ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา	ปฐพีวิทยา
สาขา	**ภาควิชา**

เรื่อง การกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

Genesis and Charge Characteristics of Agricultural Upland Soils Derived from Granitic Rocks in Southeast Coast, Thailand

นามผู้วิจัย นางสาวบุษยรัตน์ หมอกมัว

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

(ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ....

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา ....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ .... **เดือน** .... **พ.ศ.** ....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

Genesis and Charge Characteristics of Agricultural Upland Soils Derived from Granitic Rocks in Southeast Coast, Thailand

โดย

นางสาวบุษยรัตน์ หมอกมัว

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
พ.ศ. 2552

บุษยรัตน์ หมอกมัว 2552: การกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, Ph.D. 158 หน้า

ได้ทำการศึกษาการกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย โดยใช้ตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ของ 5 ชุดดิน คือ ชุดดินห้วยโป่ง สัตหีบ ท้ายเหมือง พังงา ซึ่งจำแนกได้เป็น Typic Kandiudults และ ชุดดินภูเก็ตจำแนกได้เป็น Typic Plinthudult โดยทำการศึกษาด้านการกำเนิดจากลักษณะเชิงสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ เคมี และลักษณะเชิงแร่วิทยา ตามวิธีมาตรฐาน และศึกษาลักษณะประจุของดินจากการวิเคราะห์ 1) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นเบส (CEC_B) ใช้ปริมาณแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ที่ถูกดูดซับเป็นตัวแทน 2) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนรวม (CEC_T) ใช้ปริมาณแคลเซียมไอออน และอะลูมินัมไอออน (Al^{3+}) ที่ถูกดูดซับเป็นตัวแทน และ 3) ความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออน (AEC) ใช้ปริมาณคลอไรด์ไอออน (Cl^-) ที่ถูกดูดซับเป็นตัวแทน โดยวิธีบังคับแลกเปลี่ยน (compulsive exchange method) ในชั้นดินบน (Ap) และชั้นดินล่าง (Bt) และ (Bv) ในแต่ละดิน ผลการศึกษา พบว่าดินเหล่านี้เป็นดินที่มีพัฒนาการสูง มีกระบวนการสร้างดินที่สำคัญคือ การซึมชะ การสะสม การชะละลาย การเคลื่อนย้ายเชิงกล และการเกิดศิลาแลง ในเชิงอนุกรมวิธาน ชุดดินห้วยโป่ง ท้ายเหมือง พังงา และดินคล้ายชุดดินสัตหีบ มีหน่วยเป็น Typic Kandiudults และดินคล้ายชุดดินภูเก็ตมีหน่วยเป็น Typic Plinthudult ลักษณะประจุของดินพิจารณาจากการดูดซับสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ 1) ดินที่มีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุบวก ได้แก่ชุดดินห้วยโป่ง และดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ซึ่งทั้ง 2 ดินนี้มีความสามารถในการดูดซับแอนไอออนได้ดี และ 2) ดินที่มีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุลบ ได้แก่ชุดดินท้ายเหมือง และพังงา และดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ซึ่งทั้ง 3 ดินนี้ มีความสามารถในการดูดซับแคตไอออนได้ดี ข้อมูลลักษณะประจุของดินเหล่านี้สามารถใช้เป็นพื้นฐานในการกำหนดแนวทางเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ยและการจัดการดินที่เหมาะสมสำหรับดินที่ดอนส่วนใหญ่ในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทยได้

/ /

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Bussayarat Mokmoor 2009: Genesis and Charge Characteristics of Agricultural Upland Soils Derived from Granitic Rocks in Southeast Coast, Thailand. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Professor Irb Kheoruenromne, Ph.D. 158 pages.

Genesis and charge characteristics study of agricultural upland soils derived from granitic rocks in Southeast Coast, Thailand was carried out using soil samples collected in the areas of five soil series namely Huai Pong, Sattahip, Thai Mueang and Phang-nga series. The genesis study included the analysis of their morphology, physico-chemical properties and mineralogical characteristics based on standard methods. The charge characteristics study included the determination of i) basic cation exchange capacity (CEC_B) represented by the amount of adsorbed calcium ion (Ca^{2+}) ii) total cation exchange capacity (CEC_T) represented by the amount of adsorbed calcium ion and aluminum ion (Al^{3+}) and iii) the anion exchange capacity (AEC) represented by the amount of adsorbed chloride ion (Cl^-) of their surface soils (Ap) and subsoils (Bt and Bv) by the compulsive exchange method. Results of the study revealed that these soils are highly developed soils where their important formation processes include eluviation, illuviation, leaching, lessivage and laterization. Taxonomically, Huai Pong, Thai Mueang, Phang-nga series and Sattahip variant are Typic Kandiudults and Phuket variant is a Typic Plinthudult. Their charge characteristics based on ion adsorption characteristics of these soils can be divided into two groups; 1) soils that have good anion adsorption comprise Huai Pong series and Sattahip variant (Typic Kandiudults), 2) soils that have good cation adsorption comprise Thai Mueang, Phang-nga series (Typic Kandiudults) and Phuket variant (Typic Plinthudult). The charge characteristics of these soils can be used as a basis for formulating appropriate fertilizer and management practices of major upland soils in Southeast Coast, Thailand.

__________________ __________________________________ ___ / ___ / ____

Student’s signature Thesis Advisor’s signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณศาสตราจารย์ ดร. เอิบ เขียวรื่นรมณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และรองศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี สุทธิประการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยนิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้โอกาศ ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ให้การอบรม ขัดเกลา และให้การช่วยเหลือ ทั้งทางด้านการเรียน และการทำวิทยานิพนธ์ มาโดยตลอด และขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย อาจารย์ อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น ผู้ทรงคุณวุฒิจากคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณสำหรับคำปรึกษา คำแนะนำ และการช่วยเหลือ จาก ดร.วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล อาจารย์ประมวลพงษ์ สินธุเสน รวมถึงเจ้าหน้าที่ กรมพัฒนาที่ดินทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในส่วนของจุลสัณฐานวิทยา และแร่วิทยา และขอขอบพระคุณคณาจารย์ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ และคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ได้ให้ความรู้เกี่ยวกับดิน และขอขอบพระคุณอีกหนึ่งแรงบรรดาลใจที่ทำให้ข้าพเจ้าสนใจทางด้านการสำรวจดิน ดร.นิวัติ อนงค์รักษ์

ขอขอบคุณ คุณวรชาติ วิศวพิพัฒน์ คุณทิมทอง ดรุณสนธยา คุณมหิทร ภูติโส และ คุณณัฐพล จิตมาตย์ สำหรับความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างดิน ตลอดจนคำปรึกษา คำแนะนำ กำลังใจ และความช่วยเหลือในทุกรูปแบบ จากคุณกมลวรรณ เหล่าพูลกิจ คุณจุฑามาศ แก้วมโน คุณรฐนนท์ เจริญชาศรี พี่ชัยภัทร น้าสมคิด และเพื่อน พี่ น้อง ชาวปฐพีวิทยาทุกท่าน

ที่ลืมไม่ได้เลย ขอขอบคุณและขอบใจทุกๆ ความช่วยเหลือ และกำลังใจ จากเพื่อน กกกรณ์ เหมทานนท์ และจากพี่ ดารากร อัคฮาดศรี ที่ได้ให้การช่วยเหลือกันมาตั้งแต่เริ่มแรกที่เข้ามาศึกษา จน ณ ปัจจุบันนี้การช่วยเหลือต่าง ๆ ก็ยังคงดำเนินต่อไปอย่างต่อเนื่องและเป็นอย่างดี และอีกหลาย ๆ กำลังใจเล็ก ๆ จากเพื่อน ๆ ร่วมรุ่นปฐพีศาสตร์ แม่โจ้ทุกคน

ท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ พ่อวิรัตน์ หมอกมัว และ แม่บุษบา หมอกมัว ที่ได้สร้าง ให้โอกาส ให้การสนับสนุน ให้กำลังใจ ให้ความรัก และความห่วงใย แก่ลูกคนนี้ตลอดมา จนสามารถมายืน ณ จุดนี้ได้ และ น้องอ้วนของพี่ ผกามาศ หมอกมัว ในความห่วงใยที่มีต่อพี่มาโดยตลอด คุณค่าอันเนื่องมาจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ขอมอบแด่คณาจารย์ที่เคารพนับถือทุกท่าน

บุษยรัตน์ หมอกมัว

กันยายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	15
อุปกรณ์	15
วิธีการ	16
ผลการศึกษาและวิจารณ์	23
สรุป	93
ข้อเสนอแนะ	96
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	97
ภาคผนวก	115
ภาคผนวก ก คำอธิบายหน้าตัดดิน	116
ภาคผนวก ข คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน	132
ภาคผนวก ค ตารางผนวกและภาพผนวก	139
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	158

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่		หน้า
1	ข้อมูลทั่วไปของดินที่ทำการศึกษา ที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย	24
2	สัณฐานวิทยาสนามของดินที่พัฒนาจากหินแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้	25
3	จุลสัณฐานวิทยาของดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย	52
4	องค์ประกอบเชิงเคมีรวมของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ	77
5	สมบัติเชิงแร่วิทยาในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว และกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินที่ทำการศึกษา	79

ตารางผนวกที่

ตารางผนวกที่		หน้า
ค1	ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ที่ทำการศึกษา	137
ค2	สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา	138
ค3	สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา	140
ค4	ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ที่สกัดด้วยไดไธโอไนต์-ซิเทรต-ไบคาร์บอเนต ออกซาเลต และไพโรฟอสเฟตของดินที่ทำการศึกษา	143
ค5	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	145
ค6	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	145
ค7	ระดับชั้นของสภาพนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	146
ค8	ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	146
ค9	เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้	149
ค10	X-ray diffraction spacing obtained from (001) planes of layer-silicate species as related to sample treatment	150

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

ภาพที่		หน้า
1	ขอบเขตบริเวณที่ทำการศึกษา และจุดเก็บตัวอย่าง	17
2	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 1 บริเวณสถานีพืชไร่ห้วยโป่ง อำเภอห้วยโป่งเหนือ จังหวัดระยอง	30
3	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 2 บริเวณบ้านมาบฟักทอง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี	32
4	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 3 บริเวณบ้านเขาขยาย อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี	33
5	แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 4 บริเวณบ้านเขาตลาด อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	35
6	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 5 บริเวณบ้านชุมชนใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง	37
7	ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 6 บริเวณบ้านคลองน้ำเป็น อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี	38
8	ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 1 ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ gefuric และ chitonic (plane light)	42
9	ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 2 ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ gefuric และ chitonic	44
10	ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ gefuric และ chitonic	46
11	ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 5 ดินบน มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy มีช่องว่างในดินเป็นแบบ vughs	49
12	ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา	55

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทราย แป้ง และดินเหนียวของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา	56
14	ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมกับความลึกของดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา	57
15	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำน้ำ กับชั้นกำเนิดตามระดับความลึกของดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา	59
16	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ และค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย 1 M KCl กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	61
17	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนรวมกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	62
18	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	63
19	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้และปริมาณโซเดียมที่สกัดได้กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	65
20	ความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นกรดที่สกัดได้ (ก) และอะลูมินัมที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	66
21	ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	67
22	ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d), ammonium oxalate (Fe_o) และ sodium pyrophosphate (Fe_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา	70
23	ความสัมพันธ์ระหว่างอะลูมินัมที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Al_d), ammonium oxalate (Al_o) และ sodium pyrophosphate (Al_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา	73

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

24 ความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Mn_d), ammonium oxalate (Mn_o) และ sodium pyrophosphate (Mn_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา 75

25 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 1 ชุดดินห้วยโป่ง (Huai Pong series; Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap1, Ap2, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bt5 และ Bt6 ตามลำดับ 83

26 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ (Sattahip variant; Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap1, Ap2, AB, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4 และ Bt5 ตามลำดับ 84

27 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง 1 (Thai Mueang series 1; Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap1, Ap2, Bt1, และ Bt2 ตามลำดับ 86

28 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง 1 (Thai Mueang series 1; Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Bt3, Bt4, Bt5, Bt6 และ Bt7 ตามลำดับ 87

29 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 4 ชุดดินท้ายเหมือง 2 (Thai Mueang series 2; Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bt5 และ Bv ตามลำดับ 88

30 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 5 ชุดดินพังงา (Phang nga series; Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bt5 และ Bv ตามลำดับ 90

31 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 6 ดินคล้ายชุดดินภูเก็ต (Phuket variant; Typic Plintudult) ในชั้นดิน Ap, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bv1, Bv2 และ Bv3 ตามลำดับ 91

ภาพผนวกที่

ค1 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 1 ชุดดินห้วยโป่ง ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 35-65 เซนติเมตร 154

ค2 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 35-65 เซนติเมตร 154

ค3 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง 1 ชั้น Bt7 ช่วงความลึก 170-200+ เซนติเมตร 155

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่ **หน้า**

ค4 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 5 ชุดดินพังงา ชั้น Bt2 ช่วงความลึก 48-78 เซนติเมตร 155

ค5 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินพีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ชั้น Ap2 ช่วงความลึก 18-35 เซนติเมตร 156

ค6 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินพีดอน 6 ดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 60-80 เซนติเมตร 156

ค7 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ 157

การกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

Genesis and Charge Characteristics of Agricultural Upland Soils Derived from Granitic Rocks in Southeast Coast, Thailand

คำนำ

ดินในเขตร้อนชื้น การกร่อน และ กระบวนการทางธรณีเคมีเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดเคลื่อนย้ายส่วนที่เป็นของแข็งประมาณครึ่งหนึ่งจากทั้งหมดลงสู่แม่น้ำและมหาสมุทร (Stallard, 1988) ในประเทศไทยดินที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิตที่ใช้ทางการเกษตรในปัจจุบันมีพื้นที่มากกว่า 6 ล้านไร่ ส่วนใหญ่พบในบริเวณขอบตะวันตกของประเทศไทยตั้งแต่เหนือจรดใต้และบริเวณภาคตะวันออกเฉียงใต้ (อุดม, 2529) ในพื้นที่ที่มีความแตกต่างของในการใช้ประโยชน์ที่ดินทำให้ลักษณะของดินในแต่ละแห่งมีความแตกต่างกันไป โดยสภาพภูมิอากาศ วัตถุต้นกำเนิดดิน และสภาพพื้นที่ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลและมีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพราะวัตถุต้นกำเนิดดินจะทิ้งร่องรอยและสมบัติบางอย่างไว้ในดินให้ศึกษาและติดตามได้ และลักษณะของดินที่เกิดขึ้นใหม่จะมีความสัมพันธ์กับสมบัติของหินดั้งเดิม (เอิบ, 2548) ส่วนสภาพภูมิอากาศ โดยเฉพาะฝนและอุณหภูมินั้นจะมีอิทธิพลต่อกระบวนการต่าง ๆ ทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพภายในดินให้ช้าหรือเร็วแตกต่างกัน (Brady and Weil, 2008) ลักษณะทางเคมีของดินที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิตในภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงใต้ พบว่าเป็นดินที่มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (% base saturation) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) อยู่ในระดับต่ำ มีการชะละลายสูง สภาพกรดแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable acidity) และอะลูมินัมแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable aluminum) อยู่ในระดับสูง (Vijarnsorn and Fehrenbacher, 1973) เนื่องจากค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ของดินที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิต มีค่าอยู่ในระดับที่ต่ำมาก จึงทำให้ความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชในดินมีน้อย ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และภายใต้สภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ที่ปริมาณหยาดน้ำฟ้ามีค่าสูงกว่าการคายระเหยน้ำของพื้นที่ ทำให้ดินมีการผุพังอยู่กับที่อย่างรุนแรงและมีการชะละลายสูงในหน้าตัดดิน เป็นผลทำให้มีการสูญเสียแคตไอออนที่เป็นเบสออกจากหน้าตัดดิน ทำให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ประจุที่ผิวอนุภาคดินส่วนใหญ่เป็นประจุบวก จึงทำให้ความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชที่ใส่ลงในดินในรูปของปุ๋ยเคมี มีการดูดยึดไว้ได้น้อย และมีการสูญเสียออกจากดินได้ง่าย

เนื่องจากดินดอนที่ใช้ทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ส่วนใหญ่เป็นดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างสูง ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ แร่ดินเหนียวที่เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ คือ เคโอลิไนต์ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีน้อย จึงทำให้มีความสนใจที่จะศึกษาถึงการกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย เพื่อที่จะได้ทราบถึงลักษณะประจุของดินที่พัฒนามาจากหินในกลุ่มแกรนิต และหาแนวทางในการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมในการพัฒนาการเกษตรในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางแร่วิทยาของดินดอนที่พัฒนามาจากหินแกรนิตที่พบในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

2. เพื่อศึกษาลักษณะประจุของดิน ที่พัฒนามาจากหินแกรนิตที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

3. เพื่อใช้ลักษณะประจุของดิน เป็นพื้นฐานในการเสนอแนะและการจัดการธาตุอาหารพืชในดินดอนที่ใช้ทางการเกษตรที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิตในสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน

การตรวจเอกสาร

1. ปัจจัยควบคุมการเกิดดินบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้

ดินแร่ (Mineral soils) เกิดจากการสลายตัวของหินและแร่ที่ปรากฏบนผิวโลก ผสมคลุกเคล้ากับอินทรียวัตถุทำให้เกิดดินและชั้นดินต่าง ๆ ขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การสร้างตัวของดิน (soil formation) จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยควบคุม 5 ปัจจัยคือ วัตถุต้นกำเนิดดิน (parent material) สภาพภูมิอากาศ (climate) สภาพภูมิประเทศ (topography) พืชพรรณ (vegetation) และเวลา (time) และปัจจัยท้องถิ่น (dot factor) (Jenny, 1941; Jenny, 1980; Buol *et al*, 2003) ปัจจัยควบคุมการเกิดดิน จะมีผลร่วมกันทำให้ดินมีลักษณะเด่นแตกต่างกันออกไป

1.1. วัตถุต้นกำเนิดดิน

วัตถุต้นกำเนิดดิน คือ หินที่สลายตัวผุพังหรือสารอินทรีย์ซึ่งเกาะกันอยู่อย่างหลวม ๆ ซึ่งต่อไปจะเปลี่ยนแปลง แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ วัตถุที่เคลื่อนย้ายมาทับถมจากที่อื่น และวัตถุที่เป็นหินสลายตัวผุพัง (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551; เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993) บริเวณธรณีสัณฐานที่มีลักษณะเป็นหินแกรนิต (granitic terrain) พบว่าหินแกรนิตเมื่อมีการสลายตัวจะให้ดินที่มีเนื้อหยาบ มีความหนาแน่นรวมสูง มีความพรุนต่ำ ดินมีการถูกชะละลายสูง มีค่าความอิ่มตัวเบส น้อยกว่าร้อยละ 35 ในชั้นดินล่าง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนน้อยกว่า 6 เซนติโมลต่อดิน 100 กรัม ความเป็นกรดแลกเปลี่ยนได้ และอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูง มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นแร่เด่น อนุภาคขนาดดินเหนียวมีการเคลื่อนที่จากชั้นดินบนมาสะสมในชั้นดินล่าง (Vijarnsorn, 1972; Vijarnsorn and Fehrenbacher, 1973; Paramananthan, 1977; Inthaiwong, 1978)

1.2. สภาพภูมิอากาศ

สภาพภูมิอากาศเขตร้อนชื้น ภูมิอากาศประเภทนี้อยู่ระหว่างละติจูด 20 องศาเหนือกับ 20 องศาใต้ เป็นบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงตลอดปี เดือนที่หนาวที่สุดมีอุณหภูมิสูงกว่า 18 องศาเซลเซียส ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิในตอนกลางวันกับกลางคืน มีมากกว่าความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของเดือนที่หนาวที่สุดกับร้อนที่สุด ปริมาณฝนทั้งปีมากกว่าอัตราการคายระเหยของน้ำในหนึ่งปี ปริมาณฝนตกมากกว่า 750 มิลลิเมตร (ดวงพร, 2536) ซึ่งในการสร้างตัวของดินที่

มีพัฒนาการสูงในเขตร้อนชื้น สภาพภูมิอากาศจะส่งเสริมให้แร่ปฐมภูมิเกิดการผุพังอย่างรุนแรงและรวดเร็ว ทำให้มีการเคลื่อนย้ายของสารละลายที่ได้จากการสลายตัวของแร่ปฐมภูมิ ออกจากหน้าตัดดิน (Buol *et al*, 2003) เป็นสภาพเงื่อนไขของการสร้างตัวของชั้นแคนดิก (kandic horizon)และชั้นอาร์จิลลิก (argillic horizon) เมื่อการคายระเหยของน้ำต่ำกว่าปริมาณของหยาดน้ำฟ้า (Wambeke, 1992) ในดินจะมีความอิ่มตัวเบสต่ำเนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายของแคตไอออนที่เป็นเบสออกจากชั้นดิน ทำให้เกิดการสะสมของแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ และเซสควิออกไซด์ (Soil Survey Staff, 1999) โดยทั่วไปการสร้างตัวของดินในเขตร้อนมีความซับซ้อนและไม่สามารถอธิบายได้โดยสภาพภูมิอากาศเพียงปัจจัยเดียว (Gracheva *et al*., 2001) ดินในเกาะเขตร้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนกับพื้นที่เขตร้อนอื่น ๆ ทั้งนี้เพราะปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่เป็นลักษณะเฉพาะของพื้นที่และความหลากหลายทางชีวภาพทั้งพืชและสัตว์มีความสัมพันธ์กันกับกระบวนการทางดินและมีอิทธิพลต่อการสร้างตัวของดิน (Heemsbergen *et al*, 2004, Asio *et al*., 2006)

1.3. สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับการสร้างตัวของดิน โดยมีความสัมพันธ์กับ สภาพภูมิอากาศ สิ่งมีชีวิต วัตถุต้นกำเนิดดิน และเวลาที่ปรากฏอยู่ในสมการปัจจัยการสร้างตัวของดิน (Jenny, 1980) ซึ่งมีผลทำให้ลักษณะและสมบัติของดินมีความแตกต่างกัน โดยความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติต่าง ๆ ของดินกับความตามระดับความสูงต่ำของสภาพภูมิประเทศนั้นจะเห็น ได้ชัดเจนมากในบริเวณที่มีสภาพอากาศแบบร้อนชื้น และมีอิทธิพลของระดับน้ำใต้ดินเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยสภาพภูมิประเทศที่อยู่ในเขตร้อนชื้น หรือ กึ่งร้อนชื้น พบว่าระดับน้ำใต้ดินจะมีความสูงต่ำคล้ายคลึงกันกับลักษณะผิวหน้าของภูมิประเทศ แต่จะมีความลาดชันน้อยกว่า ซึ่งลักษณะที่กล่าวมานี้ทำให้เกิดสมบัติที่แตกต่างกันของดินขึ้นในหน้าตัดดิน (เอิบ, 2548; Buol *et al*, 2003) สมบัติของดินมีความสัมพันธ์กับตำแหน่งของสภาพภูมิประเทศและจะมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นเมื่อวัตถุต้นกำเนิดดินแตกต่างกัน (Ovalles and Collins, 1986)

1.4 พืชพรรณและสิ่งมีชีวิต

ความสัมพันธ์ระหว่างพืชพรรณและสิ่งมีชีวิตในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อน มีลักษณะหลากหลายแตกต่างกันไป ซึ่งป่าไม้จัดเป็นปัจจัยเด่นในสภาพแวดล้อมของการเกิดดินชนิดนี้ โดยเฉพาะไม้ยืนต้น โดยบริเวณภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทยมีป่าที่ไม่ผลัดใบ

(evergreen) ขึ้นปกคลุมอยู่ทั่วไป (นิวัติ, 2548; Soil Survey Staff, 1999; Brady and Weil, 2008;) สมบัติทางเคมีของดินมีความผันแปรแตกต่างกันตามชนิดของป่าไม้ ดินในป่าดิบเขาที่ความลึก 1 เมตร จะมีปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนรวมมีมากสุด รองลงมาคือ ดินในป่าเบญจพรรณ และดินในป่าเต็งรัง ตามลำดับ (จตุรงค์, 2543)

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น ไส้เดือนดินสามารถช่วยเร่งการผุพัง ของอนอร์ไทต์ ไบโอไทต์ สเมกไทต์ และ เคโอลิไนต์ โดยพบว่าไส้เดือนสามารถทำให้แร่สเมกไทต์เกิดการเปลี่ยนรูปกลับไปเป็นแร่อิลไลต์และแร่เคโอลิไนต์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงจากเดิมไปอีกระดับหนึ่ง (Carpenter *et al.*, 2007)

1.5. เวลา

เวลาในการสร้างตัวของดินในเขตร้อนชื้นในสภาพพื้นที่มีความลาดชัน การผุพังทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ จะดำเนินไปอย่างรวดเร็วซึ่งจะทำให้กระบวนการสร้างตัวของดินเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทำดินที่ได้มีพัฒนาการสูง มีการสะสมดินเหนียวในดินชั้นล่าง ดินมีโครงสร้างและการระบายน้ำดี เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างตัวของดินในเขตหนาวและเขตแห้งแล้ง (Brady and Weil, 2008) โดยการเปลี่ยนแปลงภายในดินเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและเป็นระยะเวลายาวนานที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่โดยเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ และการแตกหักจะส่งผลให้หน้าตัดดินมีความแตกต่างกัน

2. การผุพังสลายตัวของหินแกรนิต

กลไกการผุพังของหินและแร่ที่ยอมรับกันทั่วไปมีสองแนวคิดใหญ่ ๆ คือการผุพังเกิดขึ้นในสภาพของแข็งโดยที่แร่ดั้งเดิมจะเป็นตัวสำคัญในการควบคุมชนิดของผลที่ได้จากการผุพังและอีกแนวคิดหนึ่ง คือการผุพังจะผ่านของเหลวมาก่อน โดยในสภาพธรรมชาติจะเกี่ยวข้องกับสภาพภูมิอากาศ ความเป็นกรด และสภาพออกซิเดชันและรีดักชันของน้ำใต้ดิน รวมทั้งอิทธิพลของสิ่งมีชีวิตในดิน (อัญชลี, 2534; Franck *et al.*, 2008)

ความสามารถในการผุพังได้ของหินไม่เพียงแต่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแร่ภายในหินแต่ขึ้นอยู่กับจำนวนแคตไอออนที่มีการแทนที่กับไฮโดรเจนในแร่ (Ceryan *et al.*, 2008) ในหินผุที่ได้รับการพัฒนามาจากหินแกรนิต และหินไนส์ พบว่า แร่ในกลุ่มเคโอลิน (kaolins) มีการสร้างตัว

ไปพร้อมกันกับการสลายตัวของแร่ไบโอไทต์ (Kretzachmar *et al.*, 1996) หินและน้ำจะมีปฏิสัมพันธ์ในการผุพังโดยกระบวนการทางเคมี ซึ่งการผุพังของหินอัคนีและหินแปรในเขตชื้น พบว่า สภาพความเป็นกรดในดินเพิ่มขึ้นและ มีแนวโน้มที่จะทำเกิดดิน Ferralitic, Andosolic และ Podzolic (Macias and Chesworth, 1992)

การผุพังเป็นกระบวนการหนึ่งในการสร้างตัวของดินในเขตร้อน โดยที่ความชื้นและอุณหภูมิจะส่งผลต่อการสลายตัวของหินและส่งเสริมให้เกิดการชะละลายของแร่ธาตุออกจากดิน โดยการผุพังจะมีทั้งการผุพังทางกายภาพ และการผุพังทางเคมีของหิน การผุพังทางเคมีจะมีการปลดปล่อยไอออนออกมาในสารละลายดิน ไอออนในสารละลายดินจะมีการรวมตัวกันใหม่ เกิดเป็นแร่ทุติยภูมิ หรือเกิดการสูญเสียออกจากชั้นดินโดยการชะละลาย การผุพังแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ (1) การแตกหักของแร่ปฐมภูมิและหิน (2) การสร้างตัวของแร่ทุติยภูมิ และ (3) ความคงทนต่อการสลายตัวของแร่ทุติยภูมิ นอกจากนี้แล้วการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของหินแข็งไปเป็นหินผุจะเกิดเกิดการสูญเสียเบสออกจากชั้นดิน (Wambeke, 1992; Hamdan and Buraham, 1996)

อุณหภูมิและปริมาณฝน เป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อการผุพังอยู่กับที่ โดยความรุนแรงของฝนมีอิทธิพลต่อการชะละลายที่เกิดขึ้นในดิน การผุพังทางเคมีของกลุ่มดินที่พัฒนามาจากหินแกรนิตในสภาพอากาศที่ร้อนชื้น มีฝนตกชุก พบว่า ในดินที่มีความลึกไม่มากนัก แร่ปฐมภูมิที่เป็นองค์ประกอบในหินแกรนิต เช่น ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ แพลจิโอเคลส และไมกา มีการสลายตัวออกมาอย่างรวดเร็วในปริมาณมาก (Wambeke, 1992; Oliva *et al.*, 2003)

ในสภาพธรรมชาติที่ดินมีวัตถุต้นกำเนิดที่เป็นหินหลายชนิด และสภาพที่น้ำมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา พบว่าผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงจะแปรปรวนมาก เช่น หินทราย จะเกิดการสลายตัวให้แร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ ร้อยละ 12 ในหินแกรนิต แร่ไบโอไทต์จะสลายตัวให้แร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ ร้อยละ 33-55 และในหินชิสต์แร่แอมฟิโบไลต์ – ไพรอกซีน จะสลายตัวให้แร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ ร้อยละ 99 (Macías and Chesworth, 1992)

Owens and Watson (1979) ได้ประมาณการผุพังของหินแกรนิตในบริเวณที่มีปริมาณฝน 900 มิลลิเมตรต่อปี ว่ามีการผุพังของหินแกรนิต 150 กิโลกรัม ต่อ เฮกตาร์ ต่อ ปี และเมื่อมีปริมาณฝน 1200 มิลลิเมตรต่อปี มีการผุพังของหินแกรนิต 400 กิโลกรัม ต่อ เฮกตาร์ ต่อ ปี

3. ลักษณะของดินที่เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินแกรนิต

3.1. ลักษณะทางกายภาพ

ดินที่เกิดการผุพังของหินแกรนิตจะเป็นดินลึก มีการระบายน้ำตามธรรมชาติค่อนข้างดีถึงดี ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่านปานกลางถึงดี เนื้อดินบนเป็นดินเหนียว ร่วนปนเหนียว ถึงร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียว ร่วนปนทราย ถึงร่วนเหนียวปนทราย (พิบูลย์, 2526; เชาวน์, 2527; Goss and Allen, 1986; Virgo and Holme, 1977; Ojanuga, 1979; Owens and Watson, 1979; Calvert *et al.*, 1980a) การผุพังของหินแกรนิตในเขตร้อน จะให้ดินเนื้อหยาบที่มีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบ และให้ดินที่มีอนุภาคขนาดทราย เรียกว่ากระบวนการ arenization หรือเรียกว่าการสร้างตัวของทราย หินแกรนิตที่เกิดการผุพัง เรียกว่า grus โดยจะมีการสร้างตัวจากชั้นหินแข็ง ความหนาแน่นรวมของดินจะเพิ่มขึ้นตามความลึก (Isherwood and Street, 1976; Calvert *et al.*, 1980a; Dixon and Young, 1981; Chandler, 1988) ส่วนดินที่เกิดจากการสายตัวของหินแกรนิต ที่มีส่วนประกอบของเหล็กออกไซด์ที่คงทนต่อการสลายตัวจะมีสีแดง สีน้ำตาลแดงถึงเหลือง ดินมีการระบายน้ำดี สีของดินโดยทั่วไปจะขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุของน้ำในดินและการเกิด ออกซิเดชันของออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีส (Brady and Weil, 2008)

3.2. ลักษณะทางเคมี

ดินที่พัฒนามาจากหินแกรนิตภายใต้สภาพอากาศแบบป่าฝนเขตร้อน ลักษณะของดินประกอบด้วยแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นแร่ดินเหนียวที่มีลักษณะเด่นและมีการถูกชะละลายสูง มีค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสน้อยกว่า 35 ในดินชั้นล่าง (ชั้นบี(B)) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนน้อยกว่า 6 เซนติโมลต่อดิน 100 กรัม ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้และอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าสูง อนุภาคขนาดดินเหนียวมีการเคลื่อนที่จากชั้นดินบนมายังชั้นดินล่าง (Vijarnsorn and Fehrenbacher, 1973) ดินที่เกิดจากการสลายตัวของหินแกรนิต พบว่ามีการปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมออกมามากกว่าธาตุฟอสฟอรัส (Anderson, 1988)

4. การเกิดประจุที่ผิวอนุภาคดิน

การเกิดประจุที่ผิวของอนุภาคดิน มีอิทธิพลต่อสมบัติทางเคมีของดิน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงจำนวนประจุและความหนาแน่นประจุบนผิวอนุภาคดิน การที่ดินมีประจุที่ผิวจะมีผลต่อการดูดซับ

ธาตุอาหารพืช และความจุในการดูดซับธาตุอาหารพืชของดิน ประจุที่ผิวของอนุภาคดินส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับขนาดอนุภาคของแร่ดินเหนียวซิลิเกต ออกไซด์อิสระ และฮิวมัส ซึ่งทั้งสามส่วนนี้จะมีความสัมพันธ์กันอย่างยิ่งกับการเกิดประจุที่ผิวของดิน (Wild, 1993; Yu, 1997; Zhang and Zhao, 1997) โดยประจุที่ผิวอนุภาคของคอลลอยด์ดินจะประกอบด้วยประจุถาวร (permanent charge) และประจุผันแปร (variable charge) หรือที่เรียกว่าประจุขึ้นกับพีเอช (pH dependent charge) (Gillman and Uehara, 1980)

4.1. ประจุถาวร (Permanent charge)

ประจุถาวรไม่ผันแปรไปตามค่าพีเอชของดิน ซึ่งเกิดจากการแทนที่ขนาดเท่า (isomorphic substitution) เป็นการแทนที่ของอะตอมของธาตุต่างชนิดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียวซิลิเกต ประจุถาวรพบอยู่ในแร่ดินเหนียวในดินรวมถึงแร่ซิลิเกตที่มีลักษณะเป็นแผ่นอื่น ๆ เช่น อิลไลต์ เวอร์มิคิวไลต์ สเมกไทต์ และคลอไรต์ โดยแร่ซิลิเกตจะประกอบด้วยหน่วยโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ 2 หน่วยคือ แผ่นเททระฮีดรัล (tetrahedral sheet) และแผ่นออกตะฮีดรัล (octahedral sheet) ซึ่งการแทนที่ขนาดเท่านี้ จะทำให้ประจุที่เกิดขึ้นมีการกระจายตัวค่อนข้างสม่ำเสมอในโครงสร้าง หรือพื้นผิวของแร่ และเมื่อเกิดขึ้นแล้วจะมีสภาพค่อนข้างถาวร โดยไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม หรือสารละลายตัวกลาง (matrix solution) (ไพบูลย์, 2546; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Zhang and Zhao, 1997)

4.1.1 ประจุลบถาวร (Permanent negative charge)

ประจุลบถาวรเกิดจากการแทนที่ของอะตอมของธาตุต่างชนิดที่มีขนาดใกล้เคียงกันในโครงสร้างของผลึก และไม่ทำให้โครงสร้างนั้นเปลี่ยนแปลงไปมากนัก เมื่อแคตไอออนที่เข้าไปแทนที่มีวาเลนซีต่ำ กว่าแคตไอออนที่มีอยู่เดิมจะทำให้เกิดประจุสุทธิเป็นลบ เช่น การที่ Al^{3+} ในแผ่นออกตะฮีดรอล ถูกแทนที่ด้วย Mg^{2+} หรือ Fe^{2+} เป็นผลทำให้เกิดประจุลบถาวรขึ้น ซึ่งเป็นแหล่งประจุลบที่ผิวที่สำคัญในแร่ดินเหนียวสเมกไทต์ เวอร์มิคิวไลต์ และแร่ดินเหนียวคลอไรต์ ส่วนการแทน Si^{4+} ด้วย Al^{3+} ใน แผ่นเททระฮีดรัล ซึ่งจะเกิดมากในแร่ อิลไลต์ และพบได้เป็นส่วนน้อยในแร่สเมกไทต์และเวอร์มิคิวไลต์ การแทนที่ของไอออนลักษณะนี้ เป็นแหล่งประจุลบที่สำคัญในแร่ดินเหนียวซิลิเกตประเภท 2:1 และประเภท 2:1:1 แต่จะพบได้น้อยในแร่ดินเหนียวซิลิเกตประเภท 1:1 (Bohn *et al*, 1979; Wild, 1993; Sparks, 1995; Zhang and Zhao, 1997; Bolan *et al*., 1999; Brady and Weil, 2008)

4.1.2 ประจุบวกถาวร (Permanent positive charge)

ประจุบวกถาวรเกิดจากการแทนที่ของไอออนที่มีขนาดเท่ากันแต่วาเลนซีต่างกัน จากการแทนที่ไอออนที่มีวาเลนซีสูงกว่าแทนที่ไอออนที่มีวาเลนซีต่ำกว่าใน trioctahedral sheet เช่น การแทนที่ Mg^{2+} ในแผ่นบรูไซต์ (brucite) ด้วย Al^{3+} หรือ Fe^{3+} ในชั้นแทรก (interlayer) ทำให้เกิดประจุบวกที่ผิว พบได้ในบางส่วนของแร่ดินเหนียวเวอร์มิคิวไลต์ และคลอไรต์ (Brady and Weil, 2008)

4.2. ประจุผันแปรหรือประจุขึ้นกับพีเอช (Variable charge or pH dependent charge)

ประจุผันแปรในดินจะเปลี่ยนแปลงไปตามพีเอชของดิน เมื่อพีเอชดินเพิ่มขึ้นประจุลบก็จะเพิ่มขึ้นและเมื่อพีเอชดินลดลงประจุลบจะลดลงแต่ประจุบวกจะเพิ่มขึ้น (Bohn *et al.*, 1979; Wild, 1993; Bolan *et al*, 1999) ประจุผันแปรสามารถแลกเปลี่ยนประจุได้ตามสภาพแวดล้อมของสารละลายดิน (รฐนนท์, 2550; Yu, 1997) จำนวนและร่องรอยของพื้นผิวที่แสดงให้เห็นของลักษณะพื้นผิวประจุจะขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาทางเคมีของพื้นผิวกับสารละลาย (Qafoku *et al.*, 2004) ฮิวมัสเป็นแหล่งของประจุผันแปรที่สำคัญในดิน โดยเฉพาะในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่สูง นอกจากนี้แล้ว ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ของเหล็ก และอะลูมินัมที่อยู่บริเวณขอบของพื้นผิวของแร่ดินเหนียวก็ทำให้เกิดประจุผันแปรด้วยเช่นกัน (Zhang and Zhao, 1997) ความสามารถในการละลายได้ของเหล็กที่พบในดินถูกควบคุมด้วยค่าพีเอช เมื่อค่าพีเอชของดินลดต่ำลงจะทำให้เหล็กและอะลูมินัมละลายได้มากขึ้น และมีประจุบวกมากขึ้น (Bohn *et al.*, 1979)

4.2.1 ประจุลบขึ้นกับพีเอช (pH dependent negative charge)

ประจุลบขึ้นกับพีเอชเกิดจากการแยกตัวของไฮโดรเจน ออกจากกลุ่มไฮดรอกซิล เกิดมากในดินเหนียวประเภท 1:1 ประเภท อสัณฐาน เช่น แอลโลเฟน และวัสดุที่ไม่ใช่ดินเหนียวแต่มีอนุภาคขนาดเล็กกว่าดินเหนียว เช่น อินทรียวัตถุ ไฮดรัสออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม ประจุขึ้นกับพีเอชจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของดิน คือ จะมีค่าสูงเมื่อพีเอชของดินสูงขึ้น มีค่าต่ำเมื่อพีเอชของดินต่ำ การที่ประจุลบจะเพิ่มขึ้นที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวเมื่อค่าพีเอชของดินเพิ่มขึ้น เกิดขึ้นเนื่องจาก H^{+} แยกออกจากกลุ่ม Al-OH และ Si-OH และเมื่อพีเอชดินสูงขึ้นความเข้มข้นของ OH^{-} ในสารละลายดินมีมากขึ้นเป็นผลทำให้เกิดประจุลบเพิ่มขึ้น (Brady and Weil, 2008) แร่ดินเหนียวในดินมีแหล่งของประจุลบ ที่เกิดจากการแตกหักบริเวณขอบของผลึก เนื่องจากอะตอมของออกซิเจน และหมู่ไฮดรอกซิล เชื่อมอยู่กับไอออนของซิลิคอนและอะลูมินัมภายในแผ่นออกเตตระฮีดรัล และ แผ่น

ออกตะฮีดรัล เมื่อพีเอชดินมีค่าสูง อะตอมของไฮโดรเจนจากหมู่ไฮดรอกซิล จะแยกตัวออกทำให้เกิดประจุลบขึ้นที่ผิวหน้าผลึก อะตอมของไฮโดรเจนที่ยึดกันอย่างหลวม ๆ ที่ผิวหน้า สามารถที่จะแลกเปลี่ยนได้ง่าย ประจุที่ตำแหน่งขอบผลึกนี้จัดเป็นประจุขึ้นกับพีเอช (อัญชลี, 2534; Zhang and Zhao, 1997)

4.2.2 ประจุบวกขึ้นกับพีเอช (pH dependent positive charge)

ในดินที่มีสภาพเป็นกรด แร่ดินเหนียวบางชนิด ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม จะมีการพัฒนาประจุบวกขึ้นมาโดยกระบวนการโปรโตเนชัน (protonation) หรือที่เรียกว่า การเพิ่ม H^+ ที่พื้นผิวของหมู่ไฮดรอกซิล ในสภาพที่ดินมีความเป็นกรด และมีออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมในปริมาณสูง จะเห็นได้ว่าประจุบวกของเหล็กออกไซด์จะเกิดขึ้นได้ในสภาพเป็นกรด ซึ่งเหล็กออกไซด์นี้จะทำให้ดินเหนียวมีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนลดลง เนื่องจากเหล็กออกไซด์ไปเคลือบที่อนุภาคดินเหนียว ทำให้ประจุลบของแร่ซิลิเกตถูกทำให้สมดุลด้วยประจุบวกจากเหล็กออกไซด์เป็นผลทำให้เกิดประจุบวกขึ้นกับพีเอชที่ผิวของอนุภาคดิน (อัญชลี, 2534; Brady and Weil, 2008)

5. ปัจจัยทางสภาพแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อลักษณะประจุของดิน

5.1. วัตถุต้นกำเนิดดิน

วัตถุต้นกำเนิดมีอิทธิต่อชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวในดิน ซึ่งเกิดขึ้นจากผลของกระบวนการเกิดดินในแต่ละสภาพแวดล้อม และมีผลต่อสมบัติทางเคมีและลักษณะของดิน (Gillman and Uehara, 1980) ลักษณะของประจุผันแปรในเขตร้อนชื้นของประเทศออสเตรเลีย สามารถแบ่งออกได้ 3 กลุ่ม ตามลักษณะเฉพาะของพื้นผิว โดยใช้ ปัจจัยทั้ง 6 เป็นตัวกำหนด รวมถึง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนรวม (total cation exchange capacity: CEC_T) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นเบส (basic cation exchange capacity: CEC_B) และ ความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออน (anion exchange capacity: AEC) ที่ค่าพีเอช 4 และพีเอช 6 โดยดินกลุ่มแรกเป็นดินตะกอนน้ำพาที่มีการระบายน้ำเลว หรือ ดินตะกอนน้ำพาที่มีการระบายน้ำดี ที่มีการพัฒนามาจากหินบะซอลต์ ทำให้มีค่า CEC_T และ CEC_B สูง แต่ค่า AEC ต่ำ กลุ่มที่สอง เป็นดินที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิต และหินแปร ทำให้มี CEC_T และ CEC_B ต่ำ แต่ค่า AEC สูง และดินในกลุ่มสุดท้าย เป็นดินที่มีการพัฒนามาจากหินบะซอลต์ และหินที่แปรสภาพมาจากหินภูเขาไฟ พบว่ามีค่า CEC_T และ CEC_B ที่ต่ำและมีค่า AEC สูงตามระดับความชื้นที่เพิ่มขึ้น (Gillman and Sinclair, 1987)

5.2. ธรรมชาติของแร่ดินเหนียว

สมบัติพื้นฐานของแร่ดินเหนียวที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การมีประจุที่ผิวของอนุภาค ที่สามารถดูดซับแอนไอออนและแคตไอออนได้ อนุภาคขนาดดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นคอลลอยด์เมื่อดินมีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากขึ้นจึงมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงขึ้น โดยทั่วไปดินเนื้อละเอียดจะมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าดินเนื้อหยาบ ในดินที่มีแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 และอินทรียวัตถุในปริมาณที่สูงจะทำให้ดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าในดินที่มีการพัฒนาการสูงที่พบแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ และ เซสควิออกไซด์เด่น ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดประจุผันแปรในดิน โดยแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นแหล่งของประจุบวกที่แลกเปลี่ยนได้ที่สำคัญในดิน นอกจากนี้แล้วยังพบว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวที่มีพื้นที่ผิวอนุภาคสูง จะมีอิทธิพลต่อค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน เช่น แร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ที่มีอนุภาคขนาดเล็กมีความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงกว่าแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ที่มีอนุภาคขนาดใหญ่ (อัญชลี, 2534; Grim, 1968; Uehara and Gillman, 1981; Hendershot and Lavkulich, 1983; White and Dixon, 2002)

5.3. ปริมาณอินทรียวัตถุ

การสลายตัวและการเปลี่ยนสภาพของเศษซากพืช โดยจุลินทรีย์ในดินจะเกิดขึ้นพร้อมกับการสังเคราะห์สารใหม่ ที่มีความเสถียร ฮิวมัสเป็นวัสดุอินทรีย์เป็นคอลลอยด์ที่มีสีเข้มผลที่เกิดจากการสร้างตัวของอินทรียวัตถุ เมื่อโครงสร้างของอินทรียวัตถุเกิดการสลายตัวจะทำให้เกิดประจุขึ้นและจะมีการดูดยึดประจุบวกและประจุลบในดิน อินทรียวัตถุมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงมาก คือ ประมาณ 200 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ประจุลบถาวรร้อยละ 10 ประจุลบขึ้นกับพีเอชร้อยละ 90 ที่พีเอช 7 ปริมาณอินทรียวัตถุที่เพิ่มขึ้นในดินทำให้ดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น (Khanna *et al*, 1986; Stevenson, 1994; Brady and Weil, 2008)

5.4. ปริมาณของเซสควิออกไซด์

เซสควิออกไซด์มีความสำคัญมากต่อประจุผันแปรในดิน เพราะเซสควิออกไซด์เป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของประจุที่ผิวของดิน และเป็นสาเหตุพื้นฐานทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างประจุผันแปรและประจุถาวรในดิน (Zhang and Zhao, 1997) เซสควิออกไซด์มีปริมาณมากในดินเขตร้อนที่มีการสลายตัวอย่างรุนแรง (Hendershot and Lavkulich, 1983; Aghmen *et al,* 1988; Ibia, 2001)

5.5. พีเอช

พีเอชเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญที่สุดต่อประจุบนผิวของอนุภาคดิน (Zhang and Zhao, 1997) ผิวหน้าที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxylated surface) จะเกิดการแตกตัวของไฮโดรเจนไอออนและมีการดูดซับของไฮโดรเจนไอออนที่พื้นผิว ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพีเอชของสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัม จะมีประจุเป็นลบ เมื่อค่าพีเอชสูงกว่าที่จุดประจุศูนย์ และจะมีประจุเป็นบวกเมื่อค่าพีเอชลดต่ำลงกว่าที่จุดประจุศูนย์ (Zhang and Zhao, 1997) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินมีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าพีเอชดิน เนื่องจากดินมีประจุขึ้นกับพีเอชหรือประจุผันแปรร่วมอยู่ด้วยเสมอ โดยประจุบวกขึ้นกับพีเอชจะเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีค่าพีเอช ลดลง แต่ประจุลบขึ้นกับพีเอชจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชสูงขึ้น จึงทำให้ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงขึ้น เมื่อค่าพีเอชดินสูงขึ้น แต่ในทางตรงกันข้าม ความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออนจะสูงขึ้นเมื่อค่าพีเอชของดินลดลง (ไพบูลย์, 2528; Gillman and Uehara, 1980; Parfitt, 1981; Gillman and Sumpter, 1986)

5.6. ชนิดและความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์

ปริมาณประจุผันแปรของผิวหน้าประจุในดินนั้นจะมีความแปรปรวนซึ่งจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งลักษณะนี้เองคือลักษณะเฉพาะของประจุผันแปรเมื่อเปรียบเทียบกับประจุถาวร ซึ่งกลไกของอิเล็กโทรไลต์ที่ส่งผลกระทบต่อประจุบนผิวอนุภาคดินนั้นค่อนข้างมีความซับซ้อน โดยปกติแล้วในดินจะพบว่าประจุผันแปรมีจำนวนมากกว่าประจุถาวรในดิน

จำนวนอะตอมของธาตุ รัศมีของไอออน และความหนาของชั้นน้ำที่ห่อหุ้มแอนไอออนและแคตไอออนจะมีความแตกต่างกันเพราะอิเล็กโทรไลต์มีความแตกต่างกัน ซึ่งความแตกต่างของอิเล็กโทรไลต์นี้เองที่ชักนำให้ไอออนและพื้นผิวของคอลลอยด์ดินมีปฏิสัมพันธ์กัน โดยความแตกต่างของอิเล็กโทรไลต์จะส่งผลต่อลักษณะของประจุที่เกิดขึ้นบนพื้นผิว (Zhang and Zhao, 1997)

5.7. การดูดซับของประจุลบแบบเฉพาะเจาะจง

ประจุผันแปรมีการดูดซับทั้งแคตไอออนและแอนไอออน ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น เนื่องจากอินทรียวัตถุเป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดประจุลบและจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชของดินสูงขึ้น (Parfitt, 1981) ประจุผันแปรของดินสามารถดูดซับแคตไอออนและแอนไอออนบางชนิดได้อย่างเฉพาะเจาะจง ซึ่งการดูดซับแบบเฉพาะเจาะจงนี้เอง

สามารถเปลี่ยนคุณสมบัติของประจุบนพื้นผิวของดินได้ (Zhang and Zhao, 1997) การดูดซับแบบเฉพาะเจาะจง โดยคอลลอยด์มักเกิดกับออกซิแอนไอออน (oxyanion) เช่น PO_4^{3-}, HPO_4^{2-} และ MoO_4^{2-} โดยการดูดซับแบบจำเพาะเจาะจงกับออกซิแอนไอออนในลักษณะนี้เกิดจากการแลกเปลี่ยนลิแกนด์ (ligand exchange) ระหว่างออกซิแอนไอออนในสารละลายกับหมู่ฟังก์ชันนัล –OH หรือ H_2O บนผิวของแร่หรือคอลลอยด์ดิน การแลกเปลี่ยนลิแกนด์จะเป็นไปได้ดีขึ้นเมื่อสารละลายมีพีเอชลดลง เนื่องจากมีการรับ H^+ มากขึ้นของหมู่ฟังก์ชันนัล-OH บนผิวแร่กลายเป็น H_2O ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดขึ้นมากกับแร่ส่วนใหญ่ที่มีประจุแบบผันแปร เช่น แร่แอลโลเฟน แร่ดินเหนียวซิลิเกตประเภท 1:1 และเซสควิออกไซด์ (ไพบูลย์, 2546; Zhang and Zhao, 1997)

การแจกกระจายของดินที่พัฒนามาจากหินแกรนิตในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

ในประเทศไทยหินแกรนิตเป็นหินที่พบมาก และแพร่หลายที่สุดในจำพวกหินอัคนีด้วยกัน (Geological Survey Division, 1982) หินแกรนิตเป็นแหล่งวัตถุต้นกำเนิดดินที่สำคัญชนิดหนึ่ง เมื่อผ่านกระบวนการผุพังและการสร้างดินตามลำดับ ก็จะได้ดินที่มีลักษณะเด่นเฉพาะตัวแตกต่างไปจากดินอื่น

จากข้อมูลดินบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้และภาคใต้ของประเทศไทย พบว่าชุดดินที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิต ได้แก่ ชุดดินคลองนกกระทุง ชุดดินควนกาหลง ชุดดินโคกกลอย ชุดดินฉลอง ชุดดินทรายขาว ชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินบ้านบึง ชุดดินพังงา ชุดดินภูเก็ต ชุดดินพัทยา ชุดดินละหาน ชุดดินสัตหีบ และชุดดินห้วยโป่ง มีการกระจายตัวของชุดดินบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ ได้แก่ จังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี บริเวณภาคใต้ได้แก่บริเวณจังหวัดพังงา ภูเก็ต สตูล นราธิวาส และ จังหวัดสงขลา (วุฒิชาติ และคณะ, 2546)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ของของกรมแผนที่ทหาร ระวางที่ 5234II, 5234III, 5334IV, 5335I, 5350I, 5434II, 5434III, 5450IV 5134I, 5235II และ 5235III, (กรมแผนที่ทหาร, 2516ก, 2516ข, 2516ค, 2516ง, 2516จ, 2516ฉ, 2516ช, 2516ซ, 2535, 2536ก, 2536ข)

2. แผนที่ดินของจังหวัดระยอง จันทบุรี และชลบุรี มาตราส่วน 1:100,000 ของกรมพัฒนาที่ดินกระทรวงการเกษตรและสหกรณ์ (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2520, 2523, 2524)

3. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (กรมทรัพยากรธรณี, 2528)

4. เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

5. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมี ฟิสิกส์ จุลสัณฐานวิทยาและแร่วิทยา

6. เครื่องมือและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลและการเก็บรวบรวมข้อมูล

วิธีการ

การศึกษาภาคสนามและเก็บตัวอย่าง

1. ศึกษาข้อมูลและแผนที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของดิน ในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา

2. เลือกชุดดินที่มีการพัฒนามาจากหินแกรนิตเพื่อเป็นตัวแทนในการศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ โดยคัดเลือกจากหน่วยแผนที่ดิน (mapping unit) และข้อมูลแผนที่ดินของจังหวัดระยอง จันทบุรี และชลบุรี (กรมแผนที่ทหาร, 2516ก; 2516ข; 2516ค; 2516ง; 2516จ; 2516ฉ; 2516ช; 2516ซ; 2535; 2536ก; 2536ข) ซึ่งได้แก่ ชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินพังงา ชุดดินภูเก็ต ชุดดินสัตหีบ และชุดดินห้วยโป่ง (ภาพที่ 1)

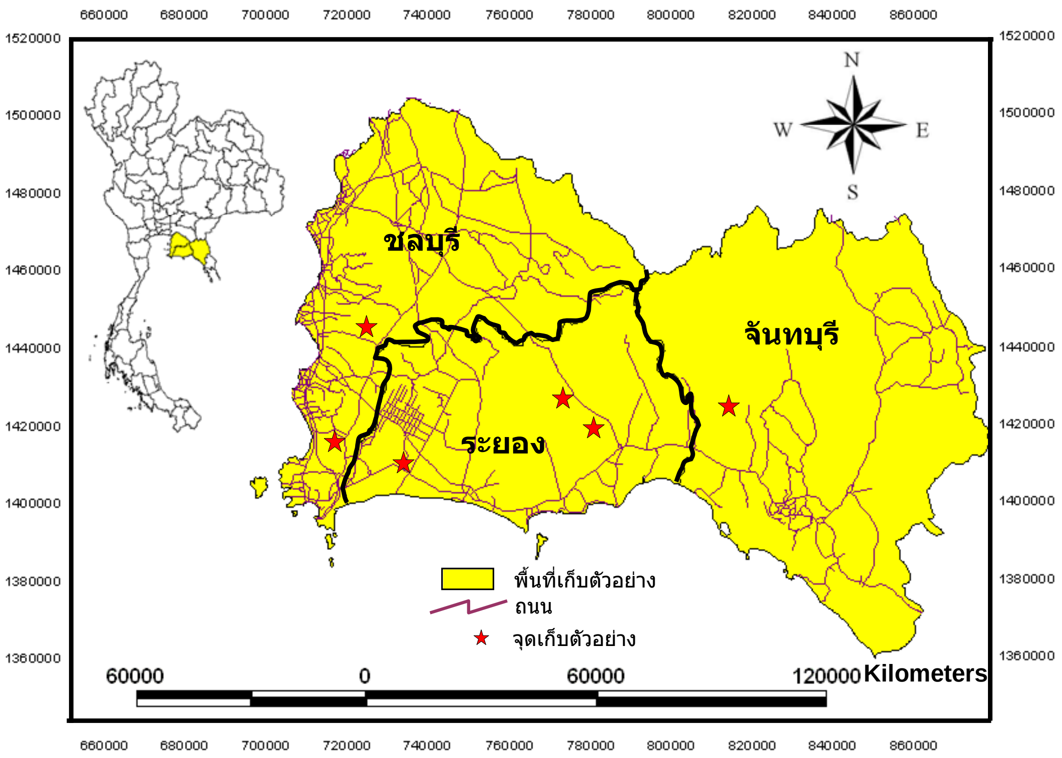
3. ขุดหน้าตัดดินตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ โดยมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินได้ชัดเจน แบ่งชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ตรวจสอบสมบัติดินในแต่ละชั้น ทำคำบรรยายหน้าตัดดิน ตามวิธีการศึกษาสัณฐานวิทยาของดินในภาคสนาม (พิสุทธิ์, 2518; เอิบ, 2548)

4. ทำการสังเกตและบันทึกข้อมูลเกี่ยวสัณฐานภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา สภาพแวดล้อมและลักษณะการใช้ที่ดินในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์การกำเนิดของดินที่ทำการศึกษา รวมทั้งการศึกษาสภาพแวดล้อมบางประการที่แสดงถึงข้อจำกัดในด้านความอุดมสมบูรณ์และการใช้ประโยชน์ที่ดิน

5. การเก็บตัวอย่างดิน

5.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) เก็บดินทุกชั้น ตามชั้นกำเนิดดินที่ได้แบ่งไว้ตลอดหน้าตัดดิน ชั้นละประมาณ 1-2 กิโลกรัม

5.2 เก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) เลือกเก็บเฉพาะชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาสภาพนำน้ำของดิน (hydraulic conductivity) โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) และชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาถึงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน (soil micromorphology) โดยใช้กล่องเก็บตัวอย่างดิน คูเบียนา (Kubiena box) (มรกต, 2532; เอิบ, 2548; Buol *et al*., 2003) โดยเลือกเก็บเฉพาะชั้นดินที่สนใจนำมาทำการศึกษา และเก็บตัวอย่างหินในบริเวณที่ทำการศึกษา เพื่อการวิเคราะห์ลักษณะของหินซึ่งให้วัตถุต้นกำเนิด



ภาพที่ 1 ขอบเขตบริเวณที่ทำการศึกษา และจุดเก็บตัวอย่าง

ที่มา: ดัดแปลงจากกรมแผนที่ทหาร (2516ก; 2535; 2536ก)

การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

1. การเตรียมตัวอย่างดิน

1.1 นำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำมาศึกษา ดินที่เก็บโดยใช้กล่องคูเบียนานำมาวิเคราะห์ทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน ส่วนตัวอย่างดินในกระบอกตัวอย่างนำมาหาสภาพนำน้ำและความหนาแน่นรวมของดิน

1.2 นำตัวอย่างดินส่วนที่ถูกรบกวนมาผึ่งดินให้แห้งในที่ร่มแยกก้อนกรวด เศษหินแร่และซากพืชที่มีขนาดใหญ่ออกแล้วบดดินด้วยโกร่งบดดิน แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ทั่วไป บดดินให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดให้มีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจน (เอิบ, 2548)

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.1 การกระจายของอนุภาคดิน (Particle size analysis) โดยวิธีปิเปตต์ (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (soil texture class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงการเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Staff, 2006)

2.2 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) โดยวิธี core method โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง และโดยวิธี clod method ซึ่งได้จากการเก็บตัวอย่างดินที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3 เซนติเมตร (Blake and Hartge, 1986)

2.3 การวิเคราะห์สภาพนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (Saturated hydraulic conductivity) โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Soil Survey Staff, 2006)

3. การวิเคราะห์ทางเคมี

3.1 พีเอช (pH) โดยใช้เครื่องมือวัดพีเอช (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำและดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

3.2 คาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon: OC) โดยวิธี Walkley และ Black Titration (Walkley and Black, 1934) แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter content: OM) ในดินจากสูตร OM = OC x 1.724

3.3 ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Jackson, 1965)

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

3.5 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Aavailable potassium) โดยสกัดด้วย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

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

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

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

3.9 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (Base saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ (sum bases) ซึ่งได้แก่ผลรวมของ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม และความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) (Thomas,1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\text{Base saturation (\%)} = \frac{\text{Sum bases}}{\text{Extractable bases + extractable acidity}} \times 100$$

3.10 อะลูมินัมที่สกัดได้ (Extractable aluminium) โดยการสกัดด้วย 1M KCl แล้ววิเคราะห์หาปริมาณด้วยการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH และ HCl ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน (Thomas, 1982)

3.11 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมินัม ในรูปอิสระ โดยวิธี dithionite-citrate-bicarbonate (Mehra and Jackson, 1960) ในรูปอสัณฐาน โดยวิธี ammonium oxalate (McKeague and Day, 1966) และในรูปสารอินทรีย์ โดย sodium pyrophosphate (McKeague, 1966)

3.12 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) โดยวิธี compulsive exchange method (Gillman and Sumpter, 1986a) ในการศึกษาลักษณะประจุของดิน

ชั่งดิน 2 กรัม ใส่หลอดเซนตริฟิวจ์ขนาด 30 มิลลิลิตร จำนวน 6 หลอด เติม 0.1M $BaCl_2$/0.1M NH_4Cl 20 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำมาเซนตริฟิวจ์ทิ้งส่วนที่เป็นสารละลายใส (supernatant solution) แล้วล้างตะกอนด้วย 0.05M $BaCl_2$ 20 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วนำมาเซนตริฟิวจ์ ทิ้งสารละลายใส ล้างตะกอนด้วย 0.002M $BaCl_2$ 20 มิลลิลิตร 3 ครั้ง ในครั้งที่ 3 เขย่าให้เข้ากันแล้วปรับค่าพีเอชของสารละลายดินในแต่หลอดให้ได้ค่าพีเอชเท่ากับ 3, 4, 5, 6, 7 ด้วย 0.01M HCl และสารละลายอิ่มตัว $Ba(OH)_2$ และอีก 1 หลอดไม่ปรับค่าพีเอชของดิน วัดพีเอชดินซ้ำทุก ๆ 2 ชั่วโมงจนค่าพีเอชของดินคงที่ ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน ปรับพีเอชของดินให้คงที่อีกครั้งถ้าหากค่ามีการเปลี่ยนแปลง แล้วนำไปเซนตริฟิวจ์ เก็บส่วนที่เป็นสารละลายใสไปวิเคราะห์หาความเข้มข้นของคลอไรด์ ความเข้มข้นที่ได้มีค่าเท่ากับ C1 ส่วนตะกอนที่เหลือในหลอดเซนตริฟิวจ์ให้นำไปชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ได้มีค่าเท่ากับ Y (ตะกอนดิน+หลอดเซนตริฟิวจ์)

นำตะกอนดินมาเติม 0.005M $MgSO_4$ 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน นาน 1 ชั่วโมง แล้วนำมาวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity: EC) เปรียบเทียบค่ากับสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลาย 0.005M $MgSO_4$ ให้ได้สัดส่วนของสารละลาย 0.005M $MgSO_4$ ดินต่อสารละลาย 0.0015M $MgSO_4$ มากกว่า 1 เท่า ถ้าค่าสภาพการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 1 เท่า ให้เติม 0.05 M $MgSO_4$ เพิ่มครั้งละ 5 มิลลิลิตร บันทึกปริมาตรทั้งหมดของ $MgSO_4$ ที่ใช้มีค่าเท่ากับ V2 แล้วนำไปวัดค่าพีเอชของสารละลายอีกครั้งหนึ่ง ถ้าพีเอชดินเพิ่มขึ้นให้ปรับค่าพีเอชดินด้วย 0.1M H_2SO_4 ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ทำให้อัตราส่วนค่าสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลาย 0.005M $MgSO_4$ ดินต่อสารละลาย 0.0015M $MgSO_4$ เท่ากับ 1 โดยการเติมน้ำ ตั้งทิ้งไว้ข้ามคืน แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่ได้มีค่าเท่ากับ Z นำสารละลายมาเซนตริฟิวจ์ นำส่วนที่เป็นสารละลายใสไปวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ มีค่าความเข้มข้นเท่ากับ C2 นำไปคำนวณค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นด่างและค่าความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออนจากสูตร

$$\text{CEC (cmol kg}^{-1}\text{)} = (\text{mmol}(\tfrac{1}{2}\text{Mg}^{2+})\text{ added} - \text{mmol}(\tfrac{1}{2}\text{Mg}^{2+})\text{ retained}) \times 100/\text{wt soil}$$

$$\text{CEC} = 50(0.01\text{V2}-0.003\text{V3})\text{ cmol kg}^{-1}\text{ soil}$$
$$\text{AEC} = 50(\text{C2V3}-\text{C1V1})\text{ cmol kg}^{-1}\text{ soil}$$

$$\text{V1} = \text{Y} - \text{X}$$
$$\text{V3} = \text{Z} - \text{X}$$

เมื่อ X = น้ำหนักดิน + หลอดทดลอง
Y = ตะกอนดิน + หลอดทดลอง
Z = น้ำหนักสารละลาย + หลอดทดลอง

3.13 ปริมาณคลอไรด์ โดยวิธี volumetric (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542; Adriano and Doner, 1982) วิเคราะห์โดยนำสารละลายดินที่สกัดได้ มาไทเทรตกับสารละลาย 0.05M $AgNO_3$ โดยมี K_2CrO_4 เป็น indicator ไทเทรตจนได้ตะกอนสีแดงของ Ag_2CrO_4

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

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงแร่ของดิน

4.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในกลุ่มอนุภาคดินเหนียว (Clay fraction) ที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction: XRD) (Whittig and Allardice, 1986)

4.2 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในกลุ่มอนุภาคทรายแป้ง (Silt fraction) โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับชนิดของแร่มาตรฐาน (Brindley and Brown, 1980) สำหรับปริมาณของแร่ชนิดต่าง ๆ ประเมินโดยวิธี relative peak height และ peak area (Whittig and Allardice, 1986)

5. การวิเคราะห์จุลสัณฐานวิทยาของดิน

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

5.1 ถ่ายดินออกจากกล่องคูเบียนาลงในกล่องกระดาษซึ่งบุพลาสติกเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งเขียนรายละเอียด ชื่อชุดดิน ชั้นดิน และทำลูกศรชี้ทิศทางของตัวอย่างดินที่เก็บ

5.2 อบดินให้แห้งภายในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ หรือจนแน่ใจว่าความชื้นในดินไม่มีเหลืออยู่เลย (อุณหภูมิในการอบตัวอย่างดิน ถ้าสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ดินแตก และอินทรียวัตถุจะถูกทำลาย) หลังจากนั้นนำมาทำให้แข็งโดยการแทรกสาร (impregnation) ซึ่งเป็นน้ำยาผสมของอัลโพลิท ยูพี 001 อี ที่ใช้เป็นสารเชื่อมเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ เป็นสารทำให้เกิดปฏิกิริยา และสไตรีนโมโนเมอร์ เป็นตัวทำเจือจาง โดยเทน้ำยาที่ผสมดีแล้วลงในกล่องตัวอย่างดิน

5.3 นำไปใส่ในตู้อบสุญญากาศ (vacuum drying oven) ที่ความดัน 60 เซนติเมตรปรอท ประมาณ 6-8 ชั่วโมง จึงนำออกมาใส่ตู้ควัน ต้องคอยเติมน้ำยาให้ท่วมอยู่เสมอค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้น และเพิ่มเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ทีละน้อย จนกว่าน้ำยาจะแข็งตัว จึงนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

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

5.5 นำตัวอย่างดินมาติดบนแผ่นตัดบาง โดยใช้กาวที่มีส่วนผสมของอัลโพลิท ยูพี 001 อีกับไซโคลเฮกซะโนนเปอร์ออกไซด์ (cyclohexanone peroxide) และโคบอลต์ออกทีเอต (cobaltocteate) หลังจากติดตัวอย่างแผ่นตัดบางเรียบร้อยแล้ว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

5.6 นำตัวอย่างที่ติดแผ่นตัดบางแล้วมาตัดด้วยเครื่องตัดบาง และขัดด้วยผงขัดหยาบและละเอียด ตามลำดับ จนกระทั่งตัวอย่างมีความหนาประมาณ 0.03 มิลลิเมตร โดยสังเกต สีของแร่ควอตซ์จะมีสีเทา หรือเทาปนเหลือง เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ในสภาพ x-nicols จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดแผ่นตัดบาง (cover glass) แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ เพื่อศึกษาทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน

สถานที่ศึกษา

1. การศึกษาในภาคสนาม บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดระยอง ชลบุรี จันทบุรี เป็นพื้นที่ดอนที่ใช้ทำประโยชน์ในการปลูกไม้ผลยืนต้น ยางพารา มันสำปะหลัง

2. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และการวิเคราะห์สมบัติทางแร่ของดิน ณ สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาการกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามากจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ประกอบด้วยลักษณะทั่วไป และสัณฐานวิทยาของดินในสนาม สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี ของดินบริเวณที่ศึกษา 6 บริเวณ โดยแต่ละบริเวณกำหนดให้เป็นพีดอน (pedon) ซึ่งหมายถึง ปริมาตรที่เล็กที่สุดที่สามารถบอกได้ว่าเป็นดินหนึ่ง (soil individual) (Buol *et al*., 2003) และเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่สามารถอธิบายหน้าตัดดินได้ครบทุกลักษณะ (เอิบ, 2548) โดยผลการศึกษามีดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ แสดงไว้ในคำอธิบายหน้าตัดดินในภาคผนวก ก และในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

1.1 พีดอน 1 (ภาพที่ 2)

บริเวณสถานีพืชไร่ห้วยโป่ง อำเภอห้วยโป่งเหนือ จังหวัดระยอง พื้นที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 37 เมตร ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้าง (residuum) จากการผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต สภาพพื้นที่เป็นบริเวณตอนล่างของเนินเขา มีสภาพภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหลบ่าของน้ำผิวหน้าดินเร็วปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 210 เซนติเมตร สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษาเป็นช่วงพักแปลงหลังจากปลูกมันสำปะหลัง

ดินบนลึก 18 เซนติเมตร มีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบทรายที่มีขนาดแตกต่างได้ค่อนข้างมากจากชั้นดินบนลึกลงไปถึงชั้นดินล่าง ดินในภาคสนามเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.0-5.0)

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของดินที่ทำการศึกษา ที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

Pedon	Parent materials	Landform	Surrounding landform Slope %	Drainage	Permeability Runoff	Depth of ground water (cm)	Elevation MSL (m)
1	Residuum derived from weathered granite	Lower midslope of low residual hill	Undulating 2	Well drained	Moderate Moderate	.>210	37
2	Mixed wash, Local alluvium derived from metasrdimentary rock local alluvium derived from granite	Dissected lower footslope	Undulating 2	Well drained	Moderate Moderate	>200	80
3	Residuum derived from weathered coarse grained granite	Shoulder slope of residual hill	Undulating 4	Well drained	Moderate Moderate	>200	137
4	Wash over residuum derived from weathered granite	Upper dissected footslope	Undulating 2	Well drained	Moderate Moderate	>200	54
5	Wash and residuum derived from weathered granite	Lower coalescing	Undulating 3	Well drained	Moderate Moderate	>200	24
6	Residuum derived from weathered coarse grained granite	Dissected lower footslope	Undulating 3	Well drained	Moderate Moderate	>195	67

ตารางที่ 2 สัณฐานวิทยาสนามของดินที่พัฒนาจากหินแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Sturcture	Consistence	Boundary	Field pH	Others
Pedon 1 Typic Kandiudult								
Ap1	0-18	10YR6/2	SL	2, f-m, sbk	H, SF, SS/SP	Clear, smooth	4.5	Common variegated sands, few traces of dead roots
Ap2	18-35	Mixed 10YR6/3, 10YR5/2	SL	2, f-m, sbk	H, SF, SS/SP	Abrupt, smooth	4.0	Common variegated sands, few traces of dead roots
Bt1	35-65	Mixed 10YR6/3, 10YR6/2	SCL	2, f-m, abk	H, F, MS/MP	Gradual, smooth	4.0	Common variegated sands, few traces of dead roots, few quartz fragments
Bt2	65-98	Mixed 10YR6/3, 10YR7/2	SCL	2, m-c, se-abk	H, F, VS/VP	Gradual, smooth	4.0	Common variegated sands, few traces of dead roots, few quartz fragments
Bt3	98-130	Mixed 10YR6/3, 10YR7/2 10YR5/6	SCL	2, m-f, se-abk	SH, F, MS/MP	Clear, smooth	4.5	Common variegated sands, few traces of dead roots, few quartz fragments, few fine cracks
Bt4	130-150	Mixed 10YR6/3,10YR7/2 10YR5/6	SCL	2, m-c, se-abk	SH, SF, MS/MP	Clear, Smooth	4.5	Many variegated sands, few fine cracks
Bt5	150-172	Mixed 10YR6/3, 10YR7/2 5YR5/6, 10YR6/8	SCL	2, m-c, se-abk	SH, SF, MS/MP	Clear, smooth	4.5	Many variegated sands, few fine cracks, few large spots of iron oxide coated sand (5YR5/6)
Bt6	172-200+	Mixed 10YR7/4, 10YR7/2 10YR6/8, 2.5YR4/8	SGSCL	2, m-c, se-abk	SH, SF, MS/MP	-	5.0	Few variegated sands, few quartz fragments, common large spots of iron oxide coated sand (10YR6/8)
Pedon 2 Typic Kandiudult								
Ap1	0-10	Mixed 10YR5/2, 10YR3/6	LFS	1-2, f-m, sbk	SH, F, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Common variegated sands, few traces of dead roots
Ap2	10-23	Mixed 10YR5/3, 10YR7/3, 10YR3/1	LFS	2, f-m, se-abk	SH, F, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Common variegated sands, few traces of dead roots few spots accumulation of organic matter
AB	23-42	Mixed 10YR5/3, 7.5YR6/4 10YR4/2	SL	2, f-m, se-abk	H, F, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Common variegated sands, few spots accumulations of organic matters, few charcoal fragments
Bt1	42-75	Mixed 10YR5/3, 10YR6/4	SL	2-1,f-m, sbk	SH, F, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Common variegated sands, few spots accumulations of organic matters

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color / Mottle	Texture	Sturcture	Consistence	Boundary	Field pH	Others
Pedon 2 (cont.)								
Bt2	75-100	Mixed 10YR6/3, 10YR5/3 10YR3/1	SL	2-1,f-m, sbk	SH, F, SS/SP	Clear, smooth	6.0	Common variegated sands, a large krotovinas as a longitudinal band
Bt3	100-130	Mixed 10YR7/3, 10YR4/3	SL	2-1,f-m, sbk	Soft, F, SS/SP	Gradual, smooth	5.0	Common variegated sands, few spoted accumulations of quartz fragments, sizes of quartz fragment increase
Bt4	130-158	Mixed 10YR7/4, 10YR5/3	SL	1, f-m, sbk	Soft, F, SS/SP	Clear, smooth	5.0	Common variegated sands, few spot accumulations of quartz fragments, sizes of quartz fragment increase
Bt5	158-195+	Mixed 10YR6/4, 10YR5/3	SGSL	1, f-m, sbk	Soft, F, SS/SP	-	5.0	Common variegated sands, few spotted accumulations of iron and manganese oxides, sizes of quartz fragments increase
Pedon 3 Typic kandiudult								
Ap1	0-12	Mixed 10YR6/8, 10YR7/4 10YR4/2	SL	2, f-m, sbk	H, SF, SS/SP	Clear, smooth	6.0	Common variegated sands, common quartz fragments, common traces of dead roots
Ap2	12-26	Mixed 10YR5/3, 10YR7/3 10YR3/1	SL	2, f-m, se-abk	SH, SF, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Common variegated sands, common quartz fragments, few traces of dead roots
Bt1	26-40	Mixed 5YR6/8, 5YR6/6	SL	2, f-m, se-abk	H, SF, SS/SP	Clear, smooth	5.0	Few variegated sands, common quartz fragments, few trace charcoal fragments
Bt2	40-60	Mixed 5YR6/8, 7.5YR6/6	SL	2, f-m, se-abk	H, SF, SS/SP	Gradual, smooth	5.0	Few variegated sands, common quartz fragments, few traces of dead roots, few traces charcoal fragments
Bt3	60-80	5YR6/8	CSL	2, f-m, sbk	SH, SF, SS/SP	Gradual, smooth	5.5	Few variegated sands, common quartz fragments, few traces of dead roots
Bt4	80-110	Mixed 5YR6/8, 5YR5/6	CSL	2, f-m, sbk	SH, SF, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Few variegated sands, common quartz fragments, very few traces of dead roots
Bt5	110-140	5YR6/8	SGCSL	2, f-m, sbk	SH, SF, SS/SP	Clear, smooth	5.5	Few variegated sands, common quartz fragments, very few traces of dead roots
Bt6	140-170	Mixed 5YR6/8, 7.5YR5/3	SGCSL	2, f-m, sbk	SH, SF, SS/SP	Clear, smooth	6.0	Few variegated sands, common quartz fragments
Bt7	170-200+	Mixed 5YR6/8, 7.5YR6/6	GLCS	2, f-m, sbk	SH,SF,SS/SP	-	6.0	Few variegated sands, many quartz fragments

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Sturcture	Consistence	Boundary	Field pH	Others
Pedon 4 Typic kandiudult								
Ap	0-21	Mixed 10YR4/3, 10YR6/4	SL	2, f-m, sbk	SH, SF, SS/SP	Abrupt, smooth	4.5	Many variegated sands, few traces of dead roots,few charcoal fragments
Bt1	21-45	Mixed 10YR6/4, 10YR6/6, 10YR4/3	SCL	2, f-m, se-abk	SH, SF, S/P	Clear, smooth	4.5	Common variegated sands, few small ant's wests, few traces of dead roots
Bt2	45-74	Mixed 7.5YR6/6, 7.5YR5/3	SCL	2, f-m, sbk	H, SF, MS/MP	Clear, smooth	4.5	Few variegated sands, common quartz fragments, very few small ant's west
Bt3	74-104	Mixed 7.5YR6/8, 7.5YR5/6	SCL	2, f-m, sbk	H, SF, MS/MP	Gradual, smooth	4.5	Common variegated sands, few quartz fragments, common large ant's west (termite)
Bt4	104-140	Mixed 7.5YR6/8, 7.5YR5/6 ,5YR5/8, 10YR7/6	SCL	2, f-m, sbk	H, F, MS/MP	Gradual, smooth	4.5	Common variegated sands, few quartz fragments, few krotovinas, few large ant's west, sand pockets
Bt5	140-170	Mixed 7.5YR5/6, 5YR6/8, 10YR7/6, 5YR5/8	SGSCL	2, f-m, sbk	SH, SF, MS/MP	Abrupt, smooth	5.0	Common variegated sands, few quartz fragments, few large ant's west, few iron oxide nodules (10YR6/8)
Bv	170-200+	Mixed 10YR6/6, 5YR5/8, 10YR7/6 2.5YR4/6, 5YR4/6, 10YR6/8	GSC	2, f-m, sbk	VH, F, MS/MP	-	5.5	Few variegated sands, common iron oxides separations, common nodules (10YR6/8)
Pedon 5 Typic Kandiudult								
Ap	0-20	Mixed 10YR5/2, 10YR6/4, 10YR7/3	SL	2, f-m, sbk	SH, SF, SS/SP	Abrupt, smooth	4.0	Few fine variegated sands, common medium and few large pores , few traces of dead roots
Bt1	20-48	Mixed 10YR7/4, 10YR5/2, 10YR8/2	SCL	2, f-m, sbk	H, SF, MS/MP	Clear, smooth	4.5	Few fine variegated sands, two large remnant of ant's west, few large pores, few traces of dead roots
Bt2	48-78	Mixed 10YR6/4, 10YR8/2 5YR6/8, 10YR6/8, 7.5YR5/8	SCL	2, f-m, se -abk	H, F, MS/MP	Clear, smooth	4.5	Few variegated sands, few fine cracks, vary charcoal fragment, few large ant's west
Bt3	78-110	Mixed 10YR7/4, 2.5YR8/1 10YR5/8, 10YR6/8, 5YR6/8	SC	2, f-m, se-abk	H, SF, MS/MP	Clear, smooth	5.0	Few variegated sands, few fine cracks, few fine soft Fe oxides nodules (5YR6/8), few vertical cracks across horizon thickness

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color / Mottle	Texture	Sturcture	Consistence	Boundary	Field pH	Others
Pedon 5 (cont.)								
Bt4	110-140	Mixed 10YR7/4, 10YR7/2, 10YR8/1, 2.5R8/1 / 7.5YR6/8, 10YR6/8, 5YR6/8	SC	2, f-m, sbk	H, F, MS/MP	Clear, smooth	5.0	Few variegated sands, few fine Fe oxide nodules (5YR6/8), common indistinct separations of clay and iron oxides
Bt5	140-170	Mixed 10YR7/4, 10YR8/1, 10YR6/2 / 2.5YR5/6, 5YR5/8, 10YR5/8	SC	2, f-m, se-abk	H, F, MS/MP	Clear, smooth	4.5	Few variegated sands, few fine cracks, few fine soft Fe oxide nodules (10YR5/8), few fine cracks, common indistinct separations of clay and iron oxides
Bv	170-200+	Mixed 10YR8/1, 10YR7/4 / 10YR6/8, 2.5YR4/8	SGSC	2, f-m, se-abk	H, F, MS/MP	-	5.0	Few variegated sands, few fine cracks, few fine soft Fe oxide nodules (10YR5/8, 10YR6/4), common distinct separations of clay and iron oxides, some parts are semi-hardened
Pedon 6 Typic Plintudult								
Ap	0-10/12	Mixed 10YR5/2, 10YR5/4	CSC	2, f-m, sbk	H, SF, MS/MP	Clear, smooth	5.0	Very few variegated sands, few quartz fragments, few traces of dead roots
Bt1	12-35	Mixed 7.5YR6/8, 10YR5/4, 5YR6/6	CSC	2, f-m, sbk	H, SF, MS/MP	Clear smooth,	5.0	Very few variegated sands, few quartz fragments, few traces of dead roots
Bt2	35-60	Mixed 7.5YR6/6, 5YR6/6	SGCSC	2, f-m, sbk	H, F, MS/MP	Clear, smooth	5.5	Common quartz fragments, few coarse ferruginized rock nodules
Bt3	60-80	Mixed 5YR5/6, 7.5YR6/6 2.5YR4/8, 10YR7/8	GCSC	2, f-m, sbk	H, SF, SS/MP	Gradual, smooth	5.5	Common quartz fragments, few ferruginized rock nodules, few clays and iron oxide separations
Bt4	80-100	Mixed 5YR5/6, 7.5YR6/6, 10YR6/8, 10YR8/3	VGCSC	2, f-m, sbk	H, SF, SS/MP	Clear, smooth	5.5	Common ferruginized rock nodules, common quartz fragment common clays and iron oxide separations
Bv1	100-126	Mixed 5YR5/6, 7.5YR5/6 2.5YR4/6, 2.5YR5/8, 10YR5/8	VGCSC	2, f-m, se-abk	H, F, MS/MP	Clear, smooth	5.5	Many iron oxide hard fragments, many nodules(10Y5/8), many clays and iron oxide separations, few fine cracks

ตารางที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Soil color Mottle	Texture	Sturcture	Consistence	Boundary	Field pH	Others
Pedon 6 (cont.)								
Bv2	126-155	Mixed 7.5YR5/6, 5YR5/6 10YR5/8, 10R4/8	VGCSC	2, f-m, se-abk	H, F, MS/MP	Clear, smooth	5.5	Many iron oxide hard fragments, many nodules (10YR4/8), many clays and iron oxide separations, few fine cracks
Bv3	155-195+	Mixed 7.5YR5/6, 5YR5/610R4/8, / 10YR5/8, 10YR6/8, 10YR8/8, 10YR8/2, 7.5YR5/8	VGCSC	2, f-m, se-abk	H,F, MS/MP		5.0	Many iron oxides hard fragments, many nodules (7.5YR5/8) , many clays and many iron oxide separations, few fine cracks

หมายเหตุ

Texture

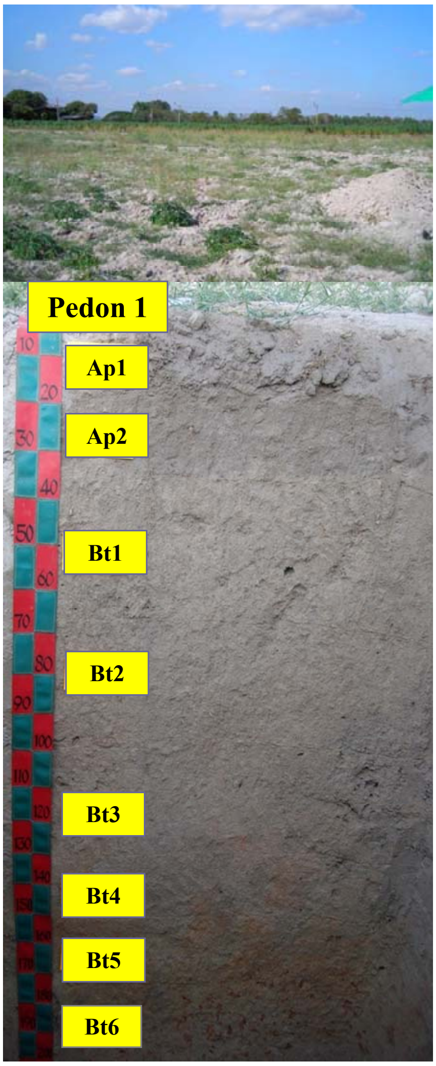
LFS	= loamy fine sand
SL	= sandy loam
SCL	= sandy clay loam
SL	= clay loam
GCSL	= gravelly coarse sandy loam
SGCSL	= slightly gravelly coarse sandy loam
SGSL	= slightly gravelly sandy loam
SGSCL	= slightly gravelly sandy clay loam
VGCSC	= very gravelly coarse sandy clay
SGCSC	= slightly gravelly coarse sandy clay
GCSC	= gravelly coarse sandy clay
GSC	= gravelly sandy clay
SGSC	= slightly gravelly sandy clay
CSC	= coarse sandy clay
SC	= sandy clay

Structure

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

Consistence

Dry		Moist		Wet	
VH	= very hard	SF	= slightly firm	S	= sticky
H	= hard	F	= firm	SS	= slightly sticky
SH	= slightly hard			MS	= moderately sticky
S	= soft			P	= plastic
				SP	= slightly plastic
				MP	= moderately plastic



ภาพที่ 2 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 1 บริเวณสถานีพืชไร่ห้วยโป่ง อำเภอห้วยโป่งเหนือ จังหวัดระยอง

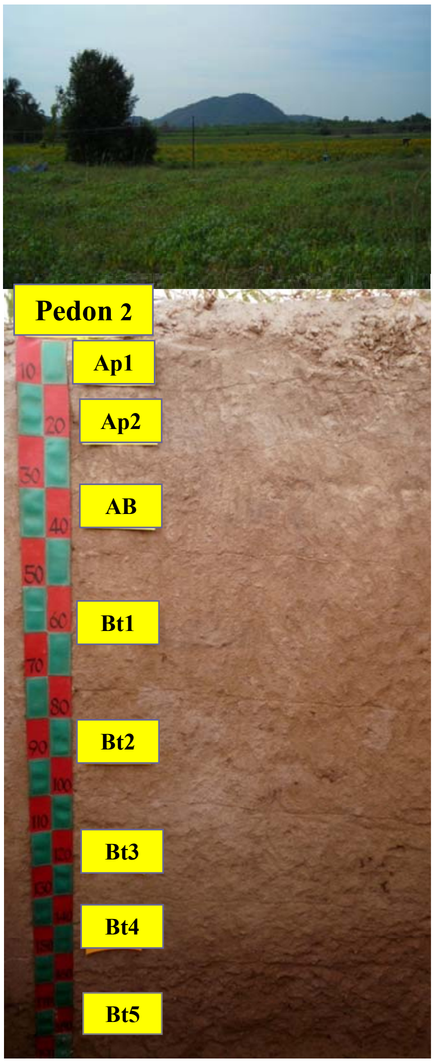
ดินล่างลึก 18-200+ เซนติเมตร ในตอนบนของชั้นดินล่าง ที่ระดับความลึก 18-172 เซนติเมตร ดินมีสีผสมระหว่างสีเทาปนน้ำตาลอ่อนถึงสีน้ำตาลซีด และที่ระดับความลึก 98-200+ เซนติเมตร พบจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง ลักษณะโครงสร้างของดินที่ระดับความลึก 65-200+ เซนติเมตร เป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง ที่ระดับความลึก 18-150 เซนติเมตร พบสะพานดินเหนียวเชื่อมระหว่างอนุภาคขนาดทรายปริมาณเล็กน้อยและไม่ค่อยชัดเจน ที่ระดับความลึก 65-200+ เซนติเมตร พบการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผนังของช่องว่างและผิวหน้าของเม็ดดินในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน ที่ระดับความลึก 35-130 เซนติเมตร พบชิ้นส่วนของแร่ควอตซ์ปริมาณเล็กน้อย และที่ระดับความลึก 150-200+ เซนติเมตร พบจุดของเหล็กออกไซด์เคลือบอนุภาคขนาดทราย ที่ระดับความลึก 150 – 200+ เซนติเมตร พีเอชดินในภาคสนามมีค่าเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.0-5.0)

1.1 พีดอน 2 (ภาพที่ 3)

บริเวณแปลงมันสำปะหลัง บ้านมาบฟักทอง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 80 เมตร ลักษณะดิน เป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-AB-Bt วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนผสมล้างผิวดินและตะกอนน้ำพาท้องถิ่นที่สลายตัวมาจากหินแปรและหินแกรนิต สภาพพื้นที่เป็นบริเวณส่วนตัดตอนล่างของตีนเขา มีสภาพภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทประมาณ ร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 200 เซนติเมตรจากผิว สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา เป็นพื้นที่ที่ทำการปลูกมันสำปะหลัง และมีวัชพืชท้องถิ่นขึ้นปกคลุม

ดินบนลึก 23 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินทรายละเอียดปนดินร่วน ดินมีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาล สีน้ำตาลซีดและสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลางถึงแข็งแรง พบทรายที่มีขนาดแตกต่างได้ค่อนข้างมากจากชั้นดินบนลึกลงไปถึงชั้นดินล่าง พบเศษรากพืชที่ตายแล้วในปริมาณน้อย และในชั้น Ap2 พบการสะสมของอินทรียวัตถุ มีลักษณะเป็นจุด ๆ กระจายอยู่ปริมาณเล็กน้อยในดิน พีเอชดินในสนามเป็นกรดจัด (pH 5.5)

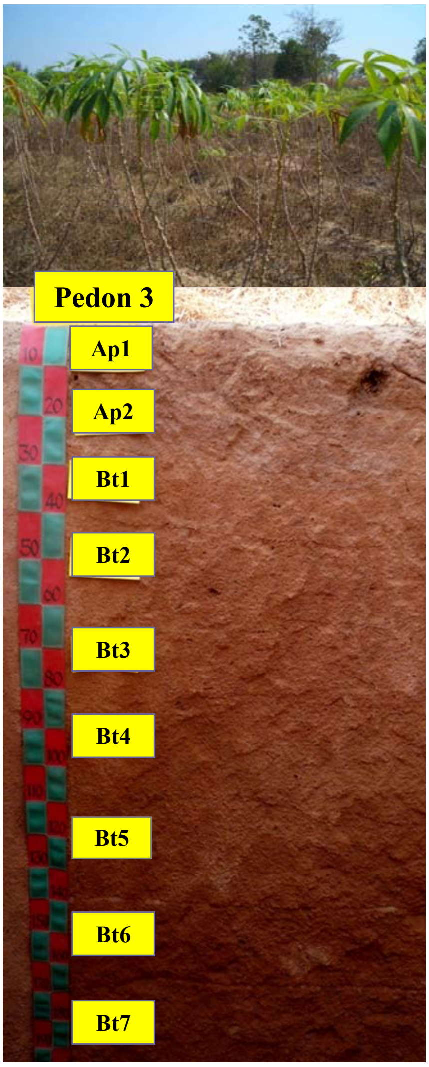
ดินล่างลึก 23-195+เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย จนถึงที่ระดับความลึก 158-195+ เซนติเมตร ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนทรายปนกรวดเล็กน้อยดินมีสีผสมระหว่างสีน้ำตาล สีน้ำตาลซีด สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลปนเทาเข้ม สีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน และสีเทาเข้มมาก มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบการสะสมของอินทรียวัตถุเป็นจุด ที่ระดับความลึก 23-75 เซนติเมตร และที่ระดับความลึก 23-42 เซนติเมตร พบเศษชิ้นส่วนของถ่าน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมการใช้ที่ดินของมนุษย์ ที่ระดับความลึก 75-100 เซนติเมตร พบแนวทรงกระบอกของสีที่เป็นเส้นไม่สม่ำเสมอภายในชั้นดิน (krotovinas) เนื่องจากการเคลื่อนย้ายวัสดุมาจากชั้นดินบน เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของสัตว์ที่เจาะรูอยู่ในดิน เช่น มด ปลวก ซึ่งมีลักษณะเป็นแถบยาว (เอิบ, 2548) ขนาดของชิ้นส่วนของแร่ควอตซ์เพิ่มขึ้นตามความลึก พบการสะสมของเหล็กออกไซด์และแมงกานีสออกไซด์มีลักษณะเป็นจุดในปริมาณเล็กน้อย พีเอชดินในภาคสนามมีค่าเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0)



ภาพที่ 3 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 2 บริเวณบ้านมาบฟักทอง อำเภอบางละมุง จังหวัดชลบุรี

1.2 พีดอน 3 (ภาพที่ 4)

บริเวณบ้านเขาขยาย อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี พื้นที่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 137 เมตร ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างที่สลายตัวจากหินแกรนิตที่มีเนื้อหยาบ สภาพพื้นที่อยู่บริเวณไหล่เขา มีสภาพภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทประมาณร้อยละ 4 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา คือในพื้นที่มีการปลูกมันสำปะหลัง



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 3 บริเวณบ้านเขาขยาย อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

ดินบนลึก 26 เซนติเมตร สีดินมีสีผสมระหว่างสีเหลืองปนน้ำตาล สีน้ำตาลซีด สีน้ำตาลปนเทาเข้ม และสีเทาเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ที่ระดับความลึก 0-12 เซนติเมตร มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน และที่ระดับความลึก 12-23 เซนติเมตร มีโครงสร้างดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบการสะสมของดินเหนียวในลักษณะการเคลือบบริเวณรอบช่องว่างแต่ไม่ค่อยชัดเจนนัก พบอนุภาคขนาดทรายที่มีขนาดแตกต่างได้ค่อนข้างมากจากชั้นดินบนลึกลงไปถึงชั้นดินล่าง ดินในภาคสนามเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)

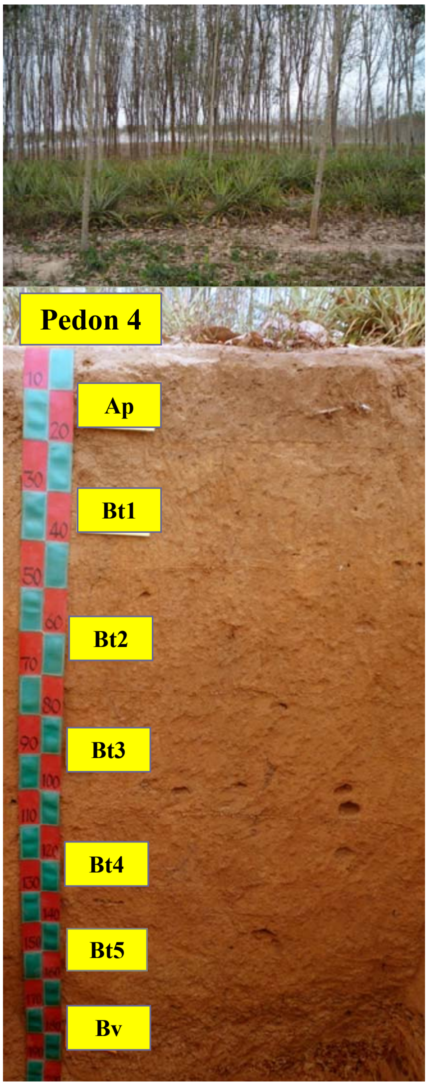
ชั้นดินล่างลึก 26-200+ เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ที่ระดับความลึก 60-110 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหยาบ ที่ระดับความลึก 110-200+ เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายหยาบปนกรวดเล็กน้อย ดินมีสีผสมระหว่าง สีเหลืองปนแดง สีแดงปนเหลือง และสีน้ำตาล โครงสร้างดินเป็นแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีความคงทนปานกลาง และที่ระดับความลึก 60-200+ เซนติเมตร มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบสะพานเชื่อมดินเหนียวระหว่างอนุภาคขนาดทราย และพบการสะสมดินเหนียวบริเวณผนังช่องว่างของดิน และพบเศษรากพืชที่ตายแล้วปริมาณเล็กน้อยและลดลงจนถึงที่ระดับความลึก 140 เซนติเมตร ดินในภาคสนามเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0)

1.3 พีดอน 4 (ภาพที่ 5)

บริเวณบ้านเขาตลาด อำเภอ วังจันทร์ จังหวัดระยอง พื้นที่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 54 เมตร ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการหน้าตัดเป็น Ap-Bt-Bv วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนล้างผิวดินบนวัสดุตกค้างที่ผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต สภาพพื้นที่เป็นบริเวณส่วนตัดตอนบนของตีนเขา มีสภาพภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทร้อยละ 2 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา มีการปลูกยางพารา และมีการปลูกสับปะรดเสริมระหว่างแถวของยางพารา

ดินบนลึก 21 เซนติเมตร สีดินมีสีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน และสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบชิ้นส่วนของถ่านและเศษรากพืชที่ตายแล้วปริมาณเล็กน้อยในชั้นดินบน และมีอนุภาคขนาดทรายที่มีขนาดแตกต่างกันปริมาณมาก ดินในภาคสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)

ชั้นดินล่างลึก 21-200+ เซนติเมตร สีดินมีสีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน สีเหลืองปนสีน้ำตาล สีน้ำตาล สีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ที่ระดับความลึก 140-170 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดเล็กน้อย และที่ระดับความลึก 170-200+ เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายปนกรวด โครงสร้างดินที่ระดับความลึก 21-45เซนติเมตรมีโครงสร้างแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม และที่ระดับความลึก 45-200+เซนติเมตร มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความแข็งแรงปานกลาง พบอนุภาคขนาดทรายที่มีขนาดแตกต่างพบแนวทรงกระบอกของสีที่เป็นเส้นไม่สม่ำเสมอภายในชั้นดิน (krotovinas) เนื่องจาก



ภาพที่ 5 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 4 บริเวณบ้านเขาตลาดอำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

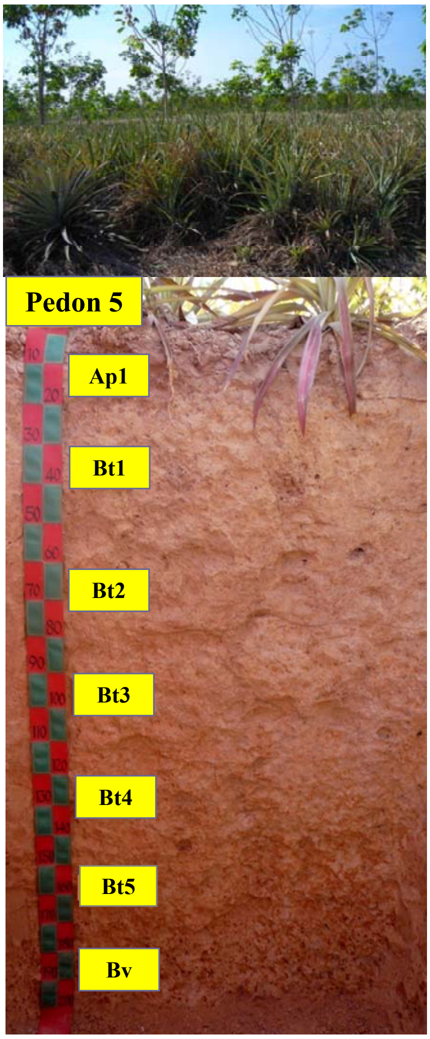
การเคลื่อนย้ายวัสดุมาจากชั้นดินบน เกิดขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของสัตว์ที่เจาะรูอยู่ในดิน เช่น มด ปลวก (เอิบ, 2548) พบร่องรอยของสัตว์ในดินและของเสียที่ได้จากการขับถ่ายของมดและปลวกได้ทั่วไปถึงที่ระดับความลึก 170 เซนติเมตร พบการสะสมของดินเหนียว โดยดินเหนียวเคลือบตามช่องว่างของดินและอนุภาคขนาดทราย พบเศษชิ้นส่วนของควอตซ์ และที่ระดับความลึก 140-200+ เซนติเมตร พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ ชั้นของพลินไทต์ที่ระดับความลึก 170-200+ เซนติเมตร มีสีเหลืองปนน้ำตาล พีเอชดินในภาคสนามมีค่าเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.5)

1.4 พีดอน 5 (ภาพที่ 6)

บริเวณบ้านชุมชนใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง พื้นที่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 24 เมตร ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบ Ap-Bt-Bv วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนล้างผิวดินและวัสดุตกค้างจากการผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต สภาพพื้นที่เป็น lower coalescing footslopeสภาพภูมิประเทศเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด ความลาดเทร้อยละ 3 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา มีการปลูกยางพารา และมีการปลูกสับปะรดระหว่างแถวของยางพารา

ดินบนลึก 20 เซนติเมตร ดินมีสีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน และสีน้ำตาลซีด เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย โครงสร้างดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมน ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบทรายที่มีขนาดแตกต่างได้ค่อนข้างมาก พบเศษชิ้นส่วนของถ่านและรากพืชที่ตายแล้วได้ในปริมาณเล็กน้อย พบการสะสมของดินเหนียวบริเวณรอบผนังช่องว่างชองดินและอนุภาคขนาดทราย ดินในภาคสนามเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0)

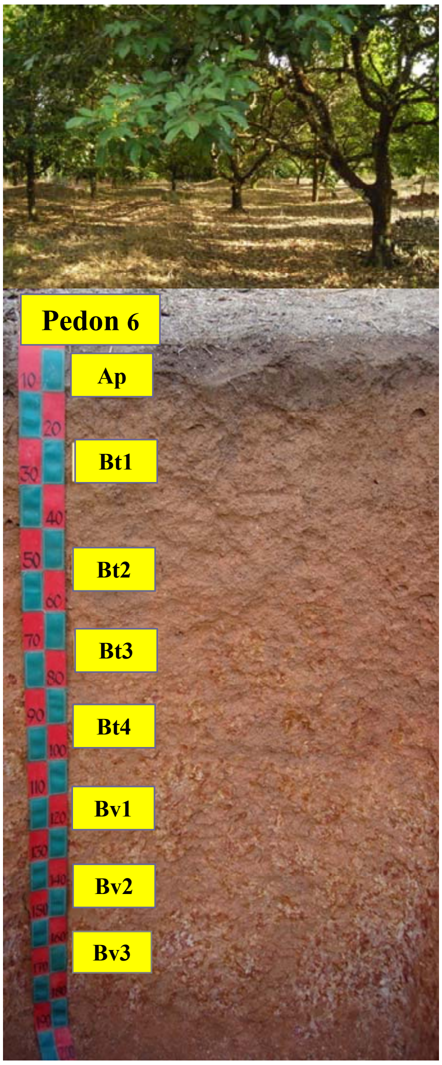
ดินล่างลึก 20-200+ เซนติเมตร ดินมีสีผสมระหว่างสีน้ำตาลซีด และสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน ที่ระดับความลึก 48-200+ เซนติเมตร ภายในหน้าตัดดินปรากฏจุดประสีเหลืองปนน้ำตาลสีน้ำตาลเข้ม สีแดงปนเหลือง สีน้ำตาลปนเหลือง และสีแดงเนื้อดินที่ระดับความลึก 20-78 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ที่ระดับความลึก 78-170 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายและที่ระดับความลึก 170-200+ เซนติเมตรมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายปนกรวด ชั้นดินล่าง (Bv) พบที่ระดับความลึก 170-200 เซนติเมตร โครงสร้างของดินเป็นแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ยกเว้นที่ระดับความลึก 110-140 เซนติเมตร โครงสร้างของดินเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบการสะสมของดินเหนียว โดยดินเหนียวเคลือบตามช่องว่างของดินและอนุภาคขนาดทราย พบของเสียซึ่งได้จากการขับถ่ายของมด ที่ระดับความลึก 78-200+ เซนติเมตร พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ มีสีเหลืองปนแดงและสีน้ำตาลปนเหลืองซึ่งมีความแตกต่างกันชัดเจนกับดินเหนียว บางส่วนของก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์มีลักษณะค่อนข้างแข็ง ดินในภาคสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0)



ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 5 บริเวณบ้านชุมชนใน อำเภอวังจันทร์ จังหวัดระยอง

1.5 ดินพีดอน 6 (ภาพที่ 7)

บริเวณบ้านคลองน้ำเป็น อำเภอเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี พื้นที่สูงจากระดับทะเล ปานกลาง 67 เมตร ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt-Bv วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างจากการผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิตที่มีเนื้อหยาบ สภาพพื้นที่เป็นบริเวณตอนล่างของตีนเขาที่ถูกซอยแบ่ง สภาพภูมิประเทศเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด ความลาดเทร้อยละ 3 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกกว่า 195 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา มีการใช้พื้นที่ในการปลูกไม้ผลเขตร้อน เช่น เงาะ มังคุด ทุเรียน กล้วย และลองกอง



ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 6 บริเวณบ้านคลองน้ำเป็น อำเภอเขาคิชกูฏ จังหวัดจันทบุรี

ดินบนลึก 12 เซนติเมตร ดินมีสีผสมระหว่างสีน้ำตาลปนเทาและสีน้ำตาลปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายหยาบ โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดละเอียดถึงปานกลาง คงทนความปานกลาง พบทรายที่มีขนาดแตกต่างกันได้ปริมาณเล็กน้อย พบเศษชิ้นส่วนของควอตซ์และรากพืชที่ตายแล้ว การสะสมดินเหนียวพบว่ามีการสะสมของดินเหนียวรอบช่องว่างของดิน ดินในภาคสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0)

ดินล่างลึก 12-195+ เซนติเมตร ดินมีสีผสมระหว่างสีเหลืองปนแดง สีน้ำตาลปนเหลือง สีแดงปนเหลือง สีเหลืองปนน้ำตาล สีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลซีด ที่ระดับความลึก 60-195+ เซนติเมตร

พบจุดประปรากฏในดิน มีสีแดง สีเหลือง และสีน้ำตาลปนเหลือง เนื้อดินที่ระดับความลึก 12-35 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายหยาบ ที่ระดับความลึก 35-60 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวปนทรายหยาบปนกรวดเล็กน้อย ที่ระดับความลึก 60-80 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายหยาบปนกรวด และที่ระดับความลึก 80-195+เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายหยาบปนกรวดมาก โครงสร้างของดิน ที่ระดับความลึก 12-100 เซนติเมตร มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ที่ระดับความลึก 100-195+เซนติเมตร มีโครงสร้างแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคมและชั้น Bv3 ที่ระดับความลึก 155-195+เซนติเมตร พบโครงสร้างแบบแผ่นของพลินไทต์ซึ่งมีสีน้ำตาลเข้ม และสีแดง ที่ระดับความลึก 35-100 เซนติเมตร พบก้อนทรงมนหยาบของหินที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบ พบดินเหนียวและเหล็กออกไซด์ได้ทั่วไปและเพิ่มขึ้นตามความลึก

จากผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาดิน พบว่าส่วนใหญ่ดินที่ทำการศึกษามีความหนาของชั้นดินบนประมาณ 20-40 เซนติเมตร ยกเว้น พีดอน 6 มีความหนาของชั้นดินบน 10 เซนติเมตร มีความลาดชันผิวหน้าร้อยละ 2 ถึง 4 สภาพภูมิประเทศเป็นเนินเขาและลูกคลื่นลอนลาด วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างและตะกอนล้างผิวดินที่สลายตัวมาจากหินแกรนิต ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง การไหลบ่าของน้ำผิวดินปานกลาง

ดินที่พัฒนาการจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินลึกมาก เนื่องจากการ ผุพังอยู่กับที่มีอิทธิพลลงไปถึงระดับลึก มีการผุพังอยู่กับที่เป็นเวลานานและอัตราการผุพังอยู่กับที่มากกว่าการกร่อน จึงทำให้เป็นดินลึก เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษาอยู่ในสภาพอากาศแบบมรสุมเขตร้อน ซึ่มมีฝนตกชุกและอากาศร้อน ทำให้ดินมีความชื้นและอุณหภูมิสูง ซึ่งความชื้นดินและอุณหภูมิดินถูกจัดเป็นระบอบความชื้นยูดิกและระบอบอุณหภูมิดินที่มีค่าเฉลี่ยอุณหภูมิดินตลอดปีตั้งแต่ 22 องศาเซลเซียสขึ้นไป และความแตกต่างของอุณหภูมิดินเฉลี่ยระหว่างฤดูร้อนกับฤดูหนาว น้อยกว่า 6 องศาเซลเซียส (isohyperthermic) (Soil Survey Staff, 1999) ซึ่งสภาพแวดล้อมเช่นนี้ส่งผลให้เกิดการผุพังสลายตัวเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรุนแรง (เอิบ, 2533; อภิศักดิ์, 2543; Buol *et al*, 2003)

สีดินที่ทำการศึกษามีหลายสีตั้งแต่สีเทาปนสีน้ำตาลอ่อน ถึงสีเหลืองปนสีน้ำตาล จนเป็นสีผสม โดยพบว่าส่วนใหญ่ดินที่ทำการศึกษาในชั้นดินบนมีสีคล้ำกว่าชั้นดินล่างเนื่องจากชั้นดินบนได้รับอิทธิพลของอินทรียวัตถุ โดยปริมาณของอินทรียวัตถุในชั้นดินบนของทุกดินที่วิเคราะห์ได้พบว่ามีค่าสูงกว่าในชั้นดินล่าง ในชั้นดินล่างส่วนใหญ่ดินมีสีดินเป็นผสมระหว่าง สีน้ำตาลปนเหลือง สีเหลืองปนแดง สีเหลือง และสีน้ำตาลซีด ในพีดอน 1, 4, 5 และ 6 พบจุดประในดินที่ระดับ

ความลึก 98-200+ เซนติเมตร 170-200 เซนติเมตร 48-20+ เซนติเมตร และ 60-195+ เซนติเมตร ตามลำดับ เนื่องจากดินที่สลายตัวจากหินแกรนิตพบว่าจะมีเหล็กออกไซด์และอะลูมินัมออกไซด์เหลืออยู่ในดินมากกว่าธาตุอื่น ๆ (Islam *et al.*, 2002) ทำให้เมื่อดินได้รับอิทธิพลจากความชื้นเหล็กที่อยู่ในดินมีการเปลี่ยนแปลงสภาพเปียกและแห้งสลับกันเกิดออกซิเดชัน-รีดักชัน ทำให้เกิดจุดประและสีดินที่แตกต่างกัน (เอิบ, 2548; Soil Survey Division Staff, 1993)

เนื้อดินโดยส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ยกเว้นพีดอน 4 และพีดอน6 มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนทราย ตามลำดับ ส่วนใหญ่ดินทุกพีดอนมักพบชิ้นส่วนหยาบในดิน เนื่องจากดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตจะสลายตัวให้ดินที่มีเนื้อหยาบและอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 35 (Chandler, 1988) ในชั้นดินบนของทุกพีดอนพบว่ามีเนื้อดินหยาบกว่าชั้นดินล่างเนื่องจากอิทธิพลของการกร่อนดินโดยน้ำและการชะละลายอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ออกจากหน้าตัดดินตอนบน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมยังชั้นดินล่าง (illuviation) รวมถึงการสะสมและแยกตัวของแร่ดินเหนียวและเหล็กออกไซด์ในดินล่างของบางบริเวณ เกิดชั้นของศิลาแลงอ่อนจากกระบวนการเกิดศิลาแลง (laterization) หรือกระบวนการสูญเสียซิลิกา (desilication) ด้วย (Buol *et al*, 2003)

โครงสร้างดินในชั้นดินบนทุกพีดอนที่ทำการศึกษาพบว่ามีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง ดินชั้นล่างมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม กึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม และก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดละเอียดถึงปานกลางมีความคงทนปานกลาง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วมีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยม (blocky) ซึ่งโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมนี้จะแสดงได้ว่าดินนั้น มีพัฒนาการปานกลางถึงสูง มีการระบายน้ำ การระบายอากาศดี และเหมาะสมต่อการชอนไชของรากพืช (Brady and Weil, 2008)

การยึดตัวของดิน เมื่อดินแห้ง โดยส่วนใหญ่จะทำให้แตกออกจากกันได้ง่าย แต่ในพีดอน4 ชั้น Bv ที่แตกออกจากกันได้ยาก ต้องใช้มือทั้งสอง ทำให้แตกออกจากกัน ส่วนดินชื้น ดินสามารถแตกออกจากกันได้ง่ายเมื่อใช้แรงกด และการยึดตัวของดินเปียกสามารถเปลี่ยนรูปได้ในทุกพีดอน

ดินในสนามเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง โดยส่วนใหญ่ดินเป็นกรด เนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินแกรนิตเมื่อสลายตัวจะให้ดินที่เป็นกรด และในสภาพอากาศแบบมรสุมเขตร้อนที่มีฝนตกชุก ดินมีการชะละลายมาเป็นเวลานาน มีการสูญเสียไอออนที่เป็นเบสออกจากหน้าตัดดิน และมีการสะสมไฮโดรเจนไอออน (H^{+}) ที่ผิวอนุภาคดิน ทำให้ดินแสดงความเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

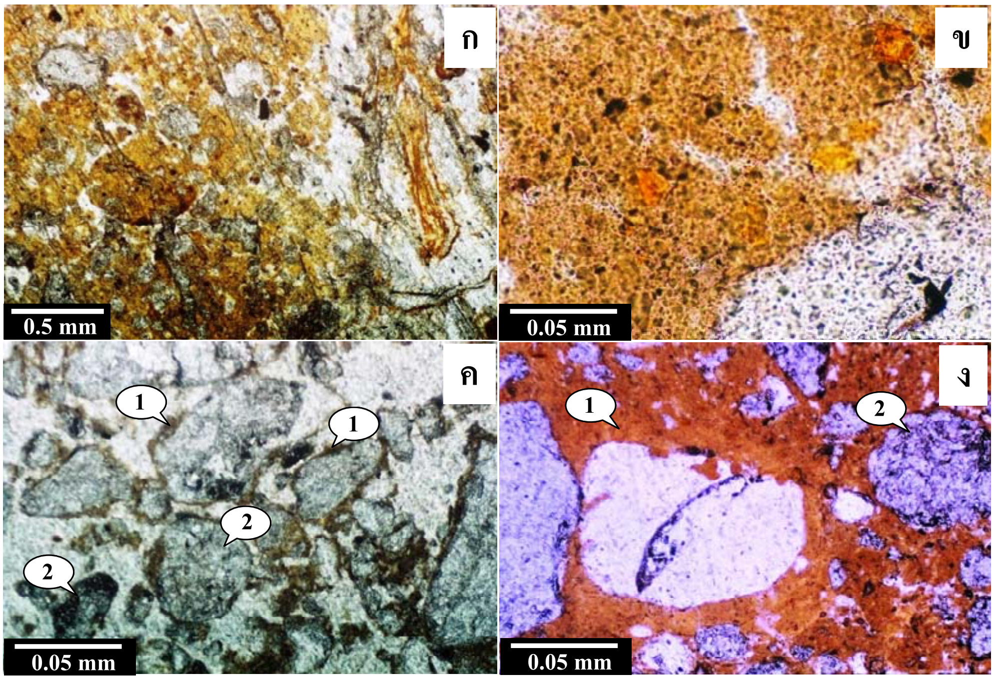
จากผลการศึกษาสัณฐานวิทยาภาคสนามของดิน พบว่าดินที่ทำการศึกษาทุกดินเป็นดินลึกมาก ดินมีการสะสมดินเหนียว (Bt) ในหน้าตัดดิน โดยสังเกตได้จากการสะสมดินเหนียวรอบช่องว่างของเม็ดดิน และมีการเคลือบของดินเหนียวตามผิวเม็ดดิน แสดงว่า ดินมีพัฒนาการปานกลางถึงค่อนข้างสูง (เอิบ, 2548; Soil Survey Staff, 2006)

2. ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิต

จากการศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐานของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย บริเวณจังหวัด ชลบุรี ระยอง จันทบุรี ที่ทำการศึกษา 6 บริเวณ โดยวิธีการทำแผ่นตัดบางและใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหิน-แร่ จากตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน โดยใช้กล่องคูเบียนา ในชั้นที่เป็นตัวแทนของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตในแต่ละพีดอน คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานของดินแสดงไว้ในภาคผนวก ข และในตารางที่ 3

2.1 พีดอน 1 (ภาพที่ 8)

ดินบน มีโครงสร้างขนาดเล็ก ส่วนใหญ่เป็นแบบอนุภาคละเอียดล้อมรอบอนุภาคหยาบ (pellicular grain structure) ร่วมกับอนุภาคทรายมีดินเหนียวเป็นสะพานเชื่อม (bridged grain structure) มีช่องว่างในดินร้อยละ 30 โดยปริมาตร เป็นแบบช่องว่างระหว่างเม็ดทราย (simple packing voids)ขนาดของช่องว่าง 20-50 ไมโครเมตร มีสัดส่วนอนุภาคหยาบ (coarse fraction) มากกว่าอนุภาคขนาดละเอียด (fine fraction) มาก คือ มีอัตราส่วน 80:20 มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) อนุภาคหยาบส่วนใหญ่เป็นเม็ดควอตซ์เดี่ยว ๆ และอนุภาคขนาดทรายหยาบถึงอนุภาคขนาดทรายแป้ง มีรูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยม (angular) ถึงก้อนกลมมน (subrounded) มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับเลว อนุภาคละเอียด ประกอบด้วยอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียว มีสีน้ำตาลปนเทาอ่อน กระจายอยู่เป็นจุด มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบอนุภาคขนาดดินเหนียวเคลือบบาง ๆ ล้อมรอบอนุภาคทราย (chitonic) และบางส่วนมีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบอนุภาคดินเหนียวเชื่อมเป็นสะพานระหว่างเม็ดทราย (gefuric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดที่เด่นชัดแบบ undifferentiated b-fabric



ภาพที่ 8 ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 1 ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ gefuric และ chitonic ภายใต้สภาพ plane light

ก) ชั้น Ap1 ที่ระดับความลึก 0-18เซนติเมตร ช่องว่างในดินแบบ simple packing voids มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียบเป็นแบบ undifferentiated b-fabric

ข) ชั้นดิน Bt2 แสดง clay fragments

ค) ในชั้นดิน Ap1 แสดงโครงสร้างแบบ pellicular grain structure และมีช่องว่างในดินแบบ simple packing voids อินทรียวัตถุขนาดเล็ก (organic pigment) (1) แร่ควอตซ์รูปร่างค่อนข้างกลมมน (2)

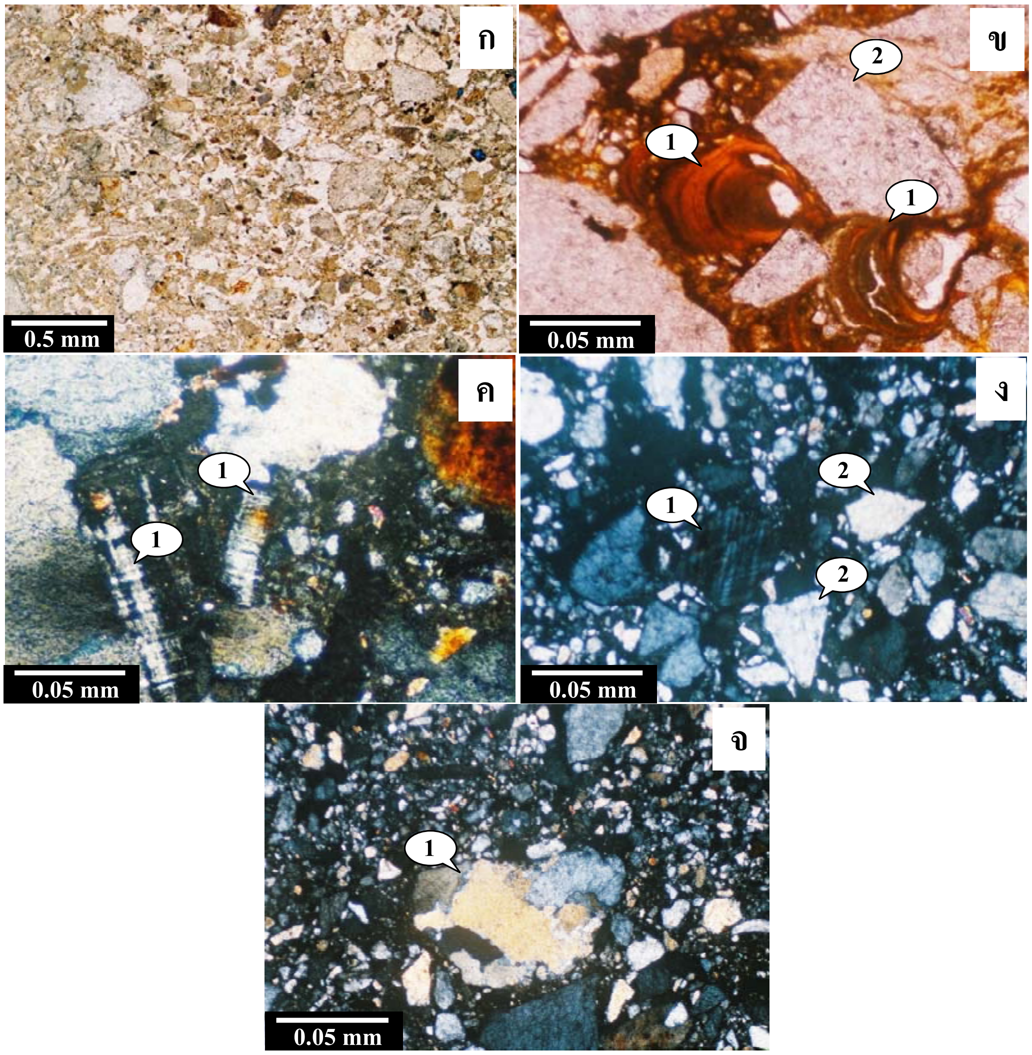
ง) ชั้น Bt2 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ chitonic อนุภาคขนาดละเอียดเรียงตัวรอบอนุภาคขนาดใหญ่ (granostriated) (1) แร่ควอตซ์รูปร่างค่อนข้างกลมมนและมีรอยร้าว (2)

ชั้นดินล่างมีสัดส่วนของอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคละเอียด คือ 70:30 มีโครงสร้างแบบก้อนกลม (granular structure) ซึ่งมีหลายขนาด ช่องว่างในดินส่วนเป็นแบบ simple packing voids และมีบางบริเวณที่เป็นแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร อนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) มีปริมาณเพิ่มขึ้น โดยส่วนใหญ่แล้วอนุภาคขนาดหยาบเป็นแร่

ควอตซ์ขนาดทรายแป้งถึงทรายละเอียด มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับเลว ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดเป็นแบบ (porphyric) คือ อนุภาคหยาบบรรจุอยู่ในเนื้อดินของอนุภาคละเอียดที่ต่อเนื่องกัน อนุภาคละเอียดมีการจัดเรียงตัวแบบ undifferentiated b-fabric และมีบางบริเวณที่มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดรอบช่องว่าง (porostriated) และอนุภาคขนาดละเอียดเรียงตัวรอบอนุภาคขนาดใหญ่ (granostriated) ดินเหนียวมีสีน้ำตาลปนเทาอ่อน ปริมาณดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร ในดินช่วงความลึก 172-200+ เซนติเมตร (Bt6) อนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคดินเหนียวมีสีเหลืองขนาดประมาณ 50-100 ไมโครเมตร

2.2 พีดอน 2 (ภาพที่ 9)

ดินบน มีโครงสร้างที่เนื้อดินเกือบทั้งหมดเป็นอนุภาคเดี่ยว มีการจัดเรียงตัวอยู่ชิดติดกัน โดยมีช่องว่างระหว่างอนุภาคทรายเพียงเล็กน้อย (compact grain structure) มีช่องว่างในดินเป็นแบบ simple packing voids ประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร มีสัดส่วนอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคขนาดละเอียดมาก คือ มีอัตราส่วน 98:2 มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียดโดยทั่วไปเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดมากจนถึงทรายหยาบ มีรูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม และพบแร่ควอตซ์แบบกลุ่มผลึก (polycrystalline quartz) มีขนาดอนุภาคทรายหยาบจนถึงทรายหยาบมาก พบแร่เฟล์ดสปาร์ (feldspar) และแร่ไมกา (mica) ปริมาณเล็กน้อย ชิ้นส่วนของหินแกรนิตและทัวร์มาลีน (tourmaline) ปริมาณน้อย มีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงขนาดทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลปนเทา ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ chitonic และ gefuric โดยมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ stipple จนถึง undifferentiated b-fabric พบเศษเหลือของพืชอินทรียวัตถุชนิด amorphous organic material และ organic pigments ในดินช่วงความลึก 23-42 เซนติเมตร (AB) พบอนุภาคขนาดดินเหนียวน้ำตาลปนสีเหลืองเคลือบบนเม็ดดินและในผนังช่องว่าง



ภาพที่ 9 ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 2 ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ

ก) ในชั้นดิน Ap1 โครงสร้างแบบ compact grain structure ช่องว่างในดินแบบ simple packing voids (plane light)

ข) การบรรจุดินเหนียวกับเหล็กออกไซด์ในช่องว่าง (infilling) (1) แร่ควอตซ์รูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยม (2) ในชั้น Bt5 (plane light)

ค) ชั้น AB พบ feldspars (1) (x-nicols)

ง) ชั้น Ap1 พบ feldspar (1) แร่ควอตซ์รูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยม (2) (x-nicols)

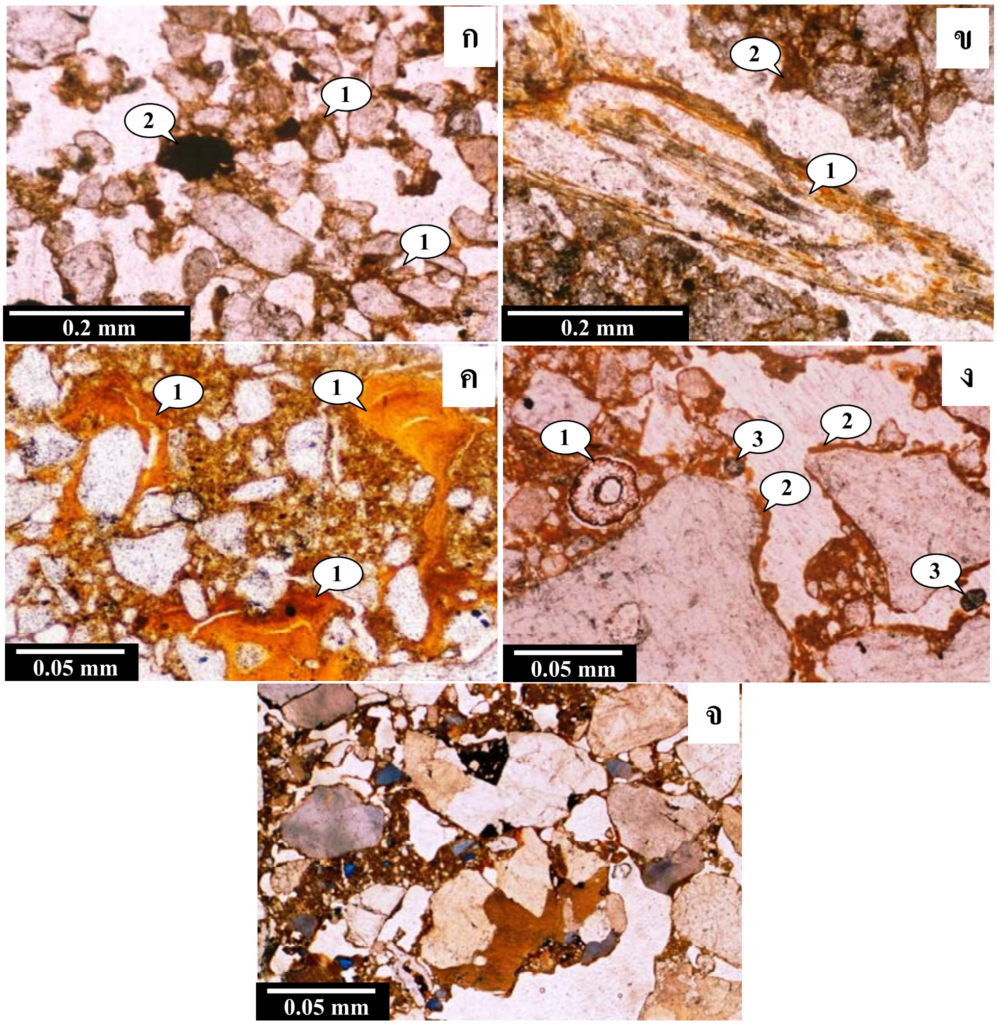
จ) ชั้น Ap1 พบอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียด polycrystalline quartz (1) (x-nicols)

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบ compact grain structure มีช่องว่างในดินเป็นแบบ simple packing voids ประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียดมีสัดส่วนอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคขนาดละเอียดมาก คือ มีอัตราส่วน 90:10 โดยทั่วไปเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดมากจนถึงทรายหยาบ มีรูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม มีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงขนาดทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลปนเทา ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ chitonic และ gefuric โดยมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ stipple จนถึง undifferentiated b-fabric พบเศษเหลือของพืช อินทรียวัตถุชนิด amorphous organic material และ organic pigments พบอนุภาคขนาดดินเหนียวเคลือบบนแร่ควอตซ์ประมาณร้อยละ 3 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง ในดินช่วงความลึก 158-195+ เซนติเมตร (Bt5) พบการบรรจุดินเหนียวกับเหล็กออกไซด์ในช่องว่าง (infilling) ประมาณร้อยละ 5 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่น (impregnative nodules)

2.3 พีดอน 3 (ภาพที่ 10)

ดินบน มีโครงสร้างที่เนื้อดินเกือบทั้งหมดเป็นอนุภาคทรายที่ถูกเคลือบด้วยอนุภาคดินเหนียว (brigded grain structure) มีช่องว่างในดินเป็นแบบ simple packing voids ประมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร และมีปริมาตรลดลงในตอนล่าง มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียดมีสัดส่วนอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคขนาดละเอียดมาก คือ มีอัตราส่วน 95:5โดยทั่วไปเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายหยาบจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลมมีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงขนาดทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลถึงน้ำตาลแก่ ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ gefuric คือ อนุภาคขนาดหยาบจับยึดไว้ด้วยอนุภาคขนาดละเอียด และอนุภาคเหล่านั้นไม่สัมผัสกันโดยตรง โดยมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric พบเศษเหลือของพืช อินทรียวัตถุชนิด organic pigments นอกจากนี้ยังพบสิ่งที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทางดินที่เกี่ยวกับสัตว์ซึ่งแสดงเป็นก้อนกลมขนาดเล็กจากมูลสัตว์และยังพบการบรรจุดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองในช่องว่าง ประมาณร้อยละ 2 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบ brigded grain structure มีช่องว่างในดินเป็นแบบ simple packing voids ประมาณร้อยละ 20 โดยปริมาตรโดยมีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียดมีสัดส่วนอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคขนาดละเอียดมาก คือ มีอัตราส่วน 90:10 โดยทั่วไปเป็นแร่ควอตซ์ขนาด



ภาพที่ 10 ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 3 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดแบบ gefuric และ chitonic ภายใต้สภาพ plane light

ก) ชั้น Ap1 แสดงโครงสร้างแบบ brigded grain structure clay brigded (1) runi-quartz (2)

ข) ชั้น Ap1 พบ living plant tissue residues (1) organic picment (2)

ค) ชั้น Bt7 พบการบรรจุดินเหนียวในช่องว่าง (infilling) (1)

ง) ชั้น Bt7 พบ clay coat root (1) clay coat quartz grains (2) zircon (3)

จ) ชั้น Bt7 ช่อง ว่างในดินแบบ simple packing voids และ การจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric

ทรายหยาบจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลมมีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง ในช่วงชั้นความลึก 60-80 เซนติเมตร (Bt3) พบชิ้นส่วนของหินแกรนิตปริมาณเล็กน้อยทีมีการสลายตัวปานกลาง ในช่วงชั้นความลึก 110-140 เซนติเมตร (Bt5) แร่ควอตซ์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับเลว ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงขนาดทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลถึงน้ำตาลแก่ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากดินบน ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ gefuric โดยมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric และพบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ที่มีขอบเขตชัดเจน ขนาด 100-200 ไมโครเมตร และยังพบการบรรจุดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองในช่องว่างประมาณร้อยละ 2 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง ในช่วงชั้นความลึก 110-140 เซนติเมตร (Bt5) พบการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นร้อยละ 4-5 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง

2.4 พีดอน 4

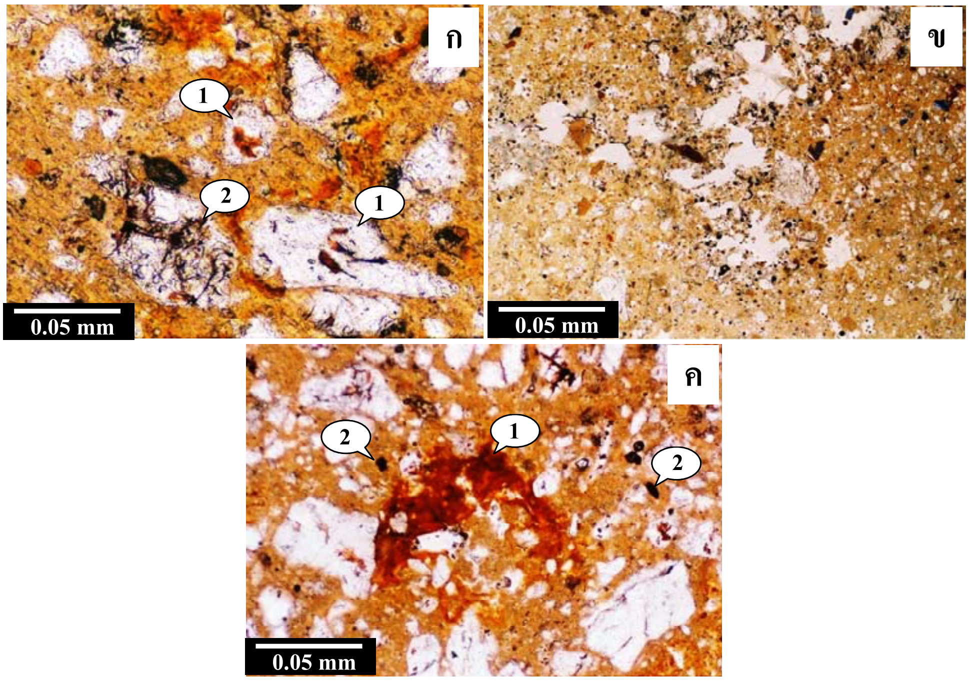
ดินบน มีโครงสร้างแบบ bridged grain คือ ลักษณะโครงสร้างที่เนื้อดินเกือบทั้งหมดเป็นอนุภาคทราย และบางส่วนของอนุภาคทรายเชื่อมต่อกันด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียว มีช่องว่างในดินปริมาณเล็กน้อยเป็นแบบช่องว่างระหว่างเม็ดทราย (simple packing void) ประมาณร้อยละ 20โดยปริมาตร มีสัดส่วนอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคขนาดละเอียดมาก คือ มีอัตราส่วน 85:15 และมีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดอยู่ใกล้ชิดกัน (close porphyric) อนุภาคขนาดหยาบส่วนใหญ่เป็นเม็ดแร่ควอตซ์มีรูปร่างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนถึงค่อนข้างกลม และมีอนุภาคขนาดทรายแป้งถึงอนุภาคขนาดทราบหยาบ ไม่มีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาด พบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก (runi-quartz) ได้ทั่วไป และพบควอตซ์ที่มีรูปร่างหลายแบบในปริมาณน้อย ส่วนอนุภาคขนาดละเอียดที่พบมีสีน้ำตาลปนเหลืองถึงสีน้ำตาลอ่อน ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายแป้งถึงอนุภาคขนาดดินเหนียว ซึ่งทำหน้าที่เชื่อมอนุภาคขนาดทราย มีอินทรียวัตถุกระจายอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นจุด (dotted) และพบคราบของเหล็ก อินทรียวัตถุที่พบในชั้นดินบนมีลักษณะเป็นอินทรียวัตถุที่มีขนาดเล็กกว่า 1 ไมโครเมตร และคอลลอยด์อินทรีย์ (organic colloid) ในปริมาณเล็กน้อย การจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ stipple speckled b-fabric จนถึง undifferentiated b-fabric มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียดมีลักษณะที่เคลือบอยู่ตามผนังช่องว่างดิน (porostriated) พบดินเหนียวเคลือบอยู่ตามผนังช่องว่างและล้อมรอบเม็ดควอตซ์ มีประมาณร้อยละ3 ถึงร้อยละ 5 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง พบการสะสมมวลพอกของสารอสัณฐาน พบก้อนทรงมน (nodules) ของเหล็กออกไซด์ มีสีน้ำตาลปนเหลืองมีขนาด 50-400 ไมโครเมตร มีประมาณร้อยละ 1 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง

ดินล่าง เนื้อดินมีการเกาะกันของอนุภาคดินอย่างต่อเนื่อง (vughy structure) ช่องว่างในดินมีรูปทรงต่าง ๆ ไม่แน่นอน (vugh) ซึ่งผนังช่องว่างมีทั้งแบบเรียบและไม่เรียบ ลักษณะของช่องว่างไม่ต่อเนื่องกัน มีสัดส่วนอนุภาคหยาบเท่ากับอนุภาคขนาดละเอียด คือ มีอัตราส่วน 50:50 อนุภาคหยาบประกอบด้วยควอตซ์ที่มีรูปร่างกลมมนถึงอนุภาคขนาดทรายแป้ง ไม่มีการคัดขนาด ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดเหมือนกับชั้นดินบน พบสารก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) และก้อนทรงมนมืดทึบ (typic nodules) ของเหล็กออกไซด์ มีสีน้ำตาลปนแดง มีขนาดและปริมาณเพิ่มขึ้นตามความลึก

2.5 พีดอน 5 (ภาพที่ 11)

ดินบน มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy structure มีช่องว่างในดินเป็นแบบ vughs ประมาณร้อยละ 10-20 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด มีสัดส่วนอนุภาคหยาบมากกว่าอนุภาคขนาดละเอียด คือ มีอัตราส่วน 80:20 โดยทั่วไปอนุภาคขนาดเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายหยาบจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลมและพบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตกขนาด 500-1000 ไมโครเมตร มีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงขนาดทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลถึงน้ำตาลแก่ ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบอนุภาคขนาดหยาบจับยึดไว้อนุภาคขนาดละเอียด (gefuric) โดยอนุภาคขนาดหยาบเหล่านั้นไม่สัมผัสกันโดยตรง จนถึงอนุภาคขนาดละเอียดล้อมรอบอนุภาคขนาดหยาบ (chitonic) โดยมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric พบเศษเหลือของพืช อินทรียวัตถุชนิด organic pigments

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบเนื้อดินมีการเกาะกันของอนุภาคดินอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดช่องว่างในดินที่มีรูปทรงต่างๆไม่แน่นอน ประมาณร้อยละ 10-15 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด โดยทั่วไปเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลมและพบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก ขนาด 500-1000 ไมโครเมตร มีการจัดเรียงตัวและการคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงขนาดทรายแป้งละเอียดสีเหลืองซีด ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบ gefuric จนถึง chitonic โดยมีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric พบเศษเหลือของพืช อินทรียวัตถุชนิด organic pigments พบการเคลือบของอนุภาคดินเหนียวสีน้ำตาลปนเหลืองประมาณร้อยละ 4-5 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง ในช่วงชั้นความลึก 140-170 เซนติเมตร (Bt5) พบการเพิ่มขึ้นของอนุภาคดินเหนียว มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric และพบจุดประของดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ที่ยังไม่เชื่อมตัวกันแน่น



ภาพที่ 11 ลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 5 ดินบน มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy มีช่องว่างในดินเป็นแบบ vugh ภายใต้สภาพ plane light

ก) ชั้น Bt3 ดินเหนียวเคลือบรอบช่องว่างในดิน (1) แร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก (runi-quartz) (2)

ข) ชั้น Bt3 มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy มีช่องว่างในดินเป็นแบบ vugh

ค) ชั้น Bt5 พบจุดประของดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์ที่ยังไม่เชื่อมตัวกันแน่น (1) อินทรียวัตถุชนิด organic pigment (2)

2.6 พีดอน 6 ดินคล้ายชุดดินภูเก็ต

ดินล่างลักษณะทางจุลสัณฐานมีโครงสร้างแบบ subangular blocky structure มีรูปร่างหลายแบบคละกัน ทำให้ช่องว่างในดินมีรูปแบบหลายแบบคละกัน ได้แก่ ช่องว่างในดินเป็นแบบ planar voids และเกิดช่องว่างในดินที่มีรูปทรงต่างๆไม่แน่นอน ประมาณร้อยละ 15 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง ปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด มีสัดส่วนอนุภาคหยาบ มากกว่าอนุภาคขนาดละเอียด คือ มีอัตราส่วน 60:40 แร่ที่พบในปริมาณมาก ได้แก่ แร่ควอตซ์ที่มีรูปร่างเป็นเหลี่ยมถึงค่อนข้างเหลี่ยม พบชนิด polycrystalline quartz ซึ่งเป็นแร่ควอตซ์ที่มาจากหินแกรนิตและมีขนาดใหญ่เพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดินแร่ที่พบในปริมาณมาก ได้แก่ แร่ควอตซ์ที่มีรูปร่างค่อนข้างเป็น

เหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม พบแร่ ควอตซ์ชนิดที่มีร่องรอยแตกในปริมาณมาก อนุภาคเหล่านี้พบแร่เหล็กออกไซด์เคลือบอยู่ตามผิวหรือตามรอยแตกของอนุภาค อนุภาคขนาดละเอียด มีสีน้ำตาลปนเหลือง อนุภาคขนาดดินเหนียวพบว่ามีอินทรียวัตถุกระจายอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นจุด (dotted) มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับอนุภาคละเอียดอยู่ใกล้ชิดกัน (close porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ speckled b-fabric และ grano b-fabric มีการเรียงตัวของอนุภาคขนาดละเอียดรอบช่องว่าง (porostriated b-fabric) พบมวลพอกของสารอสัณฐาน มีรูปทรงไม่สม่ำเสมอ (irregular) และก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ มีสีน้ำตาลปนเหลือง ร้อยละ 5 ของพื้นที่ และอนุภาคขนาดดินเหนียวที่พบมีสีน้ำตาลปนเหลืองซึ่งเคลือบอยู่ที่อนุภาคและช่องว่างในดิน และที่ระดับความลึกเพิ่มขึ้นพบว่า อนุภาคขนาดละเอียดเพิ่มขึ้นตามความลึกและ มีอัตราส่วน 50:50 อนุภาคหยาบ ประกอบด้วยควอตซ์ที่มีรูปร่างกลมมนถึงอนุภาคขนาดทรายแป้ง ไม่มีการคัดขนาด ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดเหมือนกับชั้นดินบน พบสารก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) ของเหล็กออกไซด์ มีสีน้ำตาลปนแดง มีขนาดและปริมาณเพิ่มขึ้นตามความลึก และในชั้นล่างสุดที่ได้ทำการศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐาน ชั้น Bv พบว่าอนุภาคขนาดละเอียดเพิ่มมากขึ้นมาก ทำให้อัตราส่วนระหว่างอนุภาคหยาบต่ออนุภาคขนาดละเอียดมีสัดส่วนที่ลดลง คือ เท่ากับ 25:75 และพบว่าสารอสัณฐานมีปริมาณเพิ่มเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่แผ่นตัดบาง

จากผลการศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่าดินในชั้นดินบนของพีดอน 1, 4 และพีดอน 3 ตลอดหน้าตัดดิน มีโครงสร้างขนาดเล็กของดินส่วนใหญ่เป็นแบบ bridged grain structure คือ อนุภาคขนาดทรายมีดินเหนียวเป็นสะพานเชื่อม และในดินบนของพีดอน 1 บางบริเวณที่มีโครงสร้างขนาดเล็กเป็นแบบ pellicular grain structure คือ เนื้อดินเกือบทั้งหมดเป็นอนุภาคขนาดทรายและมีบางส่วนที่ถูกเชื่อมด้วยอนุภาคดินเหนียวและ อนุภาคหยาบส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างเหลี่ยมถึงก้อนเหลี่ยม ที่มีขนาดตั้งแต่ทรายแป้งถึงขนาดทรายหยาบ ซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดดินมาจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิตเนื้อหยาบ และในพีดอน 4 พบว่าอนุภาคหลายมีลักษณะกลมมน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวัตถุต้นกำเนิดดินถูกเคลื่อนย้ายมาด้วยอิทธิพลของน้ำมาทับถมกับในบริเวณที่ไม่ห่างไกลจากวัตถุต้นกำเนิดมากนัก (เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 2003)

ในพีดอน 2 และ 5 มีเนื้อดินเป็นดินเนื้อค่อนข้างหยาบ เมื่อพิจารณาจากปริมาณของอนุภาคหยาบต่ออนุภาคละเอียด พบว่าปริมาณอนุภาคหยาบสูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินแกรนิต อนุภาคหยาบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตก และบางบริเวณมีเหล็กออกไซด์แทรกอยู่ในรอยแตก และอนุภาคหยาบส่วนใหญ่มีลักษณะค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลม ที่มีขนาดตั้งแต่ทรายแป้งถึงขนาดทรายหยาบ แสดงให้เห็นว่าวัตถุต้นกำเนิดดินถูกเคลื่อนย้ายมาด้วยอิทธิพลของน้ำมาทับถมกับในบริเวณที่ไม่ห่างไกลจากวัตถุต้นกำเนิดมากนัก (เอิบ, 2548; Buol *et al.*, 2003) และอัตราการสลายตัวของแร่ในดินที่พัฒนามาจากหินแกรนิตจะลดลงตามความลึกของหน้า

ตัดดิน คือ พบแร่ polycrystalline quartz และแร่ที่สลายตัวได้ง่าย เช่น แร่ไบโอไทต์ แร่เฟลด์สปาร์ มีขนาดใหญ่ขึ้นและปริมาณเพิ่มมากขึ้นตามความลึก (บงกช และคณะ, 2546) และในชั้น Bv ของดินพีดอน 4 และ 6 ที่ทำการศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐานพบว่ามีความสอดคล้องกับผลของการแจกกระจายของอนุภาคดิน ที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มมากขึ้นเมื่อดินมีความลึกเพิ่มขึ้น เพราะดินมีความชื้นมากพอที่ทำให้เกิดการสลายตัวผุพังของหินต้นกำเนิดในชั้นดินล่าง

ในดินล่างพบลักษณะที่เกิดจากกระบวนการทางดินที่เกิดขึ้น คือ การเคลื่อนย้ายดินบนมาสะสมในดินล่าง โดยการเคลื่อนย้ายดินเหนียวมาตามช่องว่างในดิน (eluviated clay) หรือการบรรจุ (infill) และการเคลือบของดินเหนียวในช่องว่างดิน โดยกระบวนการสะสมหรือเคลื่อนย้ายเข้า (eluviation) ซึ่งพบในทุกพีดอนของดินตัวแทนหลักที่ทำการศึกษา และนอกจากนั้นบางส่วนมีการเคลือบแบบ microlaminated และลักษณะดังกล่าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งแสดงว่าเป็นชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) แสดงว่าดินมีพัฒนาการดี (Buol *et al.*, 2003) และยังพบลักษณะการการเคลือบของดินเหนียวในช่องว่างดินในตอนล่างของชั้น AB ในพีดอนที่ 4 ซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของการกร่อนดิน ทำให้ดินบนหลุดออกไปจึงทำให้พบลักษณะการเคลือบของดินเหนียวตามช่องว่างของดินบนที่เคยเป็นชั้นสะสมมาก่อน

ในดินล่างของดินในแต่ละพีดอนพบกระบวนการทางดินอื่นๆ ที่เกิดขึ้นอีก คือ พบก้อนทรงมนของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันปานกลางถึงแน่น (impregnative nodules) ขนาดและรูปร่างแตกต่างกันไป

นอกจากนี้ในดินล่างของดินในแต่ละพีดอนพบกระบวนการทางดินอื่นๆ ที่เกิดขึ้นอีก คือ กระบวนการทางดินที่เกิดจากสัตว์ พบสารก้อนกลมของมูลสัตว์ (excrement pedofeature) ซึ่งเป็นลักษณะของดินที่มีโครงสร้างและการระบายอากาศดี สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ในดินได้สำหรับโครงสร้างของขนาดเล็กของดินพบว่า พีดอน 1 มีโครงสร้างเป็นแบบ pellicular structure ร่วมกับ bridged grain structure พีดอน 2 มีโครงสร้างเป็นแบบ compact grain structure พีดอน 3 มีโครงสร้างเป็นแบบ brigded grain structure พีดอน 4 ดินบนมีโครงสร้างดินแบบ brigded grain structure ในดินล่างและดินพีดอน 5 มีโครงสร้างดินแบบ vughy ช่องว่างในดินของดินพีดอน 1 2 3 และ 4 เป็นแบบ simple packing voids ในดินล่างและดินพีดอน 5 มีช่องว่างในดินแบบ vughs

อินทรียวัตถุที่พบในดินทั้ง 6 พีดอน พบว่าพีดอน 1, 5 และ 6 ยังคงมีเศษชิ้นส่วนของพืชสดปรากฏให้เห็นอยู่ในชั้นดินบน และมีส่วนที่เป็นอินทรียวัตถุอสัณฐานที่มีขนาดเล็กมาก กระจายอยู่ปริมาณเล็กน้อยในชั้นดินล่าง ส่วนในพีดอน 2, 3 และ 4 พบคอลลอยด์อินทรีย์ แพร่กระจายอยู่ในเนื้อดิน

ตารางที่ 3 จุลสัณฐานวิทยาของดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย

Horizon	Depth (cm)	Microstructure		Basic component			c/f related distribution	b-fabric	Pedofeature
		Structure	Void	c/f ratio at 10 μm	Coarse fraction	Fine fraction			
Pedon 1 Typic Kandiudult									
Ap1	0-18	Pellicular, bridged grain	Simple packing	80:20	Quartz	Pale grayish brown clay to fine silt	Chitonic, Gefuric	Undifferentiated	None
Bt2	65-98	Granular	Compound packing, planar	70:30	Quartz	Light grayish brown	Porphyric	Undifferentiated, Porostriated, granostriated	None
Bt4	130-150	Granular	Compound packing, planar	65:35	Quartz	Light grayish brown	Porphyric	Undifferentiated, Porostriated, granostriated	None
Bt6	172-200^{+}	Granular	Compound packing, planar	60:40	Quartz	Yellow	Porphyric	Undifferentiated, Porostriated, granostriated	None
Pedon 2 Typic Kandiudult									
Ap1	0-10	Compact	Simple packing	98:2	Quartz, Feldspar, tourmaline	Grayish brown clay to fine silt	Chitonic	Stipple to Undifferentiated	None
AB	32-42	Compact	Simple packing	90:10	Quartz	Grayish brown clay to fine silt	Chitonic	Stipple to Undifferentiated	Yellowish brown clay coatings on quartz grain and in voids
Bt1	42-75	Compact	Simple packing	90:10	Quartz	Grayish brown clay to fine silt	Chitonic	Stipple to Undifferentiated	Silt and clay coatings surrounded on quartz grain
Bt3	100-130	Compact	Simple packing	90:10	Quartz	Grayish brown clay to fine silt	Chitonic	Stipple to Undifferentiated	Silt and clay coatings surrounded on quartz grain
Bt5	158-195^{+}	Compact	Simple packing	90:10	Quartz	Grayish brown clay to fine silt	Chitonic	Stipple to Undifferentiated	Clay mixed with iron oxide yellowish brown, Clay infillings
Pedon 3 Typic Kandiudult									
Ap1	0-12	Bridged grain	Simple packing	95:5	Quartz	Brown to strong brown	Gefuric	Undifferentiated	Animal excrement
Ap2	12-26	Bridged grain	Simple packing	90:10	Quartz	Yellowish brown	Gefuric	Undifferentiated	Clay coatings, Clay infilling
Bt2	40-60	Bridged grain	Simple packing	85:15	Quartz	Yellowish brown	Gefuric	Undifferentiated	Clay coatings, Clay infilling

ตารางที่ 3 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Microstructure		Basic component			c/f related distribution	b-fabric	Pedofeature
		Structure	Void	c/f ratio at 10 µm	Coarse fraction	Fine fraction			
Pedon 3 Typic Kandiudult									
Bt3	60-80	Bridged grain	Simple packing	85:15	Quartz, weathered granite fragments	Yellowish brown	Gefuric	Undifferentiated	Clay coatings, Clay infilling
Bt5	110-140	Bridged grain	Simple packing	85:15	Quartz, weathered granite fragments	Yellowish brown	Gefuric	Undifferentiated	Clay coatings, Clay infilling
Bt7	170-200	Bridged grain	Simple packing	85:15	Quartz, weathered granite fragments	Yellowish brown	Gefuric	Undifferentiated	Clay coatings, Clay infilling
Pedon 4 Typic Kandiudult									
Ap1	0-21	Briged grain	Simple packing, Vughs	85:15	Quartz	Yellowish brown to light brown clay to fine silt	Close pophyric	Stipple speckled to undifferentiated	Clay coatings
Bt3	74-104	Vughy	Vughs	50:50	Quartz	Yellowish brown to light brown clay to fine silt	Close pophyric	Stipple speckled to undifferentiated	Clay coatings, Fe-oxide impregnated nodules
Bt5	140-170	Vughy	Vughs	50:50	Quartz	Yellowish brown to light brown clay to fine silt	Close pophyric	Stipple speckled to undifferentiated	Clay coatings, Fe-oxide impregnated nodules
Bv	170-200^{+}	Vughy	Vughs	50:50	Quartz	Yellowish brown to light brown clay to fine silt	Close pophyric	Stipple speckled to undifferentiated	Clay coatings, Fe-oxide impregnated nodules
Pedon 5 Typic Kandiudult									
Ap1	0-20	Vughy	Vughs	80:20	Quartz	Yellowish brown clay to fine silt	Gefuric, Chitonic	undifferentiated	None
Bt3	70-110	Vughy	Vughs	60:40	Quartz	Pale brown clay to fine silt	Gefuric, Chitonic	undifferentiated	Clay coatings
Bt5	140-170^{+}	Vughy	Vughs	20:80	Quartz	Pale brown clay to fine silt	Gefuric, Chitonic	undifferentiated	Clay mixed with iron oxide mottles
Pedon 6 Typic Plinthudult									
Bt1	12-35	Subangular blocky	Planar, Vughs	60:40	Polycrystalline quartz	Yellowish brown clay	close porphyric	Stipple speckled, very few grano, porostriated	Ferruginous compound nodules, limpid aspect
Bt3	60-80	Subangular blocky	Planar, Vughs	50:50	Polycrystalline quartz	Yellowish brown clay	close porphyric	Stipple speckled, few grano, porostriated	Iron oxide, locally impregnated fine material
Bv3	155-195^{+}	Subangular blocky	Planar, Vughs	25:75	Quartz	Yellowish brown clay	close porphyric	Stipple speckled, few grano, porostriated	Iron oxide locally impregnated fine material

3. สมบัติทางกายภาพของดิน

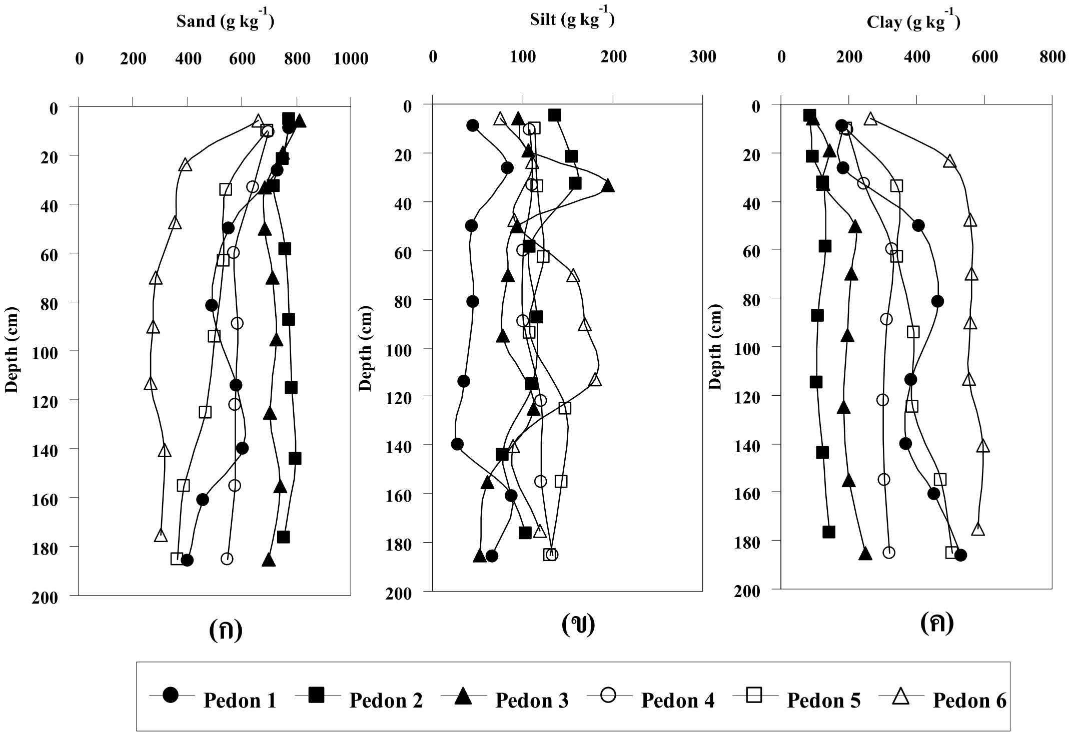
ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน ประกอบด้วย การศึกษาการแจกกระจายของขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน สภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางผนวกที่ 2 และใช้เกณฑ์แบ่งระดับค่าวิเคราะห์ตามตารางผนวกที่ 6, 9 และ 10

1. การแจกกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

ผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินบริเวณที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 2 และภาพที่ 12 พบว่ามีปริมาณอนุภาคขนาดทราย อยู่ในพิสัย 274-812 กรัม ต่อกิโลกรัม การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินบนของทุกพีดอน พบว่ามีปริมาณมากกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เมื่อเปรียบเทียบดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่าปริมาณอนุภาคขนาดทรายของพีดอน 1 ถึง 5 มากกว่าในพีดอน 6 (ภาพที่ 12 ก)

ดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่ามีอนุภาคขนาดทรายแป้งอยู่ในพิสัย 29-181 กรัมต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นและลดลงสลับเป็นช่วง ๆ ไม่สม่ำเสมอ เมื่อเปรียบเทียบดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า พีดอน 1 ปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งมีการแจกกระจายน้อยที่สุดใน ส่วนในพีดอนอื่น ๆ จะมีค่าขึ้นลงสลับกันในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 12 ข)

ส่วนอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินที่ทำการศึกษา พบว่า มีค่าอยู่ในพิสัย 88- 595 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นในชั้น B มีการสะสมดินเหนียวในดินล่างทุกหน้าตัดดิน โดยพีดอน 1 และ 5 มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงลักษณะเดียวกัน คือ มีการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวที่ความลึกตั้งแต่ 30 เซนติเมตร ลงไป พีดอน 2, 3, 4 และ 6 มีการเปลี่ยนแปลงขนาดดินเหนียวค่อนข้างคงที่ เมื่อเปรียบเทียบดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวมีมากที่สุดในพีดอน 6 และน้อยที่สุดในพีดอน 2 (ภาพที่ 12 ค)



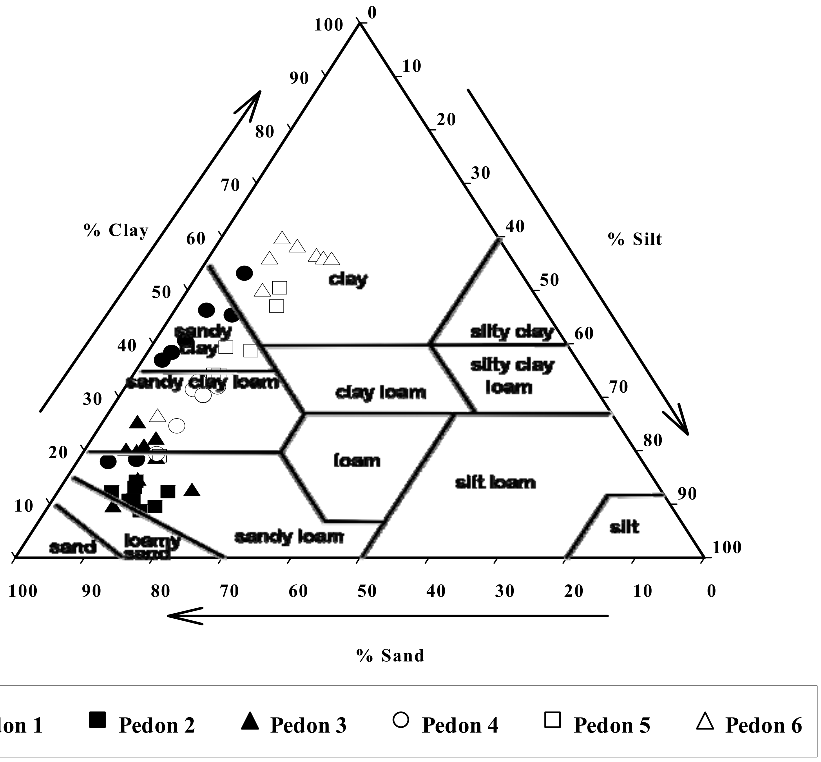
ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา

ดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน ส่วนใหญ่มีการกระจายอนุภาคขนาดทรายในชั้นดินบนมากกว่าในชั้นดินล่าง และลดลงตามความลึก อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากอิทธิพลการกร่อนโดยน้ำ และการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ร่วมกับการซึมชะ (eluviation) อนุภาคขนาดเล็กลงไปสะสมในชั้นดินล่าง และการเคลือบอยู่ในผิวช่องว่างในดินและผิวก้อนดิน (Buol *et al.*, 2003) และอีกส่วนหนึ่งมาจากกระบวนการผุพังอยู่กับที่ของแร่ปฐมภูมิในดิน ทำให้มีการสังเคราะห์แร่ดินเหนียวขึ้นมาจากสารละลายซิลิกาและอะลูมินาเกิดเป็นแร่ดินเหนียวขึ้นในดิน (Brady and Weil, 2008)

เมื่อเปรียบเทียบผลการแจกกระจายของอนุภาคดินกับเกณฑ์การจำแนกชั้นเนื้อดินหลักของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2548; Soil survey Division Staff, 2006) (ภาพที่ 13) พบว่าดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มดินร่วน (loamy) และกลุ่มดินเหนียว (clayey) โดยในกลุ่มดินร่วนได้แก่ พีดอน 2 ตลอดหน้าตัดดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย พีดอน 3 มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย ยกเว้นชั้นดินบนที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน พีดอน 4 ชั้นดินบนมีเนื้อดินเป็น ดินร่วนปนทราย และในชั้นดินล่างลงไปถึงชั้นล่างสุดมี

เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย พีดอน 1 สองชั้นบน มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย พีดอน 5 ที่ระดับความลึก 0-78 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็น ดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย ส่วนในกลุ่มดินเหนียว คือ ชั้นดินล่างของดินพีดอน 1 มีเนื้อดินเป็น ดินเหนียวปนทรายและชั้นล่างสุดมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว พีดอน 5 ที่ระดับความลึก 78- 200 เซนติเมตร มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย

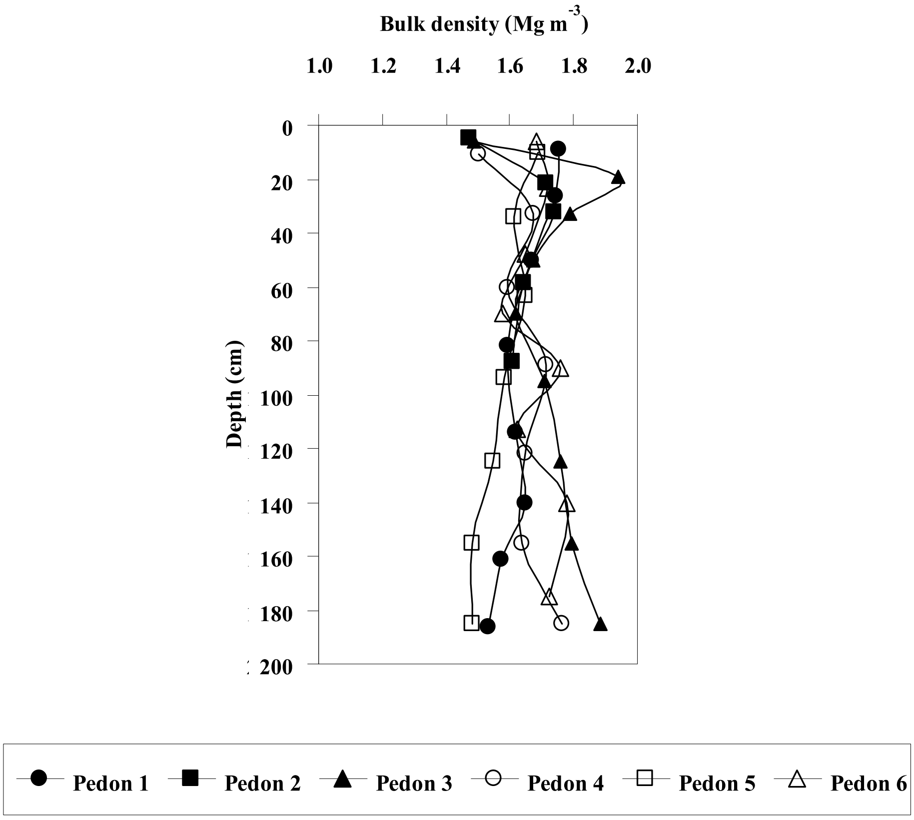
จากการจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา (ภาพที่ 13) พบว่าดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีเนื้อดินอยู่ในกลุ่มค่อนข้างหยาบ ซึ่งหินเนื้อหยาบ เช่นหินแกรนิต เมื่อเกิดการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ จะให้ดินที่มีเนื้อหยาบ ซึ่งขนาดของผลึกแร่ ความแข็งของแร่และหินความคงทนของสารเชื่อมในดิน จะมีผลต่ออัตราการผุพังอยู่กับที่ของหินในดินด้วย (เอิบ, 2548) ดินเนื้อหยาบ จะมีความสามารถในการระบายน้ำ ระบายอากาศได้ดี แต่จะมีความสามารถในการอุ้มน้ำไว้ได้น้อย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Brady and Weil, 2008)



ภาพที่ 13 การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา

2. ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินโดยวิธี core method (Blake and Hartge, 1986) พบว่ามีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 และในภาพที่ 14 โดยในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง พบว่า พีดอน 2, 3 และ 4 ค่าความหนาแน่นรวมของชั้นดินบนอยู่ในระดับปานกลาง (พิสัย 1.47-1.50 Mg m^{-3}) และชั้นดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (พิสัย 1.61-1.94 Mg m^{-3}) ส่วนพีดอน 1, 5 และ 6 ค่าความหนาแน่นรวมของชั้นดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (พิสัย 1.68-1.75 Mg m^{-3}) ดินล่างมีค่าปานกลางถึงค่อนข้างสูง (พิสัย1.48-1.78 Mg m^{-3}) ในพีดอน 2, 3 และ 4 ค่าความหนาแน่นรวมที่ระดับความลึก 15 ถึง 40 เซนติเมตร จะมีค่าสูงกว่าในชั้นดินบน เนื่องจากอิทธิพลของของการใช้เครื่องมือไถพรวนเพื่อทำการเกษตร และค่าความหนาแน่นรวมจะสูงขึ้นเมื่อใกล้ชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน ส่วนในพีดอน 1, 5 และ 6 พบว่าความพรุนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น และหนาแน่นรวมมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเกิดการผุพังอยู่กับที่ของวัตถุต้นกำเนิดดิน (เอิบ, 2548; Hernanz *et al.,* 2000)



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมกับความลึกของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา

3. สภาพนำน้ำขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

การวิเคราะห์สภาพนำน้ำของดิน ซึ่งใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินทุกชั้นกำเนิด โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965) พบว่า มีค่าอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็ว โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.09 ถึง 23.13 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 และภาพที่ 15

พีดอน 1 มีสภาพนำน้ำของดิน ในชั้นดินบน 23.13 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 4.22 ถึง 0.76 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Ap2

พีดอน 2 มีสภาพนำน้ำของดิน ในชั้นดินบน 6.34 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.64 ถึง 8.03 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น AB

พีดอน 3 มีสภาพนำน้ำของดิน ในชั้นดินบน 4.31 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.34 ถึง 8.36 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Ap2

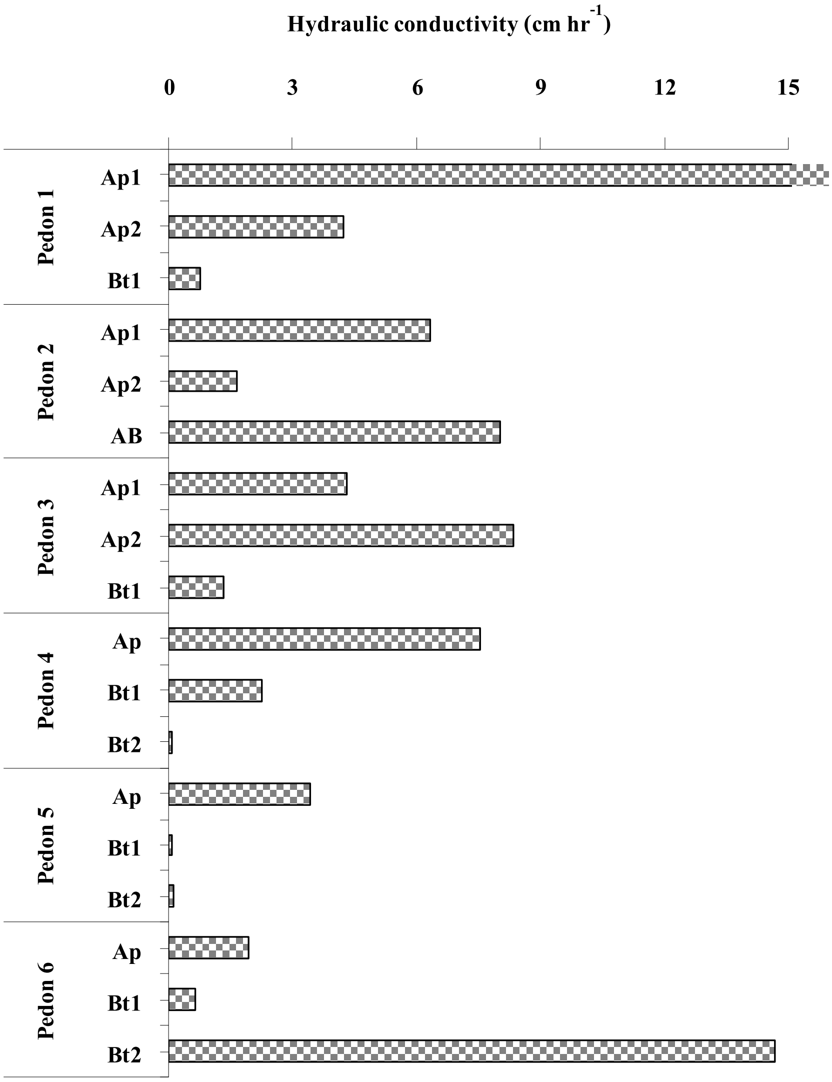
พีดอน 4 มีสภาพนำน้ำของดิน ในชั้นดินบน 7.54 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.09 ถึง 2.25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bt1

พีดอน 5 มีสภาพนำน้ำของดิน ในชั้นดินบน 3.42 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.09 ถึง 0.11 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bt2

พีดอน 6 มีสภาพนำน้ำของดิน ในชั้นดินบน 1.94 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.63 ถึง 14.68 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bt2

ค่าสภาพนำน้ำของดินขณะดินอิ่มตัวด้วยน้ำ เป็นค่าที่แสดงความยากง่ายของน้ำที่จะสามารถเคลื่อนที่ในดินได้ โดยอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในเวลาใดเวลาหนึ่งจะขึ้นอยู่กับ สมบัติ ๆ ของดิน (เอิบ, 2548) โครงสร้างของดิน ชนิดของเนื้อดิน ขนาด รูปร่าง และการเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของช่องว่าง ความคงทน การแจกกระจายของช่องว่างในดิน และชนิดของไอออนที่ทำให้อนุภาคดินเกิดการฟุ้งกระจาย (Hillel, 1998; Juma, 2001) การที่ค่าการนำน้ำในชั้นดินล่างของดินส่วนใหญ่ช้ากว่าดินบนเนื่องจากในชั้นดินล่างอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าในชั้นดินบนและมีการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวโดยอนุภาคขนาดดินเหนียวมีเคลื่อนย้ายมาจากชั้นดินบน แล้วมี

การสะสมในลักษณะของการเคลือบตามผนังช่องว่าง ทำให้ช่องว่างขนาดใหญ่ในดินมีปริมาตรลดลง (Goldberg and Forster, 1990) จึงมีผลทำให้ความสามารถของน้ำในการเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างลดลง ดินจึงมีค่าสภาพการนำน้ำอยู่ในระดับช้ากว่าชั้นดินบน ซึ่งสอดคล้องกับผลทางจุลสัณฐานวิทยาที่พบว่าในชั้นดินล่างมีดินเหนียวเคลือบอยู่ตามผนังช่องว่างของดิน ส่วนในชั้นดินบนที่มีค่าสภาพนำน้ำสูงกว่าชั้นดินล่างเนื่องจาก ดินชั้นบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าในดินชั้นล่าง อนุภาคดินเกิดการจับตัวกันเป็นเม็ดดิน และมีการรวมตัวกันเป็นโครงสร้างดินที่เสถียร (Juma, 2001) มีผลทำให้ดินมีการระบายน้ำได้ดีกว่าในดินชั้นล่าง



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสภาพนำน้ำ กับชั้นกำเนิดตามระดับความลึกของดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษา

4. สมบัติทางเคมี

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินดอนทางการเกษตรที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ผลการศึกษามีดังนี้

1. พีเอชดิน (ภาพที่ 16)

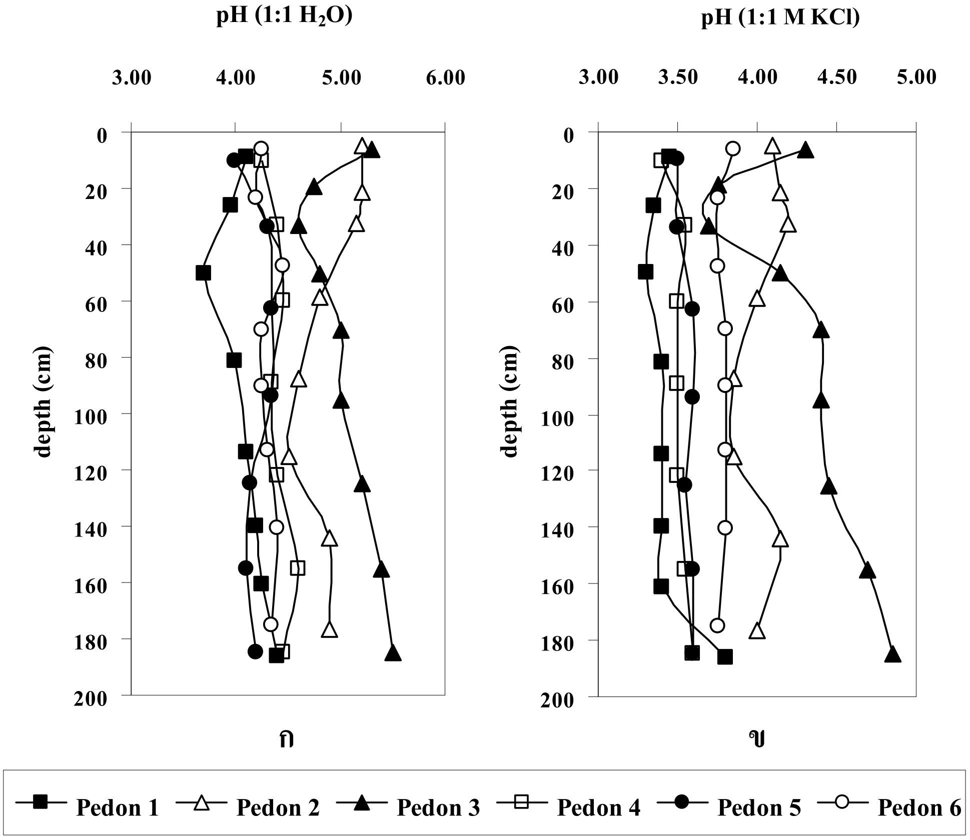
จากผลการวิเคราะห์ค่าพีเอชดิน โดยใช้สัดส่วนดินต่อน้ำ 1:1 ของดินที่ทำการศึกษา 6 พีดอน พบว่า ในชั้นดินบนของดินทุกพีดอนมีพีเอชดินต่ำมากถึงต่ำ (pH 4.0-5.3) แสดงว่าดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัด และดินล่างทุกหน้าตัดดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัด (pH 3.7-5.5) ส่วนค่าพีเอชดินที่วัดโดยดินต่อสารละลาย 1 โมลาร์ โพแทสเซียมคลอไรด์ 1:1 มีค่าต่ำกว่าค่าที่วัดได้โดยใช้น้ำทุกหน้าตัดดิน

ผลการวิเคราะห์พีเอชดิน พบว่า ค่าที่วัดได้โดยน้ำมีค่าสูงกว่าที่วัดได้โดยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ แสดงว่าผลรวมไอออนสุทธิของดินทุกพีดอนมีค่าเป็นลบ ซึ่งเป็นธรรมชาติของระบบที่ควบคุมโดยอิทธิพลของแร่ดินเหนียวซิลิเกต นั่นคือ ในสภาพสมดุลคอลลอยด์ดินจะอยู่ในสภาพที่มีประจุเป็นลบ จึงสามารถดูดซับประจุบวกได้ (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008) จากการศึกษาค่าพีเอชดินทุกพีดอน แสดงให้เห็นว่า ดินมีการชะละลายมาเป็นเวลานาน มีการสูญเสียแคตไอออนที่เป็นเบสออกจากหน้าตัดดิน และมีการสะสมไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่ผิวอนุภาคดิน ทำให้ดินมีพีเอชต่ำ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ดินมีพัฒนาการค่อนข้างสูง การลดลงของพีเอชดินสอดคล้องกับการลดลงของปริมาณอินทรียวัตถุ

2. อินทรียวัตถุ (ภาพที่ 17 ก)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ชั้นดินบนของพีดอน 1, 2, 3 และ 5 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ พิสัย 6.73-8.15 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนพีดอน 4 และ 6 มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และปานกลาง มีค่าเท่ากับ 11.62 และ 19.51 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางผนวก ค3)

ปริมาณอินทรียวัตถุของชั้นดินล่างในพีดอน 2, 3 และ 5 มีค่าต่ำมาก อยู่ในพิสัย 1.36-2.73 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างของพีดอน 1, 4 และ 6 มีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงต่ำปานกลางถึงต่ำมาก อยู่ในพิสัย 2.01-6.79 กรัมต่อกิโลกรัม โดยส่วนใหญ่แล้วดินทุกพีดอน ปริมาณอินทรียวัตถุมีแนวโน้มลดลงตามความลึกและมีความสัมพันธ์กันกับประมาณไนโตรเจนรวมในดิน

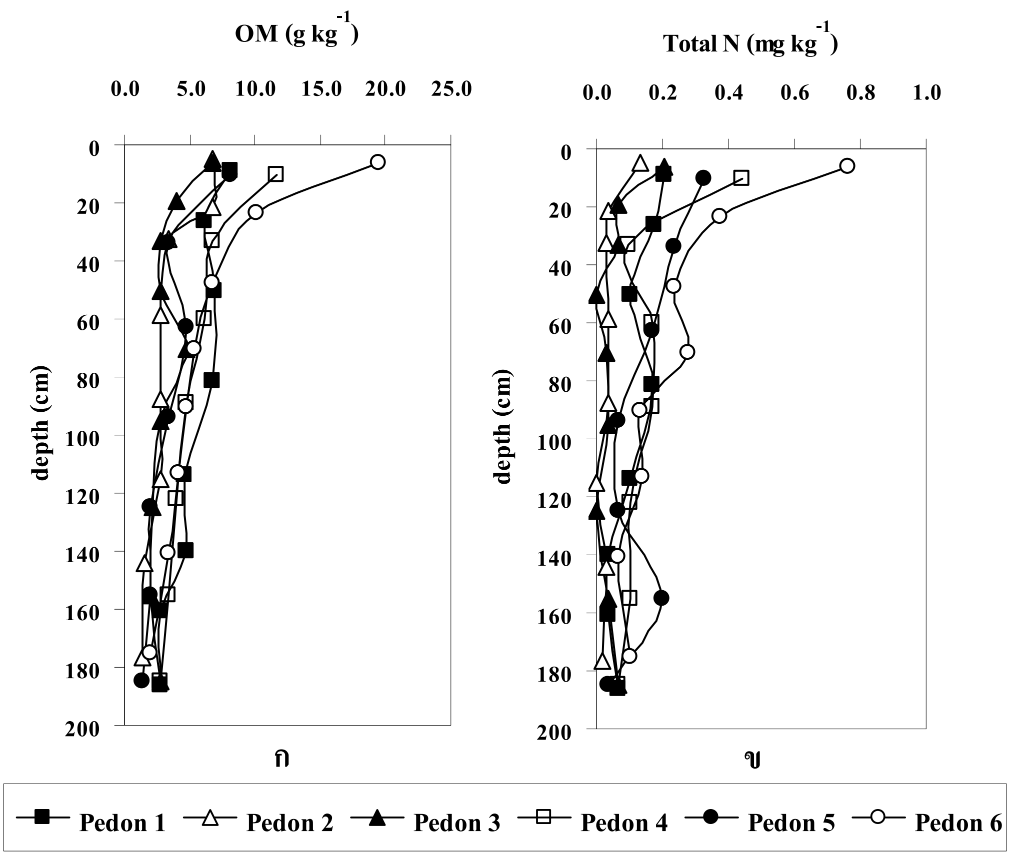


ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ (ก) และค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย 1 M KCl (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

3. ไนโตรเจนรวม (ภาพที่ 17ข)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ชั้นดินบนของพีดอน 1, 2, 3, 4 และ 5 มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก พิสัย 0.13-0.44 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนพีดอน 6 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 0.77 กิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 3)

ปริมาณไนโตรเจนรวมใน ชั้นดินล่างของทุกพีดอน มีค่าต่ำมาก อยู่ในพิสัย 0.00- 0.38 กรัมต่อกิโลกรัม โดยส่วนใหญ่แล้วดินทุกพีดอน ปริมาณไนโตรเจนรวมมีแนวโน้มลดลงตามความลึกโดยศักยภาพในการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนในดินลดลงเมื่อความลึกของดินเพิ่มขึ้น(White and Reddy, 2000) และมีความสัมพันธ์กันกับประมาณอินทรียวัตถุในดิน

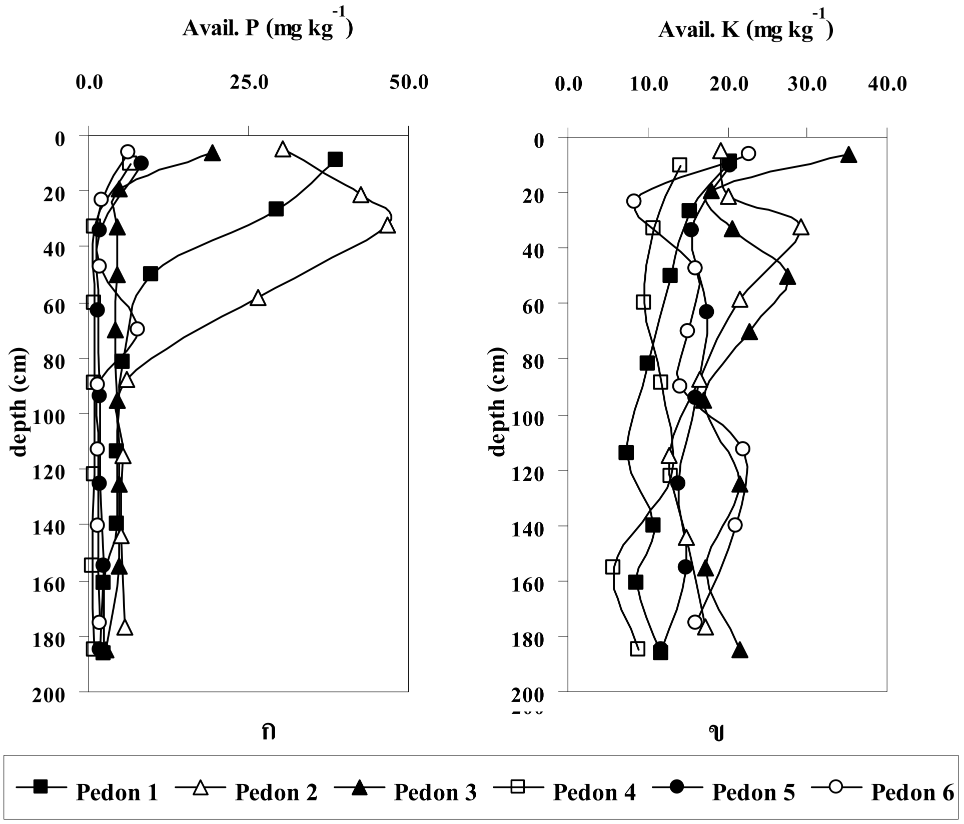


ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

4. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ภาพที่ 18ก)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินบนของพีดอน 1 และพีดอน 2 มีค่าอยู่ในระดับสูง คือ 38.65 และ 30.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ในพีดอน 3 มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูง คือ 19.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในพีดอน 4, 5 และ 6 มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ คือ 6.66, 8.43 และ 6.28 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

การที่ชั้นดินบนของพีดอน 1 และ 2 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในชั้นดินล่างอาจเป็นผลตกค้างมาจากปุ๋ยที่ใส่ให้กับพืชไร่ที่ปลูกและเนื่องจากดินมีประจุที่ผิวอนุภาคดินส่วนใหญ่เป็นประจุบวก จึงทำให้มีความสามารถดูดยึดฟอสฟอรัสไว้ได้มาก ส่วนของฟอสฟอรัสที่มีค่าต่ำมากอาจมีสาเหตุมาจากดินผ่านการชะละลายมานาน ทำให้พีเอชดินมีสภาพเป็นกรดตลอดหน้าตัดดิน เหล็กและอะลูมินัมละลายออกมามาก ทำให้ฟอสฟอรัสถูกตรึงโดยเหล็กและอะลูมินัมเป็นส่วนใหญ่ (Landon, 1991)



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

5. โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ภาพที่ 18ข)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่ศึกษาพบว่า ชั้นดินบนของพีดอน 1, 2, 4, 5และ 6 มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ในพิสัย 14.16-32.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในพีดอน 3 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ คือ 41.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดินชั้นล่างของทุกพีดอน พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ในพิสัย 0.48- 29.13 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่มีค่าสูงในชั้นดินบนแล้วลดลงตามความลึก เป็นผลมาจากอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการสะสมอยู่ในดินบนมากกว่าในดินล่าง เมื่อมีการย่อยสลายอินทรียสารจะเกิดการปลดปล่อยโพแทสเซียมบางส่วนที่เป็นประโยชน์แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) โดยปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณอนุภาคดินเหนียว ความชื้น ความมากน้อยของการผุพังสลายตัว และอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดดิน โดยปกติวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินแกรนิตจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาในดินมากกว่าดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินบะซอลต์และหินชิสต์ (Hamdan and Burnham, 1996)

6. เบสที่สกัดได้ (ภาพที่ 19)

ปริมาณเบสที่สกัดได้ประกอบด้วย ปริมาณแคลเซียม ปริมาณแมกนีเซียม ปริมาณโซเดียม และปริมาณโพแทสเซียม

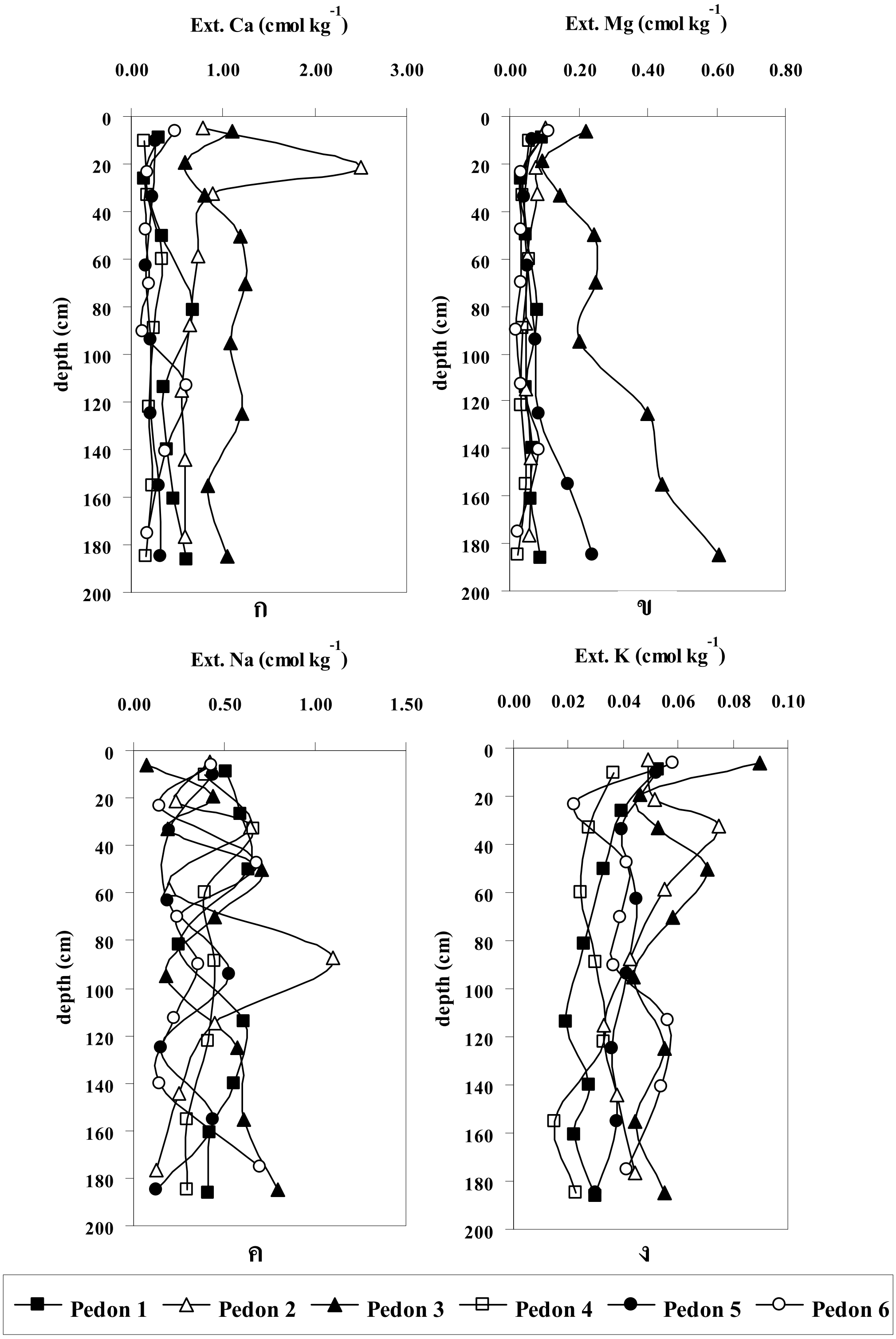
ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ พบว่า ดินบนของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.15-1.10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในดินล่างของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.14- 2.49 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ พบว่า ดินบนของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากมีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.06-0.22 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในดินล่างของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก ถึงต่ำ มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.02-0.61 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ พบว่า ดินบนของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.04-0.09 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในดินล่างของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.01-0.07 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ พบว่า ดินบนของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.07-0.51 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในดินล่างของทุกพีดอน มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.12-0.79 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

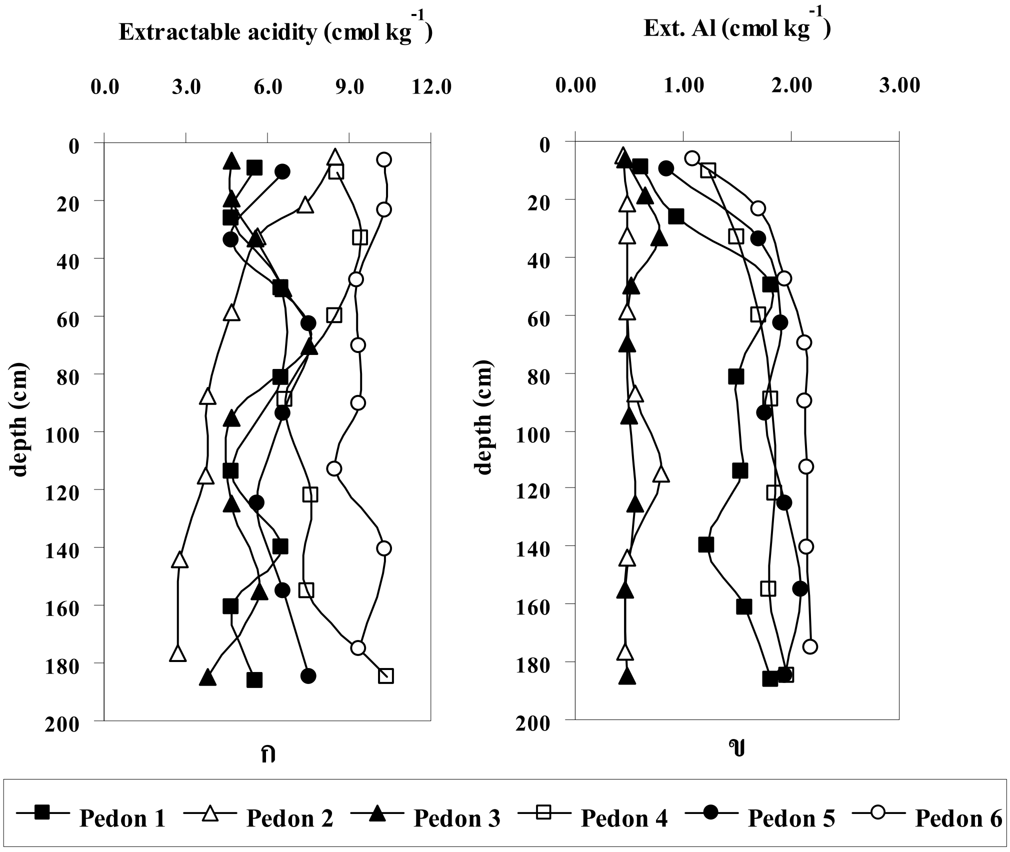
ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ในดินที่ทำการศึกษา 6 พีดอน มีแนวโน้มลดลงตามความลึก และมีความแปรปรวนบ้างเล็กน้อยในดิน เป็นผลมาจากอัตรากาชะละลายที่ไม่เท่ากันในหน้าตัดดิน และภายในหน้าตัดดินทั้งดินบนและดินล่าง ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมมีค่าอยู่ในปริมาณต่ำเนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินแกรนิต มีปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยกว่าหินบะซอลต์และหินชิตส์ (Sanchez *et al.*, 1983; Hamdan and Bumham, 1996; Boul *et al.*, 2003)



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ค) และ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

7. ความเป็นกรดที่สกัดได้ (ภาพที่ 20 ก)

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ พบว่าพีดอน 1 ถึง 6 ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง อยู่ในพิสัย 4.71-10.33 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง อยู่ในพิสัย 2.73-10.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และค่อนข้างมีความสม่ำเสมอภายในหน้าตัดดิน ยกเว้นพีดอน 1 4 และ 5 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน แสดงให้เห็นว่ามีการชะละลายของดินเกิดเพิ่มขึ้นในสภาพที่มีความชื้นสูง ทำให้อัตราการผุพังอยู่กับที่ทางเคมีรุนแรงมากขึ้น (มงคล, 2525)



ภาพที่ 20 ความเป็นกรดที่สกัดได้ (ก) และอะลูมินัมที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

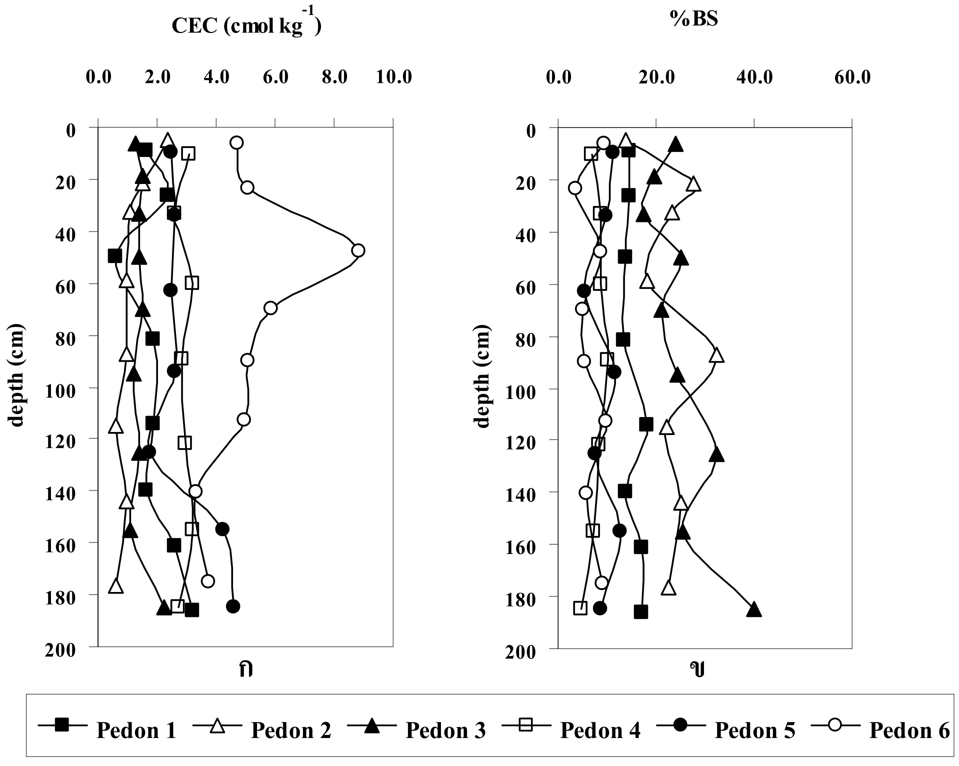
8. อะลูมินัมที่สกัดได้ (ภาพที่ 20 ข)

จากการวิเคราะห์ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ด้วย สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ พบว่า ชั้นดินบนอยู่ในพิสัย 0.21-0.45 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ชั้นดินล่างอยู่ในพิสัย 2.18 เซนติโมลต่อกิโลกรัม พีดอน 1, 4, 5 และ 6 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกและสม่ำเสมอภายในหน้าตัดดิน การที่ปริมาณอะลูมินัมในดินล่างมีค่าสูงกว่าในดินบนเนื่องจาก ดินเกิดการชะละลายสูง ทำให้เกิดการสะสม

ดินเหนียวอยู่ตอนล่างของหน้าตัดดิน และแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นแร่ในกลุ่มอะลูมิโนซิลิเกต (alumino silicate) ที่มีอะลูมินัมเป็นองค์ประกอบอยู่ จึงทำให้ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้มีค่าสูงในชั้นดินที่มีการสะสมดินเหนียวในหน้าตัดดิน และขึ้นอยู่กับค่าปฏิกิริยาดินที่เหมาะสมในการละลายของอะลูมินัมอีกด้วย (Sanchez,1976; Buol *et al*., 2003)

9. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ภาพที่ 21 ก)

ผลการวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน พีดอน 1 ถึง 6 พบว่า ดินชั้นบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัย 1.2-4.7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนดินล่าง อยู่ในระดับ ต่ำมากถึงค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.6-8.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยพบว่าในพีดอน 6 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่ามากกว่าพีดอนอื่น ๆ เนื่องมาจากมีดินเป็นดินเนื้อละเอียด มีปริมาณดินเหนียวมากกว่าทุกหน้าตัดดินซึ่งเพิ่มขึ้นตามความลึก ทำให้สามารถดูดซับแคตไอออนได้มาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ส่วนพีดอน 1 ถึง 5 ส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มดินเนื้อหยาบปริมาณอินทรียวัตถุต่ำมาก และแร่ดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นชนิด 1:1 ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (Sanchez, 1976)



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

10. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ภาพที่ 21 ข)

อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิต ที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่าในชั้นดินบนจะมีค่าอยู่ในระดับ ต่ำ อยู่ในพิสัย 6.92-27.76 ส่วนในชั้นดินล่าง โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในพิสัย 4.04-32.45 ยกเว้นในพีดอน 3 มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง เท่ากับ 39.91 โดยภาพรวมแล้วอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสในดินพีดอน 1 2 และ 3 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากในสภาพที่ดินเกิดการชะละลายเอาธาตุที่เป็นเบสจากดินบนไปสะสมยังดินชั้นล่างจึงทำให้ชั้นดินล่างของดินพีดอน 1 2 และ 3 มีปริมาณธาตุที่เป็นเบสมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสที่ต่ำแสดงว่าดินมีพัฒนาการสูง (Buol *et al.,* 2003)

11. ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ของดินดอนที่พัฒนามาจากหินกลุ่มแกรนิตที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน แสดงในตารางภาคผนวกที่ 4 และในภาพที่ 22

11.1 เหล็ก

11.1.1 ปริมาณเหล็กอิสระที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเทรต-ไบคาร์บอเนต (dithionite-citrate-bicarbonate: Fe_d) ซึ่งอยู่ในรูปอสัณฐานและในรูปที่มีผลึก โดยเฉพาะแร่ฮีมาไทต์ และเกอไทต์ โดยจากผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณเหล็กอิสระที่สกัดได้ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.56-8.59 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเหล็กอิสระในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.73-17.43 กรัมต่อกิโลกรัม

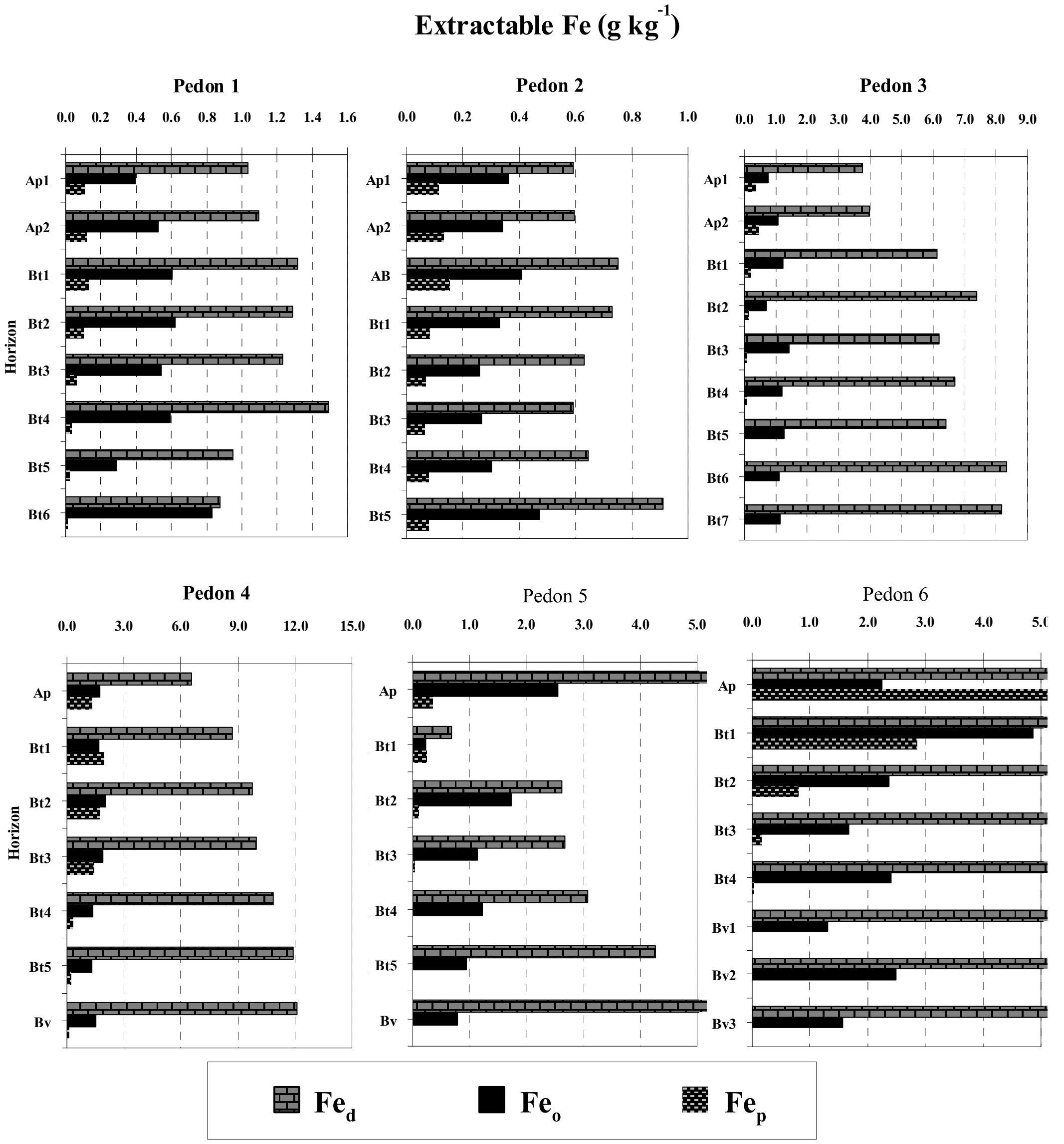
การเปลี่ยนแปลงของปริมาณเหล็กออกไซด์อิสระในดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า การสะสมเหล็กอิสระในดิน มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก และมีความแปรปรวนบ้างในบางหน้าตัดดิน โดยพบว่า ในชั้นดินบนมีการชะละลายทำให้เหล็กถูกละลายลงมาสะสมในดินชั้นล่างพร้อมกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (กรรณฺการ์ และคณะ, 2529; Park and Burt, 1999) โดยเหล็กสามารถแตกตัวอยู่ในรูปเฟร์รัสไอออน (Fe^{2+}) ที่ละลายน้ำ และเคลื่อนย้ายภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นกรด และเมื่ออยู่ในสภาวะออกซิเดชัน เฟร์รัสไอออนเปลี่ยนไปเป็นเฟร์ริกไอออน (Fe^{3+}) ซึ่งไม่ละลายน้ำ และเคลื่อนย้ายได้ยากหรือไม่เคลื่อนย้าย ตกตะกอนเป็นเหล็กออกไซด์อยู่ในดิน โดยความสามารถในการปลดปล่อยธาตุเหล็กออกมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินมากน้อยเพียงใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมหลายอย่างด้วยกัน คือ อุณหภูมิ สภาวะออกซิเดชัน-รีดักชัน สมบัติทางเคมีของสารละลายดิน ปริมาณดินเหนียวและ

อินทรียวัตถุที่อยู่ในดิน (Eswaran *et al*, 1993; Cornell and Schwertmann, 2003) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เนื้อดิน โดยพบว่าในชั้นดินล่างของทุกพีดอนมีการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียว ซึ่งเมื่อพิจารณาปริมาณเหล็กอิสระทั้ง 6 พีดอน พบว่า ในพีดอน 6 ดินมีปริมาณเหล็กอิสระมากกว่าพีดอนอื่น ซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับสีดินที่ได้จากการศึกษาสัณฐานวิทยาสนามของดิน โดยดินมีสีเหลืองถึงสีแดง นอกจากนี้แล้ว การเคลื่อนที่ขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินยังทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายเหล็กขึ้นมาสะสมและตกตะกอน และในสภาพที่ดินมีการระบายน้ำดี เมื่อวัตถุต้นกำเนิดดินสลายตัวจะมีการปลดปล่อยธาตุเหล็กออกมาในสภาพรีดักชัน และเมื่อมีการเคลื่อนที่ขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดินก็จะลายเฟร์รัสไอออนขึ้นมาสะสมตามระดับความลึกของน้ำใต้ดิน (Young, 1976; Moniz *et al*., 1982) โดยพบว่า ในชั้นล่างของดินพีดอน 4 5 และ 6 ภายในหน้าตัดดินแสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ขึ้นลงของระดับน้ำใต้ดิน โดยสามารถสังเกตได้จากจุดประสีเหลือง สีแดง ที่เกิดขึ้นภายในหน้าตัดดินซึ่งแสดงให้เห็นว่ามีสะสมของเหล็กออกไซด์เกิดขึ้น

11.1.2 ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ด้วยแอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate: Fe_o) เหล็กที่สกัดได้โดยวิธีนี้จะอยู่ในรูปอสัณฐาน ซึ่งเป็นรูปที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ (active Fe) และมีความสัมพันธ์กับปริมาณดินเหนียวและคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เช่น เฟร์ริไฮไดรต์ (ferrihydrite) ซึ่งจะละลายและตกตะกอนรวมอยู่กับอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณเหล็กในรูปอสัณฐานที่มีอยู่ในดิน จะช่วยทำให้เม็ดดินมีความคงทนมากขึ้น (Duiker *et al*., 2003; Osodeke *et al*., 2005; Eusterhues *et al*., 2008)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่สกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาเลต ในดินที่ทำการศึกษาพบว่า ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.36-2.54 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.32-4.86 กรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่าแต่ละพีดอนปริมาณเหล็กออกไซด์ในหน้าตัดดินมีค่าแตกต่างกัน โดยพบว่าในพีดอนที่ 1 และ 3 ปริมาณเหล็กออกไซด์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก พีดอน 2 และ 4 มีแนวโน้มค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน และในพีดอน 5 และ 6 ปริมาณเหล็กออกไซด์มีแนวโน้มลดลงตามความลึก

ปริมาณเหล็กออกไซด์ในรูปนี้ที่มีค่าแตกต่างกันในแต่ละพีดอน อาจเนื่องจากปริมาณอินทรียวัตถุในแต่ละพื้นที่มีปริมาณแตกต่างกันตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพบว่าในพีดอน 6 มีปริมาณเหล็กออกไซด์มากสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยเหล็กจะเกิดการรวมตัวกับอินทรียวัตถุในดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของเหล็กในรูปเฟร์ริก (Fe^{3+}) กับอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีขนาดเล็กเช่นเดียวกับคอลลอยด์ของเหล็กออกไซด์ (Peiffer *et al*., 2004)



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Fe_d), ammonium oxalate (Fe_o) และ sodium pyrophosphate (Fe_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา

10.1.3 ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate: Fe_p) ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็กออกไซด์ที่สกัดด้วยโซเดียมไพโรฟอสเฟต ในดินที่ทำการศึกษาพบว่า ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.10-10.96 กรัม ต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.08-2.86 กรัมต่อกิโลกรัม

ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณเหล็กออกไซด์ที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อนภายในหน้าตัดดิน พบว่า ในดินพีดอน 1 2 3 และ 4 ปริมาณเหล็กออกไซด์ในดินชั้นล่างมีปริมาณมากกว่าในชั้นดินบนเล็กน้อย เนื่องมาจากอิทธิพลของการซึมชะ โดยอินทรียวัตถุในดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กเกิดการเคลื่อนที่ลงมาสะสมในชั้นดินล่าง และเกิดการรวมตัวกับเหล็กออกไซด์ จึงทำให้ปริมาณเหล็กออกไซด์รูปสารอินทรีย์เชิงซ้อนในดินล่างมีค่ามากกว่าในชั้นดินบน ส่วนพีดอน 5 และ 6 พบว่าปริมาณเหล็กออกไซด์รูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยพบว่า ในชั้นดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุมากกว่าในชั้นดินล่าง ทำให้ค่าวิเคราะห์เหล็กออกไซด์รูปสารอินทรีย์เชิงซ้อนมีค่ามากกว่าในชั้นดินล่าง

เมื่อเปรียบเทียบวิธีการสกัดเหล็กออกไซด์ในรูปแบบต่าง ๆ พบว่า การสกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเทรต-ไบคาร์บอเนต ได้ปริมาณเหล็กออกไซด์สูงกว่าในวิธีอื่น เนื่องจากเป็นเหล็กออกไซด์อิสระที่อยู่ในรูปอสัณฐานและในรูปที่มีผลึก รวมทั้งในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน โดยวิธีนี้สามารถสกัดเหล็กออกมาได้ ร้อยละ 51 ถึง ร้อยละ 88 ของประมาณเหล็กที่มีอยู่ในดิน (Ghabru *et al.*, 1990) โดยที่ในสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้น ดินจะมีกระบวนการสลายตัวผุพังอยู่กับที่รุนแรง เหล็กจะเกิดปฏิกิริยาเคมีและหลุดออกจากแร่ปฐมภูมิอยู่ในรูปเหล็กออกไซด์อิสระ ปริมาณเหล็กออกไซด์อิสระใช้ในการพิจารณาเกี่ยวกับความรุนแรงของการผุพังอยู่กับที่ในดิน ค่าร้อยละของเหล็กออกไซด์จะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการผุพังอยู่กับที่เพิ่มขึ้น และมีค่าลดลงหากดินมีการระบายน้ำเลวลง (เอิบ, 2548) ส่วนที่สกัดด้วยแอมโมเนียมออกซาเลตจะมีมากกว่าวิธีที่สกัดด้วยโซเดียมไพโรฟอสเฟต เนื่องจากแอมโมเนียมออกซาเลต จะสกัดเหล็กที่อยู่ในรูปอสัณฐานที่เกาะอยู่ตามอนุภาคดินเหนียวและรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน ส่วนโซเดียมไพโรฟอสเฟตสกัดเหล็กที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อนได้ดีเพียงชนิดเดียว (National Soil Survey Center, 1996)

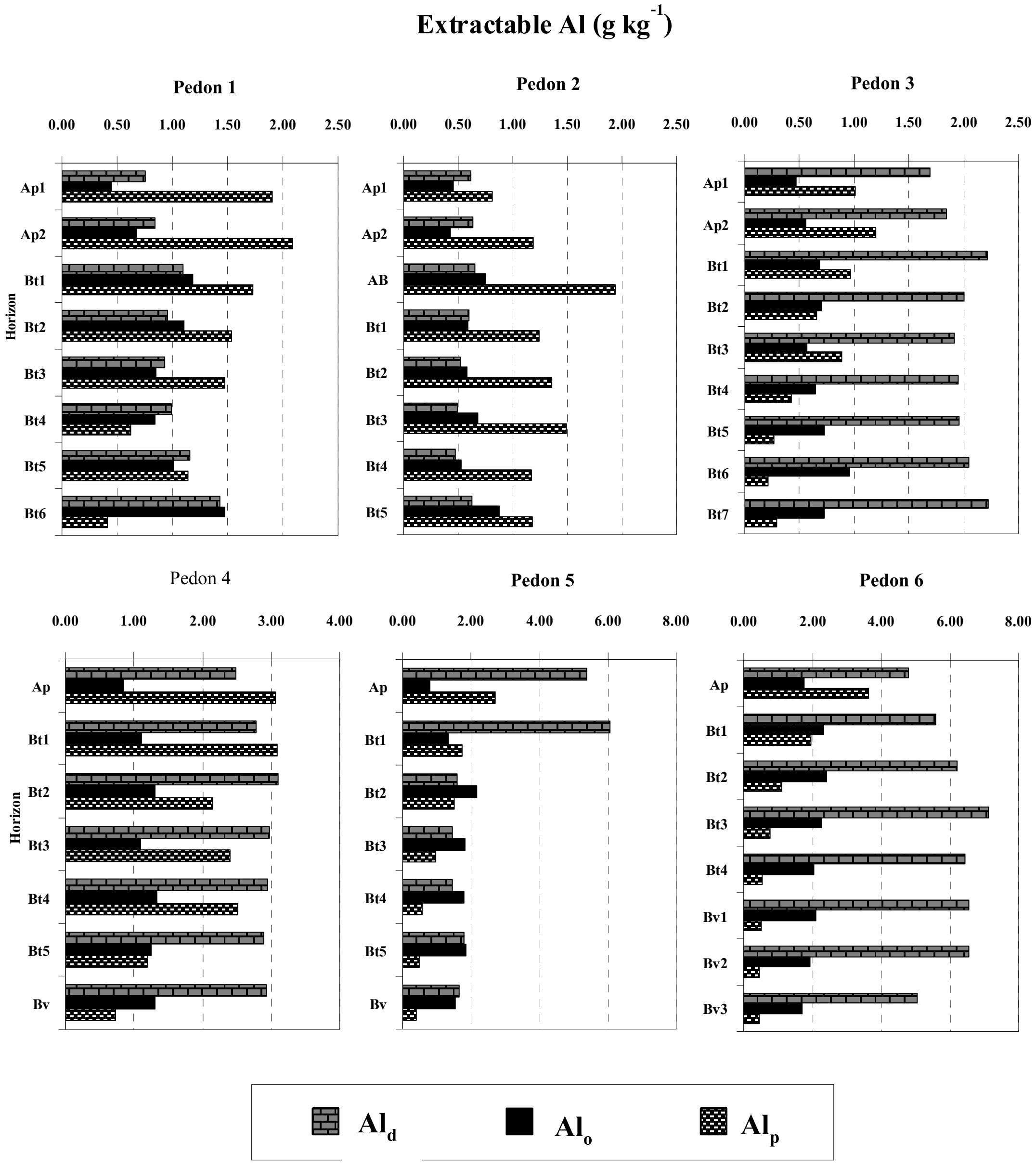
ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างเหล็กที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (Fe_o) กับ เหล็กอสัณฐานและเหล็กที่อยู่ในรูปที่มีผลึก (Fe_d) จากอัตราส่วน Fe_o/Fe_d ที่ได้จากการวิเคราะห์ (ตารางผนวกที่ 4) สามารถอธิบายถึงขั้นพัฒนาการของดินได้ ในกรณีที่อัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d มีค่าต่ำ แสดงว่าดินมีปริมาณเหล็กออกไซด์อิสระอยู่สูง และเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปผลึกเป็นปริมาณมาก แต่ถ้าอัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d มีค่าสูงแสดงว่าเหล็กที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในดินอยู่ในรูปอสัณฐานมากกว่าอยู่ในรูปที่มีผลึก ซึ่งโดยทั่วไปอัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d มีค่าต่ำกว่า 1 เนื่องจากแอมโมเนียมออกซาเลตสามารถสกัดเหล็กออกมาได้น้อยกว่าไดไธโอไนต์-ซิเทรต-ไบคาร์บอเนต

จากการวิเคราะห์อัตราส่วนของ Fe_o/Fe_d ของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทยทั้ง 6 พีดอน พบว่า พีดอน 1 ที่ระดับความลึก 0-150 เซนติเมตร พีดอน 2 3 4 5 และ พีดอน 6 มีค่าต่ำกว่า 1 อยู่ในพิสัย 0.04- 0.66 โดยชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.20-0.60 ชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.15-0.57 ซึ่งแสดงว่าเหล็กที่อยู่ในดินส่วนมากอยู่ในรูปที่มีผลึก มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่ำ (Maejima *et al*., 2000) ส่วนในพีดอน 1 ที่ระดับความลึก 150-200 เซนติเมตร มีค่ามากกว่า 1 อยู่ในพิสัย 1.67-2.62 ซึ่งแสดงว่าเหล็กที่อยู่ในดินส่วนมากอยู่ในอสัณฐาน มีความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงและมีความสามารถในการตรึงฟอสฟอรัสในดิน (Yerokun, 2008) ดินในเขตร้อนชื้นพบว่าปริมาณเหล็กออกไซด์อยู่ในรูปของแร่เกอไทต์ และฮีมาไทต์ (Wiriyakitnateekul *et al*., 2007)

11.2 อะลูมินัม (ภาพที่ 23)

11.2.1 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้โดยวิธีไดไธโอไนต์ ซิเทรตไบคาร์บอเนต (Al_d) ซึ่งอยู่ในรูปอสัณฐาน รูปที่มีผลึก และอะลูมินัมที่อยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียวซิลิเกต และอะลูมินัมที่เข้าไปแทนที่เหล็กในโครงสร้างของแร่เกอไทต์และฮีมาไทต์ (Holmgren, 1967; Schwertmann and Herbillon, 1992; Brady and Weil, 2008)

จากการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณอะลูมินัมอิสระที่สกัดได้ ในดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.615-5.375 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณอะลูมินัมอิสระในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.472-7.108 กรัมต่อกิโลกรัม



ภาพที่ 23 ความสัมพันธ์ระหว่างอะลูมินัมที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Al_d), ammonium oxalate (Al_o) และ sodium pyrophosphate (Al_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา

11.2.2 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลต (Al_o) ซึ่งอยู่ในรูปอสัณฐาน รูปที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี (active Al) และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน ที่อยู่ในรูปของสารประกอบไฮดรอกไซด์และออกซีไฮดรอกไซด์ (McKeague *et al.*, 1971; National Soil Survey Center, 1996) จากการศึกษาปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลต

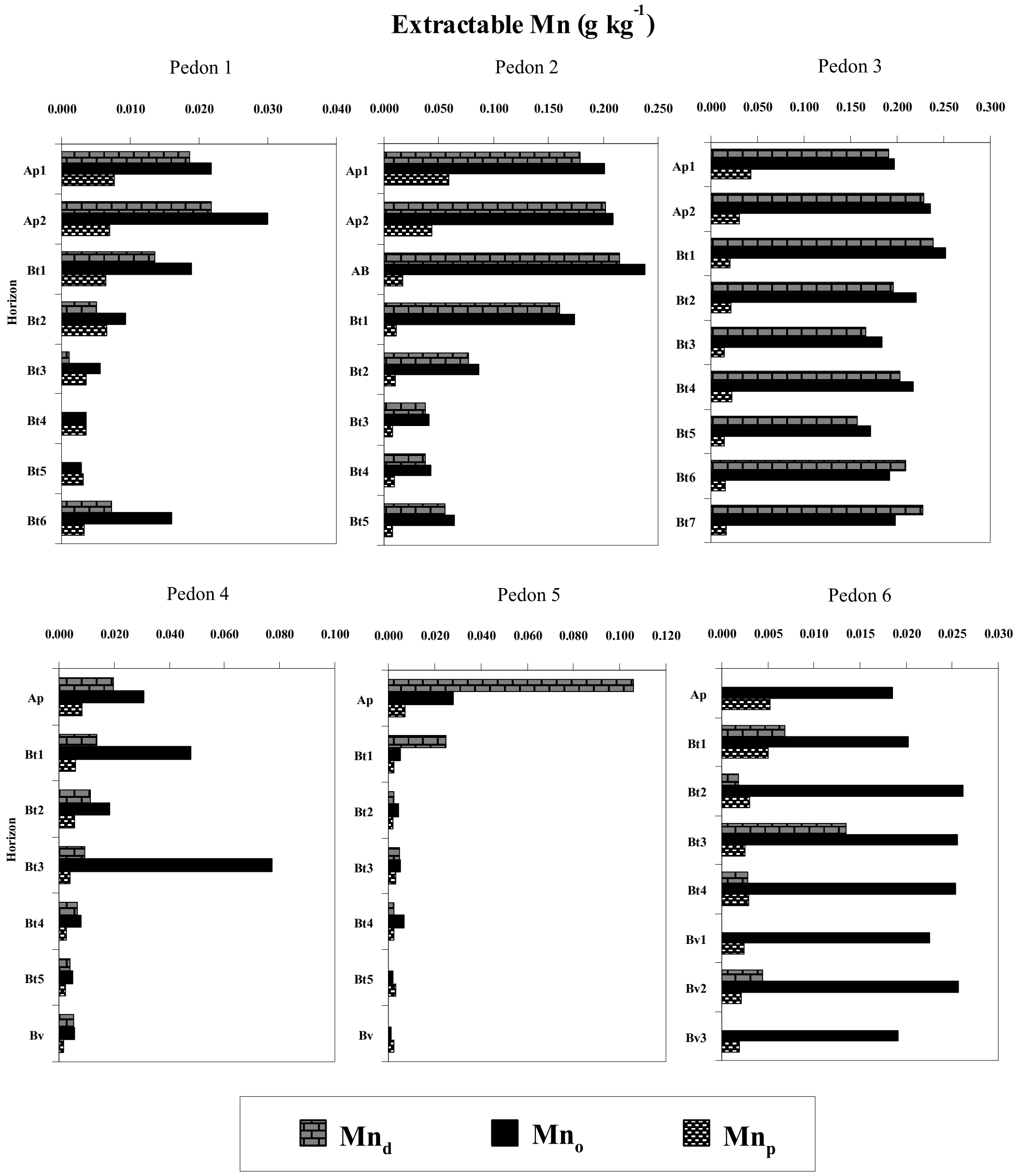
ของดินทั้ง 6 พีดอน พบว่า มีปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ ในดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.429- 1.761 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ในดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.566-2.409 กรัมต่อกิโลกรัม

11.2.3 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต (Al_p) ซึ่งอยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague *et al.*, 1971; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินทั้ง 6 พีดอน พบว่าในดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.810-3.640 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ในดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.214-3.089 กรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่าปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีนี้จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน(Bera *et al.*, 2005) โดยในดินบนจะมีค่าสูงกว่าในดินล่าง

อะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลตจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณดินเหนียวในดิน (Osodeke *et al.* 2005) ปริมาณอะลูมินัมที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อนจะมีการปลดปล่อยได้มากขึ้นเมื่อดินมีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 (Zhang *et al.*, 1997) อะลูมินัมจะถูกปลดปล่อยออกมาในขณะที่วัตถุต้นกำเนิดดินมีการสลายตัว ในรูปออกไซด์ ไฮดรอกไซด์ และออกซีไฮดรอกไซด์ และเมื่อดินมีอายุมากขึ้นปริมาณเหล็กและอะลูมินัมจะเปลี่ยนรูปจากอสัณฐานเป็นรูปที่มีผลึก (Dolui and Bara, 2001) พบว่าดินที่ทำการศึกษา พบอะลูมินัมที่เป็นองค์ประกอบกับสารอินทรีย์เชิงซ้อน และเป็นองค์ประกอบในแร่ซิลิเกต ซึ่งอยู่ในรูปที่ไม่เป็นพิษต่อพืชและไม่ว่องไวในการเกิดปฏิกิริยาเคมี (Drabek *et al.,*2005)

11.3 แมงกานีส (ภาพที่ 24)

11.3.1 ปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้โดยวิธีไดไธโอไนต์ ซิเทรตไบคาร์บอเนต (Mn_d) มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเหล็กอิสระ แมงกานีสที่สกัดได้โดยวิธีนี้ อยู่ในรูปผลึก รูปอสัณฐาน รูปที่รีดิวซ์ได้ง่าย และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (Mehra and Jackson, 1960; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินทั้ง 6 พีดอน พบว่าในดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.000-0.228 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณแมงกานีสอิสระที่สกัดได้ในดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.000-0.227 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการสะสมแมงกานีสภายในหน้าตัดดินของดินแต่ละพีดอน พบว่าปริมาณการสะสมมีแนวโน้มลดลงตามความลึก



ภาพที่ 24 ความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (Mn_d), ammonium oxalate (Mn_o) และ sodium pyrophosphate (Mn_p) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่ทำการศึกษา

11.3.2 ปริมาณแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate: Mn_o) แมงกานีสที่สกัดโดยวิธีนี้อยู่ในรูปอสัณฐาน และรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague and Day, 1966; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินทั้ง 6 พีดอน พบว่าในดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.018-0.238 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้ในดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.001-0.220 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการสะสมแมงกานีสภายในหน้าตัดดินของดินแต่ละพีดอน พบว่า ปริมาณการสะสมมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

11.3.3 ปริมาณแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate: Mn_p) แมงกานีสที่สกัดโดยวิธีนี้อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague, 1967; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินทั้ง 6 พีดอน พบว่าในดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 0.005-0.059 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณแมงกานีสอิสระที่สกัดได้ในดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.002-0.022 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการสะสมแมงกานีสภายในหน้าตัดดินของดินแต่ละพีดอน พบว่า ปริมาณการสะสมมีแนวโน้มลดลงตามความลึก

ปริมาณแมงกานีสในรูปออกไซด์และอสัณฐานจะมีการปลดปล่อยมากขึ้นเมื่อพีเอชดินมีค่ามากกว่า 6.5 ส่วนปริมาณแมงกานีสที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อนจะมีการปลดปล่อยได้มากขึ้นเมื่อดินมีค่าพีเอชต่ำกว่า 6.5 (Zhang *et al*., 1997) พบว่าดินที่สลายตัวจากหินแกรนิต มีปริมาณแมงกานีสเป็นองค์ประกอบต่ำ

5. การวิเคราะห์ผลทางเคมีรวม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ทางเคมีรวมของดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิต ทั้ง 6 บริเวณ โดยวิธี X-ray fluorescence spectrophotomety (XRF) ในรูปสารประกอบออกไซด์ของซิลิคอน (Si) อะลูมินัม (Al) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) ไทเทเนียม (Ti) โซเดียม (Na) แมกนีเซียม (Mg) โพแทสเซียม (K) และแคลเซียม (Ca) แสดงในตารางที่ 4

ดินที่พัฒนาจากหินกลุ่มแกรนิตทั้ง 6 บริเวณ มีซิลิกอนออกไซด์เป็นองค์ประกอบสูงสุดในหน้าตัดดิน อยู่ในพิสัยร้อยละ 95.97 ถึง 57.86 เนื่องจากซิลิกอนเป็นธาตุองค์ประกอบหลักของแร่ปฐมภูมิหลายชนิด โดยเฉพาะแร่ควอตซ์ ซึ่งเป็นแร่ที่พบมากสุดในหน้าตัดดินที่ทำการศึกษาและเป็นแร่องค์ประกอบที่พบมากในหินแกรนิตเพราะเป็นแร่ที่มีความทนทานต่อการผุพังสลายตัว

ธาตุที่เป็นองค์ประกอบรองลงมา คือ อะลูมินัมออกไซด์ โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.16- 29.43 โดยปริมาณอะลูมินัมในดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณดินเหนียวในดิน เนื่องจากอะลูมินัมเป็นองค์ประกอบสำคัญของแร่กลุ่มอะลูมิโนซิลิเกต (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Brady and Weil, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการแจกกระจายของอนุภาคดิน และลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินที่แสดงการสะสมดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และประมาณดินเหนียวมีการแจกกระจายมากสุดในพีดอน 6 คือ ดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ปริมาณเหล็กออกไซด์มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.00-5.52 พบมากในดินพีดอน 6 เนื่องจากปริมาณเหล็กออกไซด์จะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับสีดิน (Scheinost and Schwertmann, 1999)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบเชิงเคมีรวมของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ

Depth (cm)	Horizon	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	CaO	K_2O	MgO	Na_2O	SiO_2:Al_2O_3 ratio
		(-----	-----	-----	-----	%	-----	-----	-----	-----)	
Pedon 1 Typic Kandiudult											
0-18	Ap1	5.37	94.61	0.38	0.48	0.01	nd	0.04	0.04	nd	17.62
18-35	Ap2	6.92	92.78	0.45	0.56	0.01	nd	0.05	0.04	nd	13.41
35-65	Bt1	14.67	82.70	0.61	0.98	0.01	nd	0.13	0.08	0.43	5.64
65-98	Bt2	14.80	82.28	0.57	0.97	nd	0.01	0.10	0.08	nd	5.56
98-130	Bt3	14.70	82.42	0.60	0.98	0.01	nd	0.10	0.08	nd	5.61
130-150	Bt4	11.31	87.95	0.49	0.86	nd-	nd	0.07	0.06	nd	7.78
150-172	Bt5	14.35	82.35	0.57	1.23	0.01	nd	0.10	0.08	nd	5.74
$172\text{-}200^+$	Bt6	19.62	75.14	0.68	1.71	0.01	nd	0.14	0.10	0.09	3.83
Pedon 2 Typic Kandiudult											
0-10	Ap1	5.46	92.34	0.22	0.22	0.03	0.03	3.28	0.04	0.09	16.91
20-23	Ap2	5.85	91.95	0.23	0.23	0.03	0.02	3.36	0.03	0.11	15.72
23-42	AB	6.81	90.53	0.26	0.33	0.03	0.02	3.24	0.04	0.13	13.29
42-75	Bt1	5.20	93.02	0.20	0.28	0.02	0.01	2.35	0.02	0.03	17.89
75-100	Bt2	4.85	93.38	0.19	0.27	0.01	0.01	2.23	0.03	0.03	19.25
100-130	Bt3	5.96	91.75	0.24	0.29	0.01	0.01	2.88	0.04	0.07	15.39
130-158	Bt4	4.95	93.81	0.21	0.27	0.01	0.01	2.42	0.03	0.05	18.95
$158\text{-}195^+$	Bt5	5.28	93.60	0.19	0.31	0.01	0.01	2.29	0.02	0.02	17.73
Pedon 3 Typic Kandiudult											
0-12	Ap1	3.16	95.65	0.45	0.87	0.04	0.02	0.41	0.07	nd	30.27
12-26	Ap2	3.43	95.97	0.44	0.94	0.04	0.01	0.40	0.06	nd	27.98
26-40	Bt1	6.23	91.81	0.56	1.52	0.04	0.02	0.50	0.08	nd	14.74
40-60	Bt2	6.01	92.69	0.49	1.48	0.04	0.03	0.45	0.09	nd	15.42
60-80	Bt3	5.76	92.77	0.48	1.50	0.03	0.03	0.45	0.09	nd	16.11
80-110	Bt4	5.73	92.64	0.48	1.44	0.03	0.03	0.44	0.09	nd	16.17
110-140	Bt5	6.23	90.24	0.46	1.51	0.03	0.03	0.44	0.08	0.01	14.48
140-170	Bt6	7.89	88.48	0.67	1.99	0.04	0.03	0.63	0.12	nd	11.21
$170\text{-}200^+$	Bt7	5.91	92.83	0.49	1.46	0.03	0.03	0.44	0.08	nd	15.71
Pedon 4 Typic Kandiudult											
0-21	Ap	5.63	91.14	0.34	1.74	0.01	nd	0.10	0.03	nd	16.19
21-45	Bt1	8.67	88.61	0.42	2.12	nd	nd	0.15	0.07	0.01	10.22
45-74	Bt2	11.55	84.29	0.48	2.51	0.01	0.01	0.20	0.10	0.01	7.30
74-104	Bt3	11.59	84.95	0.49	3.17	0.01	nd	0.20	0.09	nd	7.33
104-140	Bt4	11.20	85.09	0.47	2.60	nd	nd	0.19	0.08	nd	7.60
140-170	Bt5	11.83	84.98	0.52	2.58	nd	nd	0.21	0.09	nd	7.18
$170\text{-}200^+$	Bv	12.21	83.16	0.55	3.08	0.01	nd	0.22	0.10	nd	6.81
Pedon 5 Typic Kandiudult											
0-20	Ap	6.15	92.84	0.31	0.01	0.01	nd	0.04	0.03	nd	15.10
20-48	Bt1	12.53	85.32	0.47	0.00	0.00	nd	0.09	0.07	nd	6.81

ตารางที่ 4 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	CaO	K_2O	MgO	Na_2O	SiO_2:Al_2O_3 ratio
		(------------------------------------				%				----------------------------------)	
Pedon 5 (cont.)											
48-78	Bt2	14.58	81.51	0.51	0.00	0.00	nd	0.11	0.07	nd	5.59
78-110	Bt3	14.73	81.95	0.52	0.00	0.00	nd	0.11	0.08	nd	5.56
110-140	Bt4	16.58	79.85	0.58	0.00	0.00	nd	0.12	0.08	nd	4.82
140-170	Bt5	18.73	76.93	0.63	0.00	0.00	nd	0.15	0.11	nd	4.11
170-200$^+$	Bv	19.86	75.20	0.66	0.00	0.00	nd	0.16	0.11	nd	3.79
Pedon 6 Typic Plinthudult											
0-10/12	Ap	10.02	84.92	0.21	1.72	0.01	0.01	0.04	0.06	nd	8.48
10/12-35	Bt1	22.33	68.31	0.36	3.12	0.01	nd	0.08	0.11	nd	3.06
35-60	Bt2	25.32	64.97	0.40	3.65	0.01	nd	0.10	0.14	nd	2.57
60-80	Bt3	28.31	60.01	0.43	4.92	0.01	nd	0.11	0.13	nd	2.12
80-100	Bt4	28.92	59.07	0.44	5.52	0.01	nd	0.12	0.14	nd	2.04
100-126	Bv1	28.83	57.86	0.42	5.48	0.01	nd	0.12	0.15	nd	2.01
126-155	Bv2	29.43	59.00	0.42	5.21	0.01	nd	0.12	0.14	nd	2.00
155-195$^+$	Bv3	25.74	63.43	0.36	4.63	0.00	nd	0.10	0.12	nd	2.46

หมายเหตุ nd = not detected

นอกจากนี้แล้วยังพบว่าพีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ มีปริมาณโพแทสเซียมออกไซด์ปริมาณมากกว่าพีดอนอื่น คือ มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 2.23 ถึง 3.36 ซึ่งสอดคล้องกับผลวิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ที่พบแร่อิลไลต์ และผลทางจุลสัณฐานวิทยาที่สามารถพบแร่เฟลด์สปาร์ในดินพีดอน 2 ส่วนออกไซด์ของแคลเซียม แมกนีเซียม และ โซเดียม พบเป็นองค์ประกอบอยู่ในดินน้อย เนื่องจาก ดินที่สลายตัวจากหินแกรนิตในเขตร้อนชื้น ในสภาพที่ดินมีการระบายน้ำดี จะมีการสูญเสียธาตุเหล่านี้ออกจากดินได้ง่ายจึงทำให้มีเหลืออยู่ในดินน้อย (Oh and Richter, 2005)

6. สมบัติทางแร่วิทยา

ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว และอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินที่สลายตัวจากหินกลุ่มแกรนิตบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย แสดงไว้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สมบัติเชิงแร่วิทยาในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว และกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Clay fraction						Silt fraction		
		Kao	Ill	1.4 nm clay mineral	Qtz	Fel	Goe	Qtz	Fel	0.7 nm clay mineral
Pedon 1 Typic Kandiudult										
0-18	Ap1	xxxx	-	-	tr	-	-	xxxx	-	-
18-35	Ap2	xxxx	-	-	tr	-	-	xxxx	-	-
65-98	Bt2	xxxx	-	-	tr	-	-	xxxx	-	-
130-150	Bt4	xxxx	-	-	tr	-	-	xxxx	-	-
172-200	Bt6	xxxx	-	-	tr	-	-	xxxx	-	-
Pedon 2 Typic Kandiudult										
0-10	Ap1	xx	x	tr	x	tr	-	xxx	x	-
20-23	Ap2	xx	x	tr	x	tr	-	xxx	x	-
42-75	Bt1	xxx	x	tr	x	tr	-	xxx	x	-
100-130	Bt3	xxx	x	tr	x	tr	-	xxx	x	-
159-195+	Bt5	xxx	x	tr	x	tr		xxx	x	-
Pedon 3 Typic Kandiudult										
0-12	Ap1	xxx	tr	-	x	-	-	xxx	tr	-
12-26	Ap2	xxx	tr	-	x	-	-	xxx	tr	-
40-60	Bt2	xxx	tr	-	x	-	-	xxx	tr	-
60-80	Bt3	xxx	tr	-	x	-	-	xxx	tr	-
110-140	Bt5	xxx	tr	-	x	-	-	xxx	tr	-
170-200+	Bt7	xxx	tr	-	x	-	-	xxx	tr	-
Pedon 4 Typic Kandiudult										
0-21	Ap	xxxx	tr	tr	tr	-	-	xxxx	-	-
21-45	Bt1	xxxx	tr	tr	tr	-	-	xxxx	-	-
74-104	Bt3	xxxx	tr	tr	tr	-	-	xxxx	-	-
140-170	Bt5	xxxx	tr	tr	tr	-	-	xxxx	-	-
170-200	Bv	xxxx	tr	tr	tr	-	-	xxxx	-	-
Pedon 5 Typic Kandiudult										
0-20	Ap1	xxxx	tr	-	tr	-	-	xxxx	-	-
20-48	Bt1	xxxx	tr	-	tr	-	-	xxxx	-	-
48-78	Bt2	xxxx	tr	-	tr	-	-	xxxx	-	-
78-110	Bt3	xxxx	tr	-	tr	-	-	xxxx	-	-
140-170	Bt5	xxxx	tr	-	tr	-	-	xxxx	-	-
170-200	Bv	xxxx	tr	-	tr	-	-	xxxx	-	-
Pedon 6 Typic Plintudult										
0-10/12	Ap	xxxx	tr	-	-	-	tr	xxxx	-	tr
10/12-35	Bt1	xxxx	tr	-	-	-	tr	xxxx	-	tr
60-80	Bt3	xxxx	tr	-	-	-	tr	xxxx	-	x
100-126	Bv1	xxxx	tr	-	-	-	tr	xxxx	-	x
155-195+	Bv3	xxxx	tr	-	-	-	tr	xxxx	-	x

หมายเหตุ

xxxx = Dominant (>60%) xxx = Large (40-60%) Xx = Moderate (20-40%)

x = Small (5-10%) tr. = Trace (<5%) - = Not detected

Kao = Kaolinite Ill = Illite Qtz = Quartz

Fel = Feldspar Goe = Goethite

แร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว

พีดอน 1 มีแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก โดยพบในปริมาณสูงมาก (>60%) ในตอนบนและตอนล่างของหน้าตัดดิน และพบแร่ควอตซ์เล็กน้อย (<5%)

พีดอน 2 มีแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก โดยในตอนบนของหน้าตัดพบแร่เคโอลิไนต์ในปริมาณปานกลาง (20-40%) และในตอนล่างมีปริมาณเพิ่มขึ้น (40-60%)นอกจากจากนี้แล้วตลอกหน้าตัดดินยังพบ แร่อิลไลต์และแร่ควอตซ์ใน (5-20%) และพบแร่ดินเหนียวชนิด 1.4 นาโนเมตร ในปริมาณเล็กน้อย (<5%)

พีดอน 3 ตลอดหน้าตัดดินมีแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก ในปริมาณสูงมาก (>60%) มีแร่อิลไลต์เล็กน้อย (<5%) และแร่ควอตซ์ในปริมาณน้อย (5-20%)

พีดอน 4 ตลอดหน้าตัดดินมีแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก ในปริมาณสูงมาก (>60%) และแร่ดินเหนียวชนิด 1.4 นาโนเมตร แร่อิลไลต์และแร่ควอตซ์ปริมาณเล็กน้อย (<5%)

พีดอน 5 ตลอดหน้าตัดดินพบแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก ในปริมาณสูงมาก (>60%) พบแร่อิลไลต์ และแร่ควอตซ์ปริมาณเล็กน้อย (<5%) ในอนุภาคขนาดดินเหนียว

พีดอน 6 ตลอดหน้าตัดดินพบแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก ในปริมาณสูงมาก (>60%) พบแร่อิลไลต์และแร่เกอไทต์ในปริมาณเล็กน้อย (<5%)

ผลการศึกษาอนุภาคขนาดทรายแป้งพบว่า ทุกพีดอนตลอดหน้าตัดดินมีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก โดยในพีดอน 1, 4 และ 5 พบเฉพาะแร่ควอตซ์ในปริมาณสูงมาก ส่วนพีดอน 6 นอกจากมีแร่เคโอลิไนต์ในปริมาณสูงมากแล้ว ยังพบแร่ดินเหนียวชนิด 0.7 นาโนเมตรปริมาณเล็กน้อยในดินบนและปริมาณน้อยในดินล่าง ส่วนในพีดอน 2 และ 3 มีแร่ควอตซ์เป็นแร่หลักเช่นเดียวกันและพบในปริมาณสูง ส่วนแร่รองที่พบตลอดหน้าตัดดินคือ แร่เฟลด์สปาร์ โดยพบปริมาณน้อยและน้อยมากอยู่ในพีดอน 2 และ 3 ตามลำดับ

การพบแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลักในดิน แสดงว่าดินมีพัฒนาการสูงกว่าดินที่มีแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 เช่น แร่ในกลุ่มสเมกไทต์ เวอร์มิคิวไลต์ และ อิลไลต์ เป็นองค์ประกอบหลัก (อัญชลี, 2534) โดยจากการศึกษาดินทั้ง 6 พีดอนพบว่า พีดอน 2, 3, 4, 5 และ 6 ยังคงพบแร่อิลไลต์ ได้บ้างในปริมาณน้อยถึงเล็กน้อย พีดอน 2 และ 4 สามารถพบแร่ประเภท 1.4 นาโนเมตรได้ในปริมาณเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการไม่สูงเท่ากับพีดอน 1 แสดงว่าดินพีดอน 1 ผ่านการสลายตัวผุพังอย่างรุนแรง (Suddhiprakran *et al,* 1985)

7. หน่วยอนุกรมวิธานของดิน

จากลักษณะทางสัณฐานวิทยา แร่วิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน ที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ พบว่าทุกดินมีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินล่าง และดินเหนียวมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่า 16 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เป็นลักษณะของชั้นดินล่างวินิจฉัยแคนดิก (kandic horizon) ดินมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 จัดอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols) ส่วนในขั้นอันดับย่อยพบว่าดินมีระบอบความชื้นดินแบบยูดิก (Udic) ทุกดินจึงจัดอยู่ในอันดับย่อย Udults เพราะในพื้นที่ที่ทำการศึกษาสภาพภูมิอากาศชื้น มีการกระจายของฝนตลอดปี หรือมีฝนมากพอในฤดูร้อน ที่จะทำให้ความชื้นหลงเหลืออยู่ได้มาก และมีการเคลื่อนย้ายของน้ำตามทางดิ่งผ่านดินทำให้มีการชะละลายเกิดขึ้นได้ต่อเนื่องเป็นช่วงเวลานานต่อปี (เอิบ, 2548) ส่วนการจำแนกในกลุ่มใหญ่ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็น Kandiudults ได้แก่ ชุดดินห้วยโป่ง ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ชุดดินท้ายเหมือง และชุดดินพังงา เนื่องจากมีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และอีกกลุ่มหนึ่ง คือ Plinthudult เนื่องจากพบชั้นวัสดุวินิจฉัยพลินไทต์ในระดับความลึกไม่เกิน 150 เซนติเมตรในหน้าตัดดิน และการจำแนกขั้นกลุ่มย่อยพบว่าทุกชุดดินที่ทำการศึกษา ไม่แสดงลักษณะอื่นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มใหญ่จึงจำแนกเป็น Typic ซึ่งจากผลการจำแนกดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่ในระดับกลุ่มย่อยตรงกันกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน คือ ชุดดินห้วยโป่ง ท้ายเหมือง และพังงา เป็นดินในกลุ่มย่อย Typic Kandiudults สำหรับดินที่เก็บในพื้นที่ของชุดดินสัตหีบจำแนกได้เป็น Typic Kandiudult เช่นเดียวกันซึ่งไม่ตรงกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอาจเป็นได้ว่าเป็นหน่วยเจือปนอยู่ในพื้นที่ของชุดดินสัตหีบ จึงกำหนดให้เป็นดินคล้ายชุดดินสัตหีบ สำหรับดินที่จำแนกได้เป็น Typic Plinthudult นั้นมีลักษณะคล้ายกับชุดดินภูเก็ต แต่มีพลินไทต์อยู่ในระดับตื้นกว่าจึงกำหนดให้เป็นดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ในทำนองเดียวกันกับการกำหนดดินคล้ายชุดดินสัตหีบ (วุฒิชาติ และคณะ, 2546)

8. การศึกษาลักษณะประจุของดิน

การศึกษาลักษณะประจุของดินที่พัฒนาจากหินแกรนิต บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ทำการศึกษาโดยใช้ตัวอย่างดินที่เก็บจากพื้นที่ของ 5 ชุดดิน คือ ชุดดินห้วยโป่ง สัตหีบ ท้ายเหมือง พังงา และภูเก็ต ซึ่งเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง โดยทำการวิเคราะห์ 1) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นเบส ใช้ปริมาณแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ที่ถูกดูดซับเป็นตัวแทน 2) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนรวม ใช้ปริมาณแคลเซียมไอออน และอะลูมินัมไอออน (Al^{3+}) ที่ถูกดูดซับเป็นตัวแทน และ 3) ความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออน ใช้ปริมาณคลอไรด์ไอออน (Cl^{-}) ที่ถูกดูด

ซับเป็นตัวแทน โดยวิธีบังคับแลกเปลี่ยน (compulsive exchange method) โดยค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและค่าความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออน ที่ระดับพีเอชต่าง ๆ ที่ได้ทำการศึกษา มีค่าเปลี่ยนแปลงตามค่าพีเอชดิน และดินแต่ละดินที่นำมาทำการศึกษาจะมีจุดประจุสุทธิศูนย์ (zero point of net charge: ZPNC) ไม่เท่ากัน โดยจุดประจุสุทธิศูนย์ มาจากจุดที่ค่าพีเอชดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่เป็นเบสมีค่าเท่ากับค่าความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออนของดิน โดยแต่ละชุดดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์แตกต่างกันตามองค์ประกอบของดิน และตามสภาพแวดล้อมในแต่ละบริเวณ

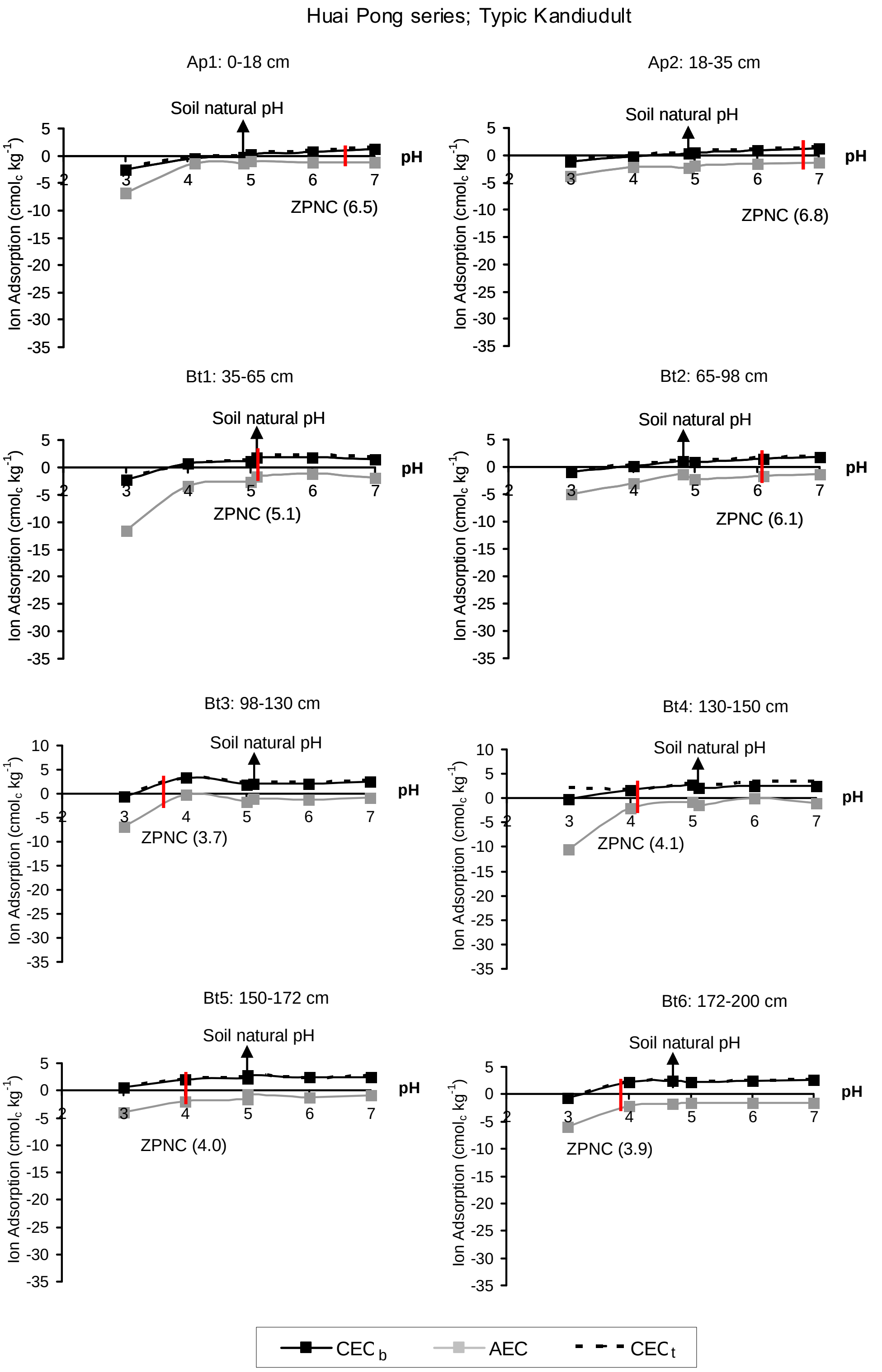
พีดอน 1 ชุดดินห้วยโป่ง (Huai Pong series) (ภาพที่ 25)

ลักษณะประจุของดิน ที่ระดับความลึก 0-98 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นดิน Ap1, Ap2, Bt1 และ Bt2 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชค่อนข้างสูง คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 6.5, 6.8, 5.1 และ 6.1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวก ดินสามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีกว่าแคตไอออน

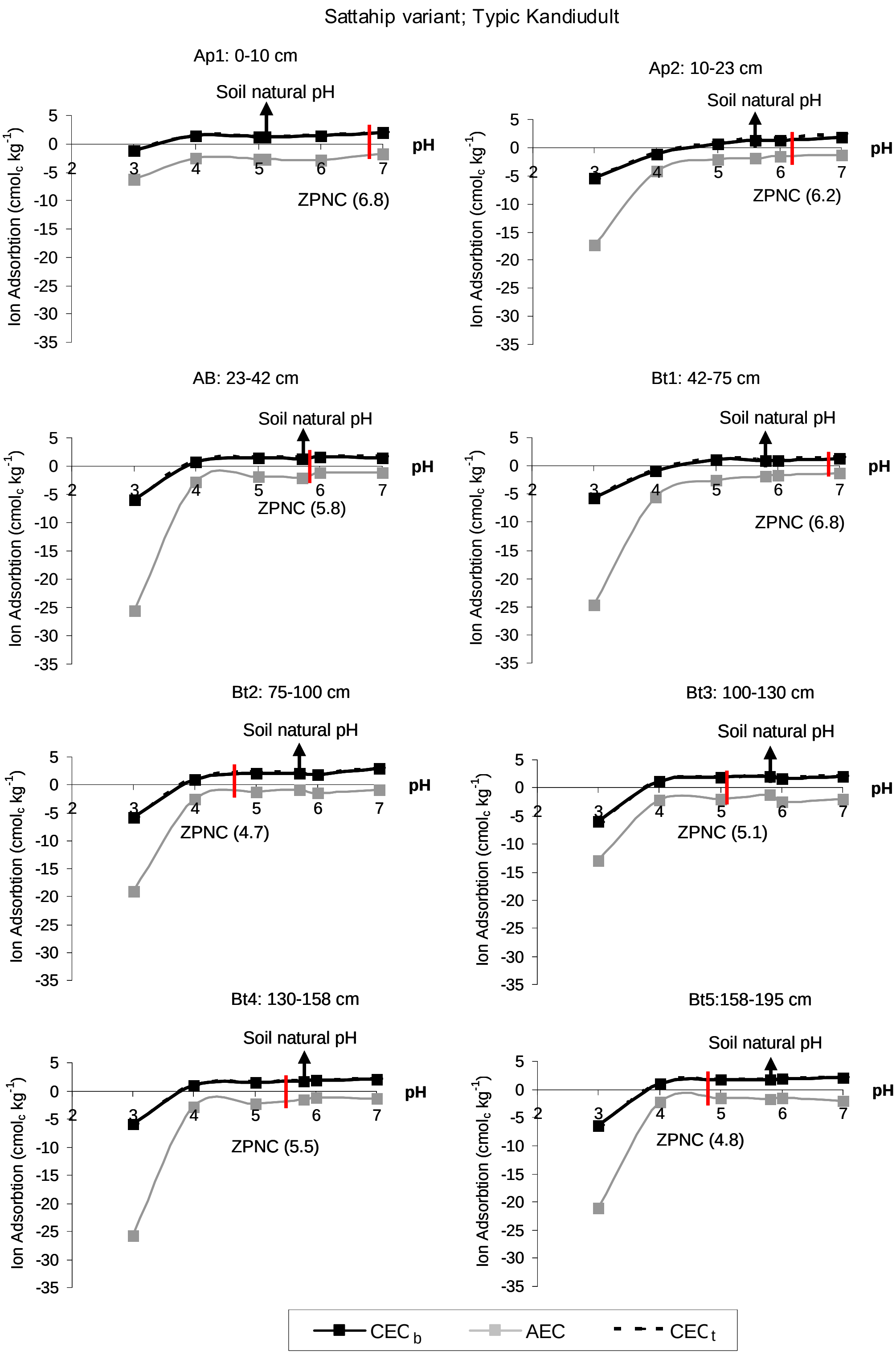
ลักษณะประจุของดิน ที่ระดับความลึก 98-200+ เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นดิน Bt3, Bt4, Bt5 และ Bt6 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชคอนข้างต่ำ คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 3.7, 4.1, 4.0, และ 3.9 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน

พีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ (Sattahip variant) (ภาพที่ 26)

ลักษณะประจุของดิน ที่ระดับความลึก 0-75 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นดิน Ap1, Ap2, AB และ Bt1 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชคอนข้างสูง คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 6.5, 6.8, 5.1 และ 6.1 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวก ดินสามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีกว่าแคตไอออนเช่นเดียวกับชุดดินห้วยโป่งที่ระดับความลึก 0-98 เซนติเมตร



ภาพที่ 25 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 1 ชุดดินห้วยโป่ง (Huai Pong series: Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap1, Ap2, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bt5 และ Bt6



ภาพที่ 26 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ (Sattahip variant: Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap1, Ap2, AB, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4 และ Bt5

ลักษณะประจุของดินสัตหีบ ที่ระดับความลึก 75-195+ เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นดิน Bt2, Bt3, Bt4 และ Bt5 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชคอนข้างต่ำ คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 4.7, 5.1, 5.5, และ 4.8 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน (ภาพที่ 26)

พีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง 1 (Thai Mueang series 1)

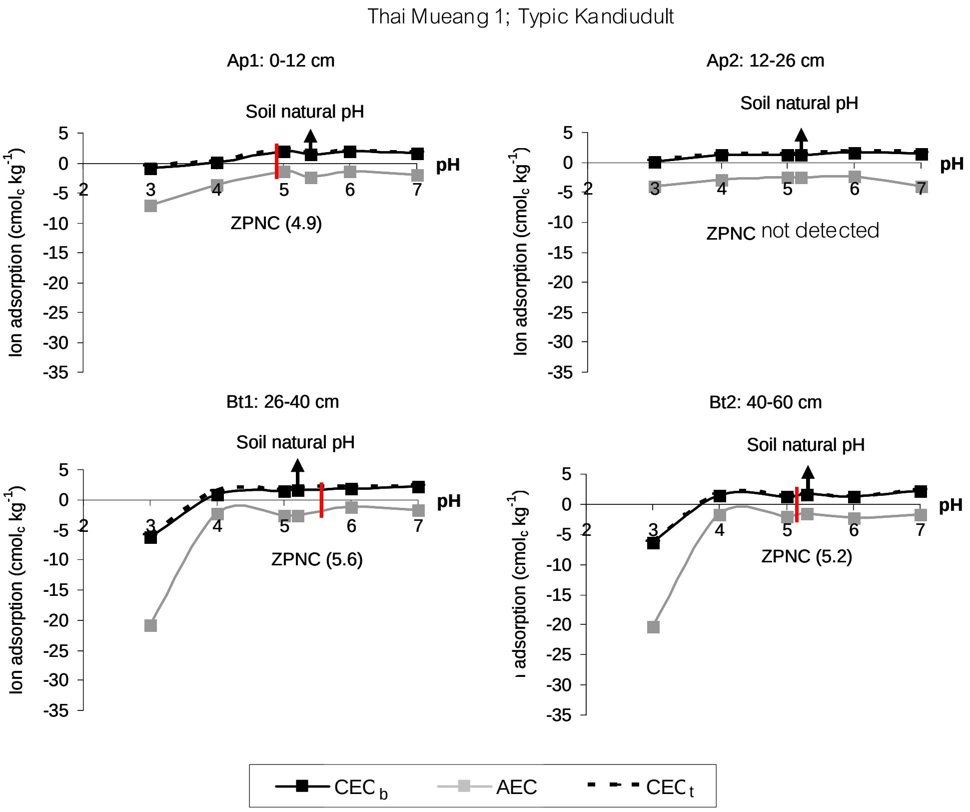
ลักษณะประจุของดิน ในชั้นดิน Ap1, Bt2, Bt3, Bt5, Bt6 และ Bt7 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชคอนข้างต่ำ คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 4.9, 5.2, 5.0, 4.8, 4.5 และ 4.3 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน (ภาพที่ 27 และ 28)

ลักษณะประจุของดิน ในชั้นดิน Ap2 พบว่าไม่สามารถหาจุดประจุสุทธิศูนย์ของดินได้ และในชั้นดิน Bt1 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับเดียวกับพีเอชธรรมชาติของดิน ณจุดประจุสุทธิศูนย์ ดินจะมีความจุที่พื้นผิวภายในเท่ากับศูนย์ (ภาพที่ 27)

พีดอน 4 ชุดดินท้ายเหมือง 2 (Thai Mueang series 2)

ลักษณะประจุของดิน ในชั้นดิน Ap, Bt5 และ Bv พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชค่อนข้างสูง คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 5.2, 5.0 และ 5.8 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวก ดินสามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีกว่าแคตไอออนเช่นเดียวกับชุดดินห้วยโป่งที่ระดับความลึก 0-98 เซนติเมตร (Ap ภาพที่ 29)

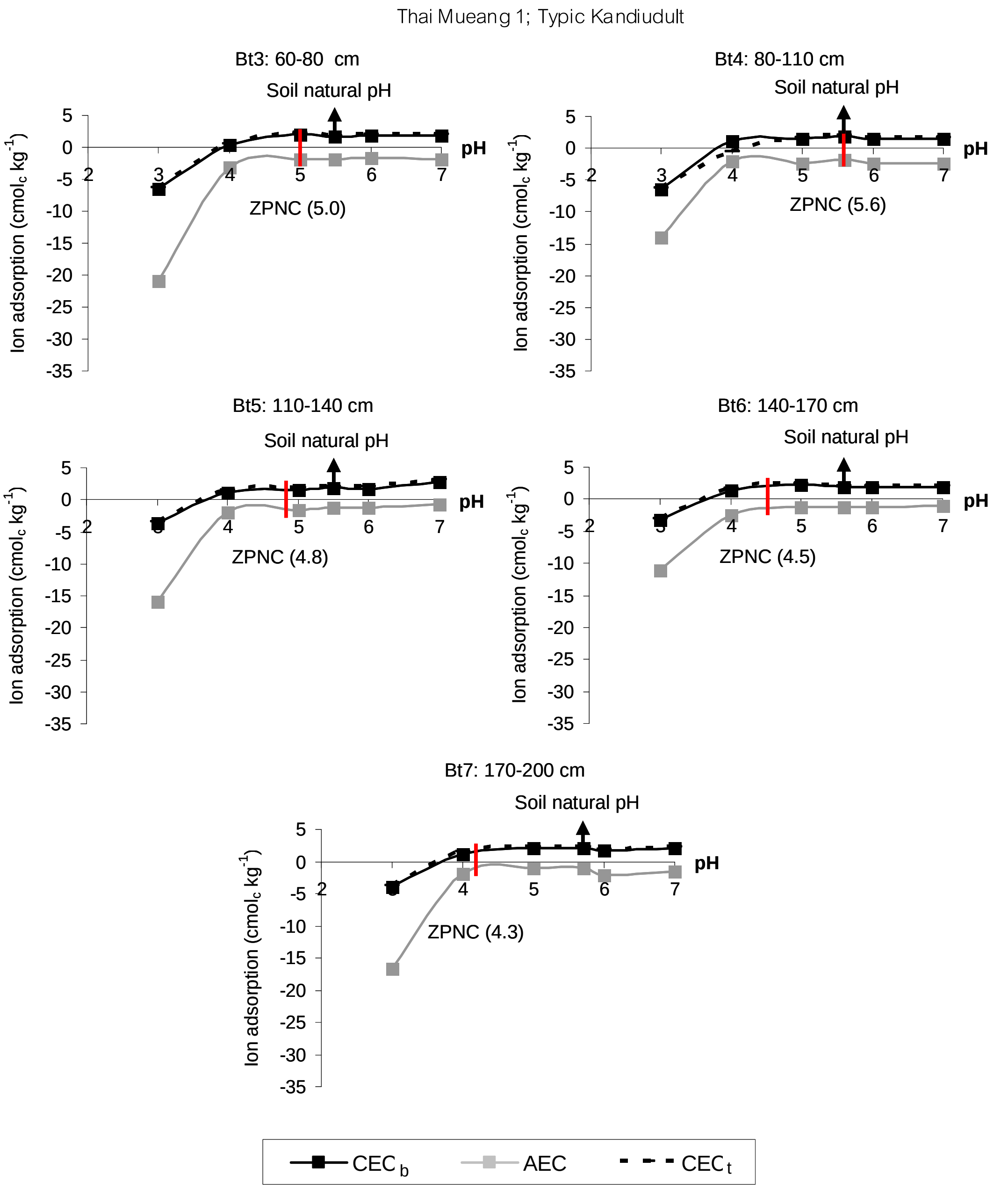
ลักษณะประจุของดินในชั้นดิน Bt1, Bt2, Bt3 และ Bt4 พบว่า ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชคอนข้างต่ำ คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 4.7, 5.1, 5.5, และ 4.8 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน



ภาพที่ 27 ลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง 1 (Thai Mueang series 1: Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap1, Ap2, Bt1 และ Bt2

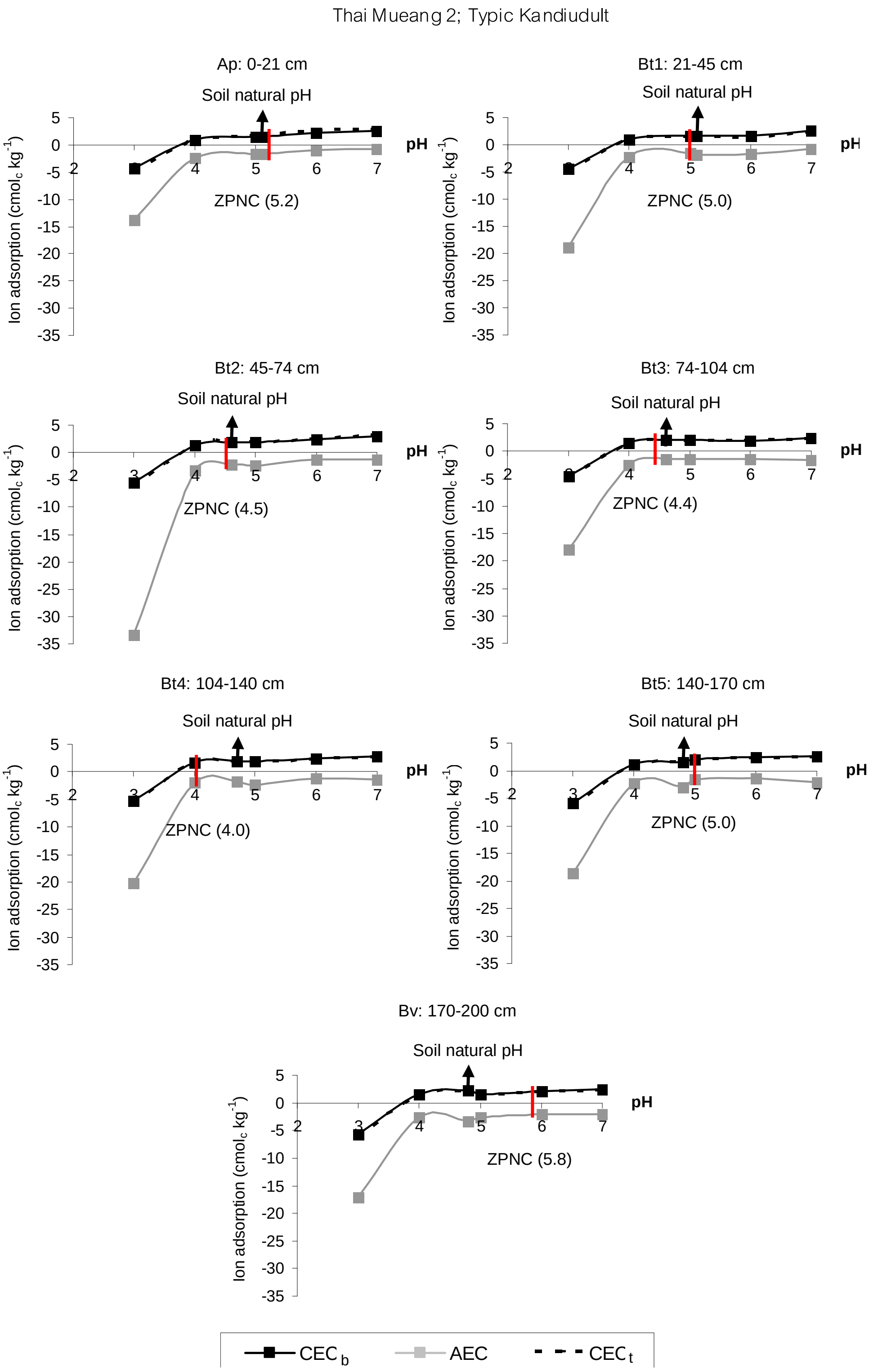
พีดอน 5 ชุดดินพังงา (Phang nga series)

ลักษณะประจุของดิน ที่ระดับความลึก 0-170 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นดิน Ap, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, และ Bv พบว่าดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอชค่อนข้างต่ำ คือ ที่พีเอชดินเท่ากับ 4.3, 3.9, 4.5, 4.4, 3.9, 4.2 และ 4.1 ตามลำดับ (ภาพที่ 30) ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน



ภาพที่ 28 แสดงลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง 1 (Thai Mueang series 1: Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Bt3, Bt4, Bt5, Bt6 และ Bt7

ลักษณะประจุของดินพังงา ที่ระดับความลึก 170-200+ เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นดิน Bv ภาพที่ 30 พบว่าดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับเดียวกับพีเอชธรรมชาติของดิน ซึ่งที่พีเอชดิน ณ จุดประจุสุทธิศูนย์ ดินจะมีประจุพื้นผิวภายในเท่ากับศูนย์



ภาพที่ 29 แสดงลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 4 ชุดดินท้ายเหมือง 2 (Thai Mueang series 2: Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap Bt1 Bt2 Bt3 Bt4 Bt5 และ Bv

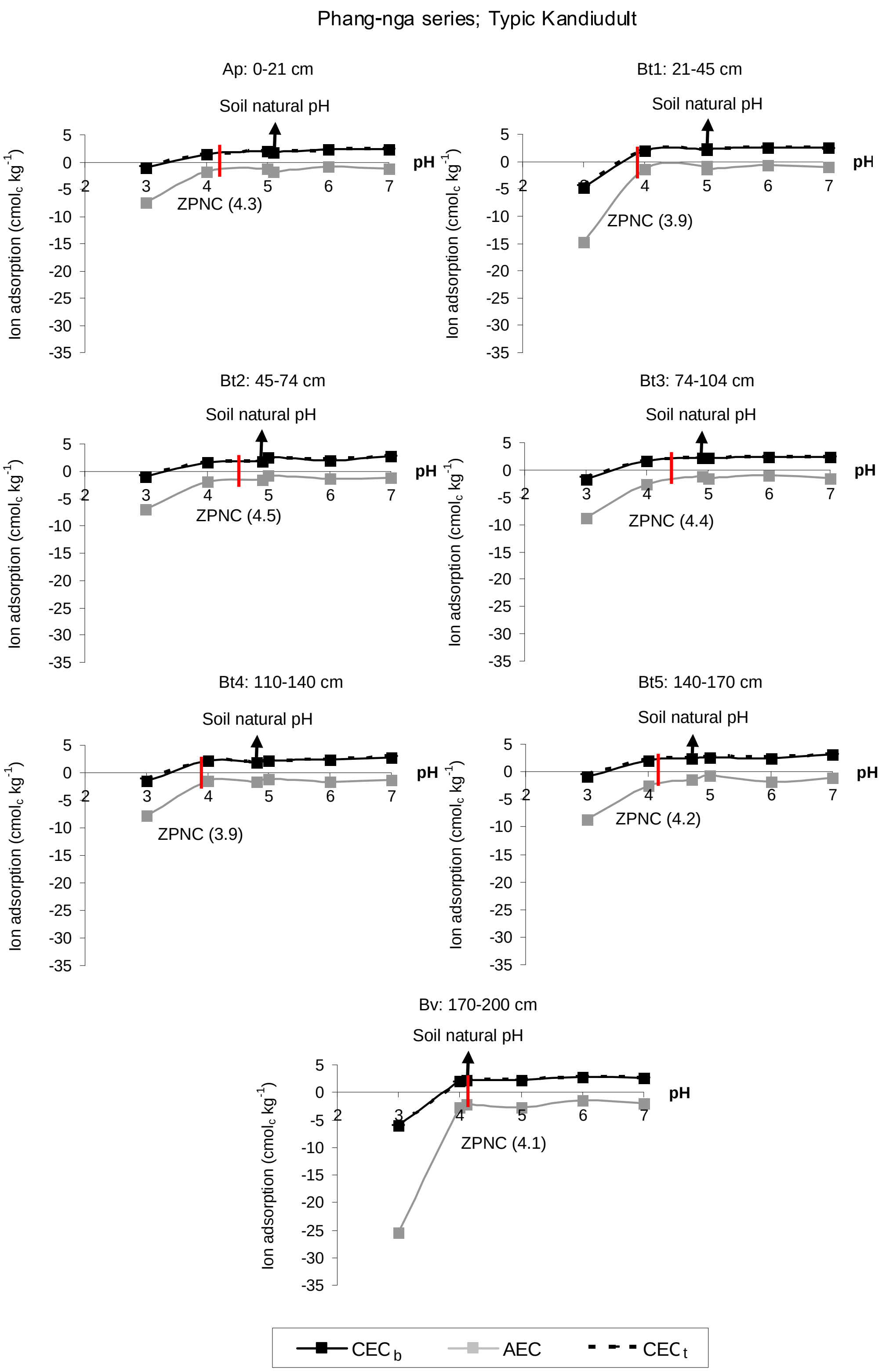
พีดอน 6 ชุดดินภูเก็ต (Phuket variant) (ภาพที่ 31)

ลักษณะประจุของดิน ในชั้นดิน Ap, Bt1 และ Bv2 ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอช ค่อนข้างต่ำ คือ ที่พีเอช 4.2, 4.0 และ 4.2 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน

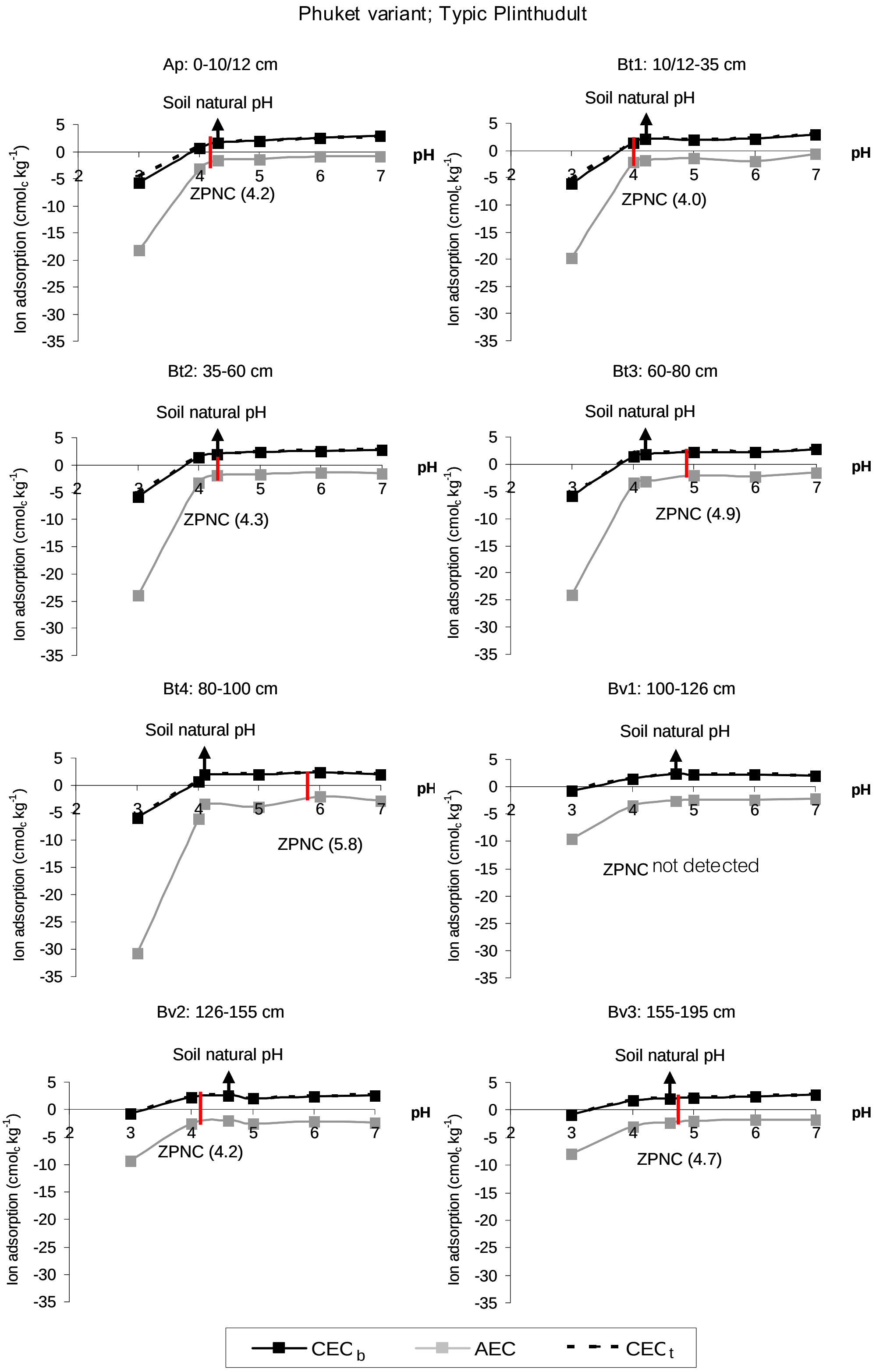
ลักษณะประจุของดิน ในชั้นดิน Bt3, Bt4 และ Bv3 ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับพีเอช ค่อนข้างสูง คือ ที่พีเอช 4.9, 5.8 และ 4.7 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าสูงกว่าระดับพีเอชธรรมชาติของดิน แสดงให้เห็นว่าดินมีจุดประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุลบ ดินสามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีกว่าแคตไอออน

ลักษณะประจุของดินในชั้น Bt2 พบว่าดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับเดียวกับพีเอชธรรมชาติของดินซึ่งที่พีเอชดิน ณ จุดประจุสุทธิศูนย์ ดินจะมีประจุพื้นผิวภายในเท่ากับศูนย์ และในชั้นดิน Bv1 ไม่สามารถหาจุดประจุสุทธิศูนย์ได้

จากผลการศึกษาลักษณะประจุของดินทั้ง 6 บริเวณ สามารถจัดแบ่งลักษณะประจุของดินได้ 4 ลักษณะ คือ 1) ดินที่มีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุบวก 2) ดินที่มีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุลบ 3) ดินที่มีประจุพื้นที่ผิวภายในเท่ากับศูนย์ 4) ดินที่ไม่สามารถหาจุดประจุสุทธิศูนย์ได้ ดินที่มีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุบวก ได้แก่ ชั้นดินบนของชุดดินห้วยโป่ง ดินบนของดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ดินล่างของชุดดินท้ายเหมือง และชั้นดินล่างของดินคล้ายชุดดินภูเก็ต เนื่องจากดินทั้งสองมีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ และมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบสูง ทำให้มีประจุลบที่เกิดจากดินเหนียวมีน้อย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจุดประจุสุทธิศูนย์ (PZNC) ของดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นแร่เด่น (Herrington *et al*., 1992) แสดงให้เห็นว่าดินบนของดินทั้งสองมีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวก ทำให้สามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีกว่าแคตไอออน และเมื่อพีเอชดินลดลงและความเข้มข้นของสารละลายในดินเพิ่มขึ้น ประจุบวกที่ผิวอนุภาคดินจะสามารถดูดซับแอนไอออนที่มีอยู่ในสารละลายดินและกรดฮิวมิกได้มากขึ้น ลักษณะประจุในชั้นดินบนที่มีการไถพรวนบ่อย พบว่าประจุผันแปรในดินเกิดจากอินทรียวัตถุจะต่ำอย่างเห็นได้ชัด เพราะปริมาณอินทรียวัตถุเกิดการย่อยยสลายและสูญเสียไปอย่างรวดเร็ว (Grzegorz *et al*., 2001)



ภาพที่ 30 แสดงลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 5 ชุดดินพังงา (Phang-nga series: Typic Kandiudult) ในชั้นดิน Ap, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bt5 และ Bv



ภาพที่ 31 แสดงลักษณะการดูดยึดประจุของดิน พีดอน 6 ดินคล้ายชุดดินภูเก็ต (Phuket variant: Typic Plintudult) ในชั้นดิน Ap, Bt1, Bt2, Bt3, Bt4, Bv1, Bv2 และ Bv3

ดินแสดงลักษณะประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคเป็นประจุลบ ได้แก่ ชั้นดินล่างของชุดดินห้วยโป่ง ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ เนื่องจากดินชั้นนี้มีปริมาณดินเหนียวมากกว่าดินชั้นบน อนุภาคขนาดดินเหนียวประกอบด้วย แร่เคโอลิไนต์ ประมาณร้อยละ 40-60 และแร่อิลไลต์ ประมาณร้อยละ 5-20 และแร่ควอตซ์ประมาณ ร้อยละ 5-20 ในดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ซึ่งโดยทั่วไปแร่อิลไลต์มีประจุสุทธิที่ผิวเป็นลบ (Anderson and Sposito, 1992; Drits and McCarty, 2007; Brady and Weil, 2008) ทำให้สามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน โดยเฉพาะอย่างยิ่งประจุลบที่เกิดจาก SiO_3 สามารถที่จะดูดยึดและกักเก็บ โพแทสเซียมไม่ให้เกิดการสูญเสียออกจากดินได้ง่าย (Sadusky and Sparks, 1991)

สรุป

ลักษณะทั่วไปของดินที่นำมาทำการศึกษาการกำเนิดและลักษณะประจุของดินดอน บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี ระดับน้ำใต้ดินลึกกว่า 2 เมตร พัฒนาการของหน้าตัดดินเป็นแบบ Ap-Bt, Ap-AB-Bt และ Ap-Bt-Bv ดินมีสีเทาปนน้ำตาลถึงสีเหลืองปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียว ลักษณะโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนขนาดปานกลาง ปฏิกิริยาดิน (pH) ในสนามมีค่าเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (pH 4.0-6.0) เป็นดินในกลุ่มย่อย Typic Kandiudults จำนวน 5 บริเวณ และ Typic Plinthudult 1 บริเวณ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกมันสำปะหลัง ยางพารา และผลไม้ ตามลำดับ

สมบัติทางเคมีของดินส่วนใหญ่ที่นำมาศึกษาพบว่า ดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัด (pH 3.7-5.5) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในพิสัย 0.6-8.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง อยู่ในพิสัย 1.36-19.51 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้อยู่ในพิสัย 0.21-0.80 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และเหล็กในรูปอิสระ อยู่ในพิสัย 0.27-26.99 กรัมต่อกิโลกรัม การที่ดินเป็นกรดรุนแรงมาก ถึงกรดจัด แสดงว่าดินมีพัฒนาการสูง มีการชะละลายสูง เป็นลักษณะของดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดมาจากการผุพังสลายตัวของหินแกรนิต (Cho and Mermut, 1992; Simas *et al.*, 2005)

ผลการวิเคราะห์ ชนิดและปริมาณแร่องค์ประกอบของกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวและขนาดทรายแป้ง ของดิน พบว่า ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว มีแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลัก (>60%) พบแร่อิลไลต์ แร่ดินเหนียวในกลุ่ม 1.4 นาโนเมตร และแร่ควอตซ์ เป็นส่วนน้อย ตามลำดับ ซึ่งเป็นลักษณะของแร่ดินเหนียวในดินที่มีการสลายตัวรุนแรงในเขตร้อนชื้น (Menzies and Gillman, 1997) ในอนุภาคขนาดทรายแป้ง พบแร่ควอตซ์ เป็นแร่องค์ประกอบหลัก (>60%) และพบแร่เฟลด์สปาร์ เกอไทต์ และ แร่ดินเหนียวชนิด 0.7 นาโนเมตรเป็นส่วนน้อย ตามลำดับ

จากลักษณะทางสัณฐานวิทยา แร่วิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน ที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ พบว่าทุกดินมีการสะสมดินเหนียวในชั้นดินล่าง และดินเหนียวมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่า 16 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เป็นลักษณะของชั้นดินล่างวินิจฉัยแคนดิก (kandic horizon) ดินมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 จัดอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols) ส่วนในขั้นอันดับย่อยพบว่าดินมีระบอบความชื้นดินแบบยูดิก (Udic) ทุกดินจึงจัดอยู่ในอันดับย่อย Udults เพราะในพื้นที่ที่ทำการศึกษามีสภาพภูมิอากาศชื้น มีการกระจายของฝนตลอดปี หรือมีฝนมากพอในฤดูร้อน ที่จะทำให้ความชื้นหลงเหลืออยู่ได้มาก และมีการเคลื่อนย้ายของน้ำ

ตามทางดิ่งผ่านดินทำให้มีการชะละลายเกิดขึ้นได้ต่อเนื่องเป็นช่วงเวลานานต่อปี (เอิบ, 2548) ส่วนการจำแนกในกลุ่มใหญ่ สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เป็น Kandiudults ได้แก่ชุดดินห้วยโป่ง ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ชุดดินท้ายเหมือง และชุดดินพังงา เนื่องจากมีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และอีกกลุ่มหนึ่ง คือ Plinthudult เนื่องจากพบชั้นวัสดุวินิจฉัยพลินไทต์ในระดับความลึกไม่เกิน 150 เซนติเมตรในหน้าตัดดิน และการจำแนกขั้นกลุ่มย่อยพบว่าทุกชุดดินที่ทำการศึกษา ไม่แสดงลักษณะอื่นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มใหญ่จึงจำแนกเป็น Typic ซึ่งจากผลการจำแนกดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่ในระดับกลุ่มย่อยตรงกันกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน คือ ชุดดินห้วยโป่ง ท้ายเหมือง และพังงา เป็นดินในกลุ่มย่อย Typic Kandiudults สำหรับดินที่เก็บในพื้นที่ของชุดดินสัตหีบจำแนกได้เป็น Typic Kandiudults เช่นเดียวกันซึ่งไม่ตรงกับข้อมูลของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งอาจเป็นได้ว่าเป็นหน่วยเจือปนอยู่ในพื้นที่ของชุดดินสัตหีบ จึงกำหนดให้เป็นดินคล้ายชุดดินสัตหีบ สำหรับดินที่จำแนกได้เป็น Typic Plinthudult นั้นมีลักษณะคล้ายกับชุดดินภูเก็ต แต่มีพลินไทต์อยู่ในระดับตื้นกว่าจึงกำหนดให้เป็นดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ในทำนองเดียวกันกับการกำหนดดินคล้ายชุดดินสัตหีบ

กระบวนการสร้างดินที่สำคัญของดินที่ทำการศึกษา คือ การซึมชะ การสะสม การชะละลาย การเคลื่อนที่เชิงกล และการเกิดศิลาแลง ในเชิงอนุกรมวิธาน ชุดดินห้วยโป่ง ท้ายเหมือง พังงา และดินคล้ายชุดดินสัตหีบ มีหน่วยเป็น Typic Kandiudults และดินคล้ายชุดดินภูเก็ตมีหน่วยเป็น Typic Plinthudult

ผลการศึกษาลักษณะการดูซับประจุของดิน ที่ทำการศึกษาทั้ง 6 ชุดดินพบว่า มีลักษณะประจุที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุขึ้นกับพีเอช โดยดินบนของชุดดินห้วยโป่ง และดินคล้ายชุดดินสัตหีบ มีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่ระดับ pH ค่อนข้างสูง คือ ที่พีเอช่ = 6.5 และ พีเอช = 6.8 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับดินอื่น ดินทั้งสองมีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ และมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบสูง ทำให้มีประจุลบที่เกิดจากดินเหนียวมีน้อย ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าจุดประจุสุทธิศูนย์ (PZNC) ของดินที่มีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นแร่เด่น ซึ่งแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ มีประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุบวกเมื่อพีเอชดินมีค่าต่ำ (Herrington *et al*., 1992; Kretzschmar *et al*,1997) แสดงให้เห็นว่าดินบนของดินทั้งสองมีลักษณะประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวก ทำให้สามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีกว่าแคตไอออน

สำหรับดินล่าง ของชุดดินห้วยโป่ง และดินคล้ายชุดดินสัตหีบ มีจุดประจุสุทธิศูนย์ที่พีเอช 6.2 และ 4.7 ตามลำดับ ดินล่างของทั้ง 2 ชุดดิน มีจุดประจุสุทธิศูนย์ อยู่ที่ค่าพีเอช ต่ำกว่าชั้นดินบน โดยดินล่างของชุดดินห้วยโป่ง มีประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวกเช่นเดียวกับชั้นดินบน แต่ดินล่างของดินคล้ายชุดดินสัตหีบ มีจุดประจุสุทธิศูนย์อยู่ที่พีเอชต่ำกว่าพีเอชธรรมชาติของดิน ดินแสดงลักษณะประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคเป็นประจุลบ เนื่องจากดินชั้นนี้มีปริมาณดินเหนียวมากกว่าดิน

ชั้นบน อนุภาคขนาดดินเหนียวประกอบด้วย แร่เคโอลิไนต์ ประมาณร้อยละ 40-60 และแร่อิลไลต์ ประมาณร้อยละ 5-20 และแร่ควอตซ์ประมาณ ร้อยละ 5-20 ซึ่งโดยทั่วไปแร่อิลไลต์มีประจุสุทธิที่ผิวเป็นลบ (Drits and McCarty, 2007; Brady and Weil, 2008) ทำให้สามารถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน

ลักษณะการดูดซับประจุของดินบน ในชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินพังงา และดินคล้ายชุดดินภูเก็ต แสดงให้เห็นว่าลักษณะประจุขึ้นกับพีเอช เป็นลักษณะเด่นทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยพบว่า ชุดดินท้ายเหมืองที่ pH เท่ากับ 4.9 ชุดดินพังงาที่พีเอช เท่ากับ 4.3 และดินคล้ายชุดดินภูเก็ตที่ pH เท่ากับ 4.2 ดินมีจุดประจุสุทธิศูนย์ หรือ มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแอนไอออน (AEC) เท่ากับค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนรวม (CEC_T) แสดงให้เห็นว่า เมื่อพีเอชดินมีค่ามากกว่าพีเอช ที่จุดประจุสุทธิศูนย์ ดินจะแสดงประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุลบ เนื่องมาจากอินทรียวัตถุซึ่งเป็นแหล่งประจุลบขึ้นกับพีเอชที่สำคัญในดิน เพราะมีหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) และหมู่ฟีนอล (C_6H_5OH) ที่ผิว (Sparks,1999) ทำให้สามารถรถดูดซับแคตไอออนได้ดีกว่าแอนไอออน ชั้นดินล่างมีลักษณะประจุเหมือนกับในชั้นดินบน ยกเว้นชั้นดินล่างของดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ที่ระดับความลึก 35-60 เซนติเมตร ที่พีเอช ธรรมชาติของดินอยู่จุดเดียวกันกับพีเอชที่จุดประจุสุทธิศูนย์ ซึ่งที่พีเอชดิน ณ จุดประจุสุทธิศูนย์ (PZNC) ดินจะมีประจุที่พื้นผิวภายในเท่ากับศูนย์ (Sposito, 1998)

ลักษณะการดูดซับประจุของชั้นดินล่าง คือ ชั้น Bv ของชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินพังงา และดินคล้ายชุดดินภูเก็ต พบว่า ดินแสดงลักษณะประจุขึ้นกับพีเอช เป็นลักษณะเด่นทั้งประจุบวกและประจุลบ โดยพบว่า ชุดดินท้ายเหมืองที่พีเอชเท่ากับ 5.6 ชุดดินพังงา ที่พีเอช เท่ากับ 4.2 และดินคล้ายชุดดินภูเก็ตที่พีเอช เท่ากับ 4.7 ดินมีจุดประจุสุทธิเท่ากับศูนย์แสดงให้เห็นว่า เมื่อพีเอช ดินมีค่าสูงกว่าพีเอช ที่จุดประจุสุทธิศูนย์ ดินมีประจุที่ผิวเป็นประจุบวก เพราะในชั้นดิน Bv ของชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินพังงา และดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ดินมีปริมาณเหล็กอิสระมากกว่าชั้นดินบน ทำให้ปริมาณเหล็กอิสระที่เพิ่มขึ้นไปแย่งพื้นที่ผิวการดูดซับไอออออนลบที่ผิวอนุภาคดิน ทำให้ดินแสดงประจุบวกขึ้นกับพีเอช นอกจากนี้แล้ว ดินมีแร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์เป็นแร่เด่น ซึ่งในสภาพที่ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด แร่ดินเหนียวเคโอลิไนต์ในดินจะมีประจุที่ผิวอนุภาคเป็นประจุบวก จึงทำแร่เคโอลิไนต์เป็นแหล่งที่เกิดการแลกเปลี่ยนประจุลบที่สำคัญในดิน (White and Dixon, 2002; Anda *et al.,* 2007)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาลักษณะประจุของดินทั้ง 5 ชุดดินที่ทำการศึกษา บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ พบว่า ลักษณะประจุของชุดดินห้วยโป่งและดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ดินมีประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุบวกทำให้สามารถที่จะดูดซับ และแลกเปลี่ยนประจุลบที่อยู่ในสารละลายดินทั้งที่ได้มาจากการใส่ปุ๋ย จากการสลายตัวผุพังของหินต้นกำเนิดและอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน ซึ่งธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยส่วนใหญ่แล้วจะอยู่ในรูปที่เป็นประจุบวก ส่วนธาตุอาหารพืชที่อยู่ในรูปประจุลบที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย ที่เป็นธาตุอาหารหลักเช่น ไนโตรเจน ในรูป ไนเทรต (NO_3^-) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนส่วนใหญ่สำหรับดิน 2 ชนิดนี้จะเหมาะกับการใส่ในรูปของไนเทรตมากกว่าในรูปของแอมโมเนียม เพราะดินมีความสามารถในการดูดซับประจุลบได้ดี ฟอสฟอรัส ในรูปไดไฮโดรเจนฟอสเฟต ($H_2PO_4^-$) และไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินบน ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับสูง ส่วนธาตุโพแทสเซียมรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทั้งหมดจะอยู่ในรูปประจุบวก ซึ่งพบว่าใน ทั้ง 2 ชนิดนี้ มีประจุสุทธิที่ผิวอนุภาคดินเป็นประจุบวก ดินจึงมีการแลกเปลี่ยนประจุบวกได้น้อย ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ทางเคมี ดังนั้นการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมจึงมีความสำคัญ เพื่อให้เกิดความเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด เนื่องจากสภาพภูมิอากาศบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้เป็นแบบมรสุมเขตร้อน มีฝนตกชุก อาจทำให้เกิดการสูญเสียปุ๋ยออกจากดินโดยการชะละลายได้ง่าย เพราะดินมีความสามารถในการดูดซับโพแทสเซียมซึ่งมีประจุเป็นบวกได้น้อย

ชุดดินท้ายเหมือง ชุดดินพังงา และดินคล้ายชุดดินภูเก็ต พบว่าในชั้นดินบน ดินมีประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุลบ สามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนประจุบวกที่อยู่ในสารละลายดินได้ ทั้งที่มาจากการใส่ปุ๋ย อินทรียวัตถุ และการสลายตัวผุพังของหินต้นกำเนิด ส่วนชั้นดินล่าง คือ ชั้น Bv ของดิน มีประจุสุทธิที่ผิวเป็นประจุบวกสามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนประจุลบได้ดี การจัดการปุ๋ย จะต้องเน้นในรูปของปุ๋ยที่เหมาะสมและการจัดการอินทรียวัตถุ เพื่อลดจุดประจุสุทธิศูนย์ให้ต่ำลง (Markus, 2006) เป็นการเพิ่มความสามารถในการดูดซับปุ๋ยแคตไอออนที่เป็นเบสในดิน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

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

กรมแผนที่ทหาร กระทรวงกลาโหม. 2516. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000.**

________. 2535. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000.**

________. 2536. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000.**

กรรณิกาณ์ อยู่ทอง. 2527. **การวิเคราะห์แร่ในดินโดยเทคนิคทางเอกซ์เรย์ดิฟเฟรคชั่น**. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

________ , อัมภวัลย์ หัศภาดล และบุรี บุญสมภพพันธ์. 2529. ปริมาณเหล็กออกไซด์อิสระในดินเหลืองและดินแดงของดินภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 19 (3): 166-185.

กองสำรวจดินและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2520. **แผนที่ดินจังหวัดจันทบุรีมาตราส่วน 1:100,000**.

________. 2523. **แผนที่ดินจังหวัดระยองมาตราส่วน 1:100,000**

________. 2524. **แผนที่ดินจังหวัดชลบุรีมามาตราส่วน 1:100,000**.

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

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จตุรงค์ ละออพันธ์สกุล. 2543. **ลักษณะของดินกับความหลากหลายของชนิดป่าบริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชาวน์ ยงเฉลิมชัย. 2527. **การกำเนิด สัณฐานวิทยา และองค์ประกอบเชิงแร่ของดินที่เกี่ยวข้องกับเหมืองดีบุกและป่าชายเลน จังหวัดระนอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดวงพร นพคุณ. 2536. **ภูมิอากาศวิทยา.** พัฒนกิจการพิมพ์และกระดาษ, กรุงเทพฯ

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์ และ จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

________. 2543**. ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอันดับอัลฟิโซลส์และอินเซปติโซลส์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ เรืองพานิช. 2548. **ป่าและการป่าไม้ในประเทศไทย**. ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, กรุงเทพฯ

พิบูล กังแฮ. 2526. **การกำเนิดลักษณะและความเหมาะสมต่อการปลูกพืชของดินไหล่เขาบางชนิดในภาคเหนือของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิสุทธิ์ วิจารสรณ์. 2518. คู่มือการทำคำบรรยายหน้าตัดดิน. *ใน* **เอกสารวิชาการ เล่มที่ 21**. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน.** ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่พิมพ์สวย, เชียงใหม่.

มงคล พานิชกุล. 2525. **แลโตโซล-เกรย์ พอดโซลิค-โลว์ฮิวมิค-เกลย์ บนพื้นที่สภาพต่อเนื่องหนึ่งในจังหวัดขอนแก่น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มรกต ทัพพะกุล ณ อยุธยา. 2532. **จุลสัณฐานวิทยาของดิน**. กองวิเคราะห์ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

รฐนนท์ เจริญชาศรี. 2550. **ลักษณะรอยพิมพ์ประจุของดินออกซิซอลส์ที่มีสีแดงในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วุฒิชาติ สิริช่วยชู, ณรงค์ ตรีสุวรรณ และ รุ่งนภา ตะวันรอน. 2546. การกำหนดลักษณะของชุดดินจัดตั้งในภาคใต้และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย จำแนกใหม่ตามระบบอนุกรมวิธานดิน 2546. *ใน* **เอกสารวิชาการฉบับที่ 523**. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. 2543. **ดินเขตร้อน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ-จอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

อัญชลี สุทธิประการ. 2534. **แร่ในดินเล่มที่ 1, 2**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

อุดม พูลสวัสดิ์. 2529. **การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติของดินที่เกิดจากหินแกรนิตภายใต้สภาพความชื้นดินแบบยูดิกในจังหวัดจันทบุรีและแบบอูสติกในจังหวัดฉะเชิงเทรา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. **ดินของประเทศไทย: ลักษณะ การแจกกระจาย และการใช้.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

________ . 2548. **การสำรวจดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

Adriano, D.C. and H.E. Doner. 1982. Bromine, chloride and fluorine, pp. 449-484. *In* A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. **Methods of Soil Analysis, Part 2.** America of Agronomy. Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.

Aghimen, E.A., E.J. Udo and O. Aga, 1988. Profile distribution of forms of Iron and Aluminum in the hydromorphic soils of Southern Nigeria. **Journal of West Africa Science Association** 31: 57–70.

Anda, M., J. Shamshuddin, C.I. Fauziah and S.R. Syed Omar. 2007. Mineralogy and factors controlling charge development of tree Oxisols developed from different parent Materials. **Geoderma** 143, 153-167

Anderson, S.J. and G. Sposito. 1992. Proton surface-charge density in soils with structural and pH-dependent charge. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 56: 1437-1443.

Anderson, S.L. 1988. Interpretation of K-Ar mineral dates from Grenville orogenic belt. **Am. J. Sci.** 288: 701-734.

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

Asio, V.B., C.C.J. Cabunos and Z.-S. Chen. 2006. Morphology, Physiochemical Characteristics, and Fertility of Soils From Quaternary Limestone in Leyte, Philippines. **Soil Science** 171: 648-661

Bera, R., A. Seal, M. Banerjee and A.K. Dolui. 2005. Nature and profile distribution of iron and aluminum in relation to pedogenic processes in some soils developed under tropical environment in India. **Environmental Geology** 47: 241-245.

Blake, N.C. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods**. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, WI.

Bohn, H.L., B.L. McNeal and G.A. O'Connoy. 1979. **Soil Chemistry**. Wiley Interscience Publication, New York.

Bolan, N.S., R. Naidu, J.K. Syers and R.W. Tillman. 1999. Surface charge and solution interactions in soil. **Adv. In Agronomy** 67:87-140.

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 form of phosphorus in soil. **Soil Sci**. 59: 39-45.

Brindley, G.W. and G. Brown. 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification, pp. 305-359. *In* G.W. Brindley and G. Brow, eds. **Crystal Structure of Clay Minerals and Their X-ray Identification.** Spottiswoode Ballantyne Ltd., London.

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. Yarilova. 1985.

Handbook for Thin Section Description. Waine Research, Albrighton, United Kingdom.

Buol, S.W., R.J. Southard., R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification**. 5th ed., Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, Iowa.

Calvert, C.S., S.W. Buol and S.B. Weed. 1980a. Mineralogical characteristics and transformations of a vertical rock sapralite-soil sequene in the North Carolina piedmont: I. Profile morphology, chemical composition and mineralogy. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** : 1096-1103.

Carpenter, D., M.E. Hodson, P. Eggleton and C. Kirk. 2007. Earthworm induced mineral weathering: Preliminary result. **Eur. J. Soil Biol**. 43: 176-183

Ceryan, S., Zorlu, K., Gokceoglu, C., Temel, A. 2008. The use of cation packing index for characterizing the weathering degree of granitic rocks. **Engineering Geology** 98 (1-2): 60-74

Chandler, F.W. 1988. Quartz arenites: review and interpretation. **Sedimentary Geology**. 58: 105-126.

Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Amer. Soc. of Agro. Inc., Madison, Wisconsin.

Cho, H. D. and A.R. Mermut. 1992. Pedogenesis of two forest soils (Kandiustuls) derived from metamorphosed granite in Korea. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 56: 517-525.

Cornell R. M. and U. Schwertmann. 2003. **The Iron Oxides: Structure, Properties, Reactions, Occurrences, and Uses.** 2th ed., Wiley-VCH.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I**. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Dixon, J.C. and Young, R.W. 1981. Character and origin of deep arenaceous weathering mantle on the Begs batholith, southeastern Australia. **Catena.** 8: 97-109.

Dolui A.K. and R. Bera. 2001. Relation between iron forms and pedogenic processes in some alfisols of Orissa, India. **Agrochimica** XLV (5–6):161–170

Drabek, O., L. Mladkova, L. Boruvka, J. Szakova, A. Nikodem and K. Nemecek. 2005. Comparison of water-soluble and exchangeable forms of Al in acid forest soils. **Journal of Inorganic Biochemistry** 99: 1788-1795.

Drits, V.A. and D.K. McCarty. 2007. The nature of structure-bonded H_2O in illite and leucophyllite from dehydration and dehydroxylation experriments. **Clays and Clay Minerals** 55: 45-58

Duiker, S.W., F.E. Rhoton and J. Torrent. 2003. Iron (Hydr) oxide crystallinity effects on soil aggregation. **Soil Sci Soc. Am. J.** 67: 606-611.

Ellerbrock, R.H., H.H. Gerke, J. Bachmann and M.-O. Goebel. 2005. Composition of Organic Matter Fractions for Explaining Wettability of Three Forest Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 69: 57-66.

Eswaran, H., E. Van Den Berg and P. Reich. 1993. Organic Carbon in Soils of the World. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 57: 192-194.

Eusterhues, K., F.E. Wagner., W. Häusler,M. Hanzlik,H. Knicker, K. Totsche, I. Kögel-Knabner I. and U. Schwertmann. 2008. Characterization of ferrihydrite-soil organic matter

coprecipitates by X-ray Diffraction and M$_{ö}$ssbauer Spectroscopy. **Environmental Science & Technology** 42:7891-7897.

Franck, S., C. Bounama and W. von Bloh. 2008. **Weathering**, pp. 3770-3776. Encyclopedia of Ecology. Oxford: Academic Press.

Gamble, E.E. and R.B. Daniels. 1972. Iron and silica in water, acid ammonium oxalate, and dithionite extracts of some North Carolina Coastal Plain soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 36: 939-943.

Geological Survey Division Dept. of Ministry of Indrustry. 1982. **Geological Map of Thailand. Scale 1:1,000,000.**

Ghabru, S.K., R.J. ST. Arnaud and A.R. Mermut. 1990. Association of DCB-extractable iron with minerals in coarse soil clays. **Soil Science** 149: 112-120.

Gillman, G.P. and G. Uehara. 1980. Charge characteristics of soils with variable and permanent charge mineral: II. Experimental. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 44: 252–255.

________ and D.F. Sinclair. 1987. The grouping of soil with similar charge properties as a basis for agrotechnology transfer**. Aust. J. Soil Res**. 25: 274-285.

________ and E.A. Sumpter. 1986. Surface charge characteristics and lime requirement of soils derived from basaltic, granitic, and metamorphic rocks in high-rainfall Tropical Queensland. **Aust. J. Soil. Res.** 24: 173 – 191.

Goldberg, S. and H.S. Forster. 1990. Flocculation of reference clays and arid-zone soil clays. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54: 714-718.

Goss, D.W. and B.L. Allen. 1968. A genetic study of two soils developed on granite in Llano Country, Texas. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 32: 409-413.

Gracheva, R.G., V.O. Targulian and I.V. Zamotaev. 2001. Time-dependent factors of soil and weathering mantle diversity in the humid tropics and subtropics: a concept of soil development and denudation. **Quarter. Inter.** 78: 3–10.

Grim, R.E. 1968. **Clay Mineralogy**. 2nd ed., McGraw–Hill Book Company, New York.

Grzegorz, J., M. Attila, S.-K. Alicja, F. Csilla and G. Csaba. 2001. Changes of surface, fine pore and variable charge properties of a brown forest soil under various tillage practices. **Soil & Tillage Research** 59: 127-135.

Hamdan, J. and C.P. Bumham. 1996. The contribution of nutrients from parent material in three deeply weathered soils of Peninsular Malaysia. **Geoderma** 74: 219-233.

Heemsbergen, D.A., M.P. Berg, M. Loreau, J.R. van Hal, J.H. Faber and H.A. Verhoef. 2004. Biodiversity Effects on Soil Processes Explained by Interspecific Functional Dissimilarity. **Science** 306: 1019-1020.

Hendershot, W.H. and L.M. Lavkulich. 1983. Effect of Sesquioxide coatings on surface charge of Standard Mineral and Soil Samples. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 47: 1252-1260.

Hernanz, J. L., H. Peixoto, C. Cerisola. 2000. An empirical model to predict soil bulk density profiles in field conditions using penetration resistance, moisture content and soil depth. **Journal of Terramechanics** 37: 167-184.

Herrington, T.M., Clarke A.Q. and Watta, J.C., 1992. The surface charge of kaolin. **Colloids and Surface** 68: 161-169.

Hillel, D. 1998. **Environmental Soil Physics**. Academic Press, San Diego, CA.

Holmgren, G.G.S. 1967. A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. **Soil Sci Soc. Am. J.** 31: 210-211.

Ibia, T.O. 2001. Forms of Fe and Al in soil particles of inland Flood Plains of Southeastern Nigeria. pp.165 – 168. *In* **Proceedings of the 27th Annual Conference of the Soil Science Society of Nigeria.**

Inthavong, N. 1978. **Micromorphology of a Soil Sequence Derived from Granitic Materials**. Ph.D. Thesis, the State University of Ghent, Belgium.

Islam, M.R., V. Peuraniemi, R. Aario and S. Rojstaczer. 2002. Geochemistry and mineralogy of saprolite in Finnish Lapland. **Applied Geochemistry** 17: 885-902.

Isherwood, D. and A. Street. 1976. Biotite-induced grussification of the Boulder Creek Granodiorite, Boulder County, Colorado. **Geological Society of America Bulletin** 87: 366-370.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemistry Analysis**. Advanced Courses. Dept. of Soils, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

Jenny, H. 1941. **Factors of Soil Formation**. McGraw-Hill Book Co., New York.

________. 1980. **The Soil Resources: Origin and Behavior**. Springer-Verlag, New York.

Juma, N.G. 2001. **The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science.** Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.

Khanna, P., R. Raison and R. Falkiner. 1986. Exchange characteristics of some acid organic rich forest soils. **Australian Journal of Soil Research** 24: 67-80.

Kilmer, V. J. and L.T. Alexander. 1949. Methods of making mechanical analyses of soils. **Soil Science** 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.** Amer Soc. Agron. Madison, Wisconsin.

Kretzschmar, R., W.P. Robarge, A. Amoozegar and M.J. Vepraskas. 1997. Biotite alteration to halloysite and kaolinite in soil-saprolite profiles developed from mica schist and granite gneiss. **Geoderma** 75: 155-170.

Landon, J.R. 1991. **Booker Tropical Soil Manual: A Handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in the Tropics and Subtropics**. Paperback, ed., Booker Agriculture International, New York.

Macias, F. and W. Chesworth. 1992. Weathering humid regions, with emphasis on igneous rocks and their metamorphic equivalents, pp. 238-306. *In*: I.P. Martini and W. Chesworth, eds., **Weathering, Soil and Paleosols**. Elsevier, Amsteram.

Maejima, Y., S. Nagatsuka and T. Higashi. 2000. Mineralogical composition of iron oxide in red and yellow-colored soil from southern Japan and Yunnan, China. **Soil.Sci. Plant Nutr**. 46 (3): 571-580.

Markus, A. 2006. **Improvement of Charge Characteristics of Oxisols Using Basalt And Rice Husk Compost for Cocoa Growth**. Ph.D. Thesis, Universiti Putra Malaysia.

McKeague, J.A. 1967. An evaluation of 0.1M pyrophosphate and pyrophosphate dithionite in comparision with oxalate as extractance of the accumulation products in podzols and some other soils. **Can. J. Soil Sci**. 47:95-99.

McKeague, J.A, J.E. Brydon and N.M. Miles. 1971. Differentiation of Forms of Extractable Iron and Aluminum in Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 35: 33-38.

________ and J.H. Day. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Can. J. Soil. Sci**. 46: 13-22.

Mehra, O. and P. Jeckson. 1960. Iron oxide removal from soils and clays in dithionite-citrate-bicarborate system buffered with sodium. **Clays and Clay Minerals**. 7:317-321.

Menzies, N.W. and G.P. Gillman. 1997. Chemical characterization of soils of a tropical humid forest zone: A methodology. **Soil Sci. Soc. Am. J**. 61: 1355-1363.

Moniz, A.C. and S.W. Buol. 1982. Formation of an Oxisol-Ultisol transition in Sao Paulo, Brazil: I. double-water flow model of Soil development. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 46: 1228-1233.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual**. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0 National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Norrish, K. and J.T. Hutton. 1969. An accurate X-ray spectrographic method for the analysis of a wide range of geological samples. **Geochimica et Cosmochimica Acta** 33: 431-453.

Oh N.H. and D.D. Richter. 2005. Elemental translocation and loss from three highly weathered soil–bedrock profiles in the southeastern United States. **Geoderma** 126: 5-25.

Ojanuga, A.G. 1973. Weathering of biotite in soils of a humid tropical climate. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 37: 644-646.

Oliva, P., J. Viers and B. Dupr. 2003. Chemical weathering in granitic environments. **Chemical Geology** 202: 225-256.

O'Neal, A.M. 1952**. Pedology** (translation from French). George Allen and Unwin Ltd., London.

Osodeke, V.E., I.L. Nwotiti and B.O. Nuga. 2005. Sesquioxides distribution along a toposequence in umudike Area of southeastern nigeria. **Electron. J. Environ. Agric. Food Chem.** 4: 1117-1124.

Ovalles, F.A. and M.E. Collins. 1986. Soil-landscape relationships and soil variability in North Central Florida. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 50: 401-408.

Owens, L.B. and J.P. Watson. 1979. Rates of weathering and soil formation on granite in Rhodesia. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 43: 160-166.

Paramananthan, S. 1977. **Soil Genesis on Igneous and Metamorphic Rock in Malaysis**. Ph.D. Thesis, Ggent University, Belgium.

Parfitt, R.L. 1981. Chemical properties of variable charge soils. pp. 167-195. *In* B.K.G. Theng, ed. **Soil with Variable Charge**. Lower Hutt, N.Z., CSIRO.

Park, S. J. and T. P. Burt. 1999. Identification of throughflow using the distribution of secondary iron oxides in soils. **Geoderma** 93: 61-84.

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. Chemical and Microbiological Properties.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Peiffer, S., K. Walton-Day and D. Macalady. 1999. The interaction of natural organic matter with iron in a wetland (Tennessee Park, Colorado) receiving acid mine drainage. **Aquatic Geochemistry** 5: 207-223.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed**. Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiologocal Properties.** Amer. Soc. of Agron. Inc. Madison, Wisconsin.

Qafoku, N. P., E. V. Ranst, A. Noble, G. Baert and L. S. Donald. 2004. **Variable Charge Soils: Their Mineralogy, Chemistry and Management**, pp. 159-215

Sadusky, M.C. and D.L. Sparks. 1991. Anionic effects on potassium reactions in variable-charge atlantic coastal plain soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 55: 371-375.

Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. Wiley, New York, NY, USA. 618 pp.

________ , J.H. Villachica and D.E. Bandy. 1983. Soil Fertility Dynamics after Clearing a Tropical Rainforest in Peru. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 47: 1171-1178.

Scheinost, A.C. and U. Schwertmann. 1999. Color identification of iron oxides and hydroxysulfates: Use and limitations. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 63: 1463-1471.

Schwertmann, U. and A.J. Herbillon. 1992. Some aspects of fertility associated with the mineralogy of highly weathered tropical soils, pp 49-59. *In* R. Lal and P.A. Sanchez, ed.

Myths and Science of Soils of the Tropics. SSSA Spec. Publ. 29. SSSA and ASA, Madison, WI.

Simas, F.N.B., C.E.G.R. Schaefer, E.I. Fernandes Filho, A.C. Change and P.C. Brandão. 2005. Chemistry, mineralogy and micropedology of highland soils on crystalline rocks of Serra da Mantiqueira, southeastern Brazil. **Geoderma** 125: 187-201.

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual**. U.S. Dep. of Agr. Handbook No. 18. U.S. 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. 1995. **Environmental Soil Chemistry**. Academic Press, San Diego.

Stallard, R.F. 1988. Weathering and erosion in the humid tropics. pp. 225-246. *In* A. Lerman and M. Meybeck, eds., **Physical and Chemical Wethering in Geochemistry Cycle**. Kluwer, Dordrecht.

Stevenson, F. J. 1994. **Humus Chemistry. Genesis, Composition, Reactions**, 2nd ed. John Wiley & Sons, New York.

Suddhiprakarn, A., I. Kheoruenromne and K. Yoothong. 1985. Clay minerals and iron oxides of selected red and yellow soil in northeast plateau and southeast coast Thailand. **Kasetsart Journal** 19: 266-271

Thomas, G.W. 1982. Exchange cations, pp. 159-165. *In* A.L. Page ed. **Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties.** 2nd ed. Amer. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin.

Uehara, G. and G. Gillman. 1985. The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays. **Soil Science** 139: 380.

van Wambeke, A. 1992. **Soils of the Tropics: Properties and Appraisal**. McGraw-Hill, New York.

Vijarnsorn, P. 1972. **Characteristics and Genesis of Granite Derived Soils in Peninsular Thailand**. M.S. Thesis, University of Illinois, Urbana.

Vijarnsorn, P and J.B. Fehrenbacher. 1973. Characteristics and classification of three granite-derived soils in peninsular Thailand. **Geoderma** 9: 105-118.

Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soil and landform features of mountainous terrain in South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.

Walker, A.L. 1983. The effects of magnetite on oxalate- and dithionite-extractable iron. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 47: 1022-1026.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determing soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration. **Soil Sci**. 37:29-38

________ and I. A. Black. 1934. An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter, and A Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. **Soil Sci.** 37: 29-38.

White, N.G. and J.B. Dixon. 2002. Kaolin-serpentine mineral. In J.E. Amonette, W.F. Bleam, D.G. Schulze and J.B. Dixon, eds., Soil Mineralogy with Environment Applications. **Soil Sci. Soc. Am**. Madison, Wisconsin, USA.

White, J.R. and K.R. Reddy. 2000. Influence of Phosphorus Loading on Organic Nitrogen Mineralization of Everglades Soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 64: 1525-1534.

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. Physical and Mineralogical Methods**. 2nd Edition. Agronomy, No. 9. **Amer. Soc. Agron.** Inc., WI.

Wild, A. 1976. **Tropical Soil and Soil Survey**. Cambridge University Press, Cambridge.

________. 1993. **Soils and the Environment** : An Introduction. Cambridge University Press.

Wiriyakitnateekul, W., A. Suddhiprakran, I. Kheoruenromne, M.N. Smirk and R.J. Gilkes. 2007. Iron oxides in tropical soils on various parent materials. **Clay Minerals** 42: 437-451.

Yerokun, O. A. 2008. Chemical characteristics of phosphorus in some representative benchmark soils of Zambia. **Geoderma** 147: 63-68.

Young, A. 1976. **Tropical Soils and Soil Survey.** Cambridge University Press, Cambridge.

Yu, T.R. 1997. Introduction**.** pp. 3-15. *In* T.R. Yu, ed. **Chemistry of Variable Charge Soil**. Oxford University Press, London.

Zhang, X. N. and A. Z. Zhao. 1997. Surface charge. pp. 17-19. *In* T.R. Yu, ed., **Chemistry of Variable Charge Soil**. Oxford University Press, London.

Zhang, M., Y. C. Li, D. V. Calvert and A. K. Alva. 1997. Fractionation of iron, managanese, aluminum and phosphorus in selected sandy soils under citrus production. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 61: 794-801.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คำอธิบายหน้าตัดดิน (Soil profile description)

Pedon 1

I Information on the site

Profile symbol	:	Hp
Soil name	:	Huai Pong series (Hp)
Classification	:	Typic Kandiudult
Date of examination	:	December 8, 2007
Described by	:	Irb Kheoruenromne, Mahithon Putiso, Worachart Wisawapipat, Timtong Darunsontaya, Chutamart Kaewmano, Natthapol Chittamart and Bussayarat Mokmoor
Location	:	At Cassava Field Trial Area in Huai Pong Field Crop Station, 1 km from Sukhumvit, Huai Pong crop station, Tambon Huai Pong, Amphoe Muang, Changwat Rayong
Elevation	:	Approximately 37 m (MSL)
Map sheet number	:	Coordination : 47 0732184^{E}, 1408969^{N}

Landform

1. Physiographic position	:	Lower midslope of residual hill
2. Surrounding land form	:	Undulating
3. Slope on which profile site	:	2% Aspect : 30° Asimuth
Land use	:	Cassava field trial plot
Annual rainfall	:	Approximately 1,850 mm
Mean temperature	:	Approximately 28.4 ^{o}C
Climate	:	Tropical Monsoonal
Others	:	Settlement and agricultural uses

II General information on the soil

Parent material	:	Residuum derived from weathered granite
Drainage	:	Well drained
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	210 cm at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-18	Light brownish gray (10YR 6/2); sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; common variegated sands; common very fine and fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Ap2.

Ap2	18-35	Mixed pale brown (10YR 6/3) 60% and grayish brown (10YR 5/2) 40%; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay bridges among sand grains; common variegated sands; common very fine and fine vesicular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; extremely acid (field pH 4.0); abrupt, smooth boundary to Bt1.
Bt1	35-65	Mixed pale brown (10YR 6/3) 85% and light brownish gray (10YR 6/2) 15%; sandy clay loam; moderate fine and medium angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few clay bridges among sand grains, faint clay coats on pore walls and ped surfaces; common variegated sands, few quartz fragments; common very fine, fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; extremely acid (field pH 4.0); gradual, smooth boundary to Bt2.
Bt2	65-98	Mixed Pale brown (10YR 6/3) 85% and light gray (10YR 7/2) 15%; sandy clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; common clay bridges among sand grains, common faint clay coats on pore walls and ped faces; common variegated sands, few quartz fragments; few very fine, common fine vesicular and few fine tubular pores; very few very fine, fine roots; few traces of dead roots; extremely acid (field pH 4.0); gradual, smooth boundary to Bt3.
Bt3	98-130	Mixed pale brown (10YR 6/3) 68% and light gray (10YR 7/2) 20%; few fine yellowish brown (10YR 5/6) < 12% mottles; sandy clay loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few clay bridges among sand grains, faint clay coats on pore walls and ped faces; common variegated sands, few quartz fragments and few fine cracks; common very fine, fine vesicular and few fine tubular pores; very few very fine, fine roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt4.
Bt4	130-150	Mixed pale brown (10YR 6/3) 78% and light gray (10YR 7/2) 20%; few fine yellowish brown (10YR 5/6) 2% mottles; sandy clay loam; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few clay bridges among sand grains, faint clay coats on pore walls and ped faces; many variegated sands and few fine cracks; few very fine, common fine vesicular and few fine tubular pores; very few very fine, fine roots; few traces of dead roots; neutral (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt5.
Bt5	150-172	Mixed pale brown (10YR 6/3) 70% and light gray (10YR 7/2) 20% ;

common medium and coarse yellowish red (5YR 5/6) 10% and common medium brownish yellow (10YR 6/8) 10% mottles; sandy clay loam; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls mainly; many variegated sands, few fine cracks and few large spots of iron oxides coated sands; few very fine, common fine vesicular and few fine tubular pores; very few very fine, fine roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt6.

Bt6	172-200+	Mixed very pale brown (10YR 7/4) 55% and light gray (10YR 7/2) 20%; common medium and coarse brownish yellow (10YR 6/8) 10% and common medium and coarse red (2.5YR 4/8) 15% mottles; slightly gravelly sandy clay loam; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay bridges among sand grains, faint clay coats on pore walls and ped faces; few variegated sands and quartz fragments; few very fine, common fine medium vesicular and few fine tubular pores; practically no roots; common large spots of iron oxides coated sands; very strongly acid (field pH 4.5).

Pedon 2

I <u>Information on the site</u>

Profile symbol	:	Sh-v
Soil name	:	Sattahip variant: Sh-v
Classification	:	Typic Kandiudult
Date of examination	:	December 22, 2007
Described by	:	Irb Kheoruenromne, Mahitorn Putiso, Worachart Wisawapipat, Timtong Darunsontaya, Chutharmard Kaewmano, Natthapol Chittmart and Bussayarat Mokmoor
Location	:	Ban Mab Fug Thong, Tambon Huay Yai, Amphoe Bang La Moong, Changwat Chonburi
Elevation	:	Approximately 80 m (MSL)
Map sheet number	:	4745 IV Co-ordinate: 47P 0718656^{N}, 1411195^{E}
Landform		
1. Physiographic position	:	Dissected lower Footslope
2. Surrounding landform	:	Undulating
3. Slope on which profile site	:	1% Aspect : 110° Azimuth (East south)
Land use	:	Cassava, Marigold, Pararubber, Coconut
Annual rainfall	:	Approximately 1,203 mm
Mean temperature	:	Approximately 28.7 °C
Climate	:	Tropical Monsoonal
Others	:	Settlement and agricultural

II General information on the soil

Parent material	:	Mixed wash and local alluvium derived from meta sedimentary rocks and granite
Drainage	:	Well drained
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	Deeper than 2.0 m at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-10	Mixed grayish brown (10YR 5/2) 80% and very dark gray (10YR 3/1) 20%; loamy fine sand; moderate weak fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; common variegated sand; many very and fine vesicular pores; many very fine roots, few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Ap2
Ap2	10-23	Mixed brown (10YR 5/3) 65%, very pale brown (10YR 7/4) 20% and very dark gray (10YR 3/1) 15%; loamy fine sand; moderate fine and medium semi-subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common variegated sand and spot accumulation of organic matter; few very fine and common fine vesicular pores; few very fine and fine roots, few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to AB
AB	23-42	Mixed brown (10YR 5/3) 60%, dark grayish brown (10YR 4/2) 20% and light brown (7.5YR 6/4) 20%; sandy loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint spotted clay bridges among sand grains; common variegated sands and spotted accumulation of organic matter, few vary fine and common fine vesicular pores, few very fine and fine roots; few charcoal fragments; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt1.
Bt1	42-75	Mixed brown (10YR 5/3) 90% and light yellowish brown (10YR 6/4) 10%; sandy loam; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint spotted clay bridges among sand grains; common variegated sands and spotted accumulation of organic matter, few vary fine and common fine vesicular pores, few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2.
Bt2	75-100	Mixed pale brown (10YR 6/3) 70%, brown (10YR 5/3) 20% and very dark gray (10YR 3/1) 10%; sandy loam; moderately weak fine and

		medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint spotted clay bridges among sand grains; common variegated sands, few vary fine and common fine vesicular pores, few very fine and fine roots, a large krotovinas as a longitudinal band; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt3.
Bt3	100-130	Mixed very pale brown (10YR 7/3) 70% and brown (10YR4/3) 30%; sandy loam; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint spotted clay bridges among sand grains; common variegated sands and spot accumulation of quartz fragments and sizes of quartz fragments increase; few very fine and common fine vesicular pores, few very fine and fine roots, a; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt4.
Bt4	130-158	Mixed very pale brown (10YR 7/4) 70% and brown (10YR 5/3) 30%; sandy loam; weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint spotted clay bridges among sand grains; common variegated sands and spot accumulation of quartz fragments and sizes of quartz fragments increase; few very fine and common fine vesicular pores, very few very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt5.
Bt5	158-195+	Mixed light yellowish brown (10YR 6/4) 80% and brown (10YR 5/3) 20%; slightly gravel sandy loam; weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay coating on pore walls and nodule surfaces; common variegated sands, spot accumulation of quartz fragments and sizes of quartz fragments increase, and few spotted accumulation of iron and manganese oxides; few very fine and common fine vesicular pores; very few very fine and fine roots; a sizes of quartz fragments increase; very strongly acid (field pH 5.0)

Pedon 3

I <u>Information on the site</u>

Profile symbol	: Tim 1
Soil name	: Thai Mueang (Tim 1)
Classification	: Typic Kandiudult
Date of examination	: January 4, 2008
Described by	: Irb Kheoruenromne, Mahitorn Putiso, Worachart Wisawapipat, Timtong Darunsontaya, Chutharmard Kaewmano, Natthapol Chittmart and Bussayarat Mokmoor

Location	:	Approximately 1 km South of Bowin Village turn off, Moo 5 Ban Khao Kayay, Tambon Bowin, Amphoe Sri Racha, Changwat Chon buri
Elevation	:	Approximately 137 m (MSL)
Map sheet number	:	4830 I Coordination : 47P 0722487^{E} 1443621^{N}

Landform

1. Physiographic position	:	Shoulder slope of residual hill
2. Surrounding land form	:	Undulating
3. Slope on which profile site	:	4% Aspect : North
Land use	:	Cassava field
Annual rainfall	:	Approximately 1,203 mm
Mean temperature	:	Approximately 28.7^{o}C
Climate	:	Tropical Monsoonal
Others	:	Agricultural and settlements

II <u>General information on the soil</u>

Parent material	:	Residuum derived from weathered CG granite
Drainage	:	Well drained
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	Deeper than 2 m at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-12	Mixed brownish yellow (10YR 6/8) 50%, very pale brown (10YR 7/4) 45% and dark grayish brown (10YR 4/2) 5%; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few variegated sands and common quartz fragments; common very fine, fine and few medium vesicular and fine tubular pores; common very fine and fine roots and few coarse roots; common traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Ap2.
Ap2	12-26	Mixed light yellowish brown (10YR 6/4) 70%, reddish yellow 7.5YR 6/6 20% and yellowish red 5YR 5/6 10%; sandy loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay coats on pore walls; few variegated sands and common quartz fragments; common very fine and fine vesicular pores, few medium vesicular and fine tubular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt1.

Bt1	26-40	Mixed reddish yellow (5YR 6/8) 70% and reddish yellow (5YR 6/6) 30; sandy loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay bridges among sand grains and few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and common quartz fragments; few very fine and common fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few traces of charcoal fragments; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt2.
Bt2	40-60	Mixed reddish yellow (5YR 6/8) 80% and reddish yellow (7.5YR 6/6) 20%; sandy loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay bridges among sand grains and few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and common quartz fragments; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few charcoal fragments and few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt3.
Bt3	60-80	Reddish yellow (5YR 6/8); coarse sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay bridges among sand grains and few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and common quartz fragments; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few charcoal fragments and few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt4.
Bt4	80-110	Mixed reddish yellow (5YR 6/8) 90% and yellowish red (5YR 5/6) 10%; coarse sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay bridges among sand grains and few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and common quartz fragments; very few very fine, few fine and medium vesicular and very few fine tubular pores; few very fine and fine roots; very few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear , smooth boundary to Bt5.
Bt5	110-140	Reddish yellow 5YR 6/8; slightly gravelly coarse sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; very few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and common quartz fragments; very few very fine, few fine and medium vesicular and very few fine tubular pores; few very fine and fine roots; very few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt6.
Bt6	140-170	Mixed reddish yellow (5YR 6/8) 90% and brown (7.5YR 5/3) 10%; gravelly coarse sandy loam; moderate fine and medium subangular

blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; very few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and common quartz fragments; very few very fine, few fine and medium vesicular and very few fine tubular pores; practically no roots; moderately acid (field pH 6.0); clear, smooth boundary to Bt7.

Bt7 170-200+ Mixed reddish yellow (5YR 6/8) 90% and reddish yellow (7.5YR 6/6) 10%; gravelly coarse sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; very few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and many quartz fragments; very few very fine and fine, common medium vesicular and very few fine tubular pores; practically no roots; moderately acid (field pH 6.0)

Pedon 4

I <u>Information on the site</u>

Profile symbol : Tim 2
Soil name : Thai Mueang (Tim 2)
Classification : Typic Kandiudult, fine, kaolinitic
Date of examination : January 4, 2008
Described by : Irb Kheoruenromne, Mahitorn Putiso, Worachart Wisawapipat, Timtong Darunsontaya, Chutharmard Kaewmano, Natthapol Chittmart and Bussayarat Mokmoor
Location : Approximately 200 m Northeast of road, Moo 2 Ban Khao Talad, Tambon Prong Ta Oeamw, Amphoe Wang Chan, Changwat Rayong
Elevation : Approximately 54 m (MSL)
Map sheet number : 4830 I Coordination : 48P 0775040^E 1428966^N

Landform
1. Physiographic position : Upper dissected footslope
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 2% Aspect : 140^o Azimuth

Land use : Para rubber plantation intercropped with pineapple

Annual rainfall : Approximately 1,850 mm
Mean temperature : Approximately 28.4^oC
Climate : Tropical Monsoonal
Others : Agriculture and settlements, banana, bamboo and local weeds

II <u>General information on the soil</u>

Parent material : Wash over residuum derived from weathered granite
Drainage : Well drained

Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	Deeper than 2 m at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-21	Mixed brown (10YR 4/3) 70% and light yellowish brown (10YR 6/4) 30%; sandy loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry; slightly firm moist; slightly sticky and slightly plastic; many variegated sands; common very fine and fine vesicular pores; common very fine, fine and few medium and coarse roots; few charcoal fragments, few traces of dead roots; very strong acid (field pH 4.5) brupt, smooth boundary to Bt1.
Bt1	21-45	Mixed light yellowish brown (10YR 6/4) 40%, brownish yellow (10YR 6/6) 40% and brown (10YR 4/3) 20%; sandy clay loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry; slightly firm moist; sticky and plastic; few faint clay coats on pore walls and clay bridges among sand gains; common variegated sands; few very fine, common fine and few medium vesicular pores; common very fine, fine and few medium roots; few small ant's nests and few traces of dead roots; very strong acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt2.
Bt2	45-74	Mixed reddish yellow (7.5YR 6/6) 90% and brown (7.5YR 5/3) 10%; sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry; slightly firm moist; moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and clay bridges among sand gains; few variegated sands and quartz fragments; few very fine and common fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine and common fine roots; very few small ant's nests; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt3.
Bt3	74-104	Mixed reddish yellow (7.5YR 6/8) 80% and strong brown (7.5YR 5/6) 20%; sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry; slightly firm moist; moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls, and clay bridges among sand grains; common variegated sands and few quartz fragments; few very fine and common fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; common large termite's nests; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt4.
Bt4	104-140	Mixed reddish yellow (7.5YR 6/8) 71%, strong brown (7.5YR 5/6) 20%, yellowish red (5YR 5/8) 7% and yellow (10YR 7/6) 2%; sandy 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 and common clay bridges among sand grains; common variegated sands and few quartz fragments and few krotovina; few very fine and fine and medium vesicular and few fine tubular pore; few very fine and fine roots; few large ant's nests and sand pockets; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt5.
Bt5	140-170	Mixed strong brown (7.5YR 5/6) 63%, reddish yellow (5 YR 6/8) 30%, yellowish red (5 YR 5/8) 5% and yellow (10 YR 7/6) 2%; slightly gravelly sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry; slightly firm moist; moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and common clay bridges among sand grains; common variegated sands and few quartz fragments; few very fine and fine and medium vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few large ant's nests and few iron oxide nodules; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bv.
Bv	170-200+	Mixed brownish yellow (10YR 6/6) 91%, yellowish red (5YR 5/8) 7% and yellow (10YR 7/6) 2%; gravelly sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; very hard dry; firm moist; moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and common clay bridges among sand grains; few variegated sands and common iron oxides separations and nodules; very few very fine and few fine vesicular and tubular pores; few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

Pedon 5

I Information on the site

Profile symbol	:	Pga
Soil name	:	Phang-nga series: (Pga)
Classification	:	Typic Kandiudult
Date of examination	:	January 5, 2008
Described by	:	Irb Kheoruenromne, Mahithon Putiso, Worachart Wisawapipat, Timtong Darunsontaya, Chutamart Kaewmano, Natthapol Chittamart and Bussayarat Mokmoor
Location	:	Approximately 700 m Northwest of road from WC-K to Ban Chumchon Nai
Elevation	:	Approximately 24 m (MSL)
Map sheet number	:	Coordination : 47P 0779643^{E}, 1423161^{N}

Landform

1. Physiographic position : Lower coalescing
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 3% Aspect : 230° Azimuth

Land use	:	Para rubber intercropped with pineapple (young para rubber)
Annual rainfall	:	Approximately 1,850 mm
Mean temperature	:	Approximately 28.4^{o}C
Climate	:	Tropical Monsoonal
Others	:	Agricultural

II General information on the soil

Parent material	:	Wash and residuum derived from weathered granite
Drainage	:	Well drained
Permeability	:	Moderate
Runoff	:	Moderate
Depth of ground water	:	More than 2 m at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-20	Mixed grayish brown (10YR 5/2) 68%, light yellowish brown (10YR 6/4) 30% and very pale brown (10YR 7/2) 2%; sandy loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and slightly plastic; very few faint clay coats on pore walls and clay bridges among sand grains; few fine variegated sands; few very fine and common fine vesicular and few fine tubular pores; common very fine, fine and medium roots; common medium and few large pores and few traces of dead roots; extremely acid (field pH 4.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	20-48	Mixed very pale brown (10YR 7/4) 92%, grayish brown (10YR5/2) 5% and very pale brown (10YR 8/2) 3%; sandy clay loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and clay bridges among sand grains; few fine variegated sands; few very fine and fine vesicular pores and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; two large remnant of ant's rest and few large pores and few trace of dead roots; extremely acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	48-78	Mixed light yellowish brown (10YR 6/4) 80% and very pale brown (10YR 8/2) 20%, common fine and medium prominent reddish yellow (5YR 6/8), few fine distinct strong brown (7.5 YR 5/8) and few fine distinct brownish yellow (10YR 6/8) nodule; sandy clay loam; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls and few faint clay bridges among sand grains; few variegated sands, few fine cracks and charcoal fragments; few very

		fine and fine vesicular and few fine tubular pores; few very fine and fine roots; few traces ant's nest; extremely acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt3.
Bt3	78-110	Mixed very pale brown (10YR 7/4) 75% and white (2.5Y 8/1) 10%; common fine distinct yellowish brown (10YR 5/8), common fine and medium distinct brownish yellow (10YR 6/8) and common fine and medium prominent reddish yellow (5 YR 6/8) nodules; sandy clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces and few faint clay bridges among sand grains; few variegated sands, few fine cracks and few fine soft iron oxides nodules; few very fine and fine vesicular and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots; few vertical cracks across horizon thickness; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt4.
Bt4	110-140	Mixed very pale brown (10YR 7/3), light gray (10YR 7/2) 10%, white (10YR 8/1) 7% and white (2.5Y 8/1) 3%, common fine distinct reddish yellow (7.5YR 6/8), few fine distinct brownish yellow (10YR 6/8) and common fine and medium prominent reddish yellow (5YR 6/8) nodule; sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces and few faint clay bridges among sand grains; few fine variegated sands and few fine iron oxides nodules; common indistinct separations of clays and iron oxides; common very fine and fine vesicular, few medium vesicular and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt5.
Bt5	140-170	Mixed very pale brown (10YR 7/4) 62%, white (10YR 8/1) 15% and light brownish gray (10YR 6/2) 3%, common medium and coarse prominent red (2.5YR 5/6), few medium prominent yellowish red (5YR 5/8) and common fine and medium distinct yellowish brown (10YR 5/8) nodule; sandy clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces and few faint clay bridges among sand grains; few fine variegated sands, few fine iron oxides nodules and few fine cracks; common very fine and fine vesicular, few medium vesicular and few fine tubular pores; partically no roots; common indistinct separations of clays and iron oxides; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bv.
Bv	170-200+	Mixed very pale brown (10YR 7/4) 50% and white (10YR 8/1) 20%, common medium prominent red (2.5YR 5/6), few fine distinct strong brown (7.5YR 5/8), and common fine and medium distinct yellowish brown (10YR 5/8) plinthite; slightly gravelly sandy clay; moderate fine

and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coat and ferri-argillan coats on pore walls and ped faces; few fine variegated sands, few fine iron oxides nodules and few fine cracks; few very fine, common fine and few medium vesicular and few fine tubular pores; partically no roots; common distinct separations of clays and iron oxides and some parts are semi-hardened; very strongly acid (field pH 5.0).

Pedon 6

I Information on the site

Profile symbol : Pk-v
Soil name : Phuket variant (Pk-v)
Classification : Typic Plinthudult
Date of examination : January 6, 2008
Described by : Irb Kheoruenromne, Mahitorn Putiso, Worachart Wisawapipat, Timtong Darunsontaya, Chutharmard Kaewmano, Natthapol Chittmart and Bussayarat Mokmoor
Location : Mr. Narongwit's tropical fruit tree orchards, Ban Klong Nam Yen, Tambon Ta Khean Tong, Amphoe Khao Kitchagooch, Changwat Chantaburi
Elevation : Approximately 67 m (MSL)
Map sheet number : 4830 I Coordination : 48 0178273^{E}, 1424664^{N}

Landform
1. Physiographic position : Dissected lower footslope
2. Surrounding land form : Undulating
3. Slope on which profile site : 3% Aspect : 310
Land use : Irrigated tropical fruit orchard; Mangosteen, durian and rambutan etc.

Annual rainfall : Approximately 2,541 mm
Mean temperature : Approximately 27.5^{o}C
Climate : Tropical Monsoonal
Others : Agricultural

II General information on the soil

Parent material : Residuum derived from weathered coarse grains granite
Drainage : Well drained
Permeability : Moderate
Runoff : Moderate
Depth of ground water : Deeper than 1.9 m at time of sampling

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-10/12	Mixed grayish brown (10YR5/2) 60% and yellowish brown (10YR 5/4) 40%; coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on pore walls; very few variegated sands and few quartz fragments; common very fine, few fine vesicular and few fine tubular pores; common very fine and fine roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt1.
Bt1	12-35	Mixed reddish yellow (7.5YR 6/8) 50%, yellowish brown (10YR 5/4) 40% and reddish yellow (5YR 6/6) 10%; gravelly coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; very few variegated sand and common quartz fragments; few very fine and few medium vesicular and fine tubular pores; few very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt2.
Bt2	35-60	Mixed reddish yellow (7.5YR 6/6) 80% and reddish yellow (5YR 6/6) 20%; slightly gravelly coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; common quartz fragments and few coarse ferruginized rock nodules; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt3.
Bt3	60-80	Mixed yellowish red (5YR 5/6) 60% and strong brown (7.5YR 6/6) 20%, common fine distinct red (2.5YR 4/8) and common fine prominent yellow (10YR 7/8) plinthite; gravelly coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; common quartz fragments and few ferruginized rock nodules; few clay and iron oxides separations; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt4.
Bt4	80-100	Mixed yellowish red (5YR 5/6) 75%, reddish yellow (7.5YR 6/6) 15%, brownish yellow (10YR 6/8) 5% and very pale brown (10YR 8/3) 5%, common medium distinct red (2.5YR 4/8) plinthite; very gravelly coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure also parting along ferruginized rock surfaces; hard dry, slightly firm moist,

slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coats and distinct ferri-argillan coats on pore walls and ped faces; common ferruginized rock nodules and quartz fragment; common clays and iron oxides separations; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots; strongly acid (field pH 5.5);clear, smooth boundary to Bv1.

Bv1	100-126	Mixed strong brown (7.5YR 5/6) 40% and yellowish red (5YR 5/6) 30%, common medium distinct red (2.5YR 4/6) and red (2.5YR 5/8), and common fine prominent yellowish red (10YR 5/8) plinthite; very gravelly coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure generally parting along nodules surfaces; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats and distinct ferri-argillan coats on pore walls and ped faces; many iron oxides hard fragments and nodules; many clays and iron oxides separations and few fine cracks; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; practically no roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bv2.
Bv2	126-155	Mixed strong brown (7.5YR 5/6) 35% and yellowish red (5YR 5/6) 35%, common fine prominent red (10R 4/8) and common fine distinct yellowish red (10YR 5/8) plinthite; very gravelly coarse sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure generally parting along nodules surfaces; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats and distinct ferri-argillan coats on pore walls and ped faces; many iron oxides hard fragments and nodules; many clays and iron oxides separations and few fine cracks; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; practically no roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bv3.
Bv3	155-195+	Mixed strong brown (7.5YR 5/6) 30% and yellowish red (5YR 5/6) 30%, common distinct dark yellowish brown (10YR 4/6) and yellowish brown (10YR 5/8), common prominent yellow (10YR 8/8) and common faint strong brown (7.5YR 5/8) plinthite; very gravelly coarse sandy clay, very little fine earths; moderate fine and medium subangular blocky structure generally parting along nodules surfaces, typical plinthite sheet structure mainly; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats and distinct ferri-argillan coats on pore walls and ped faces; many iron oxides hard fragments and nodules; few very fine, fine and medium vesicular and few fine tubular pores; practically no roots; very strongly acid (field pH 5.0).

ภาคผนวก ข

คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน (Soil micromorphology)

Pedon 1

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-18	Microstructure Pellicular grain structure mixed with bridged grain structure. Voids are simple packing voids. Estimate total voids space 30% of the thin section areas. Basic mineral components. The c/f limit at 10 µm, ratio of 80/20 Coarse fraction: Mostly are single quartz grains, silt size to very coarse sand size, angular to subrounded, poorly sorted. Fine fraction: Pale grayish brown, clay to fine silt sized material dotted appearance under transmitted light. Basic organic components Few fresh plant tissues and very few amorphous organic fine materail. Groundmass The c/f related distribution pattern is chitonic mixed with gefuric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated. Pedofeature None
Bt2	65-98	Clay is much more increase and c/f ratio is approx 70:30. The microstructure is dominant in granular structure, the granules are of various size. Voids generally are compound packing voids, few short planar voids. Total porosity is about 15%. The c/f related distribution pattern is porphyric. The b-fabric of the micromass mainly is undifferentiated, few poro to granotriated. The textural clay is light grayish brown, limpid aspect thin to thick coasting and present about 2% of the area of thin section.
Bt4	130-150	Similar to upper horizon. But the textural clay increases to about 5%.
Bt6	172-200	Similar to upper horizon. but the textural clay usually present as clay fragments are give yellow color, sizes approx 50-100 µm disseminated throughout s-matrix, occupy 5% of thin section area.

Pedon 2

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-10	Microstructure Compact grain structure; voids are simple packing voids, estimate total

voids space 15% of the thin section area.

Basic mineral components
The c/f limit at 10 μm, ratio of 98:2
Coarse fraction: Dominant single quartz grains, mostly are very fine sand to coarse sand sizes, angular to subround, few polycrystalline quartz in coarse to very coarse sand size, few feldspars, (microcline and plagioclase) vary few quartzite rock fragments and tourmaline, poorly sorted. Fine fraction: Grayish brown, clay to fine silt size materials, dotted appearance under transmitted light.

Basic organic components
Few amorphous organic fine material and organic pigments, very few living plant tissues.

Groundmass
The c/f distribution pattern is chitonic mixed, the b-fabric of the micromass is weakly stipple to undifferentiated.

Pedofeature
None.

AB	32-42	Similar to upper horizon. But the fine material are increased, c/f ratio is approx 90:10. In coarse fraction, few rock fragments (quartz intergrowth with area) could be observed. The textural pedofeature present as yellowish brown clay coatings, locally coated on quartz grains and in voids, cover about 1% of the area of thin section.
Bt1	42-75	Similar to upper horizon. But The textural pedofeature generally present as silt clay coatings surrounded on quartz grains, and cover about 3% of the area of thin section.
Bt3	100-130	As similar to upper horizon.
Bt5	158-195	Similar to upper horizon. But the textural pedofeature, clay mixed with iron oxide yellowish brown, infilled some voids present about 5% of the thin section areas, and locally show microlaminated. The amorphous pedofeature present as iron oxide locally impregnated s-matrix, occupy 5% of the thin section areas.

<u>Pedon 3</u>

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-12	<u>Microstructure</u> Bridged grain structure; voids are simple packing voids. Estimated total void space 30% of the thin section areas. <u>Basic mineral components</u> The c/f limit at 10 μm, ratio of 95/5 Coarse fraction: Dominant quartz grains, mostly are medium to very coarse sand sizes, subangular to subrounded, moderately sorted. Fine fraction: Brown to strong brown, clay to fine silt sized materials, speckled and dotted appearance under transmitted light <u>Basic organic components</u> Generally are organic pigments staining to the micromass, few living plant tissue residues. <u>Groundmass</u> The c/f distribution pattern is gefuric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated. <u>Pedofeature</u> Excrement pedofeature: About 2% of the soil animal excrement, sized 50 μm. remain in plant tissue residues.
Ap2	12-26	The fine material is slightly increased and bridged the mineral grains; the c/f ratio is approx 90:10. Estimated total void space decreases to 20% of the slide areas, the textural pedofeature; are thin to thick clay coating and infilling, yellowish brown, present 2% of the thin section areas
Bt2	40-60	Similar to upper horizon. But the fine material increase, c/f ratio is about 85:15. The textural clay increases to about 5%
Bt3	60-80	Similar to upper horizon. But the illuviated clay decrease to present about 2-3%. The amorphous pedofeature is clay mixed with iron oxide nodule, sizes 100-200 μm with sharpe boundaries and cover about 2-3% of the thin section areas. Few moderately weathered granite rock fragments, sizes 500-1500 μm
Bt5	110-140	Similar to upper horizon. But in coarse fraction, quartz grains are dominant in very coarse sand sizes (1000-2000 μm), angular to subrounded, poorly sorted.

Bt7	170-200	Similar to upper horizon. But the textural pedofeature; as clay coatings increase to cover about 4-5% of the thin section areas.

Pedon 4

Horizon	**Depth (cm)**	**Description**
Ap1	0-21	Microstructure Bridged grain structure; voids mostly are simple packing voids, few vughs, total estimated porosity is about 20% of the thin section areas. Basic mineral components The c/f limit at 10 µm, ratio of 85/15 Coarse fraction: mostly subangular to subrounded quartz grains, silt size to very coarse sand size, unsorted: Frequently runiquartz and few polymorphic quartz. Fine fraction: yellowish brown to light brown, clay to silt sized materials, generally bridge mineral grains, dotted and speckled appearance under transmitted light. Basic organic components Very few organic pigments staining to the micromass and punctuation. Groundmass The c/f related distribution is close porphyric, the b-fabric of the micromass is weakly stipple speckled to undifferentiated b-fabric, locally is porostriated. Pedofeature Textural pedofeature: yellowish brown, clay coatings present in voids and on quartz grains cover about 3-5% of the thin section area. Amorphous pedofeature: reddish brown iron oxide typic nodules with sharp boundaries, sizes 50-400 µm present about 1% of thin section area.
Bt3	74-104	Clay is much more increased. Microstructure is vughy. Voids mostly are vughs; total estimated porosity is about 10-15% of the area. The c/f limit at 10 µm, ratio 50:50. Coarse fraction: mostly subangular quartz grains silt size to very coarse sand size, unsorted: Frequently runiquartz and few polymorphic quartz. Fine fraction is yellowish brown to light brown, clay to fine silt sized materials, generally bridge mineral grains, dotted and speckled appearance under transmitted light. The c/f related distribution is close porphyric, the b-fabric of the micromass is weakly stipple speckled to undifferentiated b-fabric. Textural pedofeature is yellowish brown to light brown, clay coating on quartz grains present about 2-3% of the thin section

		area. Amorphous pedofeature is reddish brown Fe-oxide impregnative nodules, size ranges 1000-2000 µm moderately to strongly impregnated with sharp boundaries, occupy about 5% of the thin section areas
Bt5	140-170	Similar to upper horizon. But the amorphous pedofeatures present as amorphous Fe-oxide impregnative nodules, size ranges 300-2000 µm, moderately to strongly impregnated with sharp boundaries, occupy about 10% of the thin section areas.
Bv	170-200+	Similar to upper horizon. But the amorphous pedofeatures present as Fe-oxide impregnative nodules, size ranges 1500-3000 µm, moderately to strongly impregnated with sharp boundaries and occupy about 20% of the thin section areas.

Pedon 5

Horizon	**Depth (cm)**	**Description**
Ap1	0-20	Microstructure Vughy structure; voids are vughs estimate total space 10-20% of the thin section areas. Basic mineral components The c/f limit at 10 µm, ratio of 80/20 Coarse fraction: dominant quartz grains mostly are medium to coarse sand sizes, subangular to surround; and few runiquartz, sizes500-1000 µm Basic organic components Generally are fresh plant tissues, few organic pigments. Groundmass The c/f distribution pattern is gefuric to chitonic mixed, the b-fabric of the micromass is undifferentiated Pedofeature None
Bt3	74-104	Vughy structure; voids are vughs. Estimate total space 10-15% of the thin section areas.Coarse fraction: dominant quartz grains mostly are fine sand to medium sand sizes, few runiquartz sizes 500-1000 µm subangular to surround; moderately sorted. Fine fraction: Pale yellow, clay to fine silt size materials, limpid aspect under transmitted light. The textural pedofeatures are yellowish brown clay coatings present about 4-5% of the thin section areas.

Bt5	140-170	Similar to upper horizon. But clay is much more increased, limpid aspect and undifferentiated b-fabric, the c/f ratio is 20:80 and textural clay present 2-4%, the clay mixed with iron oxide mottles sizes 20-50 µm disseminated throughout s-matrix and cover about 10% of the thin section areas.

<u>Pedon 6</u>

Horizon	**Depth (cm)**	**Description**
Bt1	12-35	<u>Microstructure</u> Subangular blocky structure, various sized peds; voids generally are unaccommodated planar voids, few vughs. Estimated total void space 15% <u>Basic mineral components</u> The c/f limit at 10 µm, ratio of 60:40. Coarse fraction: mainly are polycrystalline quartz grain, very coarse sand size, angular to subangular and frequent single quartz grain size ranges from silt size to fine sand sized, poorly sorted. Fine fraction: yellowish brown, clay sized material dotted appear under transmitted light. <u>Basic organic components</u> None <u>Groundmass</u> The c/f releated distribution pattern is close porphyric, the b-fabric of the micromass is Stipple speckled, very few grano and porostriated b-fabic. <u>Pedofeature</u> Amorphous Pedofeatures: dark brown ferruginous compound nodules, irregular shape cover about 5% Textural Pedofeatures: textural clay, yellowish brown, limpid aspect, present about 1% of the thin section area
Bt3	60-80	Similar to upper horizon but the fine fraction is increased. The c/f limit at 10 µm, ratio of 50:50. The textural clay increases to cover about 5%. The amorphous pedofeature mainly are iron oxide locally impregnated fine material, weakly to moderately impregnated, various sizes and shpes, and cover about 10%
Bv3	155-195+	The fine material is much more increased, the c/f ratio is approx 25:75. The amorphous pedofeatures present about 20% of thin section area.

ภาคผนวก ค

ตารางผนวกและภาพผนวก

ตารางผนวก ค1 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2551)

1. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของปริมาณน้ำฝน (มม.) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2541-2550)

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
ชลบุรี	8.34	18.8	63.4	127	165	120	95	102	185	218	75	23	1203
ระยอง	12.7	20.2	77.0	121	246	322	254	226	321	210	25.1	11.0	1850
จันทบุรี	25.2	31.2	54.5	121	358	441	463	397	379	223	34	10.2	2541

2. ค่าเฉลี่ยรายเดือนของอุณหภูมิ (^{o}C) จากสถานีตรวจอากาศในจังหวัดชลบุรี ระยอง และจันทบุรี ในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2541-2550)

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
ชลบุรี	27.5	28.3	29.3	30.2	29.8	29.6	29.4	29.2	28.5	28.3	27.9	27.0	28.7
ระยอง	26.8	28.1	29.3	30.1	29.7	29.4	29.1	28.8	28.3	27.8	27.4	26.3	28.4
จันทบุรี	26.7	27.4	28.3	28.7	28.2	27.9	27.7	27.6	27.2	27.2	27.0	26.1	27.5

ตารางผนวก ค2 สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution (g kg^{-1}) (USDA grading)			Texture class	Bulk density ($Mg\ m^{-3}$)	Hydraulic conductivity ($cm\ hr^{-1}$)
		Sand	Silt	Clay			
Pedon 1 Huai Pong series; Typic Kandiudults							
0-18	Ap1	775	45	180	SL	1.75	23.13
18-35	Ap2	732	84	184	SL	1.75	4.22
35-65	Bt1	550	43	406	SC	1.67	0.76
65-98	Bt2	491	46	463	SC	1.59	-
98-130	Hp_Bt3	581	35	384	SC	1.62	-
130-150	Hp_Bt4	602	29	369	SC	1.65	-
150-172	Hp_Bt5	459	88	454	SC	1.57	-
172-200^{+}	Hp_Bt6	402	67	532	C	1.53	-
Pedon 2 Sattahip variant; Typic Kandiudult							
0-10	Ap1	775	137	88	SL	1.47	6.34
20-23	Ap2	749	155	96	SL	1.71	1.64
23-42	AB	717	160	124	SL	1.74	8.03
42-75	Bt1	761	108	131	SL	1.64	-
75-100	Bt2	775	117	108	SL	1.61	-
100-130	Bt3	781	111	107	SL	-	-
130-158	Bt4	799	78	123	SL	-	-
158-195^{+}	Bt5	753	104	143	SL	-	-
Pedon 3 Thai Mueang series 1; Typic Kandiudult							
0-12	Ap1	812	95	93	LS	1.49	4.31
12-26	Ap2	751	106	143	SL	1.94	8.36
26-40	Bt1	682	194	124	SL	1.79	1.34
40-60	Bt2	686	94	220	SCL	1.67	-
60-80	Bt3	710	84	206	SCL	1.62	-
80-110	Bt4	726	78	196	SCL	1.71	-
110-140	Bt5	704	112	184	SL	1.76	-
140-170	Bt6	740	61	199	SCL	1.79	-
170-200^{+}	Bt7	698	52	250	SCL	1.88	-

ตารางผนวก ค2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution (g kg^{-1}) (USDA grading)			Texture class	Bulk density (Mg m^{-3})	Hydraulic conductivity (cm hr^{-1})
		Sand	Silt	Clay			
Pedon 4 Thai Mueang series 2; Typic Kandiudult							
0-21	Ap	698	108	194	SL	1.50	7.54
21-45	Bt1	643	111	246	SCL	1.67	2.25
45-74	Bt2	570	101	330	SCL	1.59	0.09
74-104	Bt3	584	101	315	SCL	1.71	-
104-140	Bt4	576	121	303	SCL	1.65	-
140-170	Bt5	576	121	304	SCL	1.64	-
170-200^{+}	Bv	547	134	319	SCL	1.76	-
172-200^{+}	Bt6	402	67	532	C	1.53	-
Pedon 5 Phang-nga series; Typic Kandiudult							
0-20	Ap	695	114	191	SL	1.69	3.42
20-48	Bt1	541	117	343	SCL	1.61	0.09
48-78	Bt2	533	124	343	SCL	1.65	0.11
78-110	Bt3	498	109	394	SC	1.58	-
110-140	Bt4	465	148	387	SC	1.55	-
140-170	Bt5	386	144	471	C	1.48	-
170-200^{+}	Bv	364	131	505	C	1.48	-
Pedon 6 Phuket variant; Typic Plintudult							
0-10/12	Ap	662	75	262	SCL	1.68	1.94
10/12-35	Bt1	393	110	497	C	1.72	0.63
35-60	Bt2	353	90	557	C	1.65	14.68
60-80	Bt3	282	156	562	C	1.58	-
80-100	Bt4	274	169	557	C	1.76	-
100-126	Bv1	263	181	556	C	1.62	-
126-155	Bv2	316	90	595	C	1.78	-
155-195^{+}	Bv3	301	120	579	C	1.72	-

ตารางผนวก ค3 สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avail. P	Avail. K	Extr. Al	Extractable bases				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H_2O	KCl						Ca	Mg	Na	K			sum	NH_4OAc	
(cm)				(-----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}---)		(---cmol kg^{-1}							---)		%
Pedon 1 Huai Pong series; Typic Kandiudult.																	
0-18	Ap1	4.1	3.4	8.07	0.20	38.7	20.4	0.62	0.29	0.10	0.51	0.05	0.95	5.57	6.53	1.62	14.61
18-35	Ap2	3.9	3.3	6.14	0.17	29.5	15.3	0.95	0.14	0.04	0.59	0.04	0.81	4.67	5.47	2.36	14.71
35-65	Bt1	3.7	3.3	6.86	0.10	9.8	12.9	1.82	0.33	0.05	0.63	0.03	1.04	6.54	7.58	0.62	13.74
65-98	Bt2	4.0	3.4	6.72	0.17	5.3	10.0	1.50	0.67	0.08	0.25	0.03	1.02	6.55	7.56	1.87	13.44
98-130	Bt3	4.1	3.4	4.65	0.10	4.5	7.4	1.53	0.36	0.05	0.61	0.02	1.03	4.66	5.69	1.86	18.18
130-150	Bt4	4.2	3.4	4.74	0.03	4.4	10.8	1.22	0.39	0.07	0.56	0.03	1.04	6.50	7.53	1.61	13.77
150-172	Bt5	4.2	3.4	2.72	0.03	2.5	8.7	1.57	0.46	0.06	0.42	0.02	0.97	4.69	5.66	2.61	17.13
$172\text{-}200^{+}$	Bt6	4.4	3.8	2.71	0.07	2.5	11.7	1.82	0.61	0.09	0.41	0.03	1.14	5.59	6.74	3.24	16.95
Pedon 2 Sattahip variant; Typic Kandiudult																	
0-10	Ap1	5.2	4.1	6.78	0.13	30.5	19.2	0.45	0.77	0.10	0.42	0.05	1.34	8.49	9.83	2.36	13.65
20-23	Ap2	5.2	4.1	6.81	0.03	42.5	20.2	0.49	2.49	0.07	0.23	0.05	2.85	7.43	10.28	1.49	27.76
23-42	AB	5.1	4.2	3.39	0.03	46.7	29.1	0.49	0.89	0.08	0.64	0.07	1.69	5.61	7.29	1.12	23.13
42-75	Bt1	4.8	4.0	2.73	0.03	26.6	21.5	0.47	0.73	0.05	0.20	0.06	1.04	4.67	5.71	1.00	18.20
75-100	Bt2	4.6	3.8	2.72	0.03	5.9	16.5	0.56	0.63	0.05	1.10	0.04	1.82	3.80	5.62	1.00	32.45
100-130	Bt3	4.5	3.8	2.70	0.00	5.3	12.8	0.80	0.54	0.05	0.45	0.03	1.07	3.74	4.81	0.62	22.21
130-158	Bt4	4.9	4.1	1.54	0.03	5.0	14.8	0.47	0.59	0.06	0.25	0.04	0.93	2.79	3.73	0.99	25.09
$158\text{-}195^{+}$	Bt5	4.9	4.0	1.36	0.02	5.7	17.2	0.46	0.58	0.06	0.12	0.04	0.80	2.73	3.53	0.62	22.68
Pedon 3 Tai Muang series 1; Typic Kandiudult																	
0-12	Ap1	5.3	4.3	6.73	0.21	19.3	41.8	0.46	1.10	0.22	0.07	0.09	1.48	4.71	6.19	1.25	23.92
12-26	Ap2	4.7	3.7	4.05	0.07	4.8	18.0	0.66	0.58	0.09	0.44	0.05	1.16	4.71	5.87	1.49	19.76
26-40	Bt1	4.6	3.7	2.71	0.07	4.3	20.6	0.77	0.80	0.14	0.19	0.05	1.18	5.57	6.75	1.37	17.48
40-60	Bt2	4.8	4.1	2.72	0.00	4.3	27.6	0.51	1.19	0.24	0.71	0.07	2.21	6.55	8.77	1.37	25.20

ตารางผนวก ค3 (ต่อ)

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avail. P	Avail. K	Extr. Al	Extractable bases				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H_2O	KCl						Ca	Mg	Na	K			sum	NH_4OAc	
(cm)				(-----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}---)		(-----cmol kg^{-1}-----)									%
Pedon 3 (cont.)																	
60-80	Bt3	5.0	4.4	4.78	0.03	4.1	22.8	0.49	1.25	0.25	0.45	0.06	2.00	7.55	9.55	1.50	20.94
80-110	Bt4	5.0	4.4	2.69	0.03	4.4	17.0	0.49	1.08	0.20	0.18	0.04	1.50	4.69	6.19	1.24	24.23
110-140	Bt5	5.2	4.4	2.16	0.00	4.9	21.6	0.56	1.22	0.40	0.57	0.06	2.25	4.67	6.92	1.37	32.51
140-170	Bt6	5.4	4.7	2.05	0.03	4.8	17.3	0.46	0.83	0.44	0.61	0.04	1.93	5.68	7.60	1.12	25.39
$170\text{-}200^{+}$	Bt7	5.5	4.8	2.72	0.07	2.7	21.5	0.49	1.05	0.61	0.79	0.06	2.51	3.77	6.28	2.23	39.97
Pedon 4 Thai Mueang series 2; Typic Kandiudult																	
0-21	Ap	4.2	3.4	11.62	0.44	6.7	14.2	1.23	0.15	0.06	0.40	0.04	0.64	8.54	9.18	3.12	6.97
21-45	Bt1	4.4	3.5	6.79	0.10	1.0	10.7	1.50	0.18	0.04	0.66	0.03	0.90	9.45	10.35	2.61	8.70
45-74	Bt2	4.4	3.5	6.15	0.17	0.8	9.6	1.71	0.34	0.06	0.39	0.02	0.81	8.48	9.29	3.24	8.72
74-104	Bt3	4.3	3.5	4.79	0.17	0.8	11.8	1.82	0.25	0.04	0.45	0.03	0.76	6.64	7.40	2.87	10.27
104-140	Bt4	4.4	3.5	4.06	0.10	0.8	12.9	1.85	0.20	0.04	0.41	0.03	0.68	7.58	8.25	2.99	8.24
140-170	Bt5	4.6	3.5	3.43	0.10	0.6	0.5	1.79	0.23	0.05	0.29	0.01	1.06	7.50	8.56	3.23	12.38
$170\text{-}200^{+}$	Bv	4.4	3.6	2.74	0.07	0.8	8.9	1.96	0.16	0.03	0.29	0.02	0.50	10.42	10.92	2.73	4.58
Pedon 5 Phang nga series; Typic Kandiudult																	
0-20	Ap	4.0	3.5	8.15	0.33	8.4	20.3	0.85	0.27	0.07	0.44	0.05	0.83	6.57	7.39	2.47	11.23
20-48	Bt1	4.3	3.5	3.40	0.23	1.7	15.5	1.71	0.22	0.04	0.19	0.04	0.50	4.67	5.17	2.62	9.67
48-78	Bt2	4.3	3.6	4.80	0.17	1.6	17.5	1.90	0.15	0.05	0.19	0.04	0.44	7.53	7.97	2.47	5.52
78-110	Bt3	4.3	3.6	3.39	0.07	1.9	16.0	1.75	0.22	0.08	0.53	0.04	0.87	6.62	7.48	2.59	11.63
110-140	Bt4	4.1	3.5	2.02	0.07	1.9	13.9	1.95	0.20	0.08	0.15	0.04	0.47	5.64	6.12	1.74	7.68
140-170	Bt5	4.1	3.6	2.04	0.20	2.3	14.8	2.09	0.31	0.17	0.44	0.04	0.96	6.60	7.56	4.24	12.70
$170\text{-}200^{+}$	Bv	4.2	3.6	1.36	0.03	1.7	11.7	1.94	0.32	0.24	0.13	0.03	0.71	7.50	8.22	4.60	8.64

ตารางผนวก ค3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1 H_2O	pH 1:1 KCl	OM	Total N	Avail. P	Avail. K	Extr. Al	Extractable bases Ca	Mg	Na	K	Sum bases	Extr. acidity	CEC sum	CEC NH_4OAc	BS by sum
				(-----g kg^{-1}----)		(----mg kg^{-1}---)		(------cmol kg^{-1}------)									%
Pedon 6 Phuket variant ; Typic Plinthudult																	
0-10/12	Ap	4.2	3.8	19.51	0.77	6.3	32.6	1.09	0.48	0.10	0.43	0.08	1.09	10.33	11.42	4.75	9.54
10/12-35	Bt1	4.2	3.7	10.15	0.38	2.2	18.4	1.70	0.21	0.03	0.14	0.05	0.43	10.30	10.73	5.11	4.04
35-60	Bt2	4.4	3.7	6.69	0.24	1.9	16.0	1.94	0.15	0.03	0.68	0.04	0.91	9.31	10.22	8.86	8.90
60-80	Bt3	4.2	3.8	5.44	0.28	7.9	15.1	2.14	0.19	0.03	0.24	0.04	0.50	9.35	9.85	5.86	5.10
80-100	Bt4	4.2	3.8	4.69	0.13	1.4	14.2	2.14	0.13	0.02	0.36	0.04	0.54	9.37	9.92	5.11	5.49
100-126	Bv1	4.3	3.8	4.07	0.14	1.6	22.1	2.16	0.61	0.03	0.23	0.06	0.93	8.48	9.40	4.99	9.86
126-155	Bv2	4.4	3.8	3.33	0.07	1.4	20.4	2.15	0.17	0.03	0.14	0.05	0.39	10.32	10.71	3.36	3.64
155-195^{+}	Bv3	4.3	3.7	2.01	0.10	1.7	16.0	2.18	0.17	0.03	0.70	0.04	0.94	9.35	10.29	3.74	9.11

ตารางผนวก ค4 ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสที่ สกัดด้วยไดไธโอไนต์-ซิเทรต-ไบคาร์บอเนต ออกซาเลต และไพโรฟอสเฟตของดินที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Fe_d	Fe_o	Fe_p	Fe_o/Fe_d	Al_d	Al_o	Al_p	Mn_d	Mn_o	Mn_p
		(--------g kg^{-1}--------)				(------------------g kg^{-1}---------------------)					
Pedon 1 Huai Pong series; Typic Kandiudult											
0-18	Ap1	1.036	0.397	0.105	0.383	0.753	0.450	1.900	0.019	0.022	0.008
18-35	Ap2	1.096	0.524	0.121	0.477	0.844	0.672	2.084	0.022	0.030	0.007
35-65	Bt1	1.318	0.604	0.128	0.458	1.096	1.182	1.730	0.014	0.019	0.006
65-98	Bt2	1.289	0.623	0.102	0.483	0.955	1.109	1.539	0.005	0.009	0.007
98-130	Bt3	1.232	0.541	0.064	0.439	0.932	0.850	1.475	0.001	0.006	0.004
130-150	Bt4	1.492	0.593	0.036	0.397	0.988	0.846	0.626	0.000	0.004	0.004
150-172	Bt5	0.272	0.712	0.021	2.621	1.159	1.010	1.141	0.000	0.003	0.003
172-200$^+$	Bt6	0.389	0.652	0.009	1.676	1.431	1.478	0.409	0.007	0.016	0.003
Pedon 2 Sattahip variant; Typic Kandiudult											
0-10	Ap1	0.594	0.360	0.115	0.606	0.615	0.458	0.810	0.179	0.201	0.059
20-23	Ap2	0.595	0.340	0.130	0.572	0.633	0.429	1.186	0.202	0.209	0.043
23-42	AB	0.751	0.409	0.153	0.545	0.647	0.749	1.941	0.215	0.238	0.017
42-75	Bt1	0.730	0.329	0.081	0.451	0.598	0.588	1.245	0.161	0.174	0.011
75-100	Bt2	0.633	0.259	0.066	0.409	0.515	0.583	1.361	0.077	0.087	0.011
100-130	Bt3	0.593	0.267	0.064	0.451	0.488	0.682	1.492	0.038	0.041	0.008
130-158	Bt4	0.645	0.303	0.078	0.470	0.472	0.524	1.169	0.038	0.043	0.010
158-195$^+$	Bt5	0.912	0.470	0.077	0.515	0.621	0.876	1.179	0.056	0.065	0.008
Pedon 3 Tai Muang series 1; Typic Kandiudult											
0-12	Ap1	3.757	0.772	0.373	0.206	1.695	0.470	1.009	0.191	0.197	0.043
12-26	Ap2	3.976	1.065	0.461	0.268	1.840	0.560	1.200	0.228	0.236	0.031
26-40	Bt1	6.135	1.216	0.192	0.198	2.217	0.683	0.969	0.239	0.252	0.021
40-60	Bt2	7.391	0.693	0.133	0.094	2.000	0.703	0.660	0.196	0.220	0.022
60-80	Bt3	6.202	1.419	0.107	0.229	1.915	0.566	0.887	0.166	0.183	0.014
80-110	Bt4	6.705	1.211	0.080	0.181	1.952	0.644	0.426	0.203	0.218	0.022
110-140	Bt5	6.420	1.278	0.036	0.199	1.962	0.729	0.268	0.157	0.172	0.014
140-170	Bt6	8.343	1.118	0.023	0.134	2.045	0.958	0.214	0.210	0.191	0.016
170-200$^+$	Bt7	8.174	1.140	0.032	0.139	2.229	0.727	0.297	0.227	0.198	0.016
Pedon 4 Thai Mueang series 2; Typic Kandiudult											
0-21	Ap	6.533	1.752	1.316	0.268	2.488	0.844	3.053	0.020	0.031	0.008
21-45	Bt1	8.731	1.669	1.955	0.191	2.776	1.115	3.089	0.014	0.048	0.006
45-74	Bt2	9.763	2.062	1.707	0.211	3.106	1.306	2.141	0.011	0.018	0.006
74-104	Bt3	9.939	1.884	1.410	0.190	2.976	1.101	2.400	0.009	0.077	0.004
104-140	Bt4	10.855	1.344	0.319	0.124	2.953	1.337	2.506	0.007	0.008	0.003
140-170	Bt5	11.880	1.326	0.205	0.112	2.896	1.251	1.190	0.004	0.005	0.002
170-200+	Bv	12.137	1.533	0.079	0.126	2.940	1.301	0.733	0.005	0.006	0.002

ตารางผนวก ค4 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Fe_d	Fe_o	Fe_p	Fe_o/Fe_d	Al_d	Al_o	Al_p	Mn_d	Mn_o	Mn_p
		(---------g kg^{-1}---------)				(-------------------g kg^{-1}-----------------------)					
Pedon 5 Phang-nga series; Typic Kandiudult											
0-20	Ap	7.859	2.544	0.357	0.324	5.375	0.808	2.697	0.106	0.028	0.007
20-48	Bt1	10.525	1.635	0.237	0.155	6.053	1.340	1.731	0.025	0.005	0.003
48-78	Bt2	2.626	1.735	0.103	0.661	1.597	2.173	1.500	0.002	0.004	0.002
78-110	Bt3	2.670	1.134	0.042	0.425	1.447	1.812	0.974	0.005	0.005	0.003
110-140	Bt4	3.085	1.223	0.025	0.397	1.465	1.795	0.583	0.003	0.007	0.003
140-170	Bt5	4.269	0.948	0.020	0.222	1.790	1.858	0.481	0.000	0.002	0.003
170-200+	Bv	5.920	0.794	0.003	0.134	1.639	1.527	0.402	0.000	0.001	0.003
Pedon 6 Phuket variant; Typic Plintudult											
0-10/12	Ap	8.592	2.246	10.964	0.261	4.805	1.762	3.640	-0.004	0.018	0.005
10/12-35	Bt1	14.433	4.866	2.864	0.337	5.603	2.333	1.956	0.007	0.020	0.005
35-60	Bt2	16.759	2.376	0.802	0.142	6.209	2.409	1.114	0.002	0.026	0.003
60-80	Bt3	25.839	1.678	0.162	0.065	7.108	2.269	0.761	0.014	0.026	0.003
80-100	Bt4	26.993	2.404	0.040	0.089	6.442	2.033	0.530	0.003	0.025	0.003
100-126	Bv1	26.225	1.302	0.022	0.050	6.546	2.107	0.512	0.000	0.023	0.002
126-155	Bv2	24.975	2.496	0.022	0.100	6.559	1.938	0.459	0.004	0.026	0.002
$155\text{-}195^{+}$	Bv3	21.701	1.572	0.013	0.072	5.056	1.707	0.463	0.000	0.019	0.002

หมายเหตุ

Fe_d, Al_d, Mn_d = 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)

ตารางผนวก ค5 การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน

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

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

ตารางผนวก ค6 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ระดับ (rating)	ความหนาแน่นรวม (Mg m^{-3})
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)

ตารางผนวก ค7 ระดับชั้นของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ระดับชั้น	ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (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)

ตารางผนวก ค8 ข้อกำหนดที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ, 2552; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

1. พีเอชดิน (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. อินทรียวัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย ($g\ kg^{-1}$)
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)	พิสัย (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) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (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)

ตารางผนวก ค9 เกณฑ์การแบ่งระดับสภาพกรดแลกเปลี่ยนได้

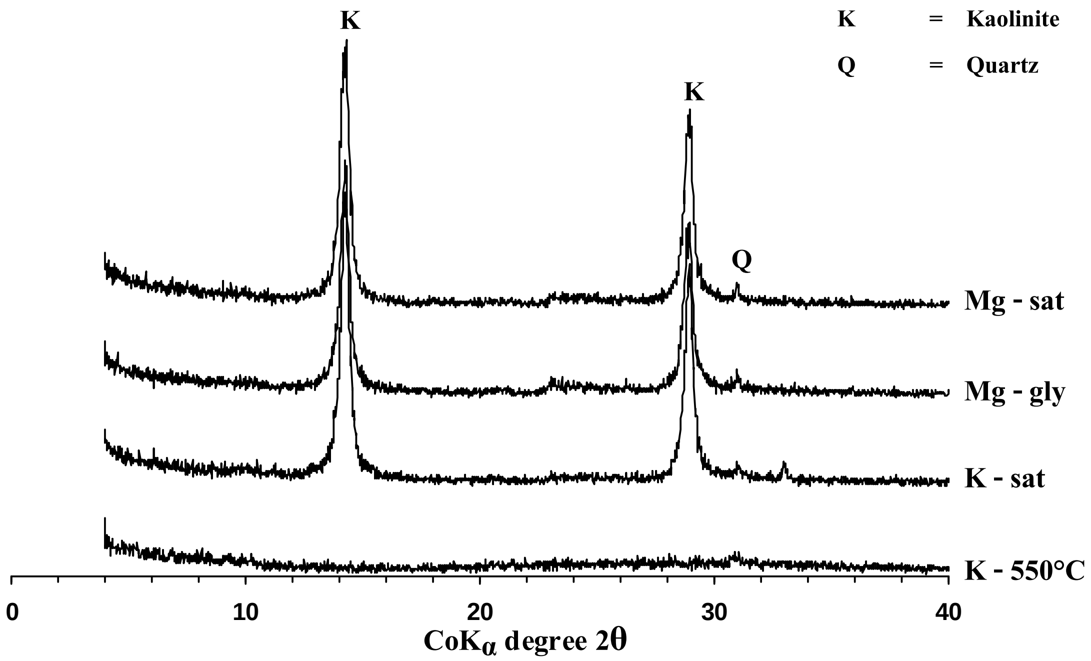
ระดับ (rating)	พิสัย (cmol kg^{-1})
ต่ำมาก	<1.0
ต่ำ	1.0-2.0
ปานกลาง	2.0-5.0
ค่อนข้างสูง	5.0-10.0
สูง	10.0-20.0
สูงมาก	>20.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

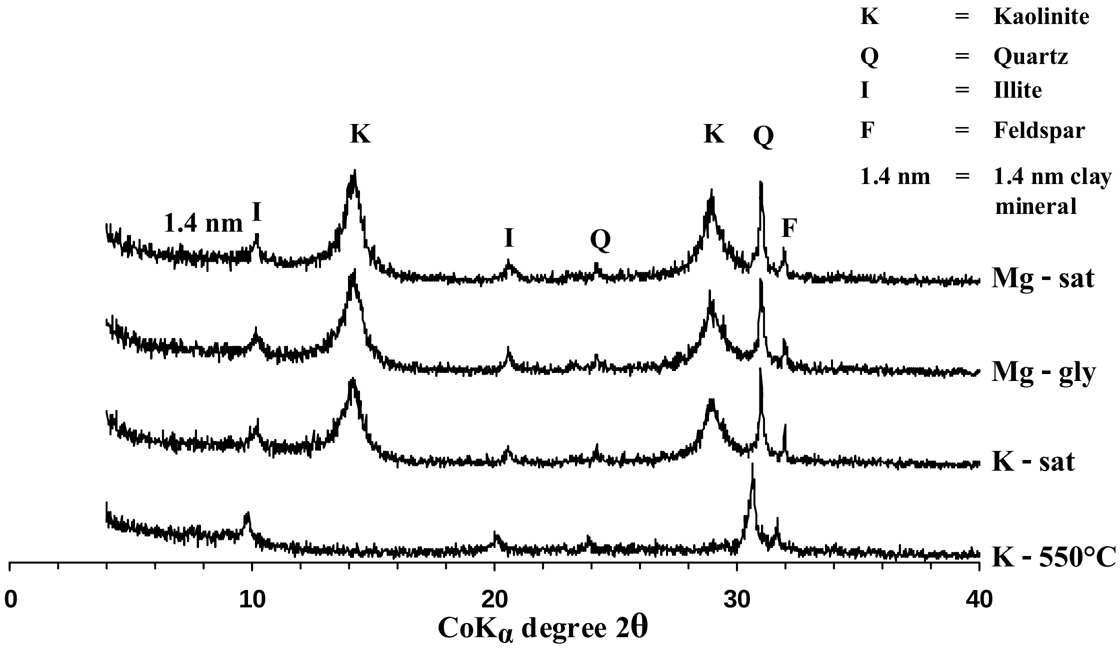
ตารางผนวก ค10 X-ray diffraction spacing obtained from (001) planes of layer-silicate species as related to sample treatment

Diffraction spacing (Å)	Mineral (or minerals) Indicated
	Mg-saturated, air-dried
14-15	Smectite, vermiculite, chlorite
9.9-10.1	Mica (illite), halloysite
7.2-7.5	Metahalloysite
7.15	Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum)
	Mg-saturated, glycerol-solvated
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)
	K-saturated, air-dried
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)
	K-saturated, heated (550°C)
14	Chlorite
9.9-10.1	Mica, vermiculite (contracted), smectite (contracted)
7.15	Chlorite (2nd-order maximum)

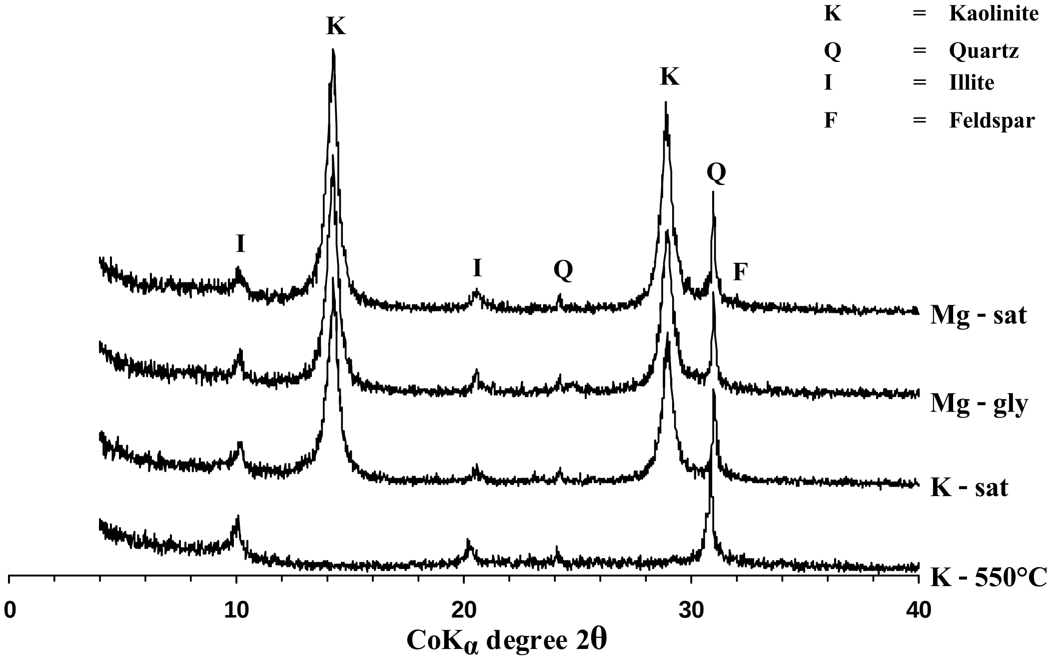
ที่มา: Whittig (1986)



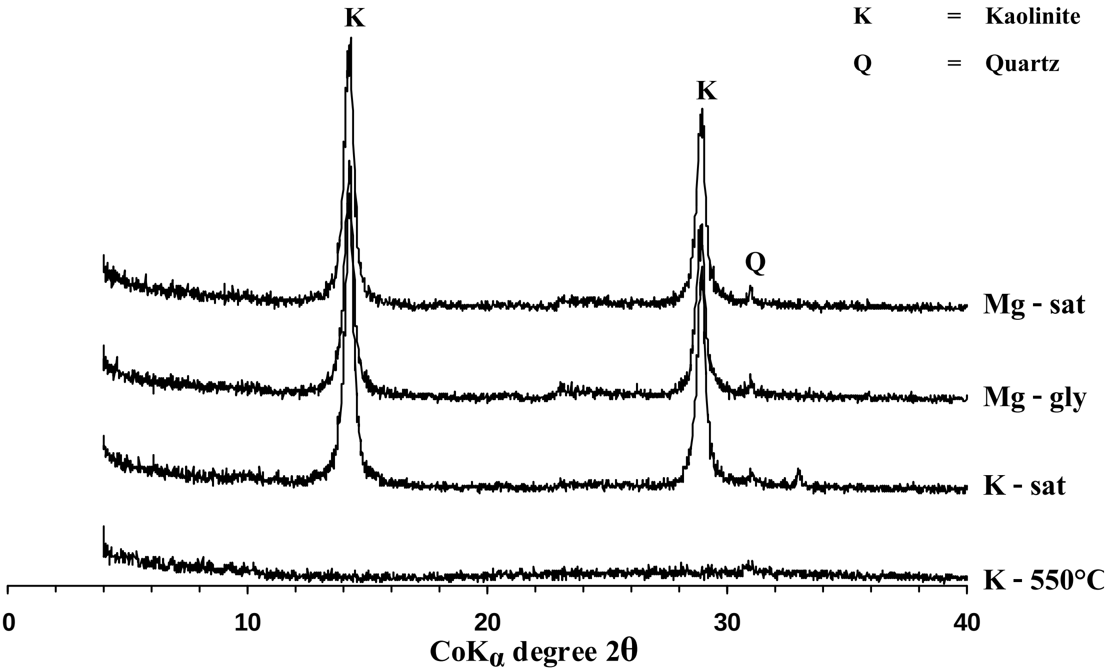
ภาพผนวก ค1 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 1 ชุดดินห้วยโป่ง ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 35-65 เซนติเมตร



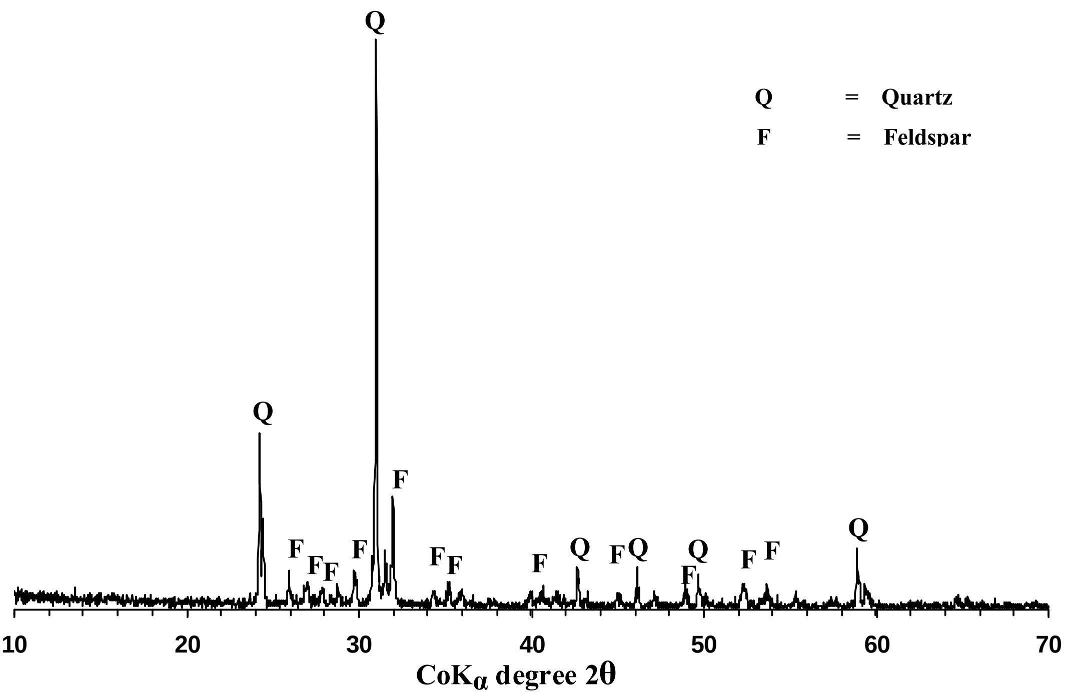
ภาพผนวก ค 2 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 35-65 เซนติเมตร



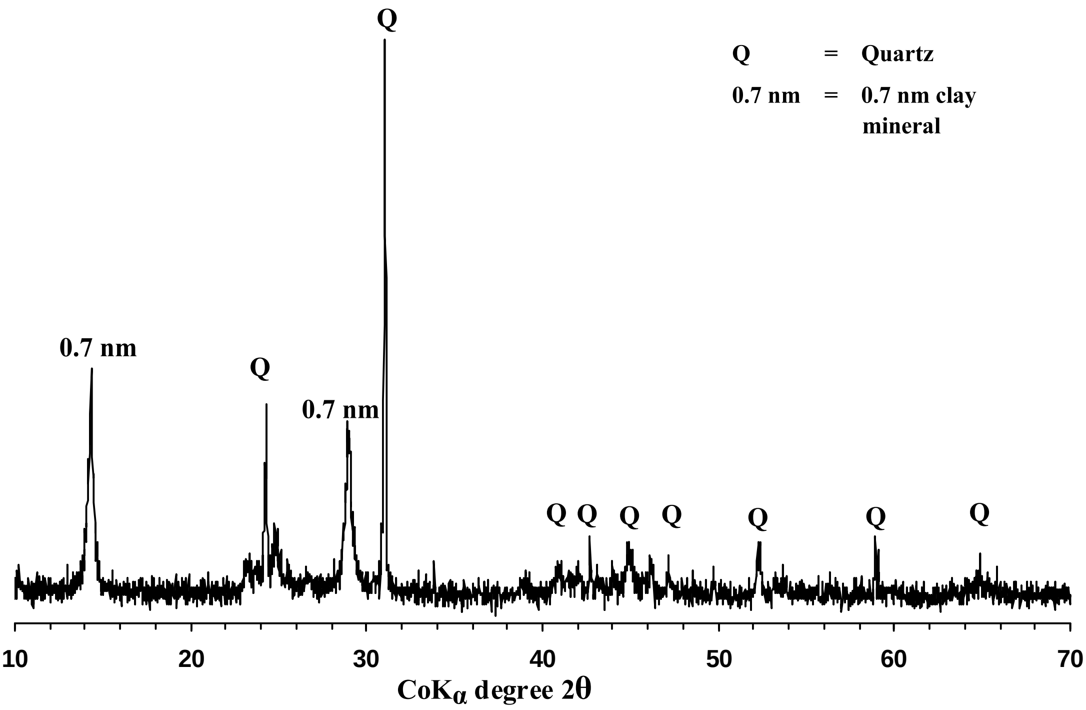
ภาพผนวก ค3 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 3 ชุดดินท้ายเหมือง1 ชั้น Bt7 ช่วงความลึก 170-200+ เซนติเมตร



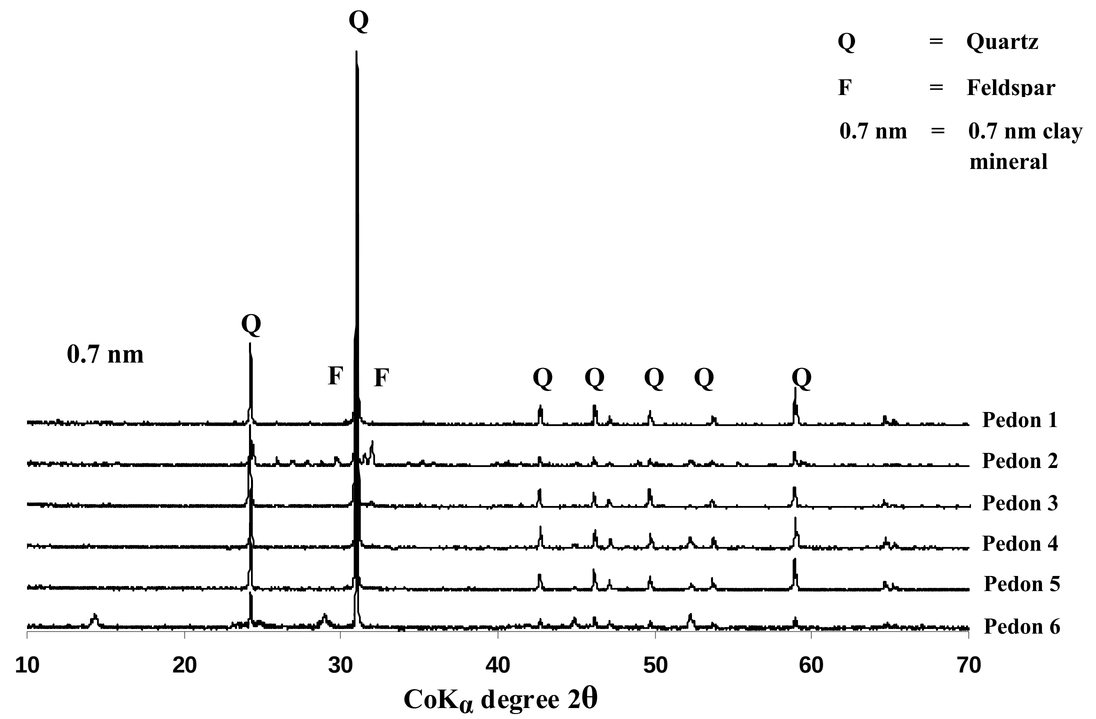
ภาพผนวก ค4 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 5 ชุดดินพังงา ชั้น Bt2 ช่วงความลึก 48-78 เซนติเมตร



ภาพผนวก ค5 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินพีดอน 2 ดินคล้ายชุดดินสัตหีบ ชั้น Ap2 ช่วงความลึก 18-35 เซนติเมตร



ภาพผนวก ค6 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินพีดอน 6 ดินคล้ายชุดดินภูเก็ต ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 60-80 เซนติเมตร



ภาพผนวก ค7 กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวบุษยรัตน์ หมอกมัว
วัน เดือน ปี ที่เกิด	28 เมษายน 2527
สถานที่เกิด	จังหวัดนราธิวาส
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการเกษตร ระดับปฏิบัติการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถานีพัฒนาที่ดินสมุทรปราการ
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนผู้ช่วยสอนประจำปีการศึกษา 2551