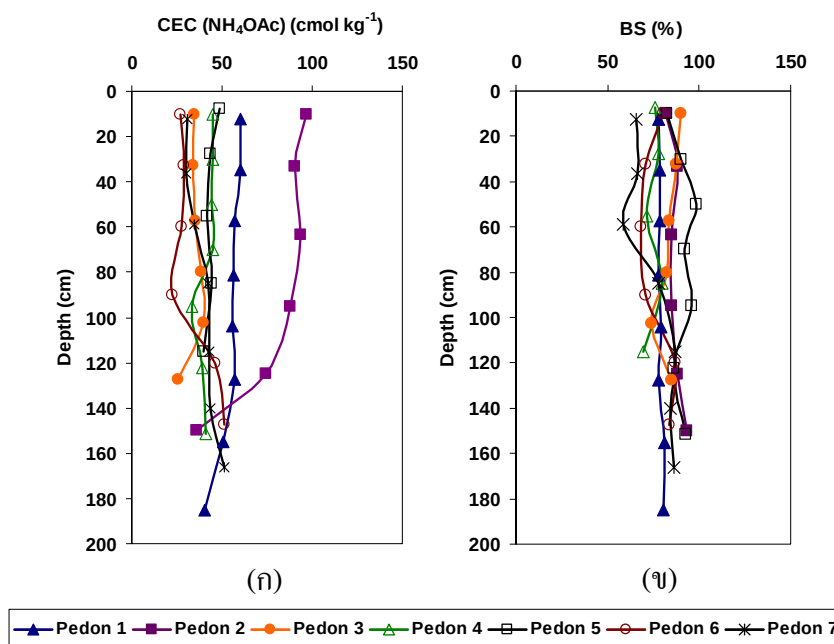
4.10 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ภาพที่ 27ก)

ผลการวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินทั้ง 7 พืดอน พบว่าอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 22.33-96.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ทุกพืดอนมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน พืดอน 1, 3-7 อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 22.33-60.27 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พืดอน 2 มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าพืดอนอื่น ๆ อยู่ในระดับสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 36.12-96.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเป็นผลรวมของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งวัสดุใด ๆ ดูดซับไว้ที่ pH เฉพาะเจาะจง โดยขึ้นอยู่กับปริมาณดินเหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุ รวมถึงชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวที่มีอยู่ในดิน (Özsoy and Aksoy, 2007; Irmak *et al.*, 2007) ดินที่ทำการศึกษามีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูงเนื่องจาก มีปริมาณดินเหนียวสูง มีอินทรีย์วัตถุ และมีสเมกไทต์ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวที่ภายในโครงสร้าง เกิดการแทนที่ขนาดเท่า (isomorphous substitution) จึงมีแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้เพื่อทำให้สมดุลกับประจุลบที่เหลือจากการแทนที่ภายในโครงสร้างเช่น Na^+ , Li^+ , K^+ , Ca^{2+} และ Mg^{2+} (Tamura *et al.*, 2000) และโดยทั่วไปแล้ววัตถุต้นกำเนิดเวอร์ทิซอลส์เมื่อสลายตัว จะให้แคตไอออน เช่น Ca และ Mg แก่ระบบดิน ทำให้ดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูง พืดอน 2 มีค่ามากกว่าพืดอนอื่น เนื่องจากมีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าพืดอนอื่น และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง และเมื่อความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเมื่อมีค่าสูงขึ้น จึงมีส่วนทำให้เกิดการสร้างตัวของสเมกไทต์เพิ่มขึ้นด้วย (Bühman Schoeman, 1995)

4.11 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ภาพที่ 27ข)

ผลการวิเคราะห์อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินทั้ง 7 พืดอน พบว่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 65-98 แต่ส่วนใหญ่แล้วอยู่ในระดับสูง มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 76-98 และทุกพืดอนมีแนวโน้มสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน



ภาพที่ 27 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และปริมาณอัตราย่อยละความ
อิมตัวเบส (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

อัตราย่อยละความอิมตัวเบสสัมพันธ์กับปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ โดยเป็นผลมาจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดปลดปล่อยแคตไอออนสภาพเบสแก่ระบบดิน และยังคงอยู่ เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางดินเหมาะสม การชะละลายเกิดขึ้นน้อย นอกจากนี้อัตราย่อยละความอิมตัวเบสยังขึ้นอยู่กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณดินเหนียวซึ่งดินที่ทำการศึกษามีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูงและมีเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว

4.12 เหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส 3 รูป ได้แก่ 1) รูปอิสระ (free form) ซึ่งอยู่ในรูปสารอสัณฐาน และรูปที่มีผลึก (Mehra and Jackson, 1960; National Soil Survey Center, 1996) โดยใช้วิธีสกัดดินด้วยสารละลาย dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) 2) รูปอสัณฐาน (amorphous form) และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (organic complex) (McKeague and Day, 1966; Hodges and Zelazny, 1980) โดยใช้วิธีสกัดดินด้วยสารละลาย ammonium oxalate (pH 3.0) 3) รูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (organic complex form) โดยใช้วิธีสกัดดินด้วยสารละลาย 0.1 M sodium pyrophosphate (pH 10.0) (McKeague, 1967) ผลการวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 4ค

4.12.1 เหล็ก (ภาพที่ 28)

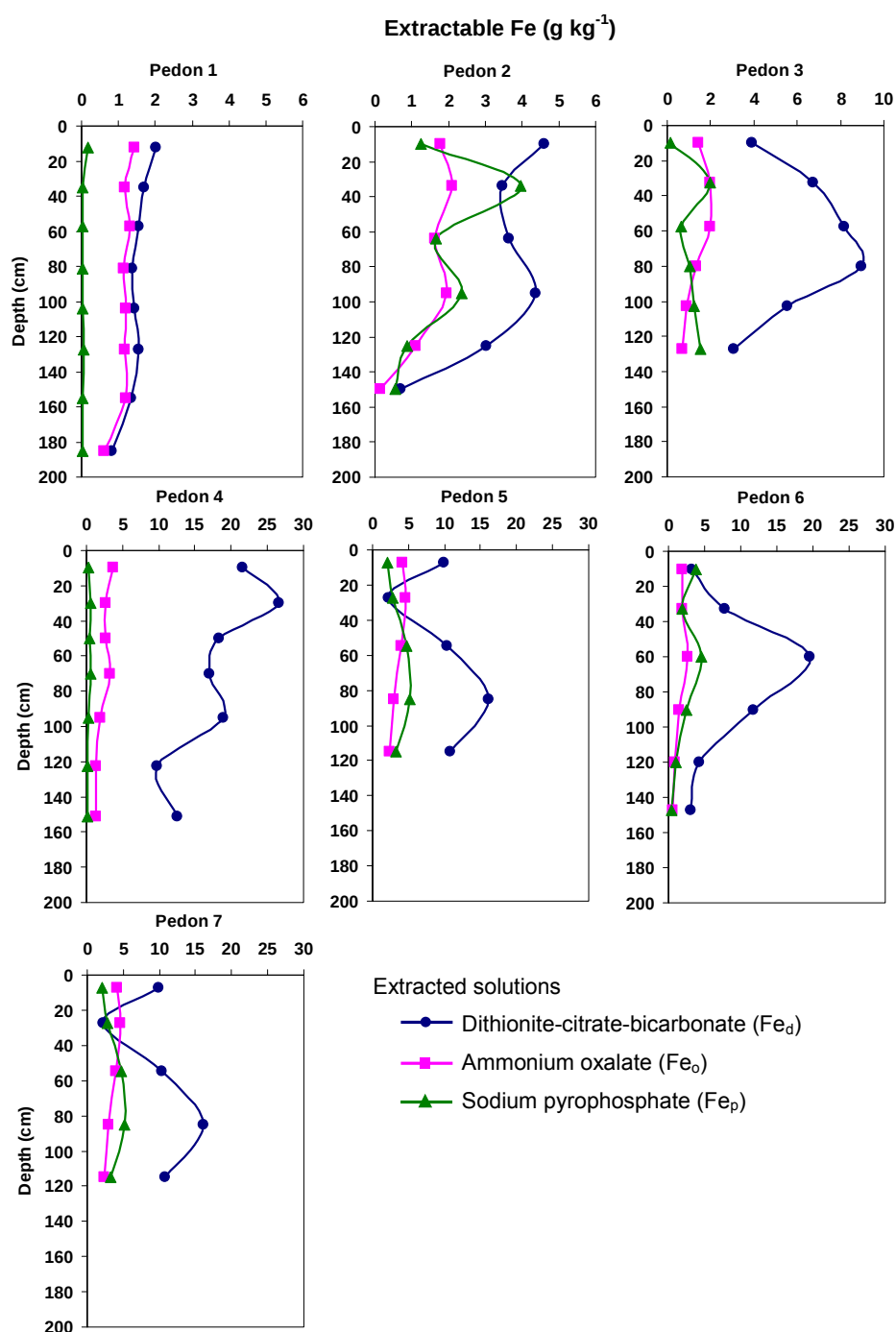
ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในรูปอิสระ (free form) โดยใช้วิธีสกัดด้วยสารละลาย ไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต (dithionite-citrate-bicarbonate; Fe_d) เป็นเหล็กที่อยู่ในรูปสารอสังฐาน และรูปที่มีผลึก ซึ่งรูปที่มีผลึกในดินส่วนใหญ่ได้แก่ เกอไทต์ (α - $FeOOH$) ฮีมาไทต์ (Fe_2O_3) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 2.02-21.56 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.69-26.62 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในรูปอสัณฐาน (amorphous form) โดยใช้วิธีสกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate; Fe_o) เป็นเหล็กในรูปที่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีต่าง ๆ เช่น เฟร์ริไฮดรอกไซด์ ($Fe(OH)_3$) และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (organic complex) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 1.42-4.32 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างอยู่ในพิสัย 0.16-4.58 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (organic complex form) เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลาย และมีปริมาณสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.17-3.88 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่างอยู่ในพิสัย 0.02-5.22 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d พบว่า พีคอน 1 อยู่ในพิสัย 0.70-0.89 พีคอน 2 อยู่ในพิสัย 0.22-0.60 พีคอน 3 อยู่ในพิสัย 0.15-0.36 พีคอน 4 อยู่ในพิสัย 0.10-0.19 พีคอน 5 อยู่ในพิสัย 0.18-2.07 พีคอน 6 อยู่ในพิสัย 0.12-0.58 พีคอน 7 อยู่ในพิสัย 0.04-0.53

ปริมาณเหล็กทุกรูป ในแต่ละพีคอนมีความแปรปรวน ส่วนใหญ่อยู่ในรูปอสัณฐานและรูปที่มีผลึก เมื่อเปรียบเทียบกับดินในอันดับออกซิซอลล์ และอัลทิสอลล์ เหล็กในแต่ละรูปมีค่าต่ำมาก สามารถบ่งบอกพัฒนาการของดินได้ว่าเป็นดินที่มีพัฒนาการต่ำ ส่วนผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d หากดินมีอายุเพิ่มขึ้น เหล็กที่ปลดปล่อยออกมาจากร่างภูมิจะมีการจัดเรียงตัวกันเกิดเป็นเหล็กที่มีผลึก ทำให้อัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d มีค่าต่ำลง (Vacca *et al.*, 2003) Coscione *et al.* (2005) พบว่าอัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d ในดินออกซิซอลล์ และอัลทิสอลล์ มีค่าอยู่ในพิสัย 0.01-0.08 Tawornpruck (2005) พบว่าอัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d ในดินออกซิซอลล์ มีค่าอยู่ใน



ภาพที่ 28 ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d), ammonium oxalate (Fe_o) และ sodium pyrophosphate (Fe_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา

พิสัย 0.01-0.19 อัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d ในดินที่มีพัฒนาการสูงจะมีค่าต่ำกว่าดินที่มีพัฒนาการต่ำอย่างเห็นได้ชัด ในดินพัฒนาการสูง สามารถพบเหล็กในรูปต่าง ๆ เช่น เกอไทต์ อีมาไทต์ ได้ภายในหน้าตัดดิน (Fontes, 1992; Tawornpruck, 2005; Trakoonyingcharoen *et al.*, 2006)

4.12.2 อะลูมิเนียม (ภาพที่ 29)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมในรูปอิสระ (Al_0) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.11-0.37 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.04-1.00 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมในรูปออกไซด์ (Al_2O_3) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.83-2.73 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.39-2.66 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (Al_p) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.21-6.35 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.00-9.28 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการเปรียบเทียบอัตราส่วนของ Al_0/Al_2O_3 พบว่า พีคอน 1 อยู่ในพิสัย 3.48-4.79 พีคอน 2 อยู่ในพิสัย 5.69-11.16 พีคอน 3 อยู่ในพิสัย 4.35-8.10 พีคอน 4 อยู่ในพิสัย 4.03-7.34 พีคอน 5 อยู่ในพิสัย 4.87-10.50 พีคอน 6 อยู่ในพิสัย 3.44-9.02 พีคอน 7 อยู่ในพิสัย 1.61-10.24

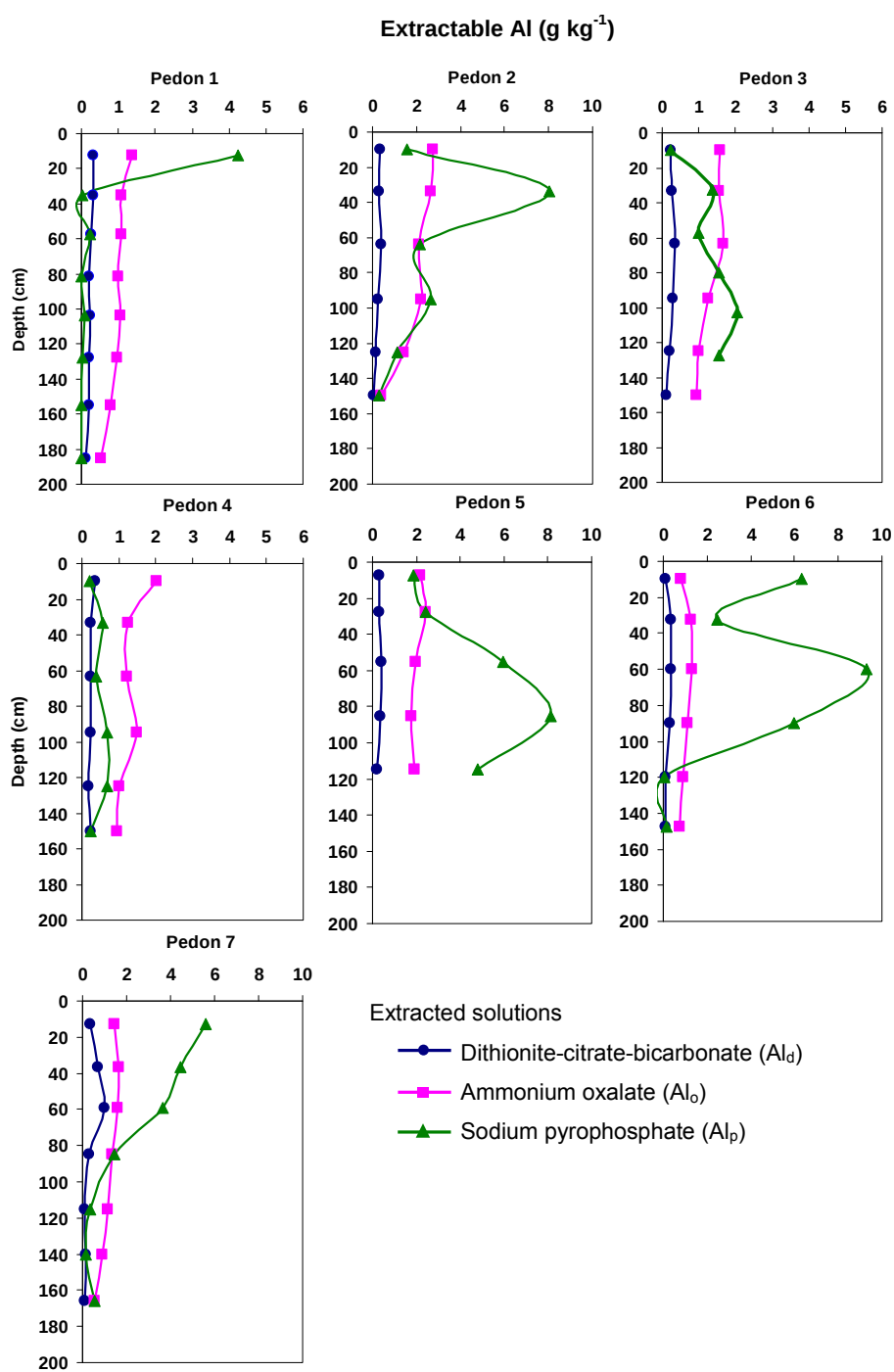
ปริมาณอะลูมิเนียมทุกรูป ในแต่ละพีคอนมีความแปรปรวน ส่วนใหญ่แล้วอยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน เมื่อเปรียบเทียบกับดินในอันดับออกซิซอลส์และดินอัลทิซอลส์ ซึ่งมีการพัฒนาการสูง อัตราส่วนของ Al_0/Al_2O_3 จะมีค่าต่ำกว่าในดินเวอร์ทิซอลส์ Coscione *et al* (2005) พบว่าอัตราส่วนของ Al_0/Al_2O_3 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.14-0.36

4.12.3 แมงกานีส (ภาพที่ 30)

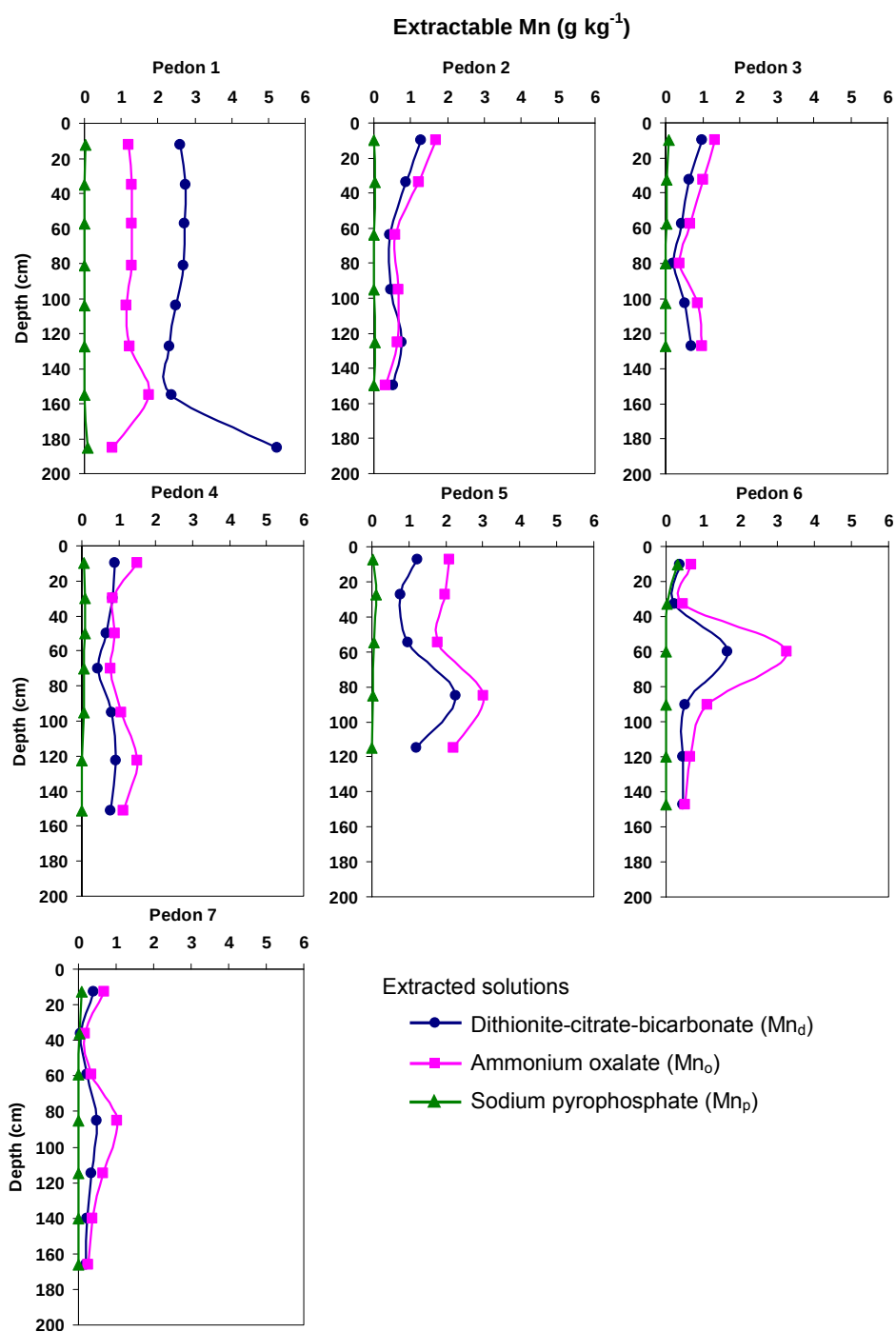
ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสในรูปอิสระ (Mn_0) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.37-2.59 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.66-5.25 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสในรูปออกไซด์ (Mn_2O_3) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.68-2.09 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.18-3.25 กรัมต่อกิโลกรัม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแมงกานีสในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (Mn_p) พบว่าดินบนอยู่ในพิสัย 0.012-0.305 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.033-0.117 กรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 29 ความสัมพันธ์ระหว่างอะลูมิเนียมที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Al_d), ammonium oxalate (Al_o) และ sodium pyrophosphate (Al_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนียดดินที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 30 ความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Mn_d), ammonium oxalate (Mn_o) และ sodium pyrophosphate (Mn_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา

ปริมาณแมงกานีสที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละรูป ในแต่ละพีดอนมีความแปรปรวนส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน ซึ่งปริมาณที่วิเคราะห์ได้เป็นผลมาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่มี

วัตถุต้นกำเนิดเป็นหินบะซอลต์ หินปูน หรือหินดินดาน จะมีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบอยู่ 1,500, 1,100 และ 850 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ หากวัตถุต้นกำเนิดเป็นหินแกรนิต หรือ หินทราย จะมีแมงกานีสเป็นองค์ประกอบเพียง 400 และ 10-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Krauskopf, 1972; Schulte and Kelling, 1999) นอกจากนี้ปริมาณแมงกานีสในดินยังขึ้นอยู่กับ พีเอชของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ความชื้นและอากาศภายในดิน แมงกานีสจะมีน้อยในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (มากกว่า 6 กรัมต่อกิโลกรัม) ดินที่มีพีเอชของดินสูงกว่า 6.5 และในดินที่มีการระบายอากาศไม่ดีหรืออยู่ในสภาพรีดักชันแมงกานีสออกไซด์จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปละลายได้ (Mn^{2+}) แล้วถูกชะละลายออกไปจากดิน (Schulte and Kelling, 1999)

จากลักษณะของวัตถุต้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา และดินไม่ได้อยู่ในสภาพรีดักชัน จึงมีโอกาสดินมีปริมาณแมงกานีสสูง สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางด้านจุลทรรศน์วิทยาของดิน สามารถพบก้อนทรงมนของแมงกานีสได้ในลักษณะต่าง ๆ

4.13 องค์ประกอบทางเคมีรวม

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีรวมของดินทั้ง 7 พืดอน โดยวิธี X-ray fluorescence spectrophotometry (XRF) แสดงผลดังตารางที่ 7

Al_2O_3 ดินบนอยู่ในพิสัย 75.8-187.8 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 54.1-187.8 กรัมต่อกิโลกรัม

SiO_2 ดินบนอยู่ในพิสัย 486.8-737.7 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 174.3-745.2 กรัมต่อกิโลกรัม

TiO_2 ดินบนอยู่ในพิสัย 4.5-21.2 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 4.8-18.1 กรัมต่อกิโลกรัม

Fe_2O_3 ดินบนอยู่ในพิสัย 49.9-138.7 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 28.2-171.4 กรัมต่อกิโลกรัม

MnO ดินบนอยู่ในพิสัย 1.2-3.9 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.4-6.9 กรัมต่อกิโลกรัม

CaO ดินบนอยู่ในพิสัย 6.6-41.4 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 4.7-367.1 กรัมต่อกิโลกรัม

ตารางที่ 7 องค์ประกอบทางเคมีรวมในดินที่ทำการศึกษา

Horizon	Depth (cm)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂ :Al ₂ O ₃ ratio
(-----g kg ⁻¹ -----)												
Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-25	123.0	599.2	7.3	49.9	2.4	41.4	1.9	17.9	1.9	0.7	4.9
Bk1	25-45	123.9	598.4	7.3	49.3	2.4	37.7	1.9	19.4	2.0	0.7	4.8
Bssk1	45-70	128.0	598.6	7.4	50.9	2.5	44.8	2.0	21.5	2.1	0.7	4.7
Bssk2	70-93	123.2	566.4	6.9	49.2	2.3	65.3	1.8	23.4	2.2	0.7	4.6
Bssk3	93-115	122.3	553.1	6.9	48.2	2.3	69.5	1.8	24.1	2.2	0.7	4.5
Bssk4	115-140	125.1	565.2	7.0	49.3	2.3	55.7	1.8	23.0	2.3	0.6	4.5
Bk2	140-170	121.2	540.9	6.5	46.6	2.4	77.4	1.9	26.3	2.5	0.6	4.5
Bk3	170-200+	95.4	447.3	5.6	39.0	2.6	145.5	1.7	37.6	2.6	0.8	4.7
Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplusterts, very fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-20	151.1	486.8	15.5	80.0	2.8	31.4	1.4	19.1	0.0	0.6	3.2
ABk	20-47	153.7	487.2	15.7	80.7	2.3	32.4	1.2	19.7	0.0	0.3	3.2
Bss1	47-80	141.5	455.5	14.6	73.9	1.4	63.9	0.8	18.0	0.0	0.2	3.2
Bss2	80-110	141.2	452.6	14.2	72.6	1.5	70.8	0.8	18.8	0.0	0.2	3.2
Bk1	110-130/140	126.6	409.5	12.9	66.4	1.9	112.8	0.8	18.4	0.0	0.3	3.2
Bk2	140-160+	54.1	174.3	5.2	28.2	1.2	367.1	0.2	11.9	0.0	0.2	3.2
Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-20	133.3	622.4	4.5	60.1	2.4	37.1	5.0	8.3	2.8	0.7	4.7
Bt1	20-45	140.4	629.4	4.8	61.7	1.8	27.7	4.5	7.4	2.5	0.5	4.5
Bt2	45-70	147.4	634.6	4.9	63.7	1.4	24.9	4.2	7.8	2.3	0.3	4.3
Bt3	70-90	151.5	625.3	5.2	66.9	0.9	24.9	4.1	7.7	2.2	0.2	4.1
Bt4	90-110/115	166.9	590.4	5.3	67.3	1.6	31.0	4.9	9.7	3.5	0.2	3.5
Crt	115-140+	178.5	579.2	5.7	65.7	2.1	48.3	8.0	17.6	10.4	0.9	3.2
Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-18/20	187.8	492.7	8.8	107.5	2.5	22.9	5.2	10.9	0.5	1.0	2.6
Btk1	20-40	177.1	447.9	7.8	89.0	2.6	71.4	4.5	11.3	0.4	0.7	2.5
Btk2	40-60	167.3	424.6	7.3	83.7	2.7	87.7	4.2	12.0	0.4	0.7	2.5
Btk3	60-80	161.0	401.4	7.0	75.2	2.8	110.3	4.1	13.1	0.5	0.8	2.5

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅	SiO ₂ :Al ₂ O ₃ ratio
(-----g kg ⁻¹ -----)												
Pedon 4 Samo Thod series (continue)												
Btk4	80-110	130.9	339.0	5.6	70.0	4.6	185.6	3.5	12.2	0.3	0.5	2.6
Crtk1	110-135	185.2	529.5	7.8	82.7	2.5	25.8	9.7	19.4	1.4	0.4	2.9
Crtk2	135-168+	171.9	522.6	7.0	79.6	2.1	47.9	9.2	19.5	1.5	0.6	3.0
Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Ap	0-15	148.2	509.8	7.8	138.7	3.9	12.5	2.0	14.9	3.8	1.2	3.4
Bt	15-30/40	150.0	508.2	8.0	142.1	4.2	12.3	1.2	14.9	3.5	0.9	3.4
Btc	40-40/70	151.5	480.6	8.2	171.4	4.1	10.3	0.8	15.3	2.7	0.7	3.2
Crt1	70-100	167.4	491.9	9.0	123.8	5.2	12.3	0.8	26.9	5.7	0.2	2.9
Crt2	100-130	171.4	495.0	8.3	121.3	3.7	13.4	2.5	29.4	9.1	0.2	2.9
Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Ap	0-20	75.8	737.7	21.2	64.7	1.2	6.6	0.7	5.7	0.7	0.5	9.7
Bt	20-45	92.0	707.4	18.1	81.7	1.0	6.3	0.7	6.8	1.1	0.4	7.7
Btc1	45-75	110.5	584.7	16.9	153.4	6.9	5.9	0.6	6.7	0.5	0.4	5.3
Btc2	75-105	113.6	618.7	13.7	137.5	2.4	4.7	0.3	5.8	0.4	0.3	5.4
2Btk1	105-135	139.4	603.2	13.1	70.3	1.2	25.5	0.7	13.3	1.5	0.2	4.3
2Btk2	135-160+	130.0	595.3	11.8	65.6	1.1	45.4	0.9	12.6	1.8	0.2	4.6
Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Ap	0-25	85.9	709.6	8.2	57.7	1.4	6.9	1.4	5.9	0.5	0.6	8.3
Bt1	25-48	105.4	745.2	8.3	69.5	0.4	6.4	1.2	6.5	0.3	0.3	7.1
Bt2	48-70	116.3	682.7	8.2	78.7	0.8	5.7	1.3	6.8	0.3	0.3	5.9
2Btk1	70-100	146.1	608.7	8.5	79.5	1.6	9.9	2.1	10.9	0.7	0.2	4.2
2Btk2	100-130	141.5	536.2	7.5	70.8	1.4	61.9	2.8	12.8	1.1	0.3	3.8
2Btk3	130-150	150.5	472.3	6.5	67.6	0.9	92.5	4.8	16.3	1.6	0.5	3.1
2Crtk	150-182+	165.8	499.9	7.0	89.0	1.0	49.6	7.8	18.3	2.3	0.8	3.0

K_2O ดินบนอยู่ในพิสัย 0.7-5.2 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.2-9.7 กรัมต่อกิโลกรัม

MgO ดินบนอยู่ในพิสัย 5.7-19.1 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 5.8-37.6 กรัมต่อกิโลกรัม

N_2O ดินบนอยู่ในพิสัย 0.0-3.8 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.0-10.4 กรัมต่อกิโลกรัม

P_2O_5 ดินบนอยู่ในพิสัย 0.5-1.2 กรัมต่อกิโลกรัม ดินล่างอยู่ในพิสัย 0.2-0.9 กรัมต่อกิโลกรัม

SiO_2/Al_2O_3 ดินบนอยู่ในพิสัย 2.6-9.7 ดินล่างอยู่ในพิสัย 2.5-7.7

ผลการวิเคราะห์พบว่าดินทั้ง 7 บริเวณ มีซิลิกาสูงสุด มีอะลูมินา เหล็กออกไซด์ แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์ในปริมาณลดลงมา ส่วนธาตุอื่น ๆ มีในปริมาณน้อย การพบซิลิกาสูง เป็นผลจากการสลายตัวของวัตถุดิบกำเนิดที่ให้แร่ซิลิเกต ซึ่งมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบแก่ระบบดิน เมื่อแร่ซิลิเกตสลายตัวจึงปลดปล่อยซิลิกาซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว สภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษามีผลทำให้ซิลิกาคงอยู่ในระบบดิน ซิลิกาที่วิเคราะห์ได้นั้นนอกจากจะสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคนาอดินเหนียวซึ่งประกอบด้วยแร่ดินเหนียว สเมกไทต์ เคโอลิไนต์ เวอร์มิคิวไลต์เป็นองค์ประกอบแล้ว (ตารางที่ 8) ซิลิกายังสัมพันธ์กับอนุภาคนาอดินทรายและทรายแป้งด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ ที่สามารถละลายได้ดีในช่วงที่ดินเป็นด่าง ทำให้อัตราส่วน SiO_2/Al_2O_3 สูง

ปริมาณอะลูมินา โดยภาพรวมแล้วมีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามกับปริมาณซิลิกา ดินที่มีซิลิกาสูงจะมีอะลูมินาต่ำ อะลูมินาเป็นองค์ประกอบสำคัญในโครงสร้างของแร่ดินเหนียว เช่นเดียวกับซิลิกา จึงสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคนาอดินเหนียวเช่นเดียวกัน

ปริมาณของเหล็ก ในรูปเฟริกออกไซด์ เป็นผลมาจากการสลายตัวของแร่ซิลิเกตที่มีเหล็กสูง การที่ดินมีเหล็กออกไซด์ในปริมาณสูง ทำให้สันนิษฐานได้ว่าชนิดของสเมกไทต์ที่พบในอนุภาคนาอดินเหนียว อาจเป็นไบเคลไลต์ชนิดที่มีเหล็กในปริมาณสูง หากเข้าแทนที่อะลูมินัมในแผ่น octahedral ซึ่งการพบสเมกไทต์ชนิดนี้ในเวอร์ทิคอลส์ แสดงให้เห็นว่าภายในระบบดินมีเหล็ก มีวัฏจักรของกระบวนการออกซิเดชันรีดักชัน และสารละลายดินอยู่ในสภาพเบส เป็นการส่งเสริมให้เกิดสเมกไทต์ชนิดนี้ขึ้น โดยเกิดขึ้นได้ทั้งในสภาพภูมิอากาศแบบเมดิเตอร์เรเนียนและในเขตร้อน (Wilson, 1987; Ece *et al.*, 1999)

แคลเซียมออกไซด์ แมกนีเซียมออกไซด์มีในปริมาณสูง เป็นผลมาจากวัตถุดิบกำนิตสลายตัวแล้วให้คาร์บอนเต การสลายตัวของคาร์บอนเต ซึ่งมีแคลไซด์เป็นองค์ประกอบหลัก ทำให้มีแคลเซียม แมกนีเซียมเพียงพอต่อการสร้างตัวของสเมกไทต์ขึ้น ทั้งแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นธาตุที่ทำให้โครงสร้างของสเมกไทต์สมบูรณ์ เนื่องจากทำหน้าที่เป็นแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ เพื่อให้สมดุลกับประจุลบที่เหลือจากการแทนที่ภายในโครงสร้างของสเมกไทต์ นอกจากแคลเซียมและแมกนีเซียม ธาตุแคตไอออนอื่น ๆ ก็สามารถทำหน้าที่นี้ได้ เช่น โซเดียม และโพแทสเซียม เป็นต้น (Tamura *et al.*, 2000)

5. สมบัติทางแร่วิทยาของดิน

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคนาดินเหนียว และอนุภาคนาดทรายแป้ง ของดินทั้ง 7 บริเวณ โดยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับแร่มาตรฐาน (ตารางผนวกที่ ค11) แสดงในตารางที่ 8 และภาพผนวกที่ ค1-ค9

5.1 องค์ประกอบเชิงแร่ในอนุภาคนาดินเหนียว

พืดอน 1 และ 2 มีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก โดยแจกกระจายในปริมาณสูงมาก ตลอดหน้าตัดดิน (>60%) มีเคโอลิไนต์และควอตซ์ปริมาณเล็กน้อย (<5%) ตลอดหน้าตัดดิน

พืดอน 3, 4 และ 5 มีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก โดยแจกกระจายในปริมาณสูงตลอดหน้าตัดดิน (40-60%) มีเคโอลิไนต์ในปริมาณน้อย (5-20%) ตลอดหน้าตัดดิน มีเวอร์มิคิวไลต์และควอตซ์ในปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน พืดอน 4 มีเกอไทต์ ในปริมาณเล็กน้อยที่ระดับความลึก 0-110 เซนติเมตร

พืดอน 6 มีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก โดยแจกกระจายในปริมาณสูง ที่ระดับความลึก 0-75 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 105-135 เซนติเมตร (ชั้น 2Btk1) แจกกระจายอยู่ในปริมาณสูงมาก มีเคโอลิไนต์ ในปริมาณน้อยที่ระดับความลึก 0-75 เซนติเมตร และมีในปริมาณเล็กน้อยที่ระดับความลึก 105-135 เซนติเมตร

ตารางที่ 8 ชนิดและปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว และกลุ่มอนุภาคทรายแป้งของดินที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Clay fraction					Silt fraction			
		Smec	Kao	Ver	Qtz	Goe	Qtz	Feld	Calc	1.4 nm clay minerals
Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic										
0-25	Apk	xxxx	tr	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
25-45	Bk1	xxxx	tr	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
70-93	Bssk2	xxxx	tr	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
115-140	Bssk4	xxxx	tr	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
170-200+	Bk3	xxxx	tr	-	tr	-	xx	x	x	-
Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplusterts, very fine, smectitic, isohyperthermic										
0-20	Apk	xxxx	tr	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
20-47	ABk	xxxx	tr	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
80-110	Bss2	xxxx	tr	-	tr	-	xxx	tr	x	-
110-130/140	Bk1	xxxx	tr	-	tr	-	xx	tr	xx	-
140-160+	Bk2	xxxx	tr	-	tr	-	tr	tr	xxxx	-
Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic										
0-20	Apk	xxx	x	tr	tr	-	xxx	x	-	-
20-45	Bt1	xxx	x	tr	tr	-	xxx	x	-	-
70-90	Bt3	xxx	x	tr	tr	-	xxx	x	-	tr
115-140+	Crt	xxx	x	tr	tr	-	xx	xx	-	tr
Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic										
0-18/20	Apk	xxx	x	tr	tr	tr	xxxx	tr	-	tr
40-60	Btk2	xxx	x	tr	tr	tr	xxxx	tr	-	tr
80-110	Btk4	xxx	x	tr	tr	tr	xxx	tr	x	-
110-135+	Crtk1	xxx	x	tr	tr	-	xxx	tr	x	-
Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic										
0-15	Ap	xxx	x	tr	tr	-	xx	xx	-	tr
15-30/40	Bt	xxx	x	tr	tr	-	xxx	x	-	tr
40-40/70	Btc	xxx	x	tr	tr	-	xxx	x	-	tr
70-100	Crt1	xxx	x	tr	tr	-	xx	xx	-	tr
Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic										
0-20	Ap	xxx	x	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
20-45	Bt	xxx	x	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
45-75	Btc1	xxx	x	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
105-135	2Btk1	xxxx	tr	-	tr	-	xxx	x	-	-
Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic										
0-25	Ap	xxx	x	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
25-48	Bt1	xxx	x	-	tr	-	xxxx	tr	-	-
100-130	2Btk2	xxx	x	-	tr	tr	xxxx	tr	-	-
150-182+	2Crtk	xxx	x	-	tr	tr	xx	xx	-	-

หมายเหตุ Smec = smectite, Kao = kaolinite, Ver = vermiculite, Goe = goethite, Qtz = quartz,

Feld = feldspar, Calc = calcite, xxxx = dominant (>60%), xxx = large (40-60%),

xx = moderate (20-40%), x = small (5-20%), tr = trace (<5%), - = not detected

พืดอน 7 มีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก โดยแจกกระจายในปริมาณสูงตลอดหน้าตัดดิน มีเคโอลิไนต์ในปริมาณน้อย มีควอตซ์ในปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน มีเกอไทต์ในปริมาณเล็กน้อยที่ระดับความลึก 100-182 เซนติเมตร

5.2 องค์ประกอบเชิงแร่ในอนุภาคขนาดทรายแป้ง

ทุกพืดอนมีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบหลัก ทุกพืดอนมีเฟลด์สปาร์ ในปริมาณเล็กน้อยถึงปานกลาง (<5-40%) พืดอน 1, 2 และ 4 มีแคลไซต์ในปริมาณเล็กน้อยถึงสูงมาก (<5->60%) พืดอน 3, 4 และ 5 มีแร่ดินเหนียว 1.4 นาโนเมตร ในปริมาณเล็กน้อย

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ทั้ง 7 บริเวณ พบว่าดินมีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก แสดงให้เห็นว่าสภาพแวดล้อมของดินที่ทำการศึกษามีสมาถ์ต่อการกำเนิดหรือการสร้างตัวของสเมกไทต์ มีวัตถุดิบกำเนิดที่สลายตัวแล้วให้แคลไออนจำเป็นสำหรับการสร้างตัว สภาพภูมิประเทศ และสัณฐานภูมิประเทศมีผลทำให้การชะละลายภายในหน้าตัดดินเกิดขึ้นได้น้อย สภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน ปริมาณน้ำฝน ยังไม่มากพอที่จะชะละลายแคลไออนจำเป็นดังกล่าวออกไปจากหน้าตัดดิน นอกจากนี้สภาพภูมิอากาศในบริเวณที่ทำการศึกษามีช่วงเปียกและแห้งสลับกันอย่างชัดเจน ส่งเสริมให้มีการรวมตัวกันระหว่างซิลิกากับอะลูมินา สภาพแวดล้อมดังกล่าวส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติทางแร่วิทยาของดิน ทำให้เอื้อต่อการสร้างตัวของสเมกไทต์ สมบัติทางกายภาพ เช่น การมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สภาพน้ำของดินอยู่ในระดับซ้ามาก สมบัติทางเคมีเช่น พีเอชดินสูง ความจุแลกเปลี่ยนแคลไออนอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในปริมาณสูงถึงสูงมาก อัตราส่วนระหว่างซิลิกาต่ออะลูมินาสูง เป็นต้น สมบัติทางแร่วิทยา คือ ดินมีแร่เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ เกอไทต์ ที่สลายตัวแล้วให้ Ca, Mg, Na, K และ Fe ซึ่งจำเป็นต่อการสร้างตัวของสเมกไทต์ทั้งสิ้น

การมีเวอร์มิคิวไลต์แสดงว่าอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีปฏิกิริยาดินสูง มีกิจกรรมของอะลูมินัมต่ำ มีซิลิกอนและแมกนีเซียมสูง (Khormali and Abtahi, 2003) และการมีเวอร์มิคิวไลต์แสดงให้เห็นว่าอยู่ในช่วงการเปลี่ยนสภาพไปเป็นสเมกไทต์ โดยเปลี่ยนสภาพมาจากมัสโคไวต์และไดออกตะฮีดรอลอไลต์ตามลำดับ (Fesharaki *et al.*, 2007) เมื่อเกิดสเมกไทต์ขึ้น แล้วมีการผุพังทางเคมีต่อไปเรื่อย ๆ สเมกไทต์จะไม่เสถียร จะเปลี่ยนไปเป็นเคโอลิไนต์ พร้อม ๆ กับปลดปล่อยซิลิกอน และโพแทสเซียมออกมา (อภิศักดิ์, 2543) ทำให้มีเคโอลิไนต์ภายในดิน แต่พบเพียงเล็กน้อย

ถึงน้อยเท่านั้น เนื่องจากสภาพแวดล้อมทางดินยังคงเหมาะต่อการกำเนิดหรือสร้างตัวของ สมกไทด์ และเหมาะต่อการคงสภาพอยู่ภายในระบบดิน ไม่เปลี่ยนไปเป็นแร่ดินเหนียวชนิดอื่น สำหรับการพบสมกไทด์ แสดงให้เห็นว่าภายในดินมีธาตุเหล็ก มีโอกาสที่จะเกิดการสร้างตัวของ สมกไทด์ชนิดที่มีเหล็กสูง

การพบแร่ควอตซ์เป็นแร่องค์ประกอบหลักในอนุภาคขนาดทรายแป้งเนื่องจากแร่ควอตซ์ เป็นแร่ที่ทนทานต่อการสลายตัวมากกว่าแร่ชนิดอื่น โดยแร่ชนิดอื่นมีการสลายตัวเล็กลงเป็นแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว หรือเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ดินเหนียวชนิดใหม่ขึ้น (Brikeland, 1974; Buol *et al.*, 2003; Brady and Weil, 2008) แร่ควอตซ์จะมีความทนต่อการสลายตัวทั้งทางกายภาพและเคมีจึงทำให้พบแร่ในอนุภาคขนาดทรายแป้งได้ (อัญชลี, 2534; Calvert *et al.*, 1980)

การพบเฟลด์สปาร์ในอนุภาคขนาดทรายแป้งแสดงว่าดินที่ทำการศึกษาคือดินที่มี พัฒนาการต่ำ เนื่องจากยังพบแร่ปฐมภูมิที่สลายตัวได้ง่ายอยู่ การพบแคลไซต์เป็นผลมาจากวัตถุดิบ กำเนิดสลายตัวแล้วให้คาร์บอเนตแก่ดิน ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ของคาร์บอเนตเป็นแร่แคลไซต์ เมื่อแร่แคลไซต์สลายตัวก็จะให้แคลเซียมเป็นองค์ประกอบภายในดิน เป็นองค์ประกอบในการสร้าง ตัวของสมกไทด์ต่อไป เช่นเดียวกับการสลายตัวของแร่เฟลด์สปาร์

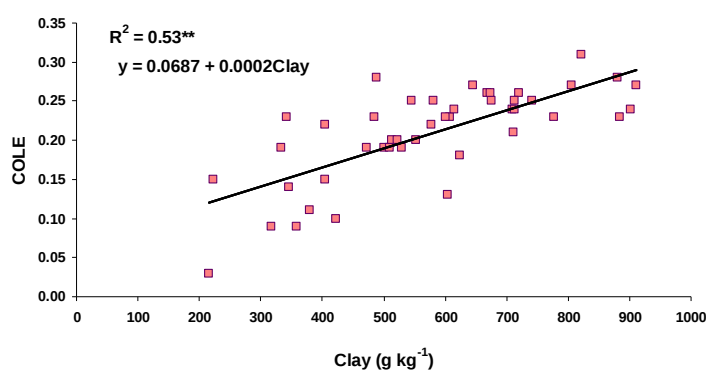
6. ความสัมพันธ์ระหว่างสมกไทด์กับสมบัติของเวอร์ทิซอลส์ที่ดอน

จากผลการศึกษาทางด้านแร่วิทยา พบสมกไทด์เป็นแร่หลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว ใน การศึกษาความสัมพันธ์ของสมกไทด์กับสมบัติดิน จึงใช้ปริมาณดินเหนียวเป็นตัวแทน พบว่า ปริมาณดินเหนียวสัมพันธ์ในเชิงบวกกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของเวอร์ทิซอลส์ที่ดอน ดังต่อไปนี้

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียวกับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดิน (ภาพที่ 31)

ปริมาณดินเหนียว สัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดิน ($R^2 = 0.53$) สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นเป็นค่าที่ใช้บ่งบอกถึงความสามารถในการหดขยายตัวของดินและ ชนิดของแร่ดินเหนียวภายในดินนั้น ดินที่มีความสามารถในการหดขยายตัวได้จะพบสมกไทด์เป็น แร่หลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว (Khresat, 2007) ดินที่ทำการศึกษาพบว่าสมกไทด์เป็นแร่หลัก ทำให้ดินมีความสามารถในการหดขยายตัวได้ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นที่ระดับ 18-50

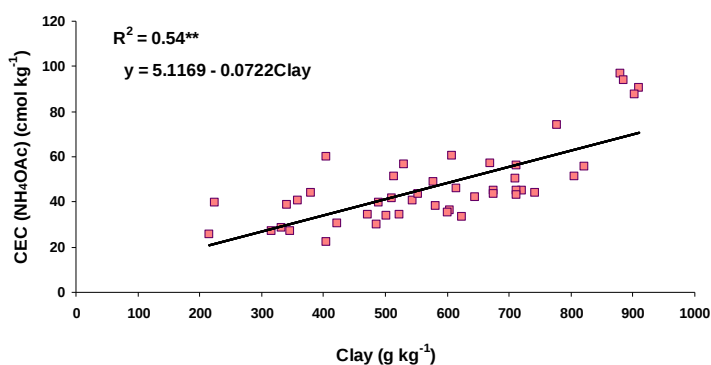
เซนติเมตร ซึ่งเป็นระดับชั้นตามคำจำกัดความของเวอร์ทิวอลส์ที่ต้องมีปริมาณดินเหนียวมากกว่า 300 กรัมต่อกิโลกรัม (Soil Survey Staff, 1999) พบว่าทุกพืดอน มีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นอยู่ในระดับสูงมาก ส่งผลต่อการเกิดรอยแตกกระแหง รอยไถล และความต่างระดับจุลภาค ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของเวอร์ทิวอลส์ กระบวนการหดขยายตัวของดินจึงเป็นสิ่งที่บ่งบอกถึงปริมาณสมกไทต์ภายในดินนั้น ทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียวกับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดิน เมื่อปริมาณดินเหนียวสูงขึ้น ซึ่งหมายถึงการมีสมกไทต์เพิ่มขึ้น ทำให้ความสามารถในการขยายตัวของดินเพิ่มขึ้น (Bhattacharyya *et al.*, 2007)



ภาพที่ 31 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียว (g kg^{-1}) กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดินที่ทำการศึกษา

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียวกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (ภาพที่ 32)

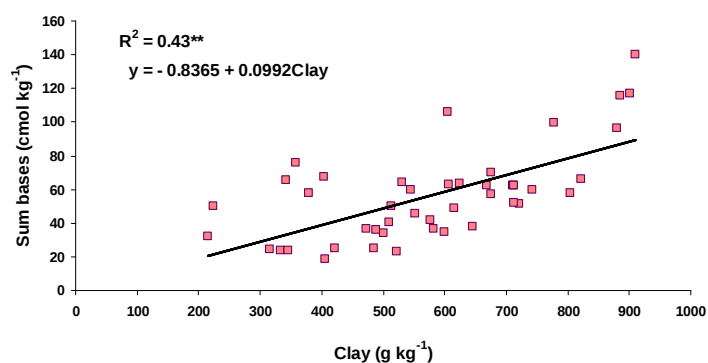
ปริมาณดินเหนียวสัมพันธ์กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ($R^2 = 0.54$) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเป็นผลรวมของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ในดินซึ่งวัตถุดินกำเนิดดินที่ทำการศึกษาสลายตัวแล้วให้แคตไอออนสภาพเบสแก่ระบบดิน แคตไอออนสภาพเบสเหล่านี้จำเป็นต่อการสร้างตัวของสมกไทต์เนื่องจากทำหน้าที่เป็นแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้เพื่อทำให้สมดุลกับประจุลบที่เหลือจากกระบวนการแทนที่ขนาดเท่า (isomorphous substitution) ภายในโครงสร้างเมื่อผลรวมของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้มีสูงขึ้นอีกทั้งสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ทางดินเหมาะสมทำให้เกิดการสร้างตัวของสมกไทต์ในอนุภาคนาขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้น (Bühmann and Schoeman, 1995) ปริมาณดินเหนียวจึงสัมพันธ์กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้น ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น (Irmak *et al.*, 2007; Nursyamsi *et al.*, 2008)



ภาพที่ 32 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียว (g kg^{-1}) กับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol kg^{-1}) ของดินที่ทำการศึกษา

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียวกับปริมาณเบสรวม (ภาพที่ 33)

ปริมาณดินเหนียวสัมพันธ์กับปริมาณเบสรวม ($R^2 = 0.43$) ปริมาณเบสรวมเป็นผลรวมของแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ ซึ่งมาจากการสลายตัวของวัตถุดิบกำเนิด เมื่อสลายตัวแล้วให้สารประกอบคาร์บอเนต และแร่ต่าง ๆ เช่นเฟลด์สปาร์ แคลไซต์ ทำให้มีการปลดปล่อยแคตไอออนสภาพเบสดังกล่าวแก่ระบบดิน และสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการคงอยู่ในระบบดิน ไม่ถูกชะละลายออกไปหมด ปริมาณเบสรวมของดินที่ทำการศึกษายู่ในระดับสูงถึงสูงมาก โดยส่วนใหญ่เป็นแคลเซียมและแมกนีเซียม การสร้างตัวของสมกไทต์เกิดขึ้นได้เมื่อภายในระบบดินมีแคตไอออนสภาพเบสเหล่านี้ (Khresat, 2007) เนื่องจากเบสเหล่านี้ทำหน้าที่เป็นแคตไอออนแลกเปลี่ยนได้ ปริมาณดินเหนียวจึงสัมพันธ์กับปริมาณเบสรวม ปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้น ทำให้ปริมาณเบสรวมเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 33 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณดินเหนียว (g kg^{-1}) กับปริมาณเบสรวม (cmol kg^{-1}) ของดินที่ทำการศึกษา

7. การจำแนกดิน

จากผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา จุลสัณฐานวิทยา แร่วิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 7 พืดอน สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) ได้ดังต่อไปนี้

7.1 การจำแนกชั้นสูง

การจำแนกในชั้นอันดับ (order) พบว่าดินที่ทำการศึกษาทุกพืดอนจำแนกอยู่ในอันดับ “Vertisols” เนื่องจากเป็นดินแฉะ ภายใต้อายุ 100 ปี จากผิวดินแฉะ และพบรอยไถล หรือก้อนดินมีลักษณะคล้ายลิ้น ผิวเรียบเป็นมัน ตั้งเอียงทำมุมแนวนอนระหว่าง 10-60 องศา เกิดเป็นชั้นหนาตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ขึ้นไป และมีปริมาณดินเหนียวมากกว่า 300 กรัมต่อกิโลกรัม ในทุกชั้นที่มีความลึกระหว่าง 18-50 เซนติเมตร ดินแตกกระแหงกว้างและลึก เปิดปิดในบางช่วงของปี ดินมีพื้นที่ตะปุ่มตะป่ำ เนื่องจากการยึดหดตัวของดิน

การจำแนกในชั้นอันดับย่อย (suborder) พบว่าทุกพืดอนจัดอยู่ในอันดับย่อย “Usterts” เนื่องจาก มีระบอบความชื้นแบบ “ustic” คือมีผิวหน้าดินแตกกระแหงกว้างตั้งแต่ 5 มิลลิเมตร และลึกตั้งแต่ 25 เซนติเมตร ขึ้นไปภายใน 50 เซนติเมตรจากผิวดินแฉะ เป็นระยะเวลาตั้งแต่ 90 วันขึ้นไปต่อปีโดยนับสะสม

การจำแนกในชั้นกลุ่มดินใหญ่ (great group) พบว่าทุกพืดอนจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ “Haplustert” เนื่องจากไม่พบลักษณะที่แตกต่างไปจากกลุ่มดินใหญ่อื่น ๆ คือไม่พบลักษณะร่วมกันระหว่างสภาพการนำไฟฟ้าของสารสกัดคอลลอยด์ของดิน มีค่าน้อยกว่า 4 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และปฏิกิริยาดินที่วัดด้วย 0.01 M CaCl_2 เท่ากับ 4.5 หรือน้อยกว่า นอกจากนี้ ภายใน 100 เซนติเมตรจากผิวดินแฉะ ไม่พบชั้นดินวินิจัยเซลิค (salic horizon) ชั้นดินวินิจัยยิปซิก (gypsic horizon) และชั้นดินวินิจัยแคลซิก (calcic horizon)

การจำแนกในชั้นกลุ่มดินย่อย (subgroup) พบว่า พืดอน 1 (Lb), พืดอน 5 (Cd2) และพืดอน 7 (Wc2) ไม่พบลักษณะที่แตกต่างไปจากลักษณะของกลุ่มดินใหญ่ จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินย่อย Typic Haplusterts พืดอน 2 (Cd1) พบชั้นดินวินิจัยแคลซิก ซึ่งแสดงให้เห็นการเคลื่อนย้ายคาร์บอเนตทุติยภูมิ หรือคาร์บอเนตในลักษณะอื่น ๆ ลงมาสะสม ภายใน 150 เซนติเมตรจากผิวดินแฉะ จึงจัดอยู่ใน

กลุ่มดินย่อย Calcic Haplustert พืดอน 3 (Sat), พืดอน 4 (Sat) และพืดอน 6 (Wc1) พบว่า 30 เซนติเมตร จากผิวดินแร่ อย่างน้อย มีหนึ่งชั้นที่ดินมากกว่าร้อยละ 50 มีค่าสีเมื่อขึ้นเท่ากับ 4 และค่าแรงเท่ากับ 3 จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินย่อย Chromic Haplustert

7.2 การจำแนกชั้นต่ำ

การจำแนกชั้นเนื้อดินพบว่า พืดอน 1 (Lb), พืดอน 2 (Cd1) และ พืดอน 4 (Sat) จัดอยู่ในชั้นเนื้อดิน “very fine” เนื่องจาก ที่ระดับความลึก 25-100 เซนติเมตร มีปริมาณอนุภาคนาดินเหนียวสูงกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก พืดอน 3 (Sat), พืดอน 5 (Cd2), พืดอน 6 (Wc1) และ พืดอน 7 (Wc2) จัดอยู่ในชั้นเนื้อดิน “fine” เนื่องจาก มีปริมาณอนุภาคนาดินเหนียน้อยกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก

การจำแนกชั้นแร่วิทยา จำแนกเป็นชั้นแร่วิทยา “smectitic” เนื่องจากพบสเมกต์ที่เป็นแร่องค์ประกอบหลักในกลุ่มอนุภาคนาดินเหนียว

การจำแนกชั้นอุณหภูมิดิน พบว่าทุกพืดอนจัดอยู่ในชั้นอุณหภูมิดิน “isohyperthermic” เนื่องจากมีอุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปีมากกว่าหรือเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส และมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูหนาว แตกต่างกันไม่เกิน 6 องศาเซลเซียส

ดินที่ทำการศึกษาทั้ง 7 พืดอน จำแนกตามอนุกรมวิธานดิน พบว่าพืดอน 1 และ 4 ซึ่งเป็นชุดดินลพบุรี และสมอทอด ตามลำดับ จำแนกได้ตรงกับกรมพัฒนาที่ดิน ส่วนพืดอน 2, 3, 5, 6 และ 7 ซึ่งเป็นชุดดินชัยบาดาล1 สมอทอด ชัยบาดาล2 วังชมพู 1 และ 2 ตามลำดับ กำหนดให้เป็นชุดดินคล้าย ดินมีชั้นอนุกรมวิธานดังนี้

Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

8. การกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิคอลส์ที่ตอนในประเทศไทย

ลักษณะและสมบัติของเวอร์ทิคอลส์ที่ทำการศึกษา แสดงให้เห็นว่า สเมกไทต์บริเวณที่ราบภาคกลางและเทือกเขาสูงตอนกลาง บางส่วนสร้างตัวขึ้นโดย การเปลี่ยนสภาพ มาจากแร่ชนิดอื่นเนื่องจาก พบเฟลด์สปาร์ในอนุภาคขนาดทรายแป้งและพบเวอร์มิคิวไลต์ ในอนุภาคขนาดดินเหนียว ซึ่งตามลำดับการผุพังของแร่ เฟลด์สปาร์จะสลายตัวให้เวอร์มิคิวไลต์ และสเมกไทต์ตามลำดับ (Fesharaki *et al.*, 2007) และสเมกไทต์บางส่วนเกิดขึ้นใหม่ เนื่องจากสภาพแวดล้อมของดินเหมาะสม

ปัจจัยสำคัญในการสร้างตัวของสเมกไทต์ในเวอร์ทิคอลส์เหล่านี้คือ การมีวัตถุดิบกำเนิดเป็น หินปูน หินแอนดีไซต์ หินบะซอลต์ และหินเนื้อปูน การสลายตัวของวัตถุดิบกำเนิดที่มีองค์ประกอบเป็นแร่ซิลิเกต ที่มีแมกนีเซียม และ/หรือเหล็กสูง ทำให้สภาพแวดล้อมของดิน มีความเข้มข้นของซิลิกา และแมกนีเซียมสูง (Buol *et al.*, 2003) ในสภาพที่ดินเป็นด่าง เป็นเงื่อนไขหนึ่งในการสร้างตัว. (Furquim *et al.*, 2008) สภาพภูมิอากาศในช่วงเปียก เกิดกระบวนการไฮโดรไลซิสของแร่ซิลิเกต และในช่วงแล้ง แคลไออนในสารละลายจะเข้มข้นขึ้นหรือมีมากขึ้น เมื่อรวมตัวกับซิลิกาและอะลูมินา ทำให้เกิดการสร้างตัวของสเมกไทต์

สภาพน้ำที่ขามากของดิน ทำให้แคลไออนที่จำเป็นต่อการสร้างตัวของแร่สเมกไทต์ ยังคงอยู่ในระบบดินและเมื่อสร้างตัวขึ้น แคลไออนที่เป็นองค์ประกอบไม่ถูกชะละลาย เปลี่ยนแร่สเมกไทต์เป็นแร่ดินเหนียวชนิดอื่น (Alves *et al.*, 2004) ความจุแลกเปลี่ยนแคลไออนและปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในดินสูงถึงสูงมาก แคลไออนสภาพเบสจะถูกดูดซับไว้ด้วยประจุลบที่เกิดจากการแทนที่ขนาดเท่าของไออนภายในโครงสร้าง อัตราส่วน $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ สูง และมีเหล็กสูง ซึ่งเหล็กสามารถเกิดการแทนที่ขนาดเท่า มีโอกาสเกิดเป็นสเมกไทต์ที่มีเหล็กสูง (Ece *et al.*, 1999) ได้ ดินมีแร่เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ เกอไทต์ ที่สลายตัวแล้วให้ Ca, Mg, Na, K และ Fe มีผลต่อการสร้างตัวและการคงสภาพของแร่สเมกไทต์ จากการศึกษาของ Prakongkep (2007) พบว่าสเมกไทต์ในเวอร์ทิคอลส์ของประเทศไทยเป็นแร่ไบเคลไลต์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาการกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิซอลส์ที่คอนในประเทศไทย ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างแบบพืดอน 7 บริเวณ ใช้ดินตัวแทน 4 ชุดดิน ได้แก่ชุดดินลพบุรี ชัยบาดาล สมอทอด และวังชมพู ดินมีวัฏฏต้นกำเนิดเป็นตะกอนน้ำพาที่องถื่น ตะกอนตกค้าง ตะกอนน้ำพาที่องถื่นทับถมอยู่บนตะกอนตกค้าง และตะกอนล้างผิวดินที่สลายตัวมาจากหินปูน หินแอนดิไซต์ หินบะซอลต์ และหินเนื้อปูน สภาพภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาด ความชันร้อยละ 1-2 บนสัณฐานภูมิประเทศที่ส่วนใหญ่เป็นเชิงเขา และส่วนต่ำของความลาดชันตอนกลางบนที่ราบหินบะซอลต์ที่ถูกกัดกร่อน สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 26-102 เมตร เป็นดินลึกถึงดินลึกมาก พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบ Apk-Bk-Bssk, Apk-ABk-Bssk-Bk, Apk-Bt(k,c)-Crt(k), Ap-Bt-Btc-2Btk, Ap-Bt-2Btk-2Crtk พบรอยแตกกระแหงบริเวณผิวหน้า และพบรอยไถล (slickenside) ภายในหน้าตัดดิน สภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (tropical savanna: AW) ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,207 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 28 องศาเซลเซียส (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552) มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชไร่ เช่น งาม ข้าวฟ่าง ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ถั่วเขียว และมีการปลูกพริก มะพร้าว กล้าย มะม่วง มะขาม ต้นสัก ไม้ บางบริเวณทำเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาแสดงให้เห็นว่าดินเป็นดินเนื้อละเอียด อนุภาคหยาบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ พบชิ้นส่วนของหินที่เป็นวัฏฏต้นกำเนิด พบก้อนทรงมนของคาร์บอนเนตและเหล็กเป็นส่วนใหญ่ โครงสร้างดินได้รับอิทธิพลจากการยึดและหดตัวของดิน เช่น โครงสร้างแบบ crack structure, fissure structure และ subangular blocky structure

สมบัติทางกายภาพพบว่าการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าทรายและทรายแป้ง ที่ระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร ดินมีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว อยู่ในพิสัย 316-910 กรัมต่อกิโลกรัม มีพิสัยของชั้นเนื้อดินจากดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว ความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง ($1.37-1.94 \text{ Mg m}^{-3}$) สภาพน้ำอยู่ในระดับต่ำมาก ($< 1.14 \times 10^{-7} - 1.4 \times 10^{-3} \text{ cm hr}^{-1}$) สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นที่ระดับความลึก 18-50 เซนติเมตร อยู่ในระดับสูงมาก ($\text{COLE} = 0.09-0.28$)

สมบัติทางเคมีพบว่า ดินส่วนใหญ่เป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างจัด (pH 7.4-8.7) สภาพการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วง $0.07-1.5 \text{ dS m}^{-1}$ ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ($2.0-30.3 \text{ g kg}^{-1}$) มีแนวโน้มลดลงตามความลึกเช่นเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนรวม ซึ่งอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ($0.01-1.31 \text{ g kg}^{-1}$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง ($0.1-21.1 \text{ mg kg}^{-1}$) มีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ฟอสฟอรัสจับกับแคลเซียม ตกตะกอนกลายเป็นแคลเซียมฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ยาก และพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ($18-126 \text{ mg kg}^{-1}$) ดินบนมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินล่าง เป็นผลจากการปลดปล่อยโดยแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ หรือการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปดิน ปริมาณเบสรวมอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ($18.80-139.77 \text{ cmol kg}^{-1}$) ความเป็นกรดที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก ($1.01-21.66 \text{ cmol kg}^{-1}$) แต่ส่วนใหญ่ค่อนข้างสูงถึงสูงมาก เนื่องจากดินมีแร่ดินเหนียว มีประจุลบอยู่ที่ผิว จึงมีไฮโดรเจนที่ดูดยึดอยู่กับประจุลบสูง และปริมาณกรดที่สกัดได้ยังรวมถึงปริมาณอะลูมินัมในดินด่าง ซึ่งอยู่ในรูป $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ และ $\text{Al}(\text{OH})_5^{2-}$ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ($22.33-96.80 \text{ cmol kg}^{-1}$) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับสูง ($76-98\%$) ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส โดยการสกัดด้วยสารละลายต่าง ๆ พบว่า ปริมาณเหล็ก และอะลูมินัม มีค่าน้อยเมื่อเทียบกับดินในอันดับออกซิซอลส์ และอัลทิสซอลส์ แสดงว่าดินที่ทำการศึกษามีพัฒนาการต่ำ ส่วนปริมาณแมงกานีสที่วิเคราะห์ได้เป็นผลจากวัตถุต้นกำเนิด องค์ประกอบทางเคมีรวมพบว่า มีซิลิกา $424.6-745.2 \text{ g kg}^{-1}$ อะลูมินา $75.8-187.8 \text{ g kg}^{-1}$ เหล็ก ในรูปเฟรียคออกไซด์ $49.3-171.4 \text{ g kg}^{-1}$ อัตราส่วนระหว่างซิลิกาต่ออะลูมินาอยู่ในช่วง $2.53-9.73$ ซิลิกาที่วิเคราะห์ได้เป็นซิลิกาที่มีอยู่ในอนุภาคขนาดทรายและทรายแป้ง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ ที่สามารถละลายได้ดีในช่วงที่ดินเป็นด่าง ผลการวิเคราะห์จึงพบในปริมาณสูง ทำให้อัตราส่วน $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ สูง

สมบัติทางแร่วิทยา มีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว ในปริมาณสูงถึงสูงมาก (40 ถึง $>60\%$) มีเคโอลิไนต์ เวอร์มิคิวไลต์ ควอตซ์ และเกอไทต์ ในปริมาณเล็กน้อยถึงน้อย ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง มีควอตซ์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก มีเฟลด์สปาร์ในปริมาณเล็กน้อยถึงปานกลาง และบางบริเวณมีแคลไซต์ในปริมาณเล็กน้อยถึงสูงมาก

ความสัมพันธ์ของสเมกไทต์กับสมบัติของดินพบว่ามีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของดิน ($R^2 = 0.53$) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ($R^2 = 0.54$) และปริมาณเบสรวม ($R^2 = 0.43$)

ผลการจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน สามารถจำแนกดินที่ศึกษาได้ดังต่อไปนี้

Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplusterts, very fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

ผลจากการวิเคราะห์ลักษณะและสมบัติของดินที่ศึกษา แสดงว่า สเมกไทต์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพ จากแร่อื่น ๆ และบางส่วนเกิดขึ้นใหม่ ปัจจัยสำคัญในการสร้างตัวของสเมกไทต์ในเวอร์ทิซอลล์เหล่านี้คือ การมีวัตถุดิบกำเนิดเป็นหินปูน หินแอนดิไซต์ หินบะซอลต์ และหินเนื้อปูน เมื่อสลายตัวแล้วให้แมกนีเซียมและเหล็กค่อนข้างสูง สภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยประมาณ 1,207 มิลลิเมตรต่อปี มีช่วงเปียกและแล้งสลับกันชัดเจน สภาพน้ำน้ำขังมาก การชะละลายแคตไอออนภายในหน้าตัดดินต่ำ ดินมีพีเอชสูง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก อัตราส่วนระหว่างซิลิกาต่ออะลูมินาสูง มีเหล็กออกไซด์สูง มีแร่เฟลด์สปาร์ แคลไซต์ เกอไทต์ เป็นแหล่งของ Ca, Mg, Na, K และ Fe สำหรับการสร้างตัว และคงสภาพของสเมกไทต์ในดิน

ผลจากการสร้างตัวของสเมกไทต์ขึ้นในดินทำให้ดินมีความสามารถในการหดและขยายตัว โดยมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นอยู่ในระดับสูงมาก ($COLE \geq 0.09$) ผิวหน้าดินแตกกระแหวในช่วงฤดูแล้ง ผิวหน้าสภาพภูมิประเทศมีลักษณะตะปุ่มตะป่ำ เกิดรอยไถลภายในหน้าตัดดิน สเมกไทต์ช่วยให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ทำให้ดินมีความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารไว้เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตของพืช และช่วยลดอันตรายที่อาจเกิดจากโลหะหนัก หรือสารพิษอื่น ๆ โดยการตรึงไว้ในดิน

ข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาเรื่องการกำเนิดและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดสเมกไทต์ของเวอร์ทิกซอลส์ที่ดอนในประเทศไทย ทำให้ทราบถึงสมบัติและข้อจำกัดของดินทั้งในด้านเคมี กายภาพ ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ดินมีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลัก การใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินควรกระทำให้เหมาะสมกับสมบัติดังกล่าว ดังนี้

สภาพภูมิประเทศที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ดอน จึงเหมาะกับการปลูกพืชไร่ ควรเลือกชนิดของพืชให้เหมาะสมเนื่องจากดินเป็นด่าง พืชที่ปลูกต้องทนต่อสภาพแวดล้อมของดินด่าง และเจริญเติบโตได้ดี เช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ฝ้าย ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง อ้อย มะละกอ น้อยหน่า ขนุน มะขามหวาน เป็นต้น สภาพภูมิอากาศที่มีช่วงเปียกและแล้งสลับกันทำให้เกิดปัญหาในลักษณะที่แตกต่างกัน ในช่วงแล้งหรือช่วงฝนทิ้งช่วง ผิวหน้าดินจะแตกกระแหง กว้างและลึก มีผลทำให้รากพืชเกิดการฉีกขาด ความชื้นในดินไม่เพียงพอต่อการปลูกพืช ควรรักษาความชื้นในดินไม่ให้แห้ง ควรใช้วัสดุฟางข้าว เศษหญ้า หรือตอซังข้าวโพด ข้าวฟ่าง คลุมหน้าดินระหว่างแถวพืชที่ปลูก หากเป็นสวนไม้ผลหรือไม้ยืนต้น ควรมีการปลูกพืชคลุมดินร่วมด้วย เพื่อช่วยรักษาความชื้นในดิน นอกจากนี้ควรมีการพัฒนาแหล่งน้ำในไร่นา ให้กระจายในพื้นที่เพาะปลูก เพื่อช่วยให้สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินในการเพาะปลูกในช่วงฤดูแล้งได้ ในการเพาะปลูกควรวางแผนระบบการปลูกให้เหมาะสม กำหนดระยะเวลาในการปลูก คำนึงถึงปริมาณน้ำฝนและชนิดของพืช สำหรับการไถพรวน ควรไถในช่วงที่ดินมีความชื้นเหมาะสม เนื่องจากหากไถช่วงแล้งดินจะแข็งมาก ส่วนช่วงเปียก ดินจะเหนียวมาก เป็นอุปสรรคต่อการทำงานของเครื่องจักร ในช่วงเปียกหรือช่วงฤดูฝน น้ำอาจซึมผ่านได้ช้า เกิดการแช่ขังของน้ำได้ง่าย อาจเกิดการกร่อนดินได้ ดังนั้นในการเพาะปลูกควรมีการอนุรักษ์ดินและน้ำควบคู่กันไปด้วย

โดยทั่วไปแล้วดินที่มีสเมกไทต์เป็นแร่องค์ประกอบหลักเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่อาจมีข้อจำกัดด้านธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำ ควรระมัดระวังในการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส เนื่องจากฟอสฟอรัสอาจถูกตรึงโดยแคลเซียม ทำให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง ควรใส่ปุ๋ยเมื่อต้องการปลูกพืช โดยแบ่งใส่ใกล้ ๆ ต้นพืช และในช่วงเวลาที่เหมาะสม นอกจากนี้การที่ดินเป็นด่างยังส่งผลให้จุลินทรีย์ดินตายได้น้อยลง ความเป็นประโยชน์ของจุลินทรีย์ลดลง

ถึงแม้ว่าดินเหล่านี้จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง แต่เมื่อเพาะปลูกไปนาน ๆ ความอุดมสมบูรณ์จะลดลง ดังนั้นควรมีการจัดระบบการปลูกพืชบำรุงดิน ได้แก่ การปลูกพืชตระกูลถั่วสลับกับการปลูกพืชหลัก การปลูกพืชปุ๋ยสดแล้วไถกลบลงดิน การปลูกพืชตระกูลถั่วแซมระหว่างแถวพืชหลัก การปลูกพืชตระกูลถั่วคลุมดินในสวนผลไม้และไม้ยืนต้น ระบบการปลูกพืชดังกล่าวจะช่วยรักษาและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินได้อีกทางหนึ่ง ควรใส่ปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมัก เพราะนอกจากจะเพิ่มธาตุอาหารพืชแล้ว ยังช่วยปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินด้วย โดยเฉพาะด้านความร่วนซุย และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน ในดินที่มีการปลูกพืชไปนาน ๆ ความอุดมสมบูรณ์ของดินจะลดลง หรือดินอาจขาดธาตุอาหารพืชที่จำเป็นบางอย่าง ควรมีการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมด้วย โดยชนิดของปุ๋ยเคมีต้องขึ้นอยู่กับชนิด และช่วงอายุของพืชที่ปลูก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม. 2528. **แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000.**

กรมแผนที่ทหาร กระทรวงกลาโหม. 2516ก. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ระวัง 5140 II.**

_____. 2516ข. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ระวัง 5240 I.**

_____. 2516ค. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ระวัง 5241 II.**

_____. 2516ง. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ระวัง 5241 IV.**

_____. 2523. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ระวัง 5239 III.**

_____. 2524. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตรฐาน 1:50,000 ระวัง 5139 III.**

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. **รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน เล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.**

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2552. **ข้อมูลภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551).**
กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ (แผ่นบันทึกข้อมูล).

กองสำรวจดินและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2519. **แผนที่ดินจังหวัดเพชรบูรณ์ มาตรฐาน 1:100,000.**

กองสำรวจดินและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2524. **แผนที่ดินจังหวัดลพบุรี มาตรฐาน 1:100,000.**

กิจจา โกสะโยดม. 2529. **สมบัติทางเคมีและทางแร่วิทยาของดินในอันดับเวอร์ติโซลส์ในจังหวัดลพบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.**

คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. **พจนานุกรมปฐพีวิทยา. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.**

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เทียนชัย สุวรรณเวช. 2539. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอันดับแอลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2531. **การกำเนิด การแจกกระจาย และธรณีสัณฐานวิทยาของดินอันดับเวอร์ติซอลส์ ในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิสุทธิ วิจารณ์. 2518. **คู่มือการทำคำบรรยายหน้าตัดดิน. ใน เอกสารวิชาการเล่มที่ 21. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.**
- มรกต ทัพพะกุล ณ อยุธยา. 2532. **จุลสัณฐานวิทยาของดิน**. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2548. **ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคกลางของประเทศไทย**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2550ก. **คู่มือการจัดการดินจังหวัดเพชรบูรณ์**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- _____. 2550ข. **คู่มือการจัดการดินจังหวัดลพบุรี**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- อัญชลี สุทธิประการ. 2534. **แร่ในดิน เล่มที่ 2**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อัญชลี สุทธิประการ, เอิบ เพ็ชรรัตน์, เสาวนุช อารพฤกษ์ และ สุภิญญา ธนจิตต์. 2552. **คู่มือปฏิบัติการ ธรณีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อภิศักดิ์ โพธิ์ปิ่น. 2543. **ดินเขตร้อน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

เอิบ เขียวรุ่มนรมณ์. 2534. **ดินของประเทศไทย**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2548. **การสำรวจดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2552. **คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน**. พิมพ์ครั้งที่ 6. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Allen, B.L. and B.F. Hajek. 1989. Minerals occurrence in soil environment, pp. 199-278. *In* J.B.
Dixon and S.B. Weed, eds. **Minerals in Soil Environments**. Soil Sci. Soc. America,
Madison, Wisconsin, USA.

Alves, G., P. Jose, P. Sentis, I.Y. Camacho and G. Rafael. 2004. Genesis de un suelo sodico
alcalino en chaguaramas, Venazuela. **Agronomia Trop.** 54: 433-460.

Angela, A.J. 1982. X-ray fluorescence spectrometry, pp. 85-121. *In* A.L. Page, ed. **Methods of
Soil Analysis. Part II.** 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Nc., Madison,
Wisconsin, USA.

Baize, D. 1993. **Soil Science Analysis: A Guide to Current Use**. John Wiley and Sons, Ltd.,
England.

Bhattacharyya, T., D.K. Pal and S.B. Deshpande. 1993. Genesis and transformation of minerals
in the formation of red (Alfisols) and black (Inceptisols and Vertisols) soils on Deccan
basalt in the Western Ghats, India. **Eur. J. Soil Sci.** 44: 159-171.

- Bhattacharyya, T., P. Chandran, S.K. Ray, C. Mandal, D.K. Pal, M.V. Venugopalan, S.L. Durge, P. Srivastava, P..N Dubey, G.K. Kamble, R.P. Sharma, S.P. Wani, T.J. Rego, P. Pathak, V. Ramesh, M.C. Manna and K.L. Sahrawat. 2007. **Physical and Chemical Properties of Selected Benchmark Spots for Carbon Sequestration Studies in Semi-arid Tropics of India.** Global Theme on Agroecosystems Report no. 35, Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I.** 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.
- Blokhuys, W.A. 2006. **Vertisols. Encyclopedia of Soil Science.** Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.
- Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH Buffering, pp. 333-352. *In* M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science: Chemistry.** CRC Press LLC, Boca Raton New York, Washington DC.
- Borchardt, G.A. 1989. Smectites, pp. 675-727. *In* J.B. Dixon and S.B. Weed, eds. **Minerals in Soil Environments.** Soil Sci. Soc. America, Madison, Wisconsin, USA.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **The Nature and Properties of Soils.** 14th ed. Practice-Hall, Inc., New Jersey. USA.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Brikeland, P.W. 1974. **Pedology, Weathering and Geomorphological Research.** Oxford Univ. Press, New York.
- Brindley, G.W. and G. Brown. 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification, pp. 305-359. *In* G.W. Brindley and G. Brown, eds. **Crystal Structure of Clay Mineral and Their X-ray Identification.** Mineralogical Society Monograph. No. 5. Spottiswoode Ballantyne Ltd., London.

- Bühmann, C. and J.L. Schoeman. 1995. A mineralogical characterization of Vertisols from the northern regions of the republic of south Africa. **Geoderma** 66: 239-257.
- Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, T. Turisna, U. Bablel, J. Agrilar, H.J. Altemuller, E.A. Fitzpatrick, S.T. Kowalinski, G.K. Rutherford and E.A. Yamilova. 1985. **Handbook for Thin Section Description**. Waine Research, Albrighton, United Kingdom.
- Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken. 1980. **Soil Genesis and Classification**. The Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
- _____, R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification**. 5th ed. Iowa State Press, A Blackwell Pub. Co., Amas.
- Calvert, C.S., S.W. Buol and S.B. Weed. 1980. Mineralogical characteristics and transformation of a vertical rock saprolite-soil sequence in the North Carolina piedmont. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 44: 1096-1103.
- Carpenter, D., M.E. Hodson, P. Eggleton and C. Kirk. 2007. Earthworm induced mineral weathering; preliminary result. **Eur. J. Soil Biol.** 43: S176-S183.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Chinn, C. and U.P.P. Pillai. 2008. Self-repair of compacted Vertisols from Central Queensland, Australia. **Geoderma** 144: 491-501.
- Christidis, G.E. 2006. Genesis and compositional heterogeneity of smectites. Part III: Alteration of basic pyroclastic rock-A case study from the Troodos Ophiolite Complex, Cyprus. **Ame. Mineral.** 91: 685-701.

- Churchman, G.J. 2000. The alteration and formation of soil minerals by weathering, pp. 1-76. In M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science: Mineralogy**. CRC Press LLC, Boca Raton New York, Washington DC.
- Coscione, A.R., A.C. Moniz, D.V. Perez, M.M.C. Ferreira and O.A. Camargo. 2005. Chemical and electrochemical properties of an Oxisol-Ultisol transition in the state of Sao Paulo, Brazil. **Geoderma** 126: 374-388.
- Coulombe, C.E., L.P. Wilding and J.B. Dixon. 2000. Vertisols, pp. 269-286. In M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science: Pedology**. CRC Press LLC, Boca Raton New York, Washington DC.
- Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I**. 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.
- Decker, J., O. Spaargaren and F. Nachtergaele. 2001. Vertisols: genesis, properties and soilscape management for sustainable development, pp. 3-20. In J.K. Syers, F.W.T. Penning de Vries and P. Nyamudezama, eds. **The Sustainable Management of Vertisols**. 1st ed. Biddle Ltd, Guildford and King's Lynn, UK.
- Diatla, J.B., Z.W. Kocalkowski and W. Grzebisz. 2006. Evaluation of potassium quantity-intensity parameters of selected polish agricultural soils. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Agronomy**, Volume 9, Issue 4.
- Dubbin, W. 2001. **Soil**. The Natural History Museum, London.
- Ece, O.I., F. Coban, N. Gungor and F. Suner. 1999. Clay mineralogy and occurrence of ferrian smectites between serpentinite saprolites and basalts in Biga Peninsula, Northwest Turkey. **Clays Clay Miner.** 47: 241-251.
- Egli, M., A. Mirabella and P. Fitze. 2003. Formation rates of smectites derived from two Holocene chronosequence in the Swiss Alps. **Geoderma** 117: 81-89.

- Elias, E.A., A.A. Salih and F. Alaily. 2001. Cracking patterns in Vertisols of the Sudan Gezira at the end of dry season. **Int. Agrophysics** 15: 151-155.
- Fesharaki, O., E. Garcia-Romero, J. Cuevas-Gonzalez and N. Lopez-Martinez. 2007. Clay mineral genesis and chemical evolution in Miocene sediments of Somosaguas, Madrid Basin, Spain. **Clay Miner.** 42: 187-201.
- Fontes, M.P.F. 1992. Iron oxide-clay minerals association in Brazilian Oxisols: A magnetic separation study. **Clays Clay Miner.** 40: 175-179.
- Fukue, M., Y. Fujimori, Y. Sato, T. Nakagawa and C.N. Mulligan. 2008. Evidence of the production and dissolution of carbonate phases in bentonite formations. **Appl. Clay Sci.**
- Furquim, S.A.C., R.C. Graham, L. Barbiero, J.P.d. Queiroz and V. Valles. 2008. Mineralogy and genesis of smectites in an alkaline-saline environment of pantanal wetland, Brazil. **Clays Clay Miner.** 56: 579-595.
- Grunwald, S. and Y. Jung. 2008. **Natural and Land Resources: Soil Orders. Vertisols.**
Available Source: http://grunwald.ifas.ufl.edu/Nat_resources/soil_order/vertisols.htm,
June 16, 2008.
- Halajnia, A., G.H. Haghnia, A. Fotovat and R. Khorasani. 2009. Phosphorus fractions in calcareous soil amended with P fertilizer and cattle manure. **Geoderma** 150: 209-213.
- Heidari, A. and S. Mahmoodi. 2006. Mineralogical characteristics and some physical indices of non-smectites Vertisols from Iran. **Geophys. Res. Abs.** 8: 02012.
- Hodges, S.C. and L.W. Zelazny. 1980. Determination of noncrystalline soil components by weight difference after selective dissolution. **Clays Clay Miner.** 28: 35-42.
- Hseu, Z.Y., H. Tsai, H.C. His and Y.C. Chen. 2007. Weathering sequence of clay minerals in soil along a serpentinitic toposequence. **Clays Clay Miner.** 55: 389-401.

- Irmak, S., A.K. Surucu and I.H. Aydogdu. 2007. Effects of different parent material on the Mineral characteristics of soil in the arid region of Turkey. **Pakistan J. Biol. Sci.** 10(4): 528-536.
- ISRIC. 2008. **Major Soils of the World: Vertisols**. Available Source: http://www.isric.org/ISRIC/webdocs/docs/major_soils_of_the_world/set3/vr/vertisol.pdf, December 10, 2008.
- Iwata, S., T. Tabuchi and B.P. Warkentin. 1995. **Soil-Water Interaction: Mechanisms and Application**. 2nd ed. Macel Dekker, Inc., Madison Avenue, New York, USA.
- Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemistry Analysis**. Advanced Courses. Dept. of Soils, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Jalali, M. 2008. Effect of sodium and magnesium on kinetics of potassium release in some calcareous soil of western Iran. **Geoderma** 145: 207-215.
- Jalali, M. and M. Zarabi. 2006. Kinetics of nonexchangeable-potassium release and plant response in some calcareous soils. **J. Plant Nutr. Soil Sci.** 169: 194–204.
- Juma, N.G. 2001. **The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to soil Science**. Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.
- Khaorapapong, N. 2006. Li(I), Cu(II), Zn(II) and Mn(II) Adsorption by Momtmorillonite. **KKU Res. J.** 11: 303-310.
- Khormali, F. and A. Abtahi. 2003. Origin and distribution of clay minerals in calcareous arid and semi-arid soils of Fars Province, Southern Iran. **Clay Miner.** 38: 511-527.
- Khresat, S.A. 2007. A mineral and morphological characterization of shrink-swell soil of the northern plain of Jordan. **American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.** 2: 417-422.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. **Soil Sci.** 68: 15-24.

- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil, pp. 210-220. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I.** 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin.
- Köppen, W. 1931. **Grundriss der Klimakunde.** Walter de Gruyter, Berlin.
- Krauskopf, K.B. 1972. Geochemistry of micronutrients, pp. 7-40. In J.J. Mortvedt, P. M. Giordano and W. L. Lindsay (eds), **Micronutrients in Agriculture.** Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.
- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand.** Dept. of Land Development, Ministry of Agri. And Coop., Bangkok.
- Lee, B.D., S.K. Sears, R.C. Graham, C. Amrhein and H. Vali. 2003. Secondary mineral genesis from chlorite and serpentine in ultramafic soil toposequence. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 67: 1309-1317.
- Meena, S., P. Senthilvalavan, M. Malarkodi and R.K.Kaleeswari. 2007. Residual effect of phosphorus from organic manures in sunflower-assessment using radio tracer technique. **Res. J. Agric. & Biol. Sci.** 3: 377-379.
- Mengesha, Y.G.S. 2004. **Modeling of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Recommendations for Maize (*Zea Mays* L.) Grown on Alfisols of Northwestern Ethiopia.** Ph.D. Dissertation, Kasetsart University.
- McKeague, J.A. 1967. An evaluation of 0.1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparison with oxalate as extractants of the accumulation products in podzols and some other soils. **Can. J. Soil Sci.** 46: 13-22.
- McKeague, J.A. and J.H. Day. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soil. **Can. J. Soil Sci.** 46:13-22.
- Mehra, O. and P. Jackson. 1960. Iron oxide removal from soils and clays in a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium. **Clays Clay Miner.** 7:317-321.

- Mengel, K. and K. Uhlenbecker. 1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 57: 561–566.
- Miller, D.L., C.I. Mora and S.G. Driese. 2007. Isotopic variability in large carbonate nodules in Vertisols: Implications for climate and ecosystem assessments. **Geoderma** 142: 104-111.
- Mirallella, A., M. Egli, S. Raimondi and D. Giaccai. 2005. Origin of clay minerals in soil on pyroclastic deposits in the island of Lipari (Italy). **Clays Clay Miner.** 53: 409-421.
- Moeyersons, J., J. Nyssen, J. Poesen, J. Deckers and M. Haile. 2006. On the origin of rock fragment mulches on Vertisols: A case study from the Ethiopian highlands. **Geomorphology** 76: 411-429.
- Murthy, A.S.P., S.K.N. Nath and D.P. Viswanath. 1987. **Mineralogy and Chemistry of Potassium in Vertisols of India.** Potash Review No. 6/1987, International Potash Institute, Switzerland.
- Nabiollahy, K., F. Khormali, K. Bazargan and SH. Ayoubi. 2006. Forms of K as a function of clay mineralogy and soil development. **Clay Miner.** 41: 739-749.
- Nater, E. 2000. **Soil Chemistry and Mineralogy.** Department of Soil, Water and Climate, Minnesota University.
- National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual.** Soil Survey Investigation Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, United States Department of Agriculture.
- Nayak, K., A.R. Chinchmalatpure, G.G. Rao and A.K. Vema. 2006. Swell-shrink potential of Vertisols in relation to clay content and exchangeable sodium under different ionic environment. **J. Indian Soc. Soil Sci.** 54(1).
- Norrish, K. and J.T. Hutton. 1969. An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. **Geochim. Cosmichim. Acta.** 33: 431-453.

- Nursyamsi, D., K. Idris, S. Sabiham, D.A. Rachim and A. Sofyan. 2008. Dominant soil characteristics influencing available potassium on smectite soils. **Indonesian J. Agric.** 1: 121-131.
- O'Neal, A.M. 1952. **Pedology** (translation from French). George Allen and Unwin Ltd., London.
- Ogawa, K., S. Phetchawee and O. Suriyapan. 1980. Clay minerals in some upland soil from Thailand. **Soil Sci. Plant Nutr.** 27: 73-81.
- Olson, C.G., M.L. Thompson and M.A. Wilson. 2000. Phyllosilicates, pp. 77-123. In M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science: Mineralogy**. CRC Press LLC, Boca Raton, New York, Washington DC.
- Özsoy, G. and E. Aksoy. 2007. Characterization, classification and agricultural usage of Vertisols developed on neogen aged calcareous marl parent materials. **J. Biol. Environ. Sci.** 1: 5-10.
- Pal, D.K., T. Bhattacharyya, P. Chandran, S.K. Ray, P.L.A. Satyavathi, S.L. Durge, P. Raja and U.K. Maurya. 2009. Vertisols (cracking clay soils) in a climosequence of Peninsular India: Evidence for Holocene climate changes. **Quatern. Int.** 1-16.
- Panichapong, S. 1982. Distribution, characteristics and utilization of problem soil in Thailand. In **Tropical Agriculture Research Series No 15**. Tropical Agricultural Research Center, Japan.
- Peech, M. 1945. Determinations of exchangeable cations and exchange capacity of soils rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59: 25-28.
- Peech, M. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wisconsin.

- Polyak, V.J. and N. Guven. 2000. Authigenesis of trioctahedral smectites in magnesium-rich carbonate speleothems in Carlsbad cavern and other caves of the Guadalupe mountains, New Mexico. **Clays Clay Miner.** 48: 317-321.
- Prakongkep, N. 2007. **Comparative Mineralogy and Chemistry of Lowland Soils in Thailand.** Ph.D. Thesis. Kasetsart university, Bangkok.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II.** 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA.
- Reid, D.A. and A.L. Ulery. 2002. Smectites, pp. 467-499. In J.B. Dixon and D.G. Schulze, eds. **Soil Mineralogy with Environmental Application.** Soil Sci. Soc. America, Madison, Wisconsin, USA.
- Richards, L.A. 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils.** U.S. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Agr. Hbk.
- Seiksepour, M., M. Rashidi and B.G. Khabbaz. 2008. Prediction of soil available phosphorus based on soil organic carbon. **Am.-Euras. J. Agric. & Environ. Sci.** 4(2): 189-193.
- Schafer, W.M. and M.J. Singer. 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 40: 805-806.
- Schulte, E.E. and K.A. Kelling. 1999. **Soil and Applied Manganese.** University of Wisconsin Extension Publication A2526.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** Handbook No. 18. United States Dept. of Agr., United States Government Printing Office, Washington, D.C.
- Soil Survey Staff. 1999. **Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey.** 2nd ed. USDA-NRCS, U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

- Soil Survey Staff. 2006. **Keys to Soil Taxonomy**. 10th ed. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Sparks, D.L. 1987. Potassium dynamics in soil. **Adv. Soil Sci.** 6: 1-63.
- Srivastava, P., B. Parkash and D.K. Pal. 1998. Clay minerals in soil as evidence of Holocene climatic change, Central Indo Gangetic Plain, North-Central India. **Quaternary Res.** 50: 230-239.
- Taimah, A.Y. and S.A. Khresat. 1998. Properties and characterization of Vertisols developed on limestone in a semi-arid environment. **J. Arid Environ.** 40: 235-244.
- Tamura, K., H. Yamada and H. Nakazawa. 2000. Stepwise hydration of high-quality synthetic smectite with various cations. **Clays Clay Miner.** 48: 400-404.
- Tawornpruck, S. 2005. **A Comparison of Properties of Red Oxisols under Tropical Savanna and Tropical Monsoonal Climates in Thailand**. Ph.D. Thesis. Kasetsart university, Bangkok.
- Thomas, G.W. 1982. Exchange cations, pp. 159-165. *In* A.L. Page, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin.
- Thomas, P.J. 1998. **Quantifying Properties and Variability of Expansive Soils in Selected Map Units**. Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia.
- Thomas, P.J., J.C. Baker and L.W. Zelazny. 2000. An expansive soil index for predicting shrink-swell potential. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 268-274.
- Trakoonyingcharoen, P, I. Kheoruenrome, A. Suddhiprakarn and R.J. Gilkes. 2006. Properties of iron oxides in red Oxisols and red Ultisols as affected by rainfall and soil parent material. **Aust. J. Soil Res.** 44: 63-70.

- Tucker, T.E. 2001. **Sedimentary Petrology: An Introduction to the Origin of Sedimentary Rocks**. 3rd ed. Blackwell Science, Oxford.
- Tyler, G. 1994. Plant uptake of aluminium from calcareous soil. **Cell. Mol. Life Sci.** 50: 701-703.
- Uehara, G. and G. Gillman. 1981. **The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropical Soil with Variable Charge Clays**. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- Vacca, A., P. Adamo, M. Pigna and P. Violante. 2003. Genesis of tephra derived soils from the Roccamonfina Volcano, South Central Italy. **Soil Sci. Am. J.** 67, 198-207.
- Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soils and landform features of mountainous terrain in South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.
- Vijarnsorn, P. 1982. **The Vertisols of Thailand**. Soil Survey Division, Land Development Department, Bangkok.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.
- Watanabe, T., S. Funakawa and T. Kosaki. 2006. Clay mineralogy and its relationship to soil solution composition in soil from different weathering environments of humid Asia: Japan, Thailand and Indonesia. **Geoderma** 136: 51-63.
- Whittig, L.D. and W.R. Allardice. 1986. X-ray diffraction technique, pp. 671-698. In A. Klute *et al.*, eds. **Methods of Soil Analysis. Part I**. 2nd ed. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc, Madison, WI.
- Wilson, M.J. 1987. Soil smectites and related interstratified minerals: recent developments, pp. 167-173. In L.G. Denver, H.V. Schultz, Olphen and E.A. Mumpton, eds. **Proceedings of the International Clay Conference**. Clay Mineral Society, Bloomington, Indiana.

Wilson, M.J. 1999. The origin and formation of clay minerals in soil: past, present and future perspectives. **Clay Miner.** 34: 7-25.

Zhuan-xi, L., Z. Bo, T. Jia-liang and W. Tao. 2009. Phosphorus retention capacity of agricultural headwater ditch sediments under alkaline condition in purple soils area, China. **Ecol. Eng.** 35: 57-64.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คำอธิบายหน้าตัดดิน (Soil profile description)

Pedon 1

I. Information on the site

Profile symbol	: Pedon 1
Soil name	: Lop Buri series
Classification	: Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic
Date of examination	: May 3, 2007
Described by	: Irb Kheoruenromne, Chutharmard Kaewmano, Natthapol Chittamart, Worachart Wisawapipat, and Tingtong Darunsontaya
Location	: Ban Wung Khon Kwang, Tambon Wung Khon Kwang, Amphoe Khok Samrong, Lop Buri province
Elevation	: Approximately 35 m (MSL)
Map sheet number	: 5139 III Coordination : 47 P 0681855 ^E , 1660992 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Lower footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 2% Aspect : 318 Azimuth
Land use	: Sesame and sorghum
Annual rainfall	: Approximately 1,207 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Other	: Livestock pasture

II. General information on the soil

Parent material	: Local alluvium derived from limestone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Slow
Runoff	: Slow
Depth of groundwater	: Deeper than 200 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-25	Black (10YR 2/1; clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common fine cracks and traces of dead roots; very few very fine and fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few fine lime fragments; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bk1.
Bk1	25-45	Black (10YR 2/1); clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common fine cracks and few faint slickensides and pressure faces; very few very fine and fine vesicular pores and very few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common fine lime fragments and traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to Bssk1.
Bssk1	45-70	Very dark gray (10YR 3/1), very pale brown (10YR 8/2) lime fragment; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common fine cracks and faint pressure faces and slickensides; very few very fine, fine and medium vesicular pores and fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few fine lime fragments and traces of dead roots; strongly alkaline (field pH 8.5); gradual and smooth boundary to Bssk2.

Bssk2	70-93	Very dark gray (10YR 3/1), very pale brown (10YR 8/2) lime fragment; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common fine cracks, many faint pressure faces and distinct slickensides; very few very fine, fine and medium vesicular pores and fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; common fine lime fragments and very few traces of dead roots; strongly alkaline (field pH 8.5); gradual and smooth boundary to Bssk3.
Bssk3	93-115	Very dark gray (10YR 3/1), very pale brown (10YR 8/2) lime fragment; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common fine cracks, faint and many faint slickensides; very few very fine, fine and medium vesicular pores and fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; strongly alkaline (field pH 8.5); gradual and smooth boundary to Bssg4.
Bssk4	115-140	Very dark gray (10YR 3/1), very pale brown (10YR 8/2) lime fragment; clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common fine cracks, faint and many faint slickensides; very few very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; common fine lime fragments; strongly alkaline (field pH 8.5); clear and smooth boundary to Bk2.
Bk2	140-170	Very dark gray (10YR 3/1), very pale brown (10YR 8/2) lime fragment; clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common fine faint pressure faces and few fine cracks; few very fine and fine vesicular pores and fine simple tubular pores; practically no roots; common soft lime accumulation and lime fragments; strongly alkaline (field pH 8.5); clear and smooth boundary to Bk3.
Bk3	170-200+	Dark gray (10YR 4/1), very pale brown (10YR 8/2) lime fragment; slightly gravelly clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; few fine faint pressure faces and few fine cracks; common very fine and fine vesicular pores; practically no roots; many soft lime accumulations and fine lime fragments; strongly alkaline (field pH 8.5).

Pedon 2

I. Information on the site

Profile symbol	: Pedon 2
Soil name	: Chai Badan variant 1
Classification	: Calcic Haplustert, very fine, smectitic isohyperthermic
Date of examination	: November 9, 2007
Described by	: Irb Kheoruenromne, Chutharmard Kaewmano, Natthapol Chittamart, Worachart Wisawapipat, Tintong Darunsontaya and Kokkorn Hemtanon
Location	: Ban Thanon Kong, Tambon Chai Badan, Amphoe Chai Badan, Lop Buri province
Elevation	: Approximately 52 m (MSL)
Map sheet number	: 5239 III Coordination : 47 0721140 ^E , 1668275 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Dissected upper footslope

2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 2% Aspect : 330 Azimuth
Land use	: Mung bean, cassava and sugarcane
Annual rainfall	: Approximately 1,207 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Other	: Agricultural-Poultry farm and settlement

II. General information on the soil

Parent material	: Local alluvium derived from lime producing rocks
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than 160 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-20	Very dark gray (7.5YR 3/1); clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few fine rocks and lime fragments; common very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine, few fine and few medium roots; few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to ABk.
ABk	20-47	Very dark gray (10YR 3/1); clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few fine pressure faces; common very fine and fine vesicular pores and few fine and medium simple tubular pores; few very fine and fine roots; few traces of dead roots and few fine cracks; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bss1.
Bss1	47-80	Very dark gray (10YR 3/1); clay; moderate medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common spots of lime soft nodules, common fine pressure faces and common slickensides of various sizes; few very fine and common fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; common fine cracks; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bss2.
Bss2	80-110	Black (10YR 2/1); clay; moderate medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; many pressure faces and slickensides and common cracks; very few very fine and few fine vesicular pores and simple tubular pores; very few very fine and fine roots; fewer spots of lime soft nodules; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bk1.
Bk1	110-130/140	Black (10YR 2/1); clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; many spots of lime soft nodules and few fine cracks; very few very fine and few fine vesicular pores and simple tubular pores; practically no root; few rock fragments; moderately alkaline (field pH 8.0); abrupt and smooth boundary to Bk2.
Bk2	140-160+	Dark gray (10YR 4/1), white (10YR 8/1) of carbonate; gravelly clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint

clay coats on pore walls; many lime hardened nodules of various sizes; common very fine and fine vesicular pores and common fine tubular pores; practically no roots; moderately alkaline (field pH 8.0).

Pedon 3

I. Information on the site

Profile symbol	: Pedon 3
Soil name	: Samo Thod variant
Classification	: Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic
Date of examination	: November 10, 2007
Described by	: Irb Kheoruenromne, Chutharmard Keawmano, Natthapol Chittamart, Worachat Wisawapipat, Timtong Darunsontaya and Kokkorn Hemtanon
Location	: Soil Sukhaphiban 24, Tambon Buengsamphan, Amphoe Buengsamphan, Petchabun province
Elevation	: Approximately 83 m (MSL)
Map sheet number	: 5240 IV Coordination : 47 0715371 ^E , 1745008 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Dissected upper footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 1% Aspect : 125 Azimuth
Land use	: Mung bean, Bamboo spp., coconut, local trees chilli
Annual rainfall	: Approximately 1,207 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Other	: Agricultural and settlement

II. General information on the soil

Parent material	: Local alluvium on residuum both derived from weathered andesite mixed with limestone
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than 140 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-20	Brown (10YR 4/3); clay; moderate medium and coarse angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint pressure faces and few fine rock fragments and manganese nodules; common very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; some spots of divided lime fragments, few fine cracks and few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bt1.
Bt1	20-45	Brown (10YR 4/3); clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls; common fine pressure faces and few rock fragments; few very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few fine cracks and few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to Bt2.

Bt2	45-70	Mixed dark grayish brown (10YR 4/2) 86%, dark gray (10YR 4/1) 10%, few fine distinct yellowish brown (10YR 5/6) and few fine distinct dark yellowish brown (10YR 4/6) mottles; clay; strong fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls; common faint pressure faces and common fine rock fragments and manganese nodules; few very fine and common fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common white spots of weathered rock fragments, few fine cracks and very few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bt3.
Bt3	70-90	Mixed dark gray (10YR 4/1) 60%, dark grayish brown (10YR 4/2) 33%; common fine distinct dark yellowish brown (10YR 4/4) and few medium distinct dark yellowish brown (10YR 4/4) mottles; clay; strong fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls; common faint pressure faces and few small slickensides; very few very fine and few fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few white spots of weathered rock fragment, few fine cracks and few traces of dead roots ; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to Bt4.
Bt4	90-110/115	Mixed grayish brown (10YR 5/2) 75%, gray (10YR 5/1) 20%, common fine distinct yellowish brown (10YR 5/6) mottles; clay; moderate fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls; common faint pressure faces and few small slickensides; very few very fine and fine vesicular pores and very few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; common fine cracks and few fine rock fragments; moderately alkaline (field pH 8.0); abrupt and wavy boundary to Crt.
Crt	115-140+	Gray (10YR 5/1), common medium and coarse distinct yellowish brown (10YR 5/6), common medium and coarse prominent light reddish brown (2.5YR 7/4) and few fine distinct black (10YR 2/1) mottles; slightly gravelly clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls; common faint pressure faces and many white spots of weathered rock fragments; few very fine and fine vesicular pores; practically no roots; few fine rock fragments and cracks; moderately alkaline (field pH 8.0).

Pedon 4

I. Information on the site

Profile symbol	:	Pedon 4
Soil name	:	Samo Thod series
Classification	:	Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic
Date of examination	:	November 10, 2007
Described by	:	Irb Kheoruenromne, Chutharmard Keawmano, Natthapol Chittamart, Worachat Wisawapipat, Timtong Darunsontaya and Kokkorn Hemtanon
Location	:	Old corn field, Tambon Sap Smothod, Amphoe Buengsamphan, Petchabun province

Elevation	:	Approximately 93 m (MSL)
Map sheet number	:	5140 II Coordination : 47 0711956 ^E , 1745327 ^N
Landform		
1. Physiographic position	:	Upper footslope
2. Surrounding land form	:	Undulating
3. Slope on which profile site	:	2 % Aspect : 310 Azimuth
Land use	:	Corn and mung bean
Annual rainfall	:	Approximately 1,207 mm
Mean temperature	:	Approximately 28 °C
Climate	:	Tropical savanna
Other	:	Agricultural and settlement

II. General information on the soil

Parent material	:	Local alluvium derived from limestone on residuum derived from weathered andesite
Drainage	:	Well
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of groundwater	:	Deeper than 160 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-18/20	Brown (7.5YR 4/3); clay; strong coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls; common fine faint pressure faces and few rock fragments; common very fine and few fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; common very fine and few fine roots; few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); abrupt and smooth boundary to Btk1.
Btk1	20-40	Mixed Brown (10YR 5/3) 75%, brown (7.5YR 4/3) 10% and Brown (10YR 4/3) 5%, common fine distinct strong brown (7.5YR 5/6) and few fine distinct black (10YR 2/1) mottles; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls and ped faces; common faint pressure faces and rock fragments; few very fine, fine and medium vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few traces of dead roots and charcoal fragments; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Btk2.
Btk2	40-60	Mixed dark grayish brown (10YR 4/2) 73%, dark gray (10YR 4/1) 10%, common medium and coarse distinct strong brown (7.5YR 5/6) and few fine faint black (10YR 2/1) mottles; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls; few faint pressure faces and few fine cracks; common very fine and few fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common lime fragments and few rock fragments and few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to Btk3.
Btk3	60-80	Mixed dark grayish brown (10YR 4/2) 74%, dark gray (10YR 4/1) 10%; common medium and coarse distinct strong brown (7.5YR 5/6), few fine distinct (5YR 4/4) and few fine faint black (10YR 2/1) mottles; clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure;

very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common faint pressure faces, lime fragments and fine rock fragments; common very fine and few fine vesicular pores, and few fine simple tubular pores with some lime filled in pores; few very fine and fine roots; a crack continues from surface down to the lower limit of this horizon; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Btk4.

Btk4	80-110	Mixed Brown (10YR 5/3) 86%, grayish brown (10YR 5/2) 10%, few fine prominent yellowish brown (10YR 5/8) and few fine distinct black (10YR 2/1) mottles; slightly gravelly clay; moderate fine and medium sub-angular blocky structure; hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls; common faint pressure faces and few manganese-oxide nodules; common very fine and few fine vesicular pores, and few fine simple tubular pores with some lime filled in pores; very few, very fine and fine roots; many lime fragments and few rock fragments; moderately alkaline (field pH 8.0); abrupt and smooth boundary to Crtk1.
Crtk1	110-135	Mixed grayish brown (10YR 5/2) 65%, gray (10YR 5/1) 20%, common fine distinct yellowish brown (10YR 5/6) mottles; gravelly clay; weak medium and coarse angular blocky plus weathered basalt retaining rock structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic (fine earth); few faint clay coats on pore walls and rock fragment surfaces; some accumulations of lime materials and common faint pressure faces; few very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; many fine and medium and few large rock fragments; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to Crtk2.
Crtk2	135-168+	Grayish brown (10YR 5/2), common fine distinct dark yellowish brown (10YR 4/6) and few fine distinct dark (10YR 2/1) mottles; gravelly clay; weak medium and coarse angular blocky plus weathered basalt retaining rock structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic fine earth; few faint clay coats on pores walls and rock fragment surfaces; some accumulations of lime materials and common faint pressure faces; few very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine and fine roots; more large rock fragments exist; moderately alkaline (field pH 8.0).

Pedon 5

I. Information on the site

Profile symbol	: Pedon 5
Soil name	: Chai Badan variant 2
Classification	: Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic
Date of examination	: November 11, 2007
Described by	: Irb Kheoruenromne, Chutharmard Keawmano, Natthapol Chittamart, Worachat Wisawapipat, Timtong Darunsontaya and Kokkorn Hemtanon
Location	: Mung bean and corn growing area, Ban Noi, Tambon Nong Phai, Amphoe Nong Phai, Petchabun province
Elevation	: Approximately 99 m (MSL)
Map sheet number	: 5241 III Coordination : 47 0722140 ^E , 1771808 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Lower middle slope on basalt corrosion plain
2. Surrounding land form	: Undulating

3. Slope on which profile site	: 1 % Aspect : 270 Azimuth
Land use	: Mung bean and corn
Annual rainfall	: Approximately 1,207 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Other	: Agricultural and settlements

II. General information on the soil

Parent material	: Residuum derived from weathered basalt
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than 130 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-15	Dark brown (7.5YR 3/2); clay; strong medium and coarse subangular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint pressure faces and few fine weathered rock fragments; many very fine, fine and few medium vesicular pores and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; common large vertical cracks through Ap down to some part of Bt and few traces of dead roots; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to Bt.
Bt	15-30/40	Dark brown (7.5YR 3/2); clay; moderate fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls and some ped faces; common faint pressure faces, fine cracks and few fine weathered rock fragments; few very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots and few coarse roots; few rock fragments and some clay balls; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and wavy boundary to Btc.
Btc	40-40/70	Dark brown (7.5YR 3/2), common fine prominent strong brown (7.5YR 5/8) mottles; slightly gravelly clay; moderate fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on pore walls, ped faces and nodule surface; common faint pressure faces and fine Mn-oxide nodules; common very fine and fine vesicular pores and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots and few coarse roots; common fine cracks, weathered rock fragments and few fine clay balls; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and wavy boundary to Crt1.
Crt1	70-100	Grayish brown (10YR 5/2); common medium and coarse prominent strong brown (7.5YR 5/8), common medium and coarse distinct brownish yellow (10YR 6/8) mottles and black (10YR 2/1) of Mn nodules; gravelly sandy clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls and mangan on weathered rock fragment surfaces; few faint pressure faces, many weathered rock fragments and manganiferous rocks; common very fine and few fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; very few very fine roots and few fine and medium roots; few fine cracks; neutral (field pH 7.0); clear and smooth boundary to Crt2.

Crt2	100-130+	Dark grayish brown (10YR 4/2), common medium and coarse prominent strong brown (7.5YR 5/8), common medium distinct brownish yellow (10YR 6/8) mottles and black (10 YR 2/1) of Mn nodules; gravelly sandy clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure and some part retaining weathered rock structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls and mangan on weathered rock fragment surfaces; few faint pressure faces, many weathered rock fragments and manganiferous rocks; few very fine and fine vesicular pores, and few fine simple tubular pores; few fine cracks; neutral (field pH 7.0).
------	----------	--

Pedon 6

I. Information on the site

Profile symbol	: Pedon 6
Soil name	: Wang Chomphu variant 1
Classification	: Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic
Date of examination	: November 11, 2007
Described by	: Irb Kheoruenromne, Chutharmard Keawmano, Natthapol Chittamart, Worachat Wisawapipat, Tintong Darunsontaya and Kokkorn Hemtanon
Location	: Mung bean intercropping mango area, Ban Aphai Manee Rat, Tambon Huay Pong, Amphoe Nong Phai, Petchabun province
Elevation	: Approximately 96 m (MSL)
Map sheet number	: 5241 III Coordination : 47 0720488 ^E , 1787343 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Lower footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 1 % Aspect : 290 Azimuth
Land use	: Mango intercropping with mung bean, tamarind, teak, eucalyptus, banana
Annual rainfall	: Approximately 1,207 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Other	: Agricultural mainly

II. General information on the soil

Parent material	: Local alluvium and wash over residuum derived from lime containing rock
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than 160 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-20	Very dark brown (7.5YR 2.5/2); clay; strong medium and coarse subangular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint pressure faces and few fine rock fragments; common very fine and fine vesicular pores, few medium vesicular pores and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; traces of dead roots and common vertical cracks down to approximate 12 cm depth; moderately acid (field pH 6.0); abrupt and smooth boundary to Bt.
Bt	20-45	Brown (7.5YR 4/3), few fine prominent red (2.5YR 4/8) mottles; clay; strong fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls mainly; few faint pressure faces and few fine rock fragments; common very fine and fine vesicular pores, few medium vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; traces of dead roots, few iron-manganese nodules and concretions; strongly acid (field pH 5.5); abrupt and smooth boundary to Btc1.
Btc1	45-75	Brown (7.5YR 4/2), few medium prominent brownish yellow (10YR 6/8), common fine prominent red (2.5YR 4/6) mottles and black 10YR 2/1 of manganese nodules; very gravelly clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and on nodule surfaces, common distinct mangan on faces of rock fragments; many fine nodules and concretions of Fe-Mn oxides, very few pressure faces; few very fine, fine and medium vesicular pores and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Btc2.
Btc2	75-105	Grayish brown (10YR 5/2), common fine and medium prominent red (2.5YR 4/8), common fine distinct strong brown (7.5YR 5/8) and few fine distinct brownish yellow (10YR 6/8) mottles; very gravelly clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and on nodule surfaces, common distinct mangan on faces of rock fragments; many fine nodules and concretions of Fe-Mn oxides, very few pressure faces; few very fine, fine and medium vesicular pores and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt and smooth boundary to 2Btk1.
2Btk1	105-135	Mixed light olive brown (2.5Y 5/3) 90% and gray (2.5Y 5/1) 10%; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common faint pressure faces and few slickensides; few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; common fine lime materials in the soil, few fine cracks; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to 2Btk2.

2Btk2	135-160+	Mixed light olive brown (2.5Y 5/3) and dark gray (2.5Y 4/1), few fine distinct light olive brown (2.5Y 5/6) mottles; clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls and nodule surfaces; few faint pressure faces and common fine dark spots of Mn-oxides; few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; many fine lime materials in soil matrix, few traces of dead roots and few fine cracks; moderately alkaline (field pH 8.0).
-------	----------	---

Pedon 7

I. Information on the site

Profile symbol	: Pedon 7
Soil name	: Wang Chomphu variant 2
Classification	: Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic
Date of examination	: November 11, 2007
Described by	: Irb Kheoruenromne, Chutharmard Keawmano, Natthapol Chittamart, Worachat Wisawapipat, Timtong Darunsontaya and Kokkorn Hemtanon
Location	: Livestock pasture area about 80 m west of road number 21, Ban Chai Charoen, Tambon Huay Sakae, Amphoe Mueng, Petchabun province
Elevation	: Approximately 102 m (MSL)
Map sheet number	: 5241 IV Coordination : 47 0722441 ^E , 1795993 ^N
Landform	
1. Physiographic position	: Lower dissected footslope
2. Surrounding land form	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 1 % Aspect : 70 Azimuth
Land use	: Livestock pasture for grazing
Annual rainfall	: Approximately 1,207 mm
Mean temperature	: Approximately 28 °C
Climate	: Tropical savanna
Other	: Agricultural and settlement

II. General information on the soil

Parent material	: Local alluvium on residuum derived from calcareous rock
Drainage	: Well drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of groundwater	: Deeper than 180 cm at time of sampling

III. Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-25	Reddish black (2.5YR 2.5/1); clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint pressure faces and fine rock fragments; common very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots and few medium roots; common vertical cracks down to upper part of Bt, some traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear and smooth boundary to Bt1.
Bt1	25-48	Reddish black (2.5YR 2.5/1), common fine prominent red (2.5YR 4/6) mottles; clay; moderate medium and coarse angular blocky structure;

		very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls and rock fragment surfaces; common faint pressure faces and fine rock fragments; common very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium roots; few fine cracks and traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); gradual and smooth boundary to Bt2.
Bt2	48-70	Dark reddish gray (2.5YR 4/1), common fine and medium prominent red (2.5YR 4/6) mottles; gravelly clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on pore walls mainly; common faint pressure faces; few very fine and fine vesicular pores and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common rock fragments of various sizes and traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); abrupt and smooth boundary to 2Btk1.
2Btk1	70-100	Mixed light olive brown (2.5Y 5/3) 85%, olive yellow (2.5Y 6/6) 10% and gray (2.5Y 6/1) 5%; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; many faint pressure faces and few slickensides; common very fine and fine vesicular pores and few tubular pores; very few very fine and fine roots; few rock fragments and Fe-Mn oxides nodules and few fine lime nodules; moderately alkaline (field pH 8.0); gradual and smooth boundary to 2Btk2.
2Btk2	100-130	Mixed light olive brown (2.5Y 5/3) 90% and light yellowish brown (2.5Y 6/4) 10%; clay; strong medium and coarse angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; many faint pressure faces and few slickensides; common very fine and fine vesicular pores and few tubular pores; very few very fine and fine roots; few fine cracks and common fine lime nodules; moderately alkaline (field pH 8.0); clear and smooth boundary to 2Btk3.
2Btk3	130-150	Mixed light yellowish brown (2.5Y 6/4) 78%, brownish yellow (10YR 6/6) 20%, light gray (10YR 7/1) 2% of weathered rock; clay; moderate fine and medium angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; many faint pressure faces and very few slickensides; common very fine and fine vesicular pores and few tubular pores; practically no roots; few fine cracks and few fine lime nodules; moderately alkaline (field pH 8.0); abrupt and smooth boundary to 2Crtk.
2Crtk	150-182+	Mixed light yellowish brown (2.5Y 6/4) 35%, brownish yellow (10YR 6/6) 35%, light gray (10YR 7/1) 20% and white (2.5Y 8/1) 10%; clay; strong medium and coarse angular blocky retaining weathered rock structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and some on planar weathered rock surfaces; common pressure faces on planar rock structure surfaces; very few very fine and fine vesicular pores; practically no roots; common fine cracks; moderately alkaline (field pH 8.0).

ภาคผนวก ข

คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน (Soil Micromorphology)

Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-25	<u>Microstructure</u> Cracks structure is dominant; voids mainly are short planar voids (10-50 μm width); total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio of 10:90 Coarse fraction: Quartz grains (10-600 μm) are subangular to subrounded; moderately sorted, few granite rock fragments sizes 600-1,500 μm which consist of quartz intergrowth with feldspar and some fragments are quartz intergrowth with biotite; very few hornblende. Fine fraction: Clay sized materials, dark brown clay, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Common amorphous organic fine materials and punctuations, few liquified plant tissue residues. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open to close porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Crystalline pedofeatures: The gray carbonates nodules (200-400 μm), present about 2% of the thin section area. Amorphous pedofeatures: The reddish brown iron oxide pseudomorphic nodules, present about 5% of the thin section area.
Bk1	25-45	Similar to above horizon but the crystalline pedofeatures and the amorphous pedofeature are slightly decreased in amount and size to cover about 1% and 3% respectively.
Bss2	70-93	<u>Microstructure</u> Vughy structure is dominant; voids mainly are vughs and few cracks with planar voids; total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 5:95 Coarse fraction: Quartz grains (10-350 μm) are subangular to subrounded; very few polymorphic quartz. Fine fraction: Clay sized materials, dark brown, dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Very few highly decomposed plant tissue residues, amorphous organic fine materials and punctuations. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is close porphyric, the b-fabric of the micromass is crystallitic b-fabric. <u>Pedofeatures</u> Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (500-1,000 μm), present about 10% of the thin section area. Amorphous pedofeatures: The manganese aggregate nodules, various sizes and shapes, occupy about 10% of the thin section area.
Bss4	115-140	As above horizon.
Bk3	170-200+	Similar to above horizon but the carbonate nodules are increased in size and the amount, sizes generally are 1,000-5,000 μm and cover

about 30% of the thin section area, and sometimes have manganese oxide superimposed on carbonate nodules.

Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplusterts, very fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-20	<u>Microstructure</u> Vughy structure is dominant; voids mainly are vughs and very few cracks which show short planar voids; total porosity is about 10% of the thin section area <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98 Coarse fraction: Quartz grains (10-200 μm) are subangular to subrounded; very few polymorphic quartz. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Few highly decomposed plant tissue residues and amorphous organic fine materials. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (300-600 μm), present about 1-2% of the thin section area. Fabric pedofeatures: The pressure faces or slickensides present about 10% of the thin section area.
ABk	20-47	<u>Microstructure</u> Fissure structure is dominant; voids mainly are planar voids and few vughs; total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98 Coarse fraction: Quartz grains (10-250 μm) are subangular to subrounded. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Few amorphous organic fine materials. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide mottles (20-100 μm), present about 5-10% of the thin section area. Fabric pedofeatures: About 2-5% pressure faces could be observed.
Bss2	80-110	<u>Microstructure</u> Fissure structure is dominant; voids mainly are planar voids and frequent vughs; total porosity is about 15-20% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98 Coarse fraction: Quartz grains (10-25 μm) are subangular to subrounded.

Fine fraction: Clay sized materials, brown to dark brown, speckled and dotted appearance under transmitted light.

Basic organic components

The punctuations and the organic pigments staining to the micromass are common.

Groundmass

The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated b-fabric.

Pedofeatures

Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (200-2,700 µm), present about 10% of the thin section area.

Bk2 140-160+

Microstructure

Granular structure is dominant; voids mainly are compound packing voids; total porosity is about 15-20% of the thin section area.

Basic mineral components

The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 1:99

Coarse fraction: Quartz grains (50-150 µm) are subangular to subrounded.

Fine fraction: Clay sized materials, brown to dark brown, dotted to cloudy appearance under transmitted light.

Basic organic components

Generally are organic pigments staining to the micromass.

Groundmass

The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated b-fabric.

Pedofeatures

Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (50-3,000 µm), present about 90% of the thin section area.

Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-20	<u>Microstructure</u> Vughy structure is dominant; voids mainly are vughs; total porosity is about 5% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 10:90 Coarse fraction: Quartz grains (10-500 µm) are subangular to subrounded; poorly sorted, few chert and metamorphic quartz sized 1,000-2,500 µm, very few runi quartz and pyroxene tuff rock fragments. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Few amorphous organic fine materials and punctuations, very few living plant tissue residues remain in voids. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled, locally show crystallitic b-fabric. <u>Pedofeatures</u> Crystalline pedofeatures: The gray carbonates nodules (200-500 µm), present about 10-15% of the thin section area.

		Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide typic and pseudomorphic nodules, sized up to 2,000 μm with sharp boundaries, present about 10% of the thin section area.
Bt1	20-45	Similar to the above horizon but the organic components are decreased and the b-fabric of the micromass show grano-porostriated. The textural clay present about 2% of the thin section area.
Bt3	70-90	The coarse fraction is decreased, the c/f ratio is approximately 5:95. Few chalcedony, very coarse sand size could be observed. The crystalline pedofeatures could not be observed.
Crt	115-140+	<u>Microstructure</u> Fissure structure is dominant; voids mainly are planar voids and very few vughs; total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 5:95 Coarse fraction: Quartz grains (10-300 μm) are subangular to subrounded; moderately sorted; few highly weathered tuff rock fragments and very few polymorphic quartz. Fine fraction: The aggregate of pyroxene generally altered to chlorite. Clay sized materials, gray (as clay lumps) dessiminated in pale yellowish brown clay materials. <u>Basic organic components</u> None. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is nearly clay monic, the b-fabric of the micromass is mosaic speckled b-fabric. <u>Pedofeatures</u> Textural pedofeatures: The yellowish brown to brown clay coatings coated on nodules and pores, thin to thick, and usually have high birefringence, present about 5% of the thin section area. Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide pseudomorphic nodules, sizes 2,000 μm and sometimes present as iron oxide impregnated s-matrix, various sizes and shapes, occupy about 5% of the thin section area.

Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-18/20	<u>Microstructure</u> Vughy structure is dominant; voids mainly are vughs, very few cracks showing as planar voids; total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 15:85 Coarse fraction: Generally are lithorelicts of shale and limestone rock fragments, various size; few quartz grains which are in very fine sand sized and few rhyolite rock fragments, sizes up to 2,500 μm, poorly sorted. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Very few plant tissue residues and amorphous organic fine materials.

Btk2	40-60	<u>Groundmass</u>
		The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled porostriated.
		<u>Pedofeatures</u>
		Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide concentric nodules, sizes 2,000 µm, present about 10% of the thin section area.
		<u>Microstructure</u>
		Cracks structure is dominant; voids mainly are planar voids, very few intrapedal vughs; total porosity is about 10-15% of the thin section area.
		<u>Basic mineral components</u>
		The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 5:95 Coarse fraction: The lithorelicts are decreased in size and the amount; quartz grains (10-30 µm) are subangular to subrounded; very few metamorphic quartz, sizes 1,200 µm; moderately sorted. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light.
Btk4	80-110	<u>Basic organic components</u>
		Very few plant tissue residues.
		<u>Groundmass</u>
		The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is mixed of stipple-speckled and crystallitic b-fabric.
		<u>Pedofeatures</u>
		Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (50-5,500 µm), present about 25-30% of the thin section area.
		Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide typic nodules, sizes up to 2,000 µm, present about 2-3% of the thin section area, and the manganiferous locally impregnated s-matrix as aggregate nodules, occupy about 10%.
		Granular structure, the soil material mainly are granules which consist of clay mixed with carbonate material, various sizes and sometimes have manganese oxide superimposed on carbonate nodules. The amorphous pedofeatures are iron oxide typic nodules, sizes up to 1,000 µm with sharp boundaries cover about 10% of the area of the thin section.
Crtk1	110-135	<u>Microstructure</u>
		Subangular blocky structure; voids are planar voids; total porosity is about 30% of the thin section area.
		<u>Basic mineral components</u>
		The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 98:2 Coarse fraction: Highly weathered shale rock fragments are dominant; few limestone rock fragments, various sizes. Fine fraction: Clay sized materials, pale yellowish brown, limpid appearance under transmitted light.
		<u>Basic organic components</u>
		None.
		<u>Groundmass</u>
		The c/f distribution pattern is close porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled, few porostriated.
		<u>Pedofeatures</u>

Textural pedofeatures: The yellowish brown clay coatings coated on surface of rock fragments, present about 5-7% of the thin section area.

Crystalline pedofeatures: The carbonate materials locally impregnated s-matrix, irregular shape and cover about 10%.

Amorphous pedofeatures: Generally are manganese oxides, dendritic pattern, frequently associated with some shale rock fragments.

Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-15	<u>Microstructure</u> Vughy structure is dominant; voids mainly are vughs, and very few cracks which show as planar voids; total porosity is about 5% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 10:90 Coarse fraction: Mainly are pedorelicts (probably weathered basalt) various sizes (up to 2,000 μm); few quartz grains sizes 10-300 μm; poorly sorted. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Generally are amorphous organic fine materials and punctuations; rare living plant tissue. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide typic and pseudomorph nodules, sizes up to 1,000 μm with sharp boundaries, present about 10-15% of the thin section area.
Bt	15-30/40	<u>Microstructure</u> Subangular blocky structure, various sized peds; voids mainly are planar voids, total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 5:95 Coarse fraction: Quartz grains (10-650 μm) are subangular to subrounded; few pedorelicts (basalt) sizes up to 1,500 μm; poorly sorted. Fine fraction: Clay sized materials, brown to reddish brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Mainly are amorphous organic fine materials. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide typic and pseudomorph nodules, sizes up to 2,500 μm with sharp boundaries, present about 15-20% of the thin section area.
Btc	40-40/70	The iron oxide typic and pseudomorph nodules sizes 200-2,500

µm with sharp boundaries, increase to cover about 30% of the thin section area; and few siltstone rock fragments sizes 3,000 µm could be observed. The other micromorphological features are not different from the overlying horizon.

Crt1 70-100 The highly weathered basalt, angular and have various sizes are much more increased covering about 60% of the area of the thin section; few polycrystalline quartz and chert (sizes up to 3,000 µm) which have quartz vein inside.

Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-20	<u>Microstructure</u> Intergrain micro-aggregate structure is dominant; voids mainly are vughs, and few cracks which show as planar voids; total porosity is about 10% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 20:80 Coarse fraction: Mainly are single quartz grains sizes 10-950 µm; frequent chert and shale rock fragments sizes up to 1,500 µm; subangular to subrounded, poorly sorted. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> The amorphous organic fine materials and punctuations are common. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is close porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown, well rounded, iron oxide impregnative and typic nodules, sizes up to 2,000 µm with sharp boundaries, present about 2-5% of the thin section area.
Bt	20-45	The fine material increased, the c/f ratio is approximately 15:85. The chert and shale rock fragments sizes up to 0.5 cm and the iron oxide impregnative nodules increase in size and the amount, sizes up to 3,000 µm and cover about 20% of the thin section area.
Btc1	45-75	<u>Microstructure</u> Fissure structure is dominant; voids mainly are planar voids; total porosity is about 5% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 2:98 Coarse fraction: Few single quartz grains, chert and shale rock fragments. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown, limpid, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> None. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u>

Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide nodules which consist of typic nodules, impregnative nodules and pseudomorphic nodules, well rounded, various sizes with sharp boundaries.

2Btk1	105-135	<u>Microstructure</u> Fissure structure is dominant; voids mainly are planar voids; total porosity is about 5% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98 Coarse fraction: Quartz grains (10-350 μm) are subangular to subrounded; moderately sorted. Fine fraction: Clay sized materials, yellow to yellowish brown, limpid, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> None. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (300-6,000 μm), present about 10% of the thin section area. Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown clay mixed with iron oxide mottles sizes 50-500 μm, present about 2-5% of the thin section area.
-------	---------	--

Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic

Horizon	Depth (cm)	Description
Apk	0-25	<u>Microstructure</u> Complex structure; voids mainly are compound packing voids, planar voids and intrapedal vughs; total porosity is about 20% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 20:80 Coarse fraction: Quartz grains are subangular to subrounded (10-800 μm) few chert rock fragments sizes 2,000 μm; poorly sorted; very few metamorphic quartz. Fine fraction: Clay to fine silt sized materials, dark reddish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> The organic pigments staining to the micromass and punctuations are common, few amorphous organic fine materials, very few living plant tissues. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open to close porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple-speckled. <u>Pedofeatures</u> Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide impregnative and pseudomorphic nodules, sizes up to 1,500 μm with sharp boundaries, present about 5% of the thin section area.

Bt1	25-48	The fine material is increased, the c/f ratio is approximately 15:85. The organic components are much more decreased. The textural pedofeatures are present as thin, yellowish brown clay coatings, locally coated on grains and ped faces cover about 2% of the thin section area and the amorphous pedofeatures increase to cover about 15%.
2Btk2	100-130	<u>Microstructure</u> Vughy structure is dominant; voids mainly are vughs, few planar voids and channels; total porosity is about 10-15% of the thin section area. <u>Basic mineral components</u> The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 10:90 Coarse fraction: Quartz grains are subangular to subrounded (10-900 µm); poorly sorted. Fine fraction: Clay sized materials, yellowish brown to brown, speckled and dotted appearance under transmitted light. <u>Basic organic components</u> Very few amorphous organic fine materials and punctuations. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is mixed with stipple-speckled and crystallitic b-fabric. <u>Pedofeatures</u> Textural pedofeatures: The reddish brown clay mixed with iron oxide coatings, present about 1-2% of the thin section area. Crystalline pedofeatures: The gray carbonate nodules (600-2,500 µm), present about 5-10% of the thin section area. Amorphous pedofeatures: The reddish brown to dark brown iron oxide mottles, sizes 50-300 µm with sharp boundaries, present about 5% of the thin section area.
2Crtk	150-182+	Mainly are shale fragments, usually show lamination between clay rich in mottles of ferruginous material and pale yellow clay as banded structure.

ภาคผนวก ค**ตารางผนวกและภาพผนวก**

ตารางผนวกที่ ๑๑ ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2552)

1. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝน (มม.) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	วังโป่ง	6.0	18.7	12.2	86.9	192.2	292.0	205.2	269.7	308.4	134.4	11.5	2.2	1539.2
	เขาค้อ	1.1	6.9	59.4	136.9	289.3	185.8	125.7	193.3	271.9	80.0	26.3	0.0	1376.5
	ชนแดน	7.3	18.3	45.6	124.0	244.2	269.5	197.7	225.5	327.4	116.1	17.7	3.8	1596.9
	หนองไผ่	3.6	16.1	62.0	109.0	179.5	139.5	186.0	205.5	267.6	62.9	19.5	0.2	1251.5
	รร.บ้านนาสนุ่น	1.1	6.8	40.6	87.5	130.8	138.3	107.2	174.9	207.7	67.0	18.0	0.7	980.7
	รร.บ้านคลองกระจัง	0.0	25.4	49.6	157.2	287.2	243.0	193.5	261.9	281.1	183.1	0.0	0.0	1681.9
ลพบุรี	โคกสำโรง	4.9	11.0	40.1	79.5	168.9	116.8	105.8	149.7	221.6	91.8	21.4	7.5	1019.2
	ท่าหลวง	5.7	13.0	23.3	58.4	153.6	124.6	87.6	118.3	201.6	106.7	9.6	3.8	906.1
	สระโบสถ์	0.1	7.1	24.1	70.6	163.4	113.0	105.9	131.9	210.3	91.9	35.0	0.4	953.5
	รร.บ้านหัวลำ	2.9	24.0	57.1	113.0	147.0	159.7	122.5	153.1	249.8	141.3	23.5	0.8	1194.7
	น้ำตกวังก้านเหลือง	5.7	8.1	18.9	60.1	166.5	126.6	88.4	127.2	221.5	106.0	8.8	0.0	937.7
	รร.บ้านด่านไทยล้อม	1.6	10.8	65.6	99.3	172.9	112.4	85.4	148.4	201.3	118.1	24.8	3.6	1044.0
ค่าเฉลี่ยทุกสถานี		3.3	13.9	41.5	98.5	191.3	168.4	134.2	180.0	247.5	108.3	18.0	1.9	1206.8

2. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิ (°C) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	25.2	27.1	29.4	30.5	29.2	28.7	28.3	28.0	27.8	27.7	26.1	24.4	27.7
	หล่มสัก	25.0	26.6	28.6	30.1	29.0	28.6	28.1	27.8	27.7	27.6	26.0	24.2	27.4
	วิเชียรบุรี	25.7	27.7	29.8	30.7	29.9	29.5	29.1	28.8	28.4	28.3	26.6	25.0	28.3
ลพบุรี	ลพบุรี	27.1	28.5	29.9	30.6	29.6	29.3	29.0	29.0	28.5	25.7	24.7	26.3	28.2
	บัวชุม	25.5	27.5	29.7	30.6	29.6	29.2	28.9	28.7	25.2	27.8	26.1	24.6	27.8
ค่าเฉลี่ยทุกสถานี		25.7	27.48	29.48	30.5	29.46	29.06	28.68	28.46	27.52	27.42	25.9	24.9	27.88

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

3. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิสูงสุด (°C) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	32.7	34.5	36.5	37.0	34.1	33.2	32.6	32.0	32.0	32.7	32.2	31.3	33.4
	หล่มสัก	32.5	34.0	35.8	36.7	34.1	33.3	32.4	31.9	32.1	32.7	32.2	31.1	33.2
	วิเชียรบุรี	33.0	34.8	36.6	37.0	35.1	34.5	33.8	33.2	32.7	33.1	32.5	31.7	34.0
ลพบุรี	ลพบุรี	32.9	34.0	35.4	36.0	34.3	33.9	33.6	33.3	32.8	29.6	29.0	31.8	33.0
	บัวชุม	32.6	34.6	36.5	37.0	34.8	34.1	33.7	33.3	29.2	32.6	31.8	30.9	33.4
	ค่าเฉลี่ยทุกสถานี	32.7	34.4	36.2	36.7	34.5	33.8	33.2	32.7	31.8	32.1	31.5	31.4	33.4

4. ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิต่ำสุด (°C) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	18.1	20.2	22.6	24.6	24.7	24.7	24.5	24.4	24.1	23.3	20.6	18.0	22.5
	หล่มสัก	17.7	19.5	21.6	23.8	24.1	24.2	23.9	23.8	23.5	22.6	19.9	17.6	21.9
	วิเชียรบุรี	18.8	21.0	23.4	25.0	25.1	24.9	24.7	24.7	24.5	23.8	21.1	18.7	23.0
ลพบุรี	ลพบุรี	21.6	23.3	24.8	25.6	25.2	25.0	24.9	25.0	24.6	22.1	20.6	21.2	23.7
	บัวชุม	18.7	20.8	23.3	24.7	24.7	24.6	24.4	24.3	21.6	23.5	20.8	18.6	22.5
	ค่าเฉลี่ยทุกสถานี	19.0	21.0	23.1	24.7	24.8	24.7	24.5	24.4	23.7	23.1	20.6	18.8	22.7

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

5. ปริมาณน้ำฝนรวม (มม.) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	6.1	18.0	48.8	98.2	181.5	189.6	136.2	211.7	237.0	95.8	10.2	1.8	1234.9
	หล่มสัก	3.2	16.9	27.7	64.0	161.1	145.9	129.6	205.1	215.6	88.8	14.0	2.1	1074.0
	วิเชียรบุรี	7.0	11.2	69.5	102.9	157.4	172.0	149.1	207.3	235.8	126.4	23.9	4.2	1266.8
ลพบุรี	ลพบุรี	10.4	6.6	44.9	114.7	160.3	130.9	105.2	131.3	254.3	113.1	27.9	7.6	1107.0
	บัวชุม	4.2	17.1	50.5	89.7	142.1	136.6	125.1	159.5	263.4	110.2	25.9	1.9	1126.1
	ค่าเฉลี่ยทุกสถานี	6.2	14.0	48.3	93.9	160.5	155.0	129.0	183.0	241.2	106.9	20.4	3.5	1161.8

6. ค่าเฉลี่ยรายเดือนจำนวนวันฝนตก (วัน) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	1.1	2.0	5.2	10.1	18.3	18.4	17.5	20.4	19.0	11.2	2.4	0.8	126.4
	หล่มสัก	0.9	1.8	5.0	8.7	16.6	17.3	16.9	19.3	18.0	8.9	2.6	0.5	116.5
	วิเชียรบุรี	0.6	2.1	4.7	9.6	15.2	14.3	14.8	16.8	17.5	10.6	2.9	0.4	109.5
ลพบุรี	ลพบุรี	0.8	1.6	3.7	8.0	13.5	12.3	13.8	13.9	15.4	11.6	2.6	1.0	98.2
	บัวชุม	1.0	2.3	5.4	9.9	15.3	13.9	14.2	16.1	17.1	9.9	3.2	0.6	108.9
	ค่าเฉลี่ยทุกสถานี	0.9	2.0	4.8	9.3	15.8	15.2	15.4	17.3	17.4	10.4	2.7	0.7	111.9

ตารางผนวกที่ ค1 (ต่อ)

7. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของความชื้นสัมพัทธ์ (%) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	65.3	64.1	63.7	70	79.8	81.3	82.2	84.2	84.7	78.7	71.9	66.8	74.4
	หล่มสัก	63.0	61.7	63.5	69.4	78.2	80.7	81.1	82.9	83.7	77.1	69.9	65.4	73.1
	วิเชียรบุรี	64.0	61.6	62.6	69.0	76.7	78.0	78.9	80.2	82.0	77.7	70.6	65.1	72.2
ลพบุรี	ลพบุรี	61.8	64.2	67.2	71.0	76.2	76.7	76.6	77.5	80.1	75.4	65.4	59.1	70.9
	บัวชุม	65.2	63.4	64.5	70.3	78.1	78.6	79.1	80.8	76.1	79.9	73.5	66.9	73.0
	ค่าเฉลี่ยทุกสถานี	63.9	63.0	64.3	69.9	77.8	79.1	79.6	81.1	81.3	77.8	70.3	64.7	72.7

8. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของการคายระเหย (evaporation) (มม.) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดเพชรบูรณ์และลพบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2542-2551)

จังหวัด	สถานีตรวจอากาศ	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ตลอดปี
เพชรบูรณ์	เพชรบูรณ์	4.0	4.4	5.2	5.7	4.6	4.2	3.9	3.5	3.5	3.9	4.0	4.0	50.8
	หล่มสัก	4.1	4.6	5.2	5.5	4.9	4.5	4.1	3.9	3.7	4.2	4.3	4.1	53.0
	วิเชียรบุรี	3.8	4.5	4.7	5.4	4.5	4.3	4.0	3.9	3.6	4.1	4.0	3.9	50.7
ลพบุรี	ลพบุรี	4.5	4.9	5.5	5.6	5.0	4.8	4.6	4.3	4.0	4.0	4.4	4.7	56.3
	บัวชุม	4.7	5.4	6.0	5.8	4.7	4.5	4.2	3.8	3.2	4.1	4.2	4.5	55.0
	ค่าเฉลี่ยทุกสถานี	4.2	4.8	5.3	5.6	4.7	4.5	4.2	3.9	3.6	4.1	4.2	4.2	53.2

ตารางผนวกที่ ค2 สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา

Horizon	Depth (cm)	Paricle size distribution (g kg ⁻¹) (USDA grading)			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)	COLE
		Sand	Silt	Clay				
Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-25	135	461	404	SiCL	1.81	nd	0.22
Bk1	25-45	117	276	607	C	1.82	6.66x10 ⁻⁴	0.23
Bssk1	45-70	112	358	530	C	1.88	7.66x10 ⁻⁷	0.19
Bssk2	70-93	132	156	712	C	1.91	-	0.21
Bssk3	93-115	149	29	821	C	1.89	-	0.31
Bssk4	115-140	125	206	669	C	1.93	-	0.26
Bk2	140-170	126	163	710	C	1.94	-	0.24
Bk3	170-200+	191	263	545	C	1.73	-	0.25
Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-20	36	83	880	C	1.48	7.80x10 ⁻⁴	0.28
ABk	20-47	31	59	910	C	1.57	1.05x10 ⁻⁶	0.27
Bss1	47-80	43	72	885	C	1.51	8.12x10 ⁻⁷	0.23
Bss2	80-110	39	59	902	C	1.56	-	0.24
Bk1	110-130/140	50	172	778	C	1.58	-	0.23
Bk2	140-160+	237	158	605	C	1.81	-	0.13
Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-20	291	237	473	C	1.61	1.40x10 ⁻³	0.19
Bt1	20-45	239	259	502	C	1.62	8.04x10 ⁻⁵	0.19
Bt2	45-70	220	180	600	C	1.68	8.64x10 ⁻⁶	0.23
Bt3	70-90	218	200	582	C	1.72	-	0.25
Bt4	90-110/115	192	319	489	C	1.79	-	0.28
Crt	115-140+	502	283	215	L	1.84	-	0.03
Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic								
Apk	0-18/20	112	167	721	C	1.60	3.33x10 ⁻⁵	0.26
Btk1	20-40	69	218	712	C	1.62	3.49x10 ⁻⁴	0.24
Btk2	40-60	86	172	742	C	1.62	3.06x10 ⁻⁶	0.25
Btk3	60-80	89	236	675	C	1.50	-	0.25
Btk4	80-110	242	134	624	C	1.68	-	0.18
Crtk1	110-135	473	185	341	SCL	1.62	-	0.23
Crtk2	135-168+	437	205	358	CL	1.66	-	0.09
Pedon 5 Chai Badan variant 2, Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-15	199	224	577	C	1.59	1.87x10 ⁻⁷	0.22
Bt	15-30/40	188	260	552	C	1.49	1.14x10 ⁻⁷	0.20
Btc	40-40/70	276	214	510	C	1.37	2.30x10 ⁻⁵	0.19
Crt1	70-100	443	178	379	CL	1.53	-	0.11
Crt2	100-130	493	283	224	L	1.56	-	0.15
Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-20	490	194	316	SCL	1.63	5.49x10 ⁻⁵	0.09
Bt	20-45	437	230	333	CL	1.71	1.34x10 ⁻⁴	0.19
Btc1	45-75	446	208	346	SC	1.76	5.28x10 ⁻⁴	0.14
Btc2	75-105	486	109	405	C	1.79	-	0.15
2Btk1	105-135	195	190	615	C	1.75	-	0.24
2Btk2	135-160+	309	177	514	C	1.62	-	0.20
Pedon 7 Wang Chomphu variant 2, Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic								
Ap	0-25	364	214	422	C	1.60	5.75x10 ⁻⁵	0.10
Bt1	25-48	342	173	485	C	1.63	1.42x10 ⁻⁴	0.23
Bt2	48-70	325	152	523	C	1.64	4.16x10 ⁻⁷	0.20
2Btk1	70-100	223	131	646	C	1.77	-	0.27
2Btk2	100-130	165	122	713	C	1.80	-	0.25
2Btk3	130-150	58	267	675	C	1.84	-	0.26
2Crtk	150-182+	27	168	805	C	1.67	-	0.27

หมายเหตุ C = clay, SiCL = silty clay loam, L = loam, SCL = sandy clay loam, CL = clay loam,
SC = sandy clay, nd = no data

ตารางผนวกที่ ๑๓ สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา

Horizon	Depth (cm)	pH (1:1)		EC (Sat.) dS/m ⁻¹	OM (--- g kg ⁻¹ ---)	Total N (--- g kg ⁻¹ ---)	Avail. P (--- mg kg ⁻¹ ---)	Avail. K (--- mg kg ⁻¹ ---)	Extractable bases				Sum bases mg kg ⁻¹	Extr. acidity	CEC		BS by sum (%)
		H ₂ O	KCl						Ca	Mg	Na	K			By sum	NH ₄ OAc	
Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic																	
Apk	0-25	8.1	6.9	0.67	27.0	1.05	19.7	71	55.63	10.79	0.61	0.18	67.21	18.97	86.18	60.12	78
Bk1	25-45	8.3	6.8	0.39	20.6	0.97	11.5	56	49.71	12.19	1.24	0.14	63.28	17.46	80.74	60.27	78
Bssk1	45-70	8.4	7.0	0.56	19.2	0.61	6.4	39	46.25	16.65	1.17	0.10	64.16	17.54	81.70	56.82	79
Bssk2	70-93	8.5	7.0	0.88	14.3	0.37	6.7	48	40.65	19.98	1.54	0.12	62.29	17.41	79.70	56.27	78
Bssk3	93-115	8.5	7.0	1.02	13.6	0.33	6.2	39	36.91	23.34	5.99	0.10	66.34	17.65	83.99	55.55	79
Bssk4	115-140	8.6	7.1	1.34	12.1	0.33	8.7	26	32.65	24.94	4.65	0.07	62.30	17.61	79.91	57.22	78
Bk2	140-170	8.7	7.2	1.50	7.7	0.26	8.1	46	33.67	22.77	5.67	0.12	62.23	14.46	76.69	50.51	81
Bk3	170-200+	8.7	7.2	1.06	7.7	0.18	10.0	29	36.93	17.58	5.14	0.07	59.73	14.51	74.24	40.50	80
Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic																	
Apk	0-20	7.9	6.5	0.31	24.9	1.22	8.3	126	89.67	6.20	0.46	0.30	96.63	21.48	118.11	96.80	82
ABk	20-47	7.9	6.6	0.30	19.8	0.69	2.1	87	132.24	7.17	0.16	0.20	139.77	18.67	158.44	90.49	88
Bss1	47-80	8.0	6.7	0.28	14.8	0.35	1.3	71	106.17	8.85	0.19	0.16	115.37	19.90	135.26	93.79	85
Bss2	80-110	8.0	6.7	0.31	14.9	0.36	2.0	62	104.06	11.85	0.72	0.14	116.77	20.83	137.59	87.56	85
Bk1	110-130/140	8.0	6.9	0.32	14.0	0.53	4.1	62	84.73	13.45	1.08	0.14	99.41	13.19	112.60	74.07	88
Bk2	140-160+	8.2	6.9	0.51	3.8	0.01	0.1	35	99.69	5.87	0.29	0.07	105.92	7.89	113.81	36.12	93
Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic																	
Apk	0-20	8.2	6.8	0.34	15.9	0.91	18.7	86	34.78	1.57	0.16	0.20	36.72	3.90	40.61	34.32	90
Bt1	20-45	8.0	6.6	0.40	12.9	0.60	9.7	70	31.66	2.00	0.23	0.16	34.05	4.96	39.01	34.06	87
Bt2	45-70	7.9	6.4	0.47	9.6	0.42	0.9	59	31.49	2.70	0.38	0.14	34.71	6.74	41.46	35.32	84
Bt3	70-90	8.3	6.3	0.30	6.3	0.25	0.7	67	32.94	3.34	0.33	0.15	36.77	7.87	44.63	38.30	82
Bt4	90-110/115	7.9	6.1	0.49	4.8	0.14	4.8	67	31.36	3.63	0.66	0.15	35.80	12.45	48.25	39.65	74
Crt	115-140+	8.2	5.4	0.33	2.0	0.01	66.4	31	29.05	2.79	0.51	0.06	32.41	5.83	38.24	25.61	85
Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic																	
Apk	0-18/20	8.0	6.8	0.32	19.2	0.93	21.1	121	46.43	4.37	0.29	0.30	51.39	11.08	62.47	44.81	82
Btk1	20-40	8.3	7.0	0.33	17.6	1.02	2.4	83	52.12	9.62	0.34	0.19	62.26	7.00	69.26	44.89	90
Btk2	40-60	8.3	7.0	0.35	19.3	0.87	3.3	73	47.36	12.06	0.24	0.17	59.83	1.01	60.84	44.17	98
Btk3	60-80	8.4	7.1	0.49	21.8	0.91	6.5	67	50.20	19.58	0.40	0.16	70.34	5.86	76.20	45.09	92
Btk4	80-110	8.3	7.1	0.37	13.7	0.57	4.2	55	42.89	20.07	0.44	0.12	63.52	2.92	66.44	33.49	96

ตารางผนวกที่ ค3(ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	pH (1:1)		EC (Sat.) dS/m ⁻¹	OM (--- g kg ⁻¹ ---)	Total N (--- g kg ⁻¹ ---)	Avail. P (--- mg kg ⁻¹ ---)	Avail. K (--- mg kg ⁻¹ ---)	Extractable bases				Sum bases mg kg ⁻¹	Extr. acidity	CEC		BS by sum (%)
		H ₂ O	KCl						Ca	Mg	Na	K			By sum	NH ₄ OAc	
Pedon 4 Samo Thod series (continue)																	
Crtk1	110-135	8.1	6.5	0.29	2.5	0.11	16.0	42	41.25	24.11	0.39	0.10	65.85	10.49	76.34	38.86	86
Crtk2	135-168+	8.3	6.5	0.28	2.0	0.04	2.7	38	51.80	23.15	0.60	0.08	75.64	6.02	81.66	40.78	93
Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic																	
Ap	0-15	6.8	5.2	0.29	25.4	1.31	13.8	110	32.18	9.21	0.11	0.26	41.76	13.30	55.06	48.95	76
Bt	15-30/40	7.2	5.7	0.22	18.4	1.00	3.5	44	35.85	8.75	0.75	0.10	45.45	13.04	58.50	43.59	78
Btc	40-40/70	7.4	5.7	0.22	13.4	0.64	1.2	29	29.55	9.93	0.89	0.06	40.43	16.39	56.82	41.47	71
Crt1	70-100	7.1	4.9	0.16	4.2	0.11	0.5	22	39.48	18.35	0.17	0.04	58.03	14.55	72.58	44.05	80
Crt2	100-130	7.1	4.1	0.12	4.1	0.07	0.5	18	35.84	13.67	0.51	0.03	50.05	21.66	71.71	39.73	70
Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic																	
Ap	0-20	6.3	5.1	0.20	21.5	1.03	4.4	41	19.32	4.69	0.41	0.09	24.51	5.90	30.41	27.09	81
Bt	20-45	5.7	4.7	0.15	7.8	0.42	1.0	26	18.22	4.78	1.00	0.05	24.05	9.76	33.81	28.74	71
Btc1	45-75	5.8	4.5	0.11	5.3	0.31	0.7	21	19.08	4.26	0.53	0.04	23.92	11.29	35.21	27.29	68
Btc2	75-105	6.4	4.8	0.07	2.7	0.10	0.4	19	14.50	3.88	0.39	0.03	18.80	7.85	26.65	22.33	71
2Btk1	105-135	8.2	6.7	0.25	3.5	0.11	2.3	33	37.58	10.57	0.37	0.07	48.58	7.23	55.81	46.10	87
2Btk2	135-160+	8.5	6.8	0.24	2.8	0.01	3.6	32	40.62	9.38	0.36	0.06	50.42	9.77	60.20	51.17	84
Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic																	
Ap	0-25	6.3	5	0.20	30.3	1.07	1.3	77	20.23	3.99	0.41	0.18	24.81	13.14	37.95	30.67	65
Bt1	25-48	6.5	4.9	0.10	10.9	0.47	0.6	31	21.61	3.11	0.52	0.07	25.30	12.69	37.99	30.05	67
Bt2	48-70	5.8	3.9	0.11	8.9	0.35	0.5	36	19.36	3.02	0.74	0.08	23.20	16.27	39.46	34.37	59
2Btk1	70-100	7.3	5.9	0.24	5.4	0.22	0.5	46	31.18	5.25	1.40	0.10	37.93	10.92	48.85	42.16	78
2Btk2	100-130	8.2	7	0.40	5.5	0.14	0.7	48	43.26	6.86	2.09	0.11	52.32	7.72	60.04	43.00	87
2Btk3	130-150	8.4	6.9	0.26	3.9	0.12	1.8	43	46.37	7.98	2.54	0.10	56.99	10.70	67.69	43.32	84
2Crtk	150-182+	8.4	6.8	0.29	2.8	0.22	7.1	66	45.32	9.36	3.15	0.16	57.98	9.18	67.16	51.18	86

ตารางผนวกที่ ๓๔ ปริมาณเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีส ที่สกัดด้วยไดโซไฮไดรด์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต, ออกซาเลต และไพโรฟอสเฟตของดินที่ทำการศึกษา

Horizon	Depth (cm)	Fe _d (----- g kg ⁻¹ -----)	Fe _p (----- g kg ⁻¹ -----)	Fe _p (----- g kg ⁻¹ -----)	Fe _o /Fe _d	Al _d (----- g kg ⁻¹ -----)	Al _{o1} (----- g kg ⁻¹ -----)	Al _p (----- g kg ⁻¹ -----)	Al _o /Al _d	Mn _d (----- g kg ⁻¹ -----)	Mn _{o1} (----- g kg ⁻¹ -----)	Mn _p (----- g kg ⁻¹ -----)
Pedon 1 Lop Buri series; Typic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-25	2.02	1.42	0.17	0.70	0.32	1.38	4.25	4.36	1.20	0.02	0.46
Bk1	25-45	1.70	1.18	0.02	0.70	0.31	1.08	0.02	3.48	2.74	1.28	0.00
Bssk1	45-70	1.56	1.32	0.02	0.84	0.26	1.07	0.23	4.07	2.73	1.28	0.01
Bssk2	70-93	1.37	1.14	0.04	0.83	0.21	1.01	0.01	4.79	2.70	1.30	0.01
Bssk3	93-115	1.43	1.19	0.03	0.83	0.22	1.04	0.09	4.71	2.50	1.14	0.01
Bssk4	115-140	1.55	1.17	0.05	0.75	0.22	0.97	0.02	4.50	2.31	1.22	0.01
Bk2	140-170	1.34	1.20	0.02	0.89	0.20	0.80	0.01	4.09	2.38	1.75	0.01
Bk3	170-200+	0.81	0.62	0.02	0.76	0.12	0.53	0.00	4.36	5.25	0.75	0.08
Pedon 2 Chai Badan variant 1; Calcic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-20	4.61	1.78	1.26	0.39	0.33	2.73	1.56	8.28	1.27	1.70	0.01
ABk	20-47	3.48	2.09	3.96	0.60	0.31	2.66	8.05	8.57	0.88	1.23	0.02
Bss1	47-80	3.63	1.64	1.67	0.45	0.37	2.11	2.15	5.69	0.44	0.59	0.01
Bss2	80-110	4.36	1.95	2.36	0.45	0.24	2.22	2.67	9.20	0.47	0.66	0.01
Bk1	110-130/140	3.03	1.11	0.87	0.37	0.13	1.41	1.13	11.16	0.76	0.64	0.02
Bk2	140-160+	0.69	0.16	0.55	0.22	0.04	0.39	0.30	9.96	0.53	0.31	0.00
Pedon 3 Samo Thod variant; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-20	3.92	1.42	0.17	0.36	0.23	1.58	0.22	6.94	1.00	1.32	0.09
Bt1	20-45	6.75	1.98	1.96	0.29	0.26	1.54	1.38	5.88	0.64	1.03	0.04
Bt2	45-70	8.17	2.00	0.62	0.24	0.35	1.67	0.99	4.75	0.43	0.67	0.03
Bt3	70-90	8.95	1.33	1.05	0.15	0.29	1.27	1.55	4.35	0.21	0.38	0.01
Bt4	90-110/115	5.55	0.91	1.23	0.16	0.21	0.99	2.04	4.71	0.52	0.86	0.01
Crt	115-140+	3.05	0.70	1.54	0.23	0.11	0.93	1.55	8.10	0.70	0.98	0.01
Pedon 4 Samo Thod series; Chromic Haplustert, very fine, smectitic, isohyperthermic												
Apk	0-18/20	21.56	3.70	0.26	0.17	0.37	2.02	0.21	5.45	0.89	1.50	0.07
Btk1	20-40	26.62	2.68	0.64	0.10	0.25	1.25	0.56	5.10	0.84	0.84	0.08
Btk2	40-60	18.31	2.66	0.45	0.15	0.22	1.23	0.40	5.45	0.67	0.89	0.08
Btk3	60-80	17.02	3.19	0.64	0.19	0.25	1.49	0.67	5.93	0.44	0.77	0.07
Btk4	80-110	18.90	1.86	0.36	0.10	0.17	1.00	0.67	5.93	0.80	1.07	0.07
Crtk1	110-135	9.74	1.40	0.09	0.14	0.24	0.95	0.23	4.03	0.91	1.49	0.01
Crtk2	135-168+	12.52	1.33	0.09	0.11	0.14	1.03	0.20	7.34	0.78	1.13	0.01
Pedon 5 Chai Badan variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Ap	0-15	9.93	4.12	2.08	0.42	0.28	2.17	1.87	7.71	1.23	2.09	0.02
Bt	15-30/40	2.21	4.58	2.74	2.07	0.30	2.45	2.41	8.04	0.77	1.99	0.12
Btc	40-40/70	10.32	4.01	4.77	0.39	0.40	1.96	5.96	4.87	0.98	1.78	0.05
Crt1	70-100	16.07	2.91	5.22	0.18	0.33	1.74	8.13	5.27	2.27	3.00	0.02
Crt2	100-130	10.76	2.37	3.19	0.22	0.18	1.91	4.78	10.50	1.21	2.20	0.01
Pedon 6 Wang Chomphu variant 1; Chromic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Ap	0-20	3.19	1.84	3.88	0.58	0.11	0.83	6.35	7.47	0.37	0.69	0.30
Bt	20-45	7.79	1.96	1.86	0.25	0.33	1.27	2.48	3.87	0.24	0.46	0.04
Btc1	45-75	19.49	2.64	4.60	0.14	0.37	1.29	9.28	3.44	1.66	3.25	0.01
Btc2	75-105	11.82	1.47	2.43	0.12	0.30	1.09	5.98	3.59	0.51	1.11	0.01
2Btk1	105-135	4.30	0.95	1.01	0.22	0.10	0.89	0.06	8.78	0.44	0.66	0.01
2Btk2	135-160+	3.13	0.53	0.41	0.17	0.08	0.76	0.14	9.02	0.46	0.51	0.01
Pedon 7 Wang Chomphu variant 2; Typic Haplustert, fine, smectitic, isohyperthermic												
Ap	0-25	8.18	4.32	3.88	0.53	0.36	1.45	5.59	4.03	0.39	0.68	0.08
Bt1	25-48	14.27	3.27	4.25	0.23	0.72	1.66	4.45	2.29	0.06	0.18	0.01
Bt2	48-70	14.11	2.43	1.82	0.17	1.00	1.60	3.63	1.61	0.23	0.35	0.00
2Btk1	70-100	15.90	2.00	0.87	0.13	0.30	1.33	1.44	4.49	0.48	1.02	0.01
2Btk2	100-130	11.61	1.63	0.22	0.14	0.11	1.13	0.37	10.24	0.34	0.66	0.01
2Btk3	130-150	11.76	1.19	0.02	0.10	0.15	0.90	0.13	5.83	0.22	0.37	0.01
2Crtk	150-182+	15.79	0.66	0.29	0.04	0.09	0.53	0.53	5.90	0.20	0.24	0.00

หมายเหตุ Fe_p, Al_p, Mn_p = สกัดด้วย dithionite-citrate-bicarbonate

Fe_o, Al_o, Mn_o = สกัดด้วย ammonium oxalate (pH 3.0)

Fe_p, Al_p, Mn_p = สกัดด้วย 0.1 M sodium pyrophosphate (pH 10)

ตารางผนวกที่ ค5 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน

คำเรียกทั่วไป		ชื่อชั้นของเนื้อดินหลัก
ดินทราย (Sandy)	เนื้อหยาบ	ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ทรายหยาบมากถึง ทรายละเอียดมาก และทรายปนดินร่วนถึงทรายละเอียดมากปนดินร่วน
	เนื้อหยาบปานกลาง	ได้แก่ ดินร่วนปนทรายชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายหยาบถึงดินร่วนปนทรายละเอียด
ดินร่วน (Loamy)	เนื้อปานกลาง	ได้แก่ ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง
	เนื้อละเอียดปานกลาง	ได้แก่ ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
ดินเหนียว (Clayey)	เนื้อดินละเอียด	ได้แก่ ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง และดินเหนียว

ที่มา: เอ็ม (2552); Soil Survey Division Staff (1993)

ตารางผนวกที่ ค6 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ, 2548; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

1. พีเอชของดิน (Soil pH) (ดิน : น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	<3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.4
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.5-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg ⁻¹) (%OM x 10)
ต่ำมาก (VL)	<5
ต่ำ (L)	5-10
ค่อนข้างต่ำ (ML)	10-15
ปานกลาง (M)	15-25
ค่อนข้างสูง (MH)	25-35
สูง (H)	35-45
สูงมาก (VH)	>45

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	<1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0
ปานกลาง (M)	2.0-5.0
สูง (H)	5.0-7.5
สูงมาก (VH)	>7.5

4. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation)

ระดับ (rating)	พิสัย (%)
ต่ำ (L)	<35
ปานกลาง (M)	35-75
สูง (H)	>75

5. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	<3
ต่ำ (L)	3-5
ค่อนข้างต่ำ (ML)	5-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-20
สูง (H)	20-30
สูงมาก (VH)	>30

6. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)	ฟอสฟอรัส (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	<3
ต่ำ (L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (ML)	6-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-25
สูง (H)	25-45
สูงมาก (VH)	>45

7. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH₄OAc)

ระดับ (rating)	โพแทสเซียม (mg kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	<30
ต่ำ (L)	30-60
ปานกลาง (M)	60-90
สูง (H)	90-120
สูงมาก (VH)	>120

8. เบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg^{-1})				
	extr.Ca	extr.Mg	extr.K	extr.Na	extr.bases
ต่ำมาก (VL)	<2.0	<0.3	<0.2	<0.1	<2.6
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	2.6-6.6
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	6.6-14.3
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	14.3-31.2
สูงมาก (VH)	>20	>8.0	>1.2	>2.0	>31.2

หมายเหตุ VL = ต่ำมาก (Very low)

L = ต่ำ (Low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)

M = ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)

MH = ค่อนข้างสูง (Moderate high)

H = สูง (High)

VH = สูงมาก (Very low)

ตารางผนวกที่ ๗ เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแล็กเปลี่ยนได้

ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก	<1.0
ต่ำ	1.0-2.0
ปานกลาง	2.0-5.0
ค่อนข้างสูง	5.0-10.0
สูง	10.0-20.0
สูงมาก	>20.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ ค8 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ระดับ (rating)	พิสัย (Mg m^{-1})
ต่ำมาก	<1.2
ต่ำ	1.2-1.4
ปานกลาง	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง	1.6-1.8
สูง	1.8-2.0
สูงมาก	>2.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ ค9 ระดับชั้นของค่าสภาพน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ระดับชั้น	ค่าสภาพน้ำ ของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (cm hr^{-1})
ช้ามาก (Very slow)	<0.125
ช้า (Slow)	0.125-0.50
ช้าปานกลาง (Moderately slow)	0.50-2.00
ปานกลาง (Moderate)	2.00-6.25
เร็วปานกลาง (Moderately rapid)	6.25-12.50
เร็ว (Rapid)	12.50-25.00
เร็วมาก (Very rapid)	>25.00

ที่มา: O'Neal (1952)

ตารางผนวกที่ ค10 สมบัติของดินทั่วไปเปรียบเทียบกับดินเค็ม ดิน โซดิก และดินเค็มโซดิก

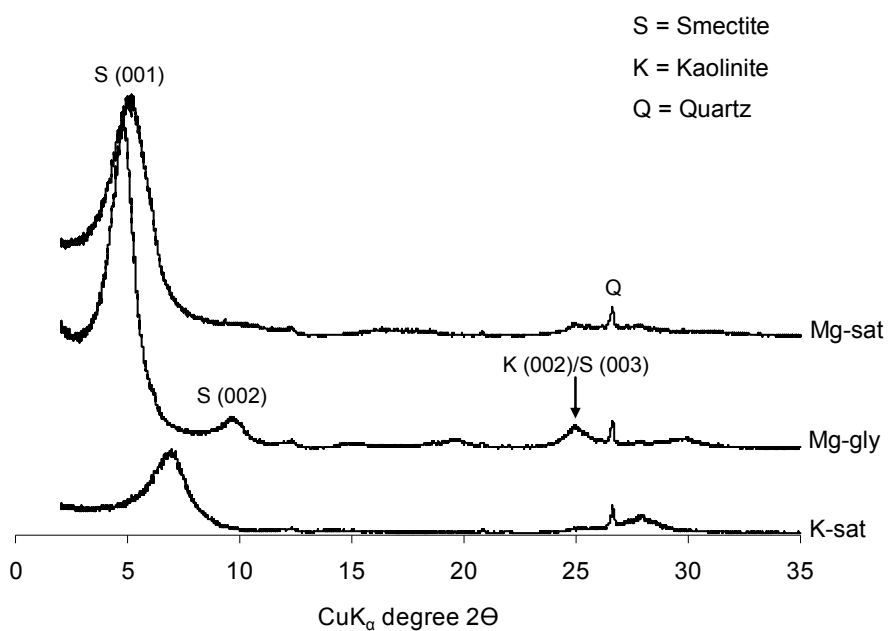
Soil	pH	Electrical Conductivity EC (dS m ⁻¹)	Sodium Adsorption Ratio (SAR)
Normal	6.7-7.2	<4	<13
Saline	<8.5	>4	<13
Sodic	>8.5	<4	>13
Saline-Sodic	<8.5	>4	>13

ที่มา: Brady and Weil (2008)

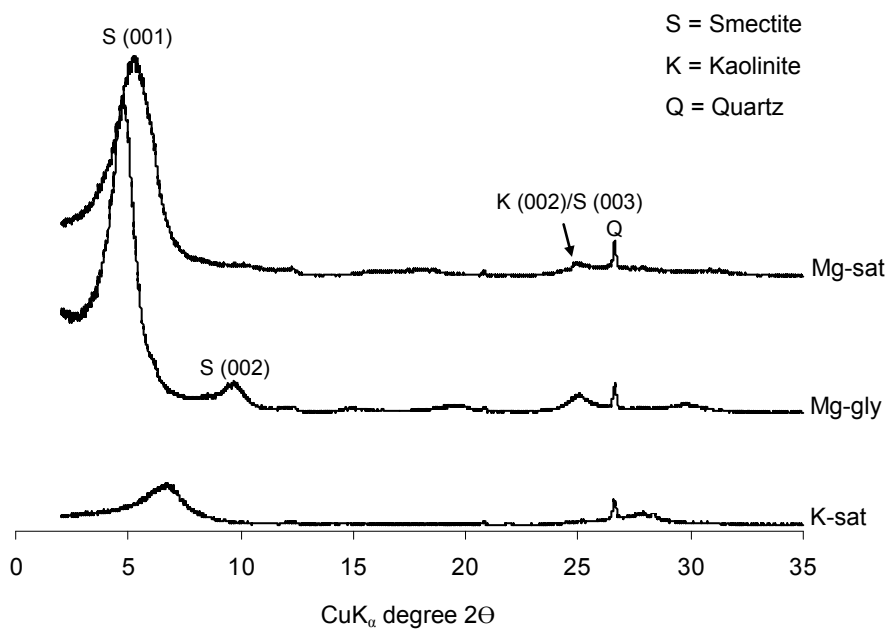
ตารางผนวกที่ 11 X-ray diffraction spacing obtained from (001) planes of layer-silicate species as related to sample treatment

Diffraction spacing (Å)	Mineral (or minerals) Indicated
<u>Mg-saturated, air-dried</u>	
14-15	Smectite, vermiculite, chlorite
9.9-10.1	Mica (illite), halloysite
7.2-7.5	Metahalloysite
7.15	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
<u>Mg-saturated, glycerol-solvated</u>	
17.7-18.0	Smectite
14-15	Vermiculite, chlorite
10.8	Halloysite
9.9-10.1	Mica (illite)
7.2-7.5	Metahalloysite
7.5	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
<u>K-saturated, air-dried</u>	
14-15	Chlorite, vermiculite (with interlayer aluminium)
12.4-12.8	Smectite
9.9-10.1	Mica (illite), halloysite, vermiculite (contracted)
7.2-7.5	Metahalloysite
7.15	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
<u>K-saturated, heated (550°C)</u>	
14	Chlorite
9.9-10.1	Mica, vermiculite (contracted), smectite (contracted)
7.15	Chlorite (2nd-order maximum)

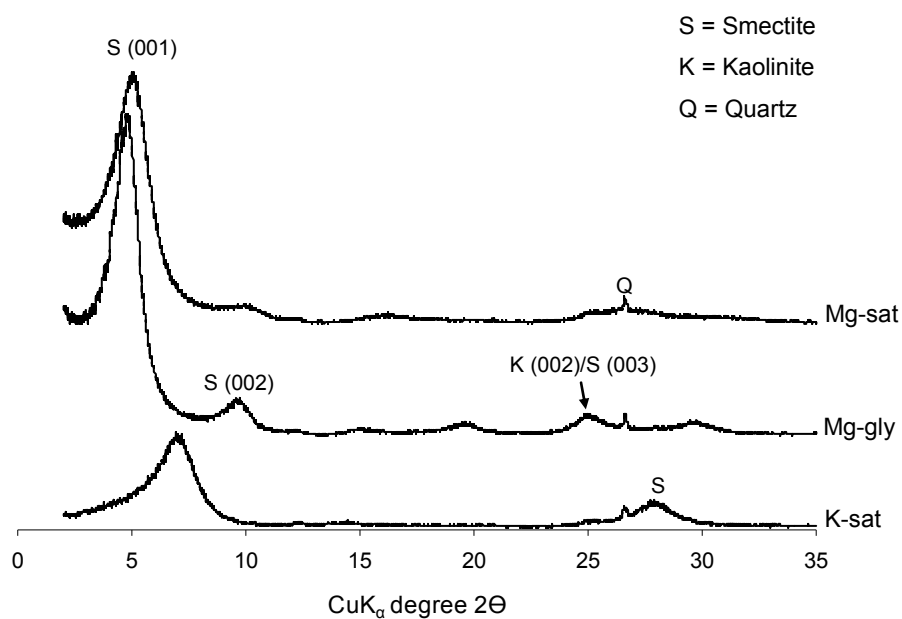
ที่มา: Whittig and Allardice (1986)



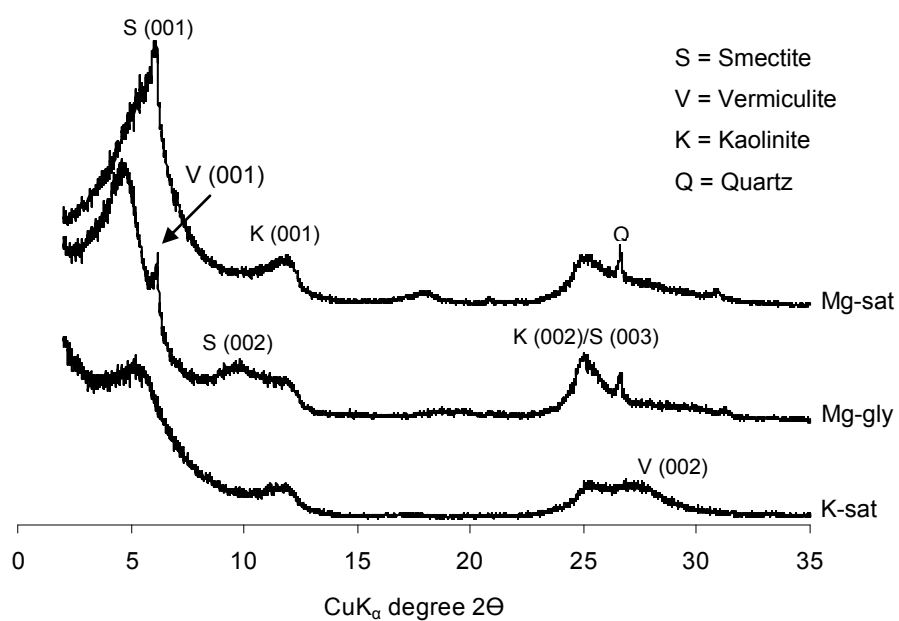
ภาพผนวกที่ ค1 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของฟีดอน 1 ชั้น Apk ช่วงความถี่ 0-25 เซนติเมตร



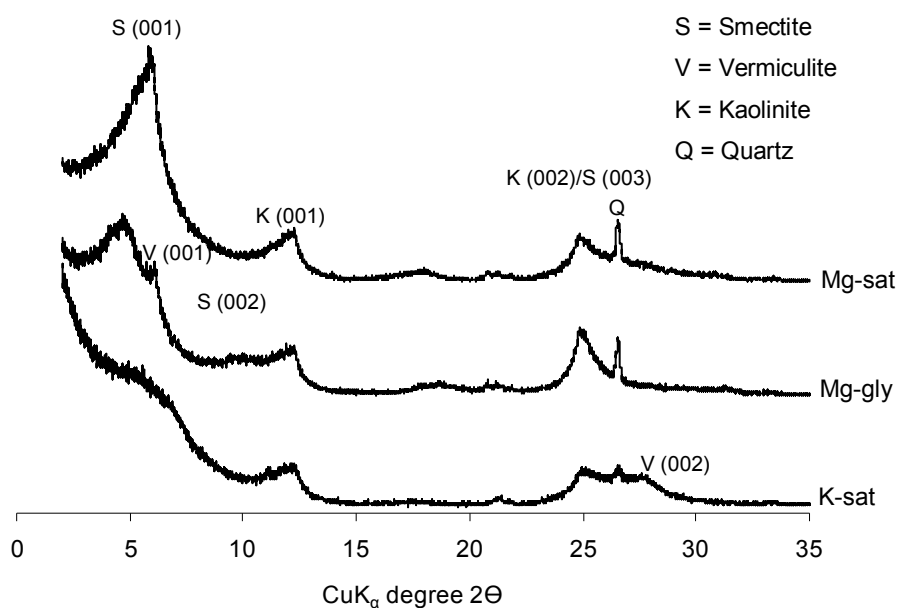
ภาพผนวกที่ ค2 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของฟีดอน 1 ชั้น Bssk2 ช่วงความถี่ 70-93 เซนติเมตร



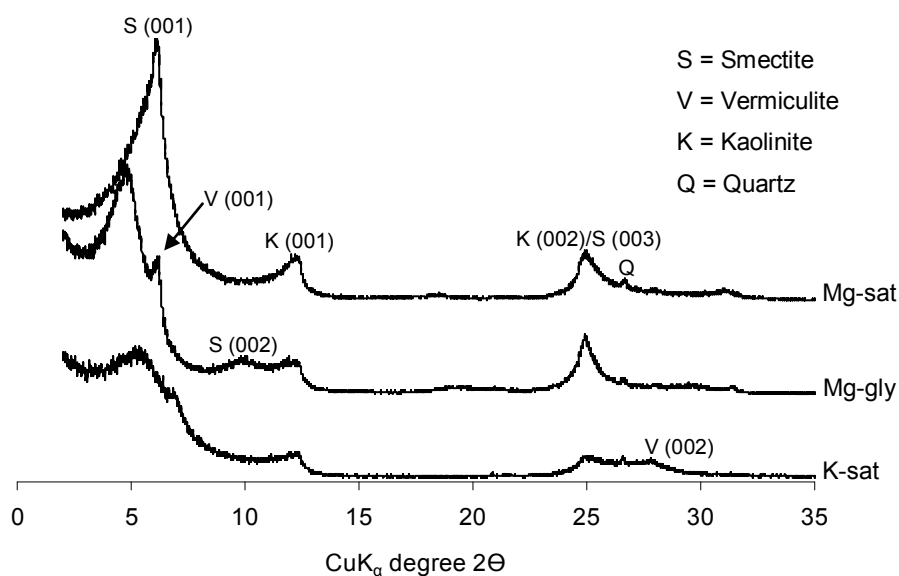
ภาพผนวกที่ ค3 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคดอน 2 ชั้น Bss2 ช่วงความลึก 80-110 เซนติเมตร



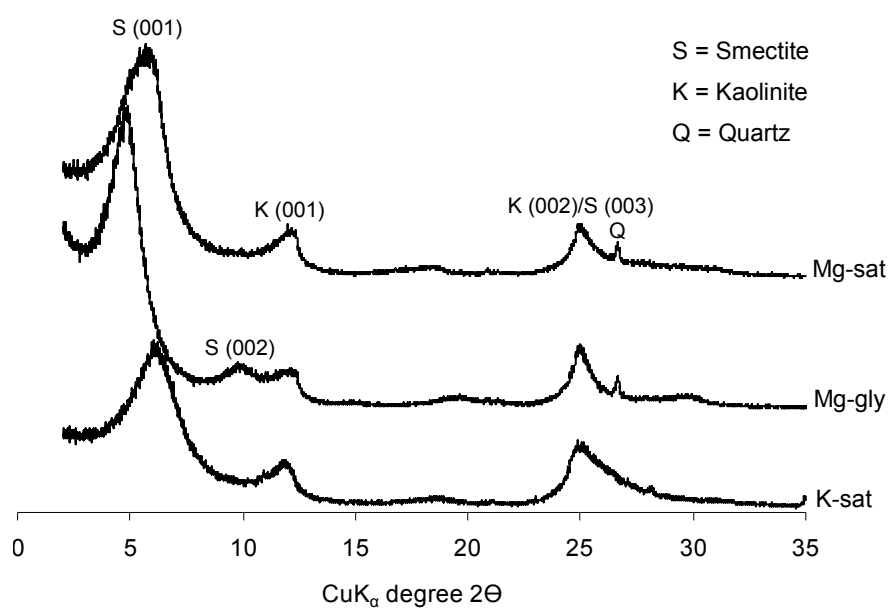
ภาพผนวกที่ ค4 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีคดอน 3 ชั้น Apk ช่วงความลึก 0-20 เซนติเมตร



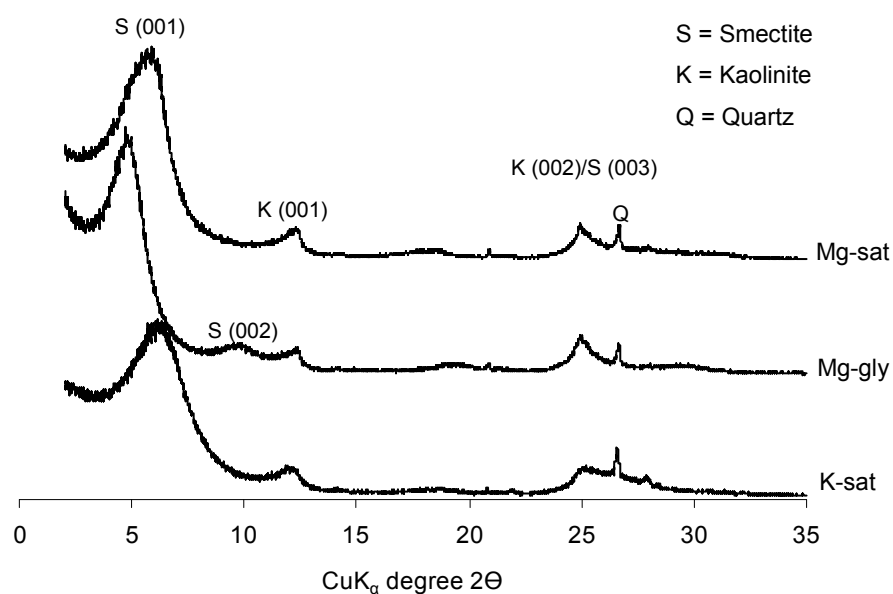
ภาพผนวกที่ ค5 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคนาอดินเหนียวของดินพีคตอน 4 ชั้น Btk2 ช่วงความลึก 40-60 เซนติเมตร



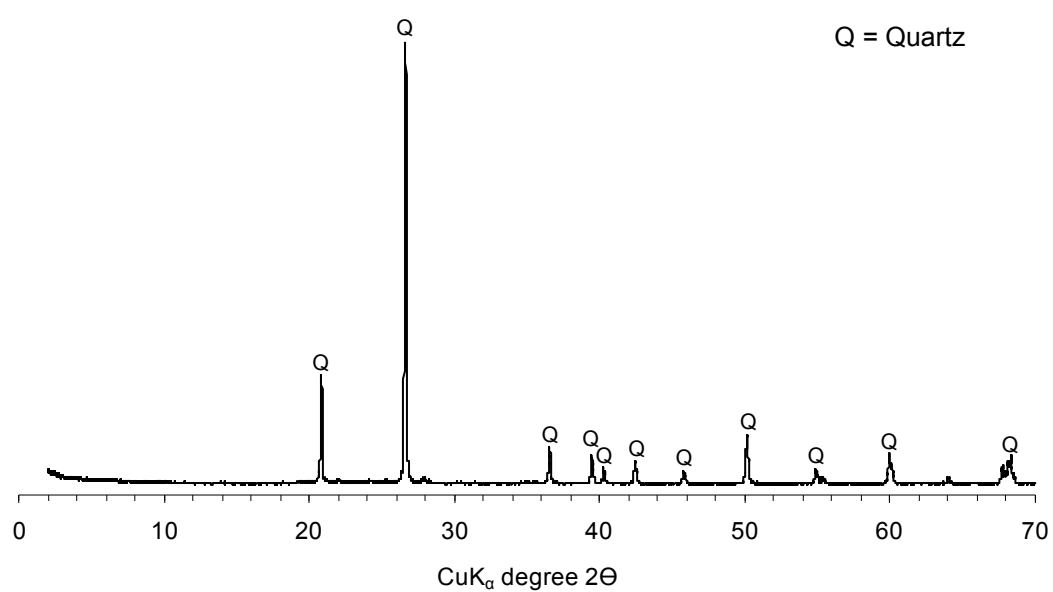
ภาพผนวกที่ ค6 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคนาอดินเหนียวของดินพีคตอน 5 ชั้น Btc ช่วงความลึก 40-40/70 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ ค7 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคนาดินเหนียวของดินฟิวดอน 6 ชั้น Btc1 ช่วงความถี่ 45-75 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ ค8 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคนาดินเหนียวของดินฟิวดอน 7 ชั้น Ap ช่วงความถี่ 0-25 เซนติเมตร



ภาพผนวก ค9 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคนาตรายแบ่งของฟีดอน 1 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวกกรณ์ เหมทานนท์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	16 มกราคม 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-