

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่มีหินพื้น
ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ I: หินบะซอลท์ และหินตะกอน
Distributions of iron, Manganese and Aluminum in Soil Profiles with Different
Bedrock of the Northeastern Thailand I: Basalt and Sedimentary Rocks



T099600

โดย

นางสาว สาวิตรี จงเจริญ

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

ปพ.

พ.ศ.2548

๙๖๙๓

๒๕๔๘

๑

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เอกสารนี้... ๑๑๖๐๐... ให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่... 16 JUN 2005

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่มีหินพื้น
ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ I: หินบะซอลท์ และหินตะกอน
Distributions of iron, Manganese and Aluminum in Soil Profiles with Different
Bedrock of the Northeastern Thailand I: Basalt and Sedimentary Rocks

โดย
นางสาวสาวิตรี จงเจริญ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิศา กัญยวงศ์หา)
อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 24 เดือน พ.ย. พ.ศ. 2549

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิศา กัญยวงศ์หา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษที่สละเวลา และทุ่มเทให้คำปรึกษาตลอดระยะเวลาที่ทำปัญหาพิเศษ ด้วยดีตลอดมา

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ ตลอดระยะเวลาที่ทำปัญหาพิเศษจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาปรัชญาวิทยาลัยสุโขทัยทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน มอบวิชาความรู้แก่ศิษย์มาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และพี่ๆ ที่มอบสิ่งดีๆ และเป็นกำลังใจ แก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบคุณ คุณนุจรี บุญแปลง, คุณนารี พันธุ์จินดาวรรณ, คุณสมจิตร มังนาค และนำอัม ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และคำแนะนำต่างๆ ในการทำงานห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

สวัสดีรี จงเจริญ

พฤษภาคม 2549



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง

การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่มีหินพื้น
ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ I: หินบะซอลท์ และหินตะกอนDistributions of iron, Manganese and Aluminum in Soil Profiles with Different
Bedrock of the Northeastern Thailand I: Basalt and Sedimentary Rocks

บทคัดย่อ

เก็บตัวอย่างดินที่เกิดจากหินบะซอลท์จำนวน 4 หน้าตัดดิน ตัวอย่างดินที่อยู่บนหน่วยหิน
มหาสารคาม 3 หน้าตัดดิน และตัวอย่างดินที่อยู่บนหน่วยหินโคกกรวด 5 หน้าตัดดิน มาศึกษาการแจก
กระจายของเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม รวมทั้งจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ ผลการศึกษาพบว่าหน้าตัดดินที่
เกิดจากหินบะซอลท์มีธาตุเหล่านี้สูงกว่าที่พบในหน้าตัดดินที่เกิดจากหินตะกอน การแจกกระจายของ
อะลูมิเนียมในทุกหน้าตัดดินสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ในขณะที่การแจกกระจายของเหล็ก
เป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว และสัณฐานวิทยาสนาม ส่วนแมงกานีสไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัด
ดิน สำหรับหน้าตัดดินที่เกิดจากหินตะกอนพบว่ามีส่วนที่เป็นวัสดุเคลื่อนที่มาทับถมใหม่อยู่บนส่วนที่
เกิดจากหินตะกอน โดยส่วนที่ทับถมใหม่มีเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมต่ำกว่าส่วนที่เกิดจากหิน
ตะกอน ส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินโคกกรวดมีเหล็กแมงกานีส และอะลูมิเนียมสูงกว่าที่พบใน
ส่วนที่เกิดจากหน่วยหินมหาสารคาม อะลูมิเนียมแจกกระจายเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียวตลอด
หน้าตัดดิน ส่วนเหล็กเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียวและสัณฐานวิทยาสนามเฉพาะในส่วนที่เป็น
ดิน ส่วนแมงกานีสแจกกระจายไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ของหน้าตัดดินที่ศึกษาพบมากในตอนบนและสอดคล้องกับสัณฐาน
วิทยาสนามเมื่อใช้สัดส่วน $Fe-o / Fe-d$, $Fe-d / Fe-h$ และ $Fe(d-o) / Fe-h$ เพื่อบอกความรุนแรงในการ
สลายตัว พบว่า หน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลท์สลายตัวน้อยกว่าหน้าตัดดินที่อยู่บนหินตะกอน ซึ่ง
ภายในหน้าตัดดินเหล่านี้ชั้นหินฝุ่นก็สลายตัวรุนแรงกว่าที่พบในชั้นที่เป็นดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญเรื่อง	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูปภาพ	V
สารบัญตารางภาคผนวก	VI
สารบัญรูปภาพภาคผนวก	VII
คำอธิบายสัญลักษณ์	VIII
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
วิธีศึกษา	19
ผลการศึกษาและวิจารณ์	22
สรุปผลการทดลอง	51
เอกสารอ้างอิง	53
ภาคผนวก	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 สรุปขั้นตอนที่ใช้ละลายรูปพิเศษของเหล็กในดิน	4
2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อหินอัคนีเปลี่ยนเป็นชั้นดิน B ในเขตร้อนชื้น	15
3 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยา	18
4 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 1	22
5 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 2	25
6 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 3	28
7 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 4	30
8 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 5	33
9 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 6	36
10 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 7	38
11 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 8	41
12 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 9	43
13 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 10	45
14 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 11	46
15 ตารางแสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 12	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปลภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงองค์ประกอบของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่	13
2 แสดงลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	17
3 แสดงลักษณะธรณีวิทยา และจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา	21



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
1. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเด่นของหินพื้นและ ลักษณะดินเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินพื้น	57
2. แสดงค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่สัมพันธ์กับการแจกกระจายของ สังกะสี, ทองแดง และจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ของทุกหน้าตัดดิน	59
3. แสดงค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่สัมพันธ์กับการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมของทุกหน้าตัดดิน	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่	หน้า
1 แสดงการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	70
2 แสดงการแจกกระจายของปฏิกิริยาดินตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	72
3 แสดงการแจกกระจายของเหล็กที่สกัดได้และอนุภาคขนาดดินเหนียวตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	74
4 แสดงการแจกกระจายของแมงกานีสที่สกัดได้และอนุภาคขนาดดินเหนียวตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	76
5 แสดงการแจกกระจายของอะลูมิเนียมที่สกัดได้และอนุภาคขนาดดินเหนียวตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	78
6 แสดงการแจกกระจายของสังกะสีและทองแดงที่สกัดได้และอนุภาคขนาดดินเหนียวตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	80
7 แสดงความสัมพันธ์ของจุลธาตุที่เป็นประโยชน์กับปฏิกิริยาดินตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	82
8 แสดงความสัมพันธ์ของจุลธาตุที่เป็นประโยชน์กับอินทรีย์คาร์บอนตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์

1. คำอธิบายที่ปรากฏในตาราง

Texture :

S = Sand	LS = Loamy sand	SL = Sandy Loam
L = Loam	SiL = Silt Loam	SCL = Sandy Clay Loam
CL = Clay Loam	SiCL = Silty Clay Loam	Si = Silt
SiC = Silty Clay	C = Clay	

2. คำอธิบายที่ปรากฏในตารางและรูปภาพ

Fe-h = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลาย HClO_4

Fe-ar = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลาย Aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 4:1$ โดยปริมาตร)

Fe-d = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate

Fe-o = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมออกซาลेट

Mn-h = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลาย HClO_4

Mn-ar = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลาย Aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 4:1$ โดยปริมาตร)

Mn-d = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate

Mn-o = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมออกซาลेट

Al-h = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลาย HClO_4

Al-ar = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลาย Aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 4:1$ โดยปริมาตร)

Al-d = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate

Al-o = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลายแอมโมเนียมออกซาลेट

Zn-h = สังกะสีที่สกัดด้วยสารละลาย HClO_4

Zn-ar = สังกะสีที่สกัดด้วยสารละลาย Aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 4:1$ โดยปริมาตร)

Cu-h = ทองแดงที่สกัดด้วยสารละลาย HClO_4

Cu-ar = ทองแดงที่สกัดด้วยสารละลาย Aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 4:1$ โดยปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fe-tr = เหล็กที่เป็นประโยชน์

Mn-tr = แมงกานีสที่เป็นประโยชน์

Zn-tr = สังกะสีที่เป็นประโยชน์

Cu-tr = ทองแดงที่เป็นประโยชน์

pH_f = ปฏิกริยาดินในสนาม (Field pH)

pH_w = ปฏิกริยาดินที่วัดโดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำ = 1:5

pH_k = ปฏิกริยาดินที่วัดโดยใช้อัตราส่วนระหว่างดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น

1 นอร์มอล = 1:5

OC = Organic carbon

nd = non-detectable

na = non-analyse

BS = Basalt

J_{PK} = หน่วยหินภูเขาไฟ

KT_{MS} = หน่วยหินมหาสารคาม

K_{KK} = หน่วยหินโคกกรวด

Fe-d-o = Fe-d ลบด้วย Fe-o

$Fe \frac{d}{h}$ = Fe-d หาดด้วย Fe-h

$Fe \frac{d-o}{h}$ = Fe-d ลบด้วย Fe-o แล้วหาดด้วย Fe-h

$Fe \frac{o}{d}$ = Fe-o หาดด้วย Fe-d

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

หน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น (*In situ weathering profile*) ประกอบด้วยหินแข็งในตอนล่างสุด และค่อยๆ เปลี่ยนสภาพขึ้นมาทางตอนบนของหน้าตัดดิน จนกลายเป็นดินในที่สุด (Geological Society, 1990)

ผลที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น ทั้งทางกายภาพ และทางชีวเคมี นอกจากจะได้แร่ปฐมภูมิ ที่ทนทานต่อการสลายตัว เช่น แร่ Quartz และ Anartase แร่ดินเหนียวซิลิเกต และแร่ธาตุที่สลายได้แล้ว ยังมีผลผลิตสุดท้ายที่ทนทานต่อการสลายตัว เช่น ออกไซด์ ของเหล็กและอะลูมิเนียม อีกด้วย (Brady and Weil, 2002)

หน้าตัดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ ประกอบด้วยชั้นหินแข็งที่ตอนล่างสุด และค่อยๆ ผุพังขึ้นมาเป็นดินในตอนบน ความลึกที่พบชั้นหินแข็ง ผันแปรไปตามสภาพอากาศ เช่น ลึกถึง 10 เมตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พรทิวา, 2549) หรือ ลึกเพียง 1 - 2 เมตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พรทิวา, 2543) เป็นต้น

ในชั้นที่เป็นดิน (A-B Horizon) มักได้รับอิทธิพลจากระบวนทางปฐพีวิทยา มากกว่ากระบวนการทางธรณีวิทยา ทำให้สมบัติทางเคมีแตกต่างจากหินที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดอย่างมาก ในขณะที่สมบัติทางกายภาพ อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงบ้าง ขึ้นอยู่กับพัฒนาการของดิน (การสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดิน B) ส่วนชั้นวัตถุดิบกำเนิดดิน ชั้นหินผุ มีกระบวนการทางธรณีวิทยาเด่นกว่ากระบวนการทางปฐพีวิทยา ดังนั้น จึงแสดงลักษณะดั้งเดิมของหินพื้นออกมา ให้เห็นทั้งทางเคมี และทางกายภาพ

จากการศึกษาผลที่เกิดจากการเปลี่ยนจากหินอัคนีไปเป็นดินชั้น B ของเขตร้อนชื้น (Brady and Weil, 2002) พบว่า Basic cations (Ca Mg K Na) กับ P ลดลง ในขณะที่ Si Al และ Fe เพิ่มขึ้น

แม้ว่าวัตถุดิบกำเนิดส่วนใหญ่ของดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จะเป็นพวกที่ถูกพัดพามาทับถม โดยเฉพาะจากอิทธิพลของทางน้ำไหล (Moomann *et al.*, 1964) แต่หน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้นก็พบได้เช่นกัน โดยเฉพาะบริเวณแอ่งโคราช หรือพวกที่เกิดจากหินบะซอลท์

หินพื้นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีอายุในมหายุค Mesozoic จัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช ประกอบด้วยหลายหน่วยหินด้วยกัน จากการศึกษาของ พรทิวา (2543) พบว่า พัฒนาการของหน้าตัดดิน และความรุนแรงของการสลายตัวแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ จึงทำให้ยากทราบถึงการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ในหน้าตัดดินเหล่านี้

Geological Society (1990) กล่าวว่า เป็นเรื่องปกติที่หน้าตัดดินซึ่งเกิดจากการผุพังอยู่กับที่ในเขตร้อน จะมีวัสดุเคลื่อนที่มาทับถมอันหลากหลายชนิด ปกคลุมอยู่ตอนบน ความแตกต่างระหว่างวัสดุ

ที่เคลื่อนที่มาทับถมและหินพื้นดูจากการไม่พบเศษหิน การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน โดย รอยต่อระหว่างวัสดุที่เคลื่อนที่มาทับถมอาจมีการเปลี่ยนแปลงการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน สั สมบัติทางเคมีบางประการ ในหลายๆกรณีพบว่าศิลาแลงจะเกิดในหินผุซึ่งเป็นช่วงรอยต่อกับวัสดุที่ เคลื่อนที่มาทับถมหรือเกิดที่ฐานของวัสดุที่เคลื่อนที่มาทับถม

หน้าตัดดินที่มีหินพื้นต่างกัน แสดงความแตกต่างของหินพื้นออกมาโดยมีสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีบางประการแตกต่างกัน เช่นระหว่างหน้าตัดดินที่ 6 กับหน้าตัดดินที่ 9 และหน้าตัด ดินที่ 10 เป็นต้น อีกทั้งส่วนที่เป็นดินของหน้าตัดดินเหล่านี้ก็แตกต่างกันด้วย เป็นไปได้ว่าเกิดจากวัสดุที่ เคลื่อนที่ท้องถิ่น (local transported materials)

ความแตกต่างด้านสัณฐานวิทยาสนาม การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและสมบัติทาง เคมีบางประการที่พบในหน้าตัดดินเหล่านี้ อาจส่งผลให้การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม และจุลธาตุที่เป็นประโยชน์แตกต่างกันด้วยเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณและการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลท์ และหน้าตัดดินที่อยู่บนหินตะกอน
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ภายในหน้าตัดดินเดียวกันระหว่างส่วนที่เป็นดินและหินผุ/หินพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

เหล็ก

เปลือกโลกมีเหล็กในรูปอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบประมาณ 5% และมีมากเป็นอันดับสี่ของธาตุในส่วนที่เป็นธรณีภาค แร่เหล็กปฐมภูมิและทุติยภูมิได้แก่ Olinine [(Mg,Fe)₂SiO₄], Siderite (FeCO₃), Hematite (Fe₂O₃), Goethite (FeOOH), Magnetite (Fe₃O₄) และ Limonite [FeO(OH). nH₂O+Fe₂O₃.nH₂O]

ในช่วงพัฒนาการของดิน เหล็กมีทั้งมากขึ้นและลดลงทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในดินผันแปรอย่างมาก ตั้งแต่ 0.7–55 % แทบทั้งหมดของเหล็กในดินพบในแร่ปฐมภูมิ แร่ดินเหนียว ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ (Havlin *et al.*, 1999)

ความสามารถในการละลายของแร่เหล็กทั่วไปที่พบในดินต่ำมาก เพียง 10⁻⁶-10⁻²⁴ M Fe³⁺ ในสารละลายดิน ความเข้มข้นของ Fe³⁺ ในสารละลายดินของดินแทบทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับไอออนประจุบวกอื่นๆในดินพบว่ามีค่าต่ำมาก

ความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในดินผันแปรอย่างมาก และอยู่ในพิสัยตั้งแต่น้อยกว่า 1% ถึงมากกว่า 20 % โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 3 % เหล็กในดินอาจมีทั้งรูปที่เป็น Fe²⁺ หรือ Fe³⁺ แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุที่มีมากในแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิที่พบในดิน แต่ความเป็นประโยชน์จะต่ำมากจนจำกัดการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดิน calcareous และ alkaline soils ทั้งนี้เนื่องจากแร่ทุติยภูมิที่มีเหล็กเป็นองค์ประกอบมีความสามารถในการละลายของเหล็กต่ำมาก ในดินที่มี pH ต่ำและ/หรือ สภาพ reduction รูปของเหล็กที่ละลายได้ก็อาจมีมากจนกระทั่งเป็นพิษต่อพืชได้

ออกไซด์ของเหล็กรูปที่เด่นในดินได้แก่ Hematite, Goethite, Lepidocrocite, Magnetite และ ferrihydrite เหล็กออกไซด์เหล่านี้ส่วนใหญ่เป็นแร่ที่มี Fe²⁺ และ Fe³⁺ และแร่เหล่านี้มักพบในอนุภาคขนาดดินเหนียว (ยกเว้น Magnetite ที่สามารถพบมากในอนุภาคขนาดทรายแป้งและขนาดทราย)

Goethite และ Hematite เป็นแร่ที่เด่นในสภาพแวดล้อมที่เกิดออกซิไดซ์ได้ดี หรือเขตแห้งแล้งหรือ กึ่งแห้งแล้ง และ Lepidocrocite เป็นแร่ที่เด่นในสภาพแวดล้อมที่เป็น มีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ส่วน Magnetite พบมากใน reduced soil หรือดินที่มีการรุ่มพุงเล็กน้อย Ferrihydrite พบในดินแทบทุกชนิด แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็มักเป็นองค์ประกอบหลักในดินที่มีค่ารีดอกซ์ขึ้นๆลงๆ (Fluctuating redox potentials) แร่เหล็กออกไซด์แต่ละชนิดในดินอยู่ในรูปที่ค่อนข้างเป็นผลึกอย่างดีในดิน ยกเว้น Ferrihydrite ซึ่งมีน้ำมากกว่ามีลำดับผลึกในพิสัยที่สั้นกว่าและมีขนาดอนุภาค 10 nm หรือต่ำกว่า มักพบ Ferrihydrite อยู่ร่วมกับ layer silicates, amorphous silicates และอินทรีย์วัตถุ ความเสถียรสัมพัทธ์ของแร่เหล็กออกไซด์ในดินลดลงตามลำดับดังนี้ (Loeppert and Inskeep, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Hematite = Goethite >> Lepidocrocite = Magnetite >> Ferrihydrite

เหล็กพบในดินในลักษณะที่เป็นองค์ประกอบของโครงสร้างผลึกของ layer silicate (ค่าโดยทั่วไปคือ 20–50 gkg⁻¹) แต่เหล็กในส่วนนี้ไม่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งเหล็กก็ยังเป็น exchange ion บน layer silicate surface ด้วย แต่ก็มีน้อยมากเช่นกัน ยกเว้นที่ pH ต่ำ (< 4.5) หรือในสภาพ low-redox

รูปของเหล็กในดินที่มีวัตุประสงค์ในการสกัดมีทั้ง total หรือ free iron oxide, amorphous หรือ active iron oxide, organically bound Fe, และ exchangeable or solution-phase Fe ตารางที่ 1 เป็นสรุปกระบวนการละลายเหล็กรูปต่างๆ

ตารางที่ 1 สรุปขั้นตอนที่ใช้ละลายรูปพิเศษของเหล็กในดิน

Target phases	Procedure/reagent	Reference
Total "free" iron oxide	(Citrate-dithionite unbuffered) Citrate-dithionite-bicarbonate (buffered at pH7)	Holragren, 1967 Mehra & Jackson, 1960
Poorly crystalline ("active") iron oxide	NH ₂ -oxalate-oxalic acid (pH 3) (in the dark)	Schwertmann, 1964 McKeague & Day, 1966 Jackson <i>et al.</i> , 1986
Organically bound Fe	Prophosphate, pH 10 ⁺	McKeague, 1967 Bascomb, 1968
Exchangeable Fe	MgCl ₂	
Availability indices	DTPA, buffered at pH 7.3 Ammonium bicarbonate-DTPA pH 7.6	Lindsay & No well, 1978 Soltanpur & Schwab, 1977

หมายเหตุ⁺ ขั้นตอนนี้ไม่จำเพาะเจาะจงสำหรับ organically band Fe

ที่มา: Loeppert and Inskeep (1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Total "Free" Iron Oxide เหล็กที่มีสัดส่วนมากที่สุดของเหล็กทั้งหมดในดิน คือ เหล็กออกไซด์ เช่น hematite, goethite, lepidocrocite และ ferrihydrite วิธีการสกัดด้วย Dithionite-citrate-bicarbonate จะรวมเอาปริมาณเล็กน้อยของเหล็กจาก water-soluble, exchangeable Fe & organically bound Fe และอาจรวมเอาบางส่วนของ Fe จาก layer silicate minerals โดยเฉพาะแร่ nontronite & montmorillonite & vermiculite ที่มี hydroxyl-iron interlayer

Active หรือ Amorphous Iron Oxides (มักเรียกว่า noncrystalline, poorly ordered, poorly crystalline, short-range ordered or amorphous iron oxides) เป็นออกไซด์ของเหล็กเกิดปฏิกิริยามากที่สุดในดินเพราะมีขนาดเล็กและพื้นที่ผิวสูง ออกไซด์พวกนี้มีทั้งแร่ ferrihydrite และ ferrihydrite like minerals การสกัดดินด้วยวิธี acid ammonium oxalate ในที่มีด และวิธี EDTA จะได้เหล็กออกไซด์ในรูปนี้

ณ ค่า pH ที่กำหนดให้ (given pH) ความเสถียรของ Fe^{+3} -chelates ลดลงตามลำดับดังนี้ EDDHA > DTPA > EDTA ซึ่งปริมาณเหล็กที่สกัดได้ก็ลดลงตามลำดับเช่นกัน

DTPA เป็นสารสกัดที่มีประโยชน์ในการสกัดเหล็ก, สังกะสี, แมงกานีส และ ทองแดง ในเวลาเดียวกัน เหล็กที่สกัดด้วย DTPA (รวมทั้ง EDTA) มีสหลั้มพันธ์ในเชิงบวกกับ "active" iron-oxide ที่สกัดด้วย Acid- NH_4 oxalate ในที่มีด

อิทธิพลที่มีต่อการละลายเหล็กด้วย DTPA ออกจากผิวอนุภาค

1. ปริมาณ, การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน
2. พื้นที่ผิวและพื้นที่ของออกไซด์เหล็กในดิน

ปัจจัยที่มีผลต่อรูปและปริมาณเหล็กในดิน

1. ความรุนแรงของการสลายตัวผุพัง การเปลี่ยนแปลงของแร่ต่างๆระหว่างกระบวนการเกิดดิน ในช่วงแรกรูปที่ไม่เป็นผลึกของแร่เหล็กและอะลูมิเนียมจะเด่นหลังจากนั้นจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นผลึก ถ้าสัดส่วนระหว่าง $Fe \frac{O}{d}$ ต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าดินสลายตัวอย่างรุนแรง (Smeck *et al.*, 1994)
2. วัตถุประสงค์กำเนิดดิน เช่น เนื้อหยาบ < ละเอียด โดยส่วนใหญ่ดินเนื้อละเอียดจะมีรูปและปริมาณเหล็กทั้งหมดในดินสูงกว่าดินเนื้อหยาบ ถ้าดินที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ก็มีปริมาณมากกว่าที่พบในดินเนื้อหยาบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว (อรรถพล, 2546) อนุภาคขนาดดินเหนียวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเหล็กในดินโดยเฉพาะ Fe-d
4. อินทรีย์วัตถุ โดยเฉพาะแมงกานีส (Sharma *et al.*, 2004) ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงประจวบที่ เป็นต่างมีแมงกานีสสูง โดยเฉพาะทำให้ดินบนมีประจวบที่เป็นต่างสูงกว่าดินล่าง
5. การระบายน้ำ : Fe-d (กฤตธี และสิรินนรี, 2546) ดินที่มีการระบายน้ำเลวออกไซด์ของเหล็ก และอะลูมิเนียมต่ำกว่า Fe-d

แมงกานีส

ค่าเฉลี่ยของอินทรีย์แมงกานีสในเปลือกโลกอยู่ที่ 1000 ppm และพบในแร่ Ferromagnesian แทบทั้งหมด เมื่อแมงกานีสถูกปลดปล่อยออกมาเนื่องจากการผุพังอยู่กับที่ของแร่ปฐมภูมิก็จะรวมตัวกับ ออกซิเจนเพื่อเป็นแร่ทุติยภูมิซึ่งประกอบด้วย Pyrolusite (MnO_2), Hausmannite (Mn_3O_4) และ Manganite ($MnOOH$) แร่ที่พบมากได้แก่ Pyrolusite และ Manganite

แมงกานีสทั้งหมดในดินมักอยู่ในพิสัย 20-3,000 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 600 ppm แมงกานีส ในดินพบในรูปออกไซด์และไฮดรอกไซด์หลายชนิดเคลือบอยู่บนอนุภาค ดิน ตกตะกอนใน cracks และ veins และผสมอยู่กับเหล็กออกไซด์กับองค์ประกอบอื่นๆของดิน

รูปหลักของแมงกานีสในสารละลายดินคือ Mn^{2+} สิ่งที่ควบคุมความเข้มข้นของ Mn^{2+} ใน สารละลายดินคือปริมาณแร่ MnO_2 ในดินกรดและดินที่เป็นกลางมักพบ Mn^{2+} ในสารละลายดินเพียง 0.01 – 1 ppm โดยที่ประมาณ 90 % ของ Solution Mn^{2+} เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุ (Havlin *et al.*, 1999) แมงกานีสเป็น trace metal ที่จำเป็นสำหรับธาตุอาหารพืช งานด้านวิเคราะห์ดิน ส่วนใหญ่เน้นไปที่ปัญหาการขาดแมงกานีสแต่ความเป็นพิษของแมงกานีสก็พบได้เมื่อดินมีระดับ แมงกานีส ดังนั้นการวิเคราะห์แมงกานีสในดินจึงมุ่งไปทั้งการขาดและเป็นพิษ (Gambrell, 1996)

แมงกานีสมีพฤติกรรมทางเคมีในดินและวัสดุธรณีเหมือนกับเหล็ก ความเหมือนนี้บางส่วนเกิด จากความแตกต่างของตัวเลขวาเลนซ์ที่สามารถพบได้ทั่วไปในดินและอิทธิพลของ pH และ redox conditions ที่มีต่อ valence states กับ various chemical forms แมงกานีสอาจพบในหลายๆ valence states แต่ภายใต้พื้นผิวโลกจะพบเพียง 2^+ , 3^+ และ 4^+ อย่างไรก็ตาม 3^+ ไม่ใช่รูปที่เสถียรใน สารละลาย (Gambrell, 1996)

แมงกานีสทั้งหมดในดินพบในพิสัยที่กว้าง จาก $< 20 \mu g/g$ จนถึงมากกว่า $3000 \mu g/g$ โดยมี ระดับทั่วไปอยู่ประมาณ $600 \mu g/g$ ระดับของรูปที่เคลื่อนที่ได้และรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมักต่ำแต่ก็

พบในพืชที่กว้าง pH ของดินและ redox potential เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของแมงกานีส สภาพน้ำขังและ/หรือระดับ pH ต่ำกว่า 6 ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันไปเป็นรูปที่เคลื่อนที่ได้มากขึ้นและเป็น Mn^{2+} ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มาก ในขณะที่ pH สูง และดินถูกออกซิไดซ์ส่งเสริมให้ Mn^{2+} oxidize ไปเป็น Mn^{4+} อันเป็นรูปออกไซด์ในดินที่ไม่ละลายน้ำ (Gambrell, 1996)

แมงกานีสในดินพบได้ในรูปทางเคมีที่มากมาย ซึ่ง Gambrell (1996) สรุปรูปทั่วไปหรือแหล่งทั่วไปได้ ดังนี้

1. Soluble Form มีทั้ง Free cations หรือ cation ที่เกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับ organic, inorganic ligands
2. Exchangeable Form หมายถึง แคทไอออนที่ยึดติดอย่างหลวมๆบน cation exchange sites ของแร่ดินเหนียวซึ่งเป็นบริเวณที่ไอออนประจุบวกอื่นๆสามารถไล่ที่ให้ออกสู่สารละลายดินหรือเปลี่ยนรูปได้ อินทรีย์วัตถุในดินก็ทำให้เกิดรูปนี้ (ของไอออนประจุบวก) ได้
3. Specifically adsorbed or retain หมายถึง ปฏิกริยา Specificially adsorption adsorption ที่แน่นกว่า exchange processes, กับการดูดยึดกับออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีสเองก็สามารถเกิดออกไซด์ซึ่งสามารถดูดยึด (หรือ occlude) กับ (trace metals) อื่นๆในดินได้
4. Adsorbed or complexed by soil Organic matter อาจรวมเอา exchangeable Cations ไว้ด้วยก็ได้ แต่มักเป็นส่วนของธาตุโลหะ ที่มีศักยภาพที่เป็นประโยชน์ที่ถูกดูดยึดโดย organic chelation processes ด้วยแรงที่มากกว่า
5. Insoluble precipitates มีทั้ง precipitated compounds of Mn & large moluculers weight oxide forms
6. A constituent of minerals ประกอบด้วยแร่แมงกานีสและแมงกานีสซึ่งอาจพบโดยกระบวนการ isomorphous substitution ของอะลูมิเนียม และ/หรือเหล็กในผลึกของแร่ดินเหนียว

Soluble Mn เป็นรูปที่เคลื่อนที่ได้มากที่สุดและเป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ส่วน Exchangeable Mn ก็เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เนื่องจากง่ายต่อการถูกแทนที่ให้ออกมาอยู่ในสารละลายดิน แมงกานีสที่พบในโครงสร้างผลึกของแร่ทั้งแร่ปฐมภูมิและทุติยภูมิหรือที่เป็นสิ่งเจือปน (impurity) ซึ่งเกิดจากกระบวนการ isomorphous substitution เป็นรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชหรือต่อการชะละลายและอาจเป็นประโยชน์ก็ต่อเมื่อเกิดกระบวนการผุพังของการผุพังของแร่ซึ่งเกิดได้เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเพียงส่วนน้อยของแมงกานีสทั้งหมดในดินเท่านั้นที่พบว่าเป็นประโยชน์ต่อพืชทันทีและอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (readily available soluble & Exchangeable forms) ระหว่างรูปที่เป็นประโยชน์ในทันทีกับรูปที่ไม่เป็นประโยชน์คือรูปที่มีศักยภาพที่เป็นประโยชน์ ซึ่งอาจปลดปล่อยออกมาเป็นรูปที่เป็นประโยชน์มากขึ้น ขึ้นอยู่กับสภาวะเคมีและจุลชีววิทยาของดินและโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะเหล่านี้ขึ้นในดิน

แมงกานีสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับ pH มากกว่าปัจจัยอื่นๆ แม้ว่าระดับอินทรีย์วัตถุ และการระบายอากาศก็อาจมีอิทธิพลอย่างมากต่อความเป็นประโยชน์ของแมงกานีสก็ตาม การเปลี่ยนแปลง pH ในดิน หรือสภาพ oxidation-reduction (หรือทั้ง 2 อย่าง) อาจมีอิทธิพลอย่างมากต่อการเปลี่ยนรูประหว่างรูปที่เป็นประโยชน์ในทันทีกับรูปที่มีศักยภาพที่จะเป็นประโยชน์ สภาพที่เป็นกรดและสภาพ ดินมีปฏิกิริยารีดักชันส่งเสริม Mn^{2+} อันเป็นการยกระดับแมงกานีสที่ละลายได้หรือ Exch. Mn เมื่อความเป็นพิษของแมงกานีสเป็นปัญหามากดินอาจเป็นกรดอยู่ในสภาพรีดักชัน (reducing) หรือทั้ง 2 อย่าง การเพิ่ม pH ของดิน และทำให้เกิดสภาพออกซิเดชัน

การขาดแมงกานีสอาจลดความเป็นพิษของแมงกานีสลงได้ (Mn-deficiencies) มักพบภายใต้สภาพออกซิเดชันในดิน pH สูง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง leached soils ซึ่งมีการใส่ปุ๋ย

สังกะสี

ปริมาณสังกะสีในดินส่วนใหญ่เป็นธรณีภาค มีประมาณ 80 ppm และสังกะสีในดินมีค่าพิสัย 10-300 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50 ppm หินอัคนีมีสังกะสีประมาณ 70 ppm ในขณะที่หินตะกอน (Shale) มีสังกะสีมากกว่า (95 ppm) หินปูน (20 ppm) หรือหินทราย (16 ppm) แร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบได้แก่ Franklinite ($ZnFe_2O_4$), Smithsonite ($ZnCO_3$) และ Willemite (Zn_2SiO_4)

สารละลายดินมีสังกะสีต่ำมากอยู่ในพิสัย 2-70 ppm โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งของ Zn^{2+} ในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุ (Havlin *et al.*, 1999)

ทองแดง

ความเข้มข้นของทองแดงในเปลือกโลกมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 55-70 ppm หินอัคนีมีทองแดง 10-100 ppm ในขณะที่หินตะกอนมีเพียง 4-45 ppm ความเข้มข้นของทองแดงในดินอยู่ในพิสัย 1-40 ppm (เฉลี่ย 9 ppm) ในดินที่ขาดทองแดงอาจมีทองแดงทั้งหมดเพียง 1-2 ppm เท่านั้น ความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายดินมักต่ำมาก อยู่ในพิสัยระหว่าง 10^{-8} และ 10^{-6} M

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แร่ปฐมภูมิสำคัญที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบได้แก่ malachite ($\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$) และ Cupric ferrite (CuFe_2O_4) แร่ทองแดงทุติยภูมิมีทั้ง Oxides, Carbonate, Silicate, Sulfate และ Chlorides แต่มักจะละลายได้มากจนไม่ค่อยพบ

ทองแดงมักถูกดูดซับโดย Layer Silicate Clay, อินทรีย์วัตถุ, ออกไซด์ของเหล็ก, อะลูมิเนียม, หรือแมงกานีส ถ้าไม่จับ Pb^{2+} แล้วจะพบว่า Cu^{2+} เป็น Divalent ที่ถูกออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสดูดซับเอาไว้ด้วยแรงที่มากที่สุด

แทบทั้งหมดของทองแดงที่ละลายได้ในผิวน้ำดินมักเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ อินทรีย์วัตถุและถูกอินทรีย์วัตถุดูดซับเอาไว้ด้วยแรงที่มากกว่าจุลธาตุอื่นๆ (Havlin *et al.*, 1999)

อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่นิยมวิเคราะห์ทั้งในตัวอย่างน้ำ ดิน ตะกอน วัสดุทางธรณีและเนื้อเยื่อพืช เพราะเป็นทั้งธาตุที่พบแพร่หลาย (ubiquitous element) ในระบบดินและธรณีวิทยา และเพราะว่าเมื่อพบในความเข้มข้นสูงอะลูมิเนียมก็สามารถเป็นพิษอย่างแรงต่อพืชและสิ่งมีชีวิตในน้ำ แร่ที่มีอะลูมิเนียมสูงได้แก่ aluminosilicates ซึ่งประกอบด้วย feldspar, micas, kaolins, smectites และแร่ phyllosilicate minerals นอกจากนี้อะลูมิเนียมยังเป็นองค์ประกอบหลักของ nonsilicate minerals ที่พบในดินและวัสดุธรณีรวมทั้งแร่ gibbsite [$\text{Al}(\text{OH})_3$], variscite ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และ Al-sulfate พวก alunite หรือ basalunite อีกด้วย

อะลูมิเนียมที่เกิดปฏิกิริยาในดินหรือมีหลากหลายรูปแบบ โดยมี pH และองค์ประกอบเชิงแร่ของระบบเป็นตัวควบคุมหลัก เช่น อะลูมิเนียมสามารถดูดซับกับประจุลบของแร่ดินเหนียว ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนประจุบวกพวก K^+ , Ca^{2+} หรือ Mg^{2+} ได้ หรือสามารถดูดซับกับ functional groups ของอินทรีย์วัตถุได้ และสามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนประจุบวกอื่นได้เช่นกัน นอกจากนี้ก็สามารถพบอะลูมิเนียมได้ในรูปแบบที่เป็นไฮดรอกไซด์และออกไซด์ที่ไม่เป็นผลึก (Havlin *et al.*, 1999)

ในดินและตะกอนนิยมวิเคราะห์อะลูมิเนียมทั้งหมดเพราะเป็นสิ่งที่ให้ข้อสนเทศถึงลักษณะของดินที่สัมพันธ์กับวัตถุต้นกำเนิดดินและการผุพังอยู่กับที่

เมื่อค่าปฏิกิริยา (pH) อยู่ในพิสัย 4-5 จะมีอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้มากในดินแร่ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อพืช ส่วน pH 5.5 หรือมากกว่า จะไม่พบอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้แต่จะพบ complex mixture ของ hydroxyl-Al ions อยู่บนแร่ดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุและตัวที่เป็น buffer ได้ดีมากอีกทั้งยังเป็นแหล่งสำคัญของ pH-dependent charge (Thomas, 1996)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อะลูมิเนียม, เหล็ก, แมงกานีส เป็นธาตุที่มีศักยภาพที่จะเป็นพิษต่อพืช ในดินกรดอะลูมิเนียมจะอยู่ในหลายรูปรวมทั้ง อะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้, hydroxyl $-Al[Al(OH)^{2+}$ และ polymeric Al hydroxides (Sims, 1996)

Extractable Al, Fe, Mn

ปริมาณ Al, Fe, Mn ที่สกัดออกจากดินโดยวิธีละลายที่ต่างกัน บอกถึงรูปของธาตุเหล่านี้ในดิน ทำให้ผลที่ได้เป็นประโยชน์ในการศึกษาด้านการจำแนกดิน กำเนิดดิน และพฤติกรรมของดิน เช่น ธรรมชาติและปริมาณของ extractable inorganic & organic Fe & Al อาจแสดงถึง pathway ของกำเนิดดิน

การหาปริมาณและรูปของธาตุดังกล่าวในดิน มีวิธีสกัด 5 วิธี ด้วยกัน (Ross and Wang, 1993) ได้แก่

Dithionite citrate เป็นสารที่สกัดธาตุต่างๆออกจากแร่ hematite, goethite, lepidocrocite, ferrihydrite และ noncrystalline iron oxides รวมทั้ง organic-complexed Fe & Al แต่เป็นวิธีที่มีผลน้อยในการสกัด noncrystalline inorganic forms ของอะลูมิเนียม วิธีนี้ไม่สกัดเอาเหล็ก (หรืออะลูมิเนียม) จาก crystalline silicate minerals ออกมา ดังนั้นจึงเป็นการประเมินค่า "free" (nonsilicate) Fe ในดิน ขั้นตอนการสกัดอาจทำซ้ำเพื่อให้ละลาย goethite และ hematite ที่มีขนาดทรายแป้งและขนาดทรายออกมาอย่างสมบูรณ์ ส่วนแร่ Magnetite จะไม่ละลาย

Acid ammonium oxalate เป็นสิ่งที่สกัดเหล็กและอะลูมิเนียมในรูป noncrystalline inorganic form กับรูป organic-complexed สารนี้จะสกัดเอาส่วนที่เป็นแร่ silicate minerals, goethite, hematite และ lepidocrocite ออกมาเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่เป็นสิ่งที่ละลาย magnetite ออกมาพอสมควร (considerable amount)

Hydroxylamine มีความสามารถในการสกัดเหมือนกับ oxalate แต่สิ่งที่แตกต่างจาก oxalate คือ hydroxylamine ไม่ละลาย magnetite ดังนั้นจึงใช้เป็นทางเลือกแทน ammonium oxalate ในการวิเคราะห์ดินที่มี magnetite

Tiron, 4, 5-dihydroxyl-1, 3-benzene-disulfonic acid (disodium salt) ไม่ละลาย magnetite ทำให้สามารถใช้แทน oxalate ได้ นอกจากนี้ Tiron ยังละลาย opaline silica ซึ่งทั้ง oxalate หรือ

hydroxylamine ไม่สามารถละลายองค์ประกอบนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้ Tiron ในการ extract clays อย่างไรก็ดีตามวิธีนี้ก็เหมาะกับดินที่บดผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh ด้วย

Pyrophosphate สกัด organic-complexed Fe & Al ออกจากดิน สารนี้ละลาย noncrystalline inorganic forms ออกมาเพียงเล็กน้อย และไม่ทำปฏิกิริยากับ silicate minerals กับ crystalline Fe & Al oxides กับ hydroxides

จากทั้ง 5 วิธีสกัด สามารถประเมินค่าต่างๆในดินได้ดังนี้

1. Finely divided goethite, hematite และ lepidocrocite :

Dithionite Fe – Oxalate Fe หรือ

Dithionite Fe – Hydroxylamine Fe หรือ

Dithionite Fe – Tiron Fe

2. Noncrystalline inorganic forms of Fe (รวม ferrihydrite) :

Oxalate Fe – Pyrophosphate Fe หรือ

hydroxylamine Fe - Pyrophosphate Fe หรือ

Tiron Fe - Pyrophosphate Fe

3. Organic complexed Fe : Pyrophosphate Fe

ความสำคัญของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม

1. ถ้าเหล็กและแมงกานีสทั้งหมด (Total Fe, Total Mn) สูงรูปของเหล็กและแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Available Forms) จะสูงตามไปด้วย (Havlin *et al.*, 1999)
2. ถ้าปริมาณของเหล็กและอะลูมิเนียมสูง การตรึงหรือดูดซับฟอสฟอรัสจะเกิดมาก (Havlin *et al.*, 1999)
3. ดินที่พบสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสจะมีเหล็กและแมงกานีสสูงชันกว่าเดิม

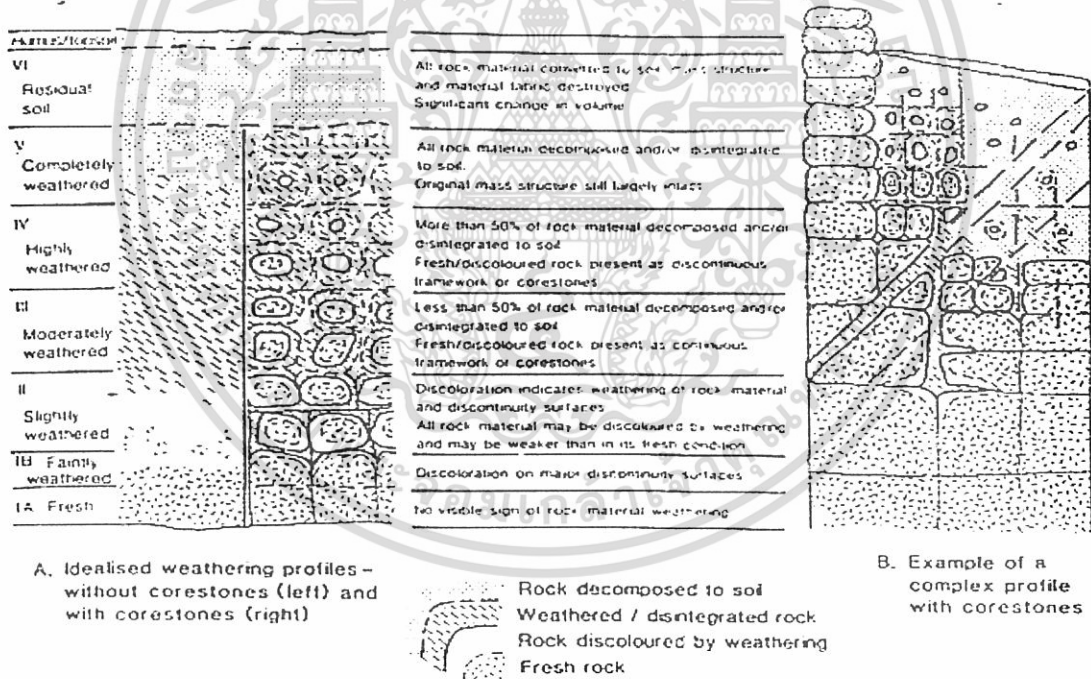
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ออกไซด์ของเหล็กบอกความรุนแรงในการสลายตัวของดิน ดินที่มีการสลายตัวสูงกว่า ออกไซด์ของเหล็กจะมีมากกว่าดินที่มีการสลายตัวต่ำ (Smeck *et al.*, 1994)
5. Fe-d เพิ่มขึ้นเมื่อดินอายุมากขึ้น และ/หรือดินสลายตัวมากขึ้น ถ้า Fe-o/Fe-d < 0.05 ดินสลายตัวอย่างรุนแรง (Smeck *et al.*, 1994)
6. Fe-d ลดลงเมื่อดินมีการระบายน้ำเลวลง (Buol *et al.*, 1997)

องค์ประกอบของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่

Geological Society (1990) กล่าวถึงลักษณะของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหิน พื้น โดยเริ่มจากหินพื้นที่อยู่ตอนล่างสุดขึ้นมายังผิวน้ำดิน (ภาพที่ 1) ดังนี้

ภาพที่ 1 แสดงองค์ประกอบของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่



ที่มา : Geological Society (1990)

Fresh Rock ไม่มีร่องรอยหินผุให้เห็นหรืออาจมีสีเปลี่ยนเล็กน้อย ณ ส่วนนอกสุดของหิน ซึ่งเริ่มมีรอยแตก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Slightly Weathered สีเปลี่ยนบอกให้ทราบว่าหินเกิดการผุพังอยู่กับที่ และมีรอยแตก ทั้งหมด อาจเปลี่ยนสี เนื่องจากเกิดการผุพังอยู่กับที่

Moderately Weathered น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของหินเปลี่ยนไปเป็นดิน หินพื้น หรือหินที่เปลี่ยนสี ยังคงมีให้เห็นแบบต่อเนื่องกันไป หรือเป็นแบบ Corestone ที่ต่อเนื่องกัน

Highly Weathered มากกว่าครึ่งหนึ่งของหินที่เปลี่ยนไปเป็นดิน มีหินพื้นหรือหินผุบางแต่ไม่ต่อเนื่องกัน หรือเป็นแบบ Corestone เป็นแห่งๆ

Completely weathering หินทั้งหมดเปลี่ยนเป็นดิน แต่ลักษณะเดิมทั้งหมด (โครงสร้างเดิม ทั้งหมด) ส่วนใหญ่ยังคงไม่บอบสลาย หรืออยู่ครบบริบูรณ์

Residual Soil หินเปลี่ยนเป็นดินอย่างสมบูรณ์ โครงสร้างหินถูกทำลายและปริมาตรเปลี่ยนไป (เพิ่มมากขึ้น) แต่วัสดุยังไม่มีการเคลื่อนที่ อย่างไรก็ดีตามตอนบนของหน้าตัดดินอาจมีตะกอนซึ่งเกิดจากการพัดพาท้องถิ่น (local transported sediments) ทับถมอยู่บ้างโดยมีความหนาแตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อหินพื้นเปลี่ยนเป็นดิน ในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของหินอัคนี มาเป็นชั้นดิน B ในเขตร้อนชื้น (Brady and Weil, 2002) พบว่า พบว่า Basic cations (Ca Mg K Na) กับ P ลดลง ในขณะที่ Si Al และ Fe เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อหินอัคนีเปลี่ยนเป็นชั้นดิน B ในเขตร้อนชื้น

Analysis (mg kg ⁻¹)			
Elements	In rock	In Soil B horizon	% Change
Ca	27.2	0.184	-99
Na	36.2	0.197	-99
Mg	5.28	1.38	-74
P	0.496	0.383	-23
K	9.79	7.88	-20
Si	234	308	+5
Al	88.1	128	+45
Fe	20.8	40.1	+93
Cu	0.003	0.022	+633
Si/Al	3.7	2.4	-35

ที่มา : Brady and Weil (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ศึกษา : ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

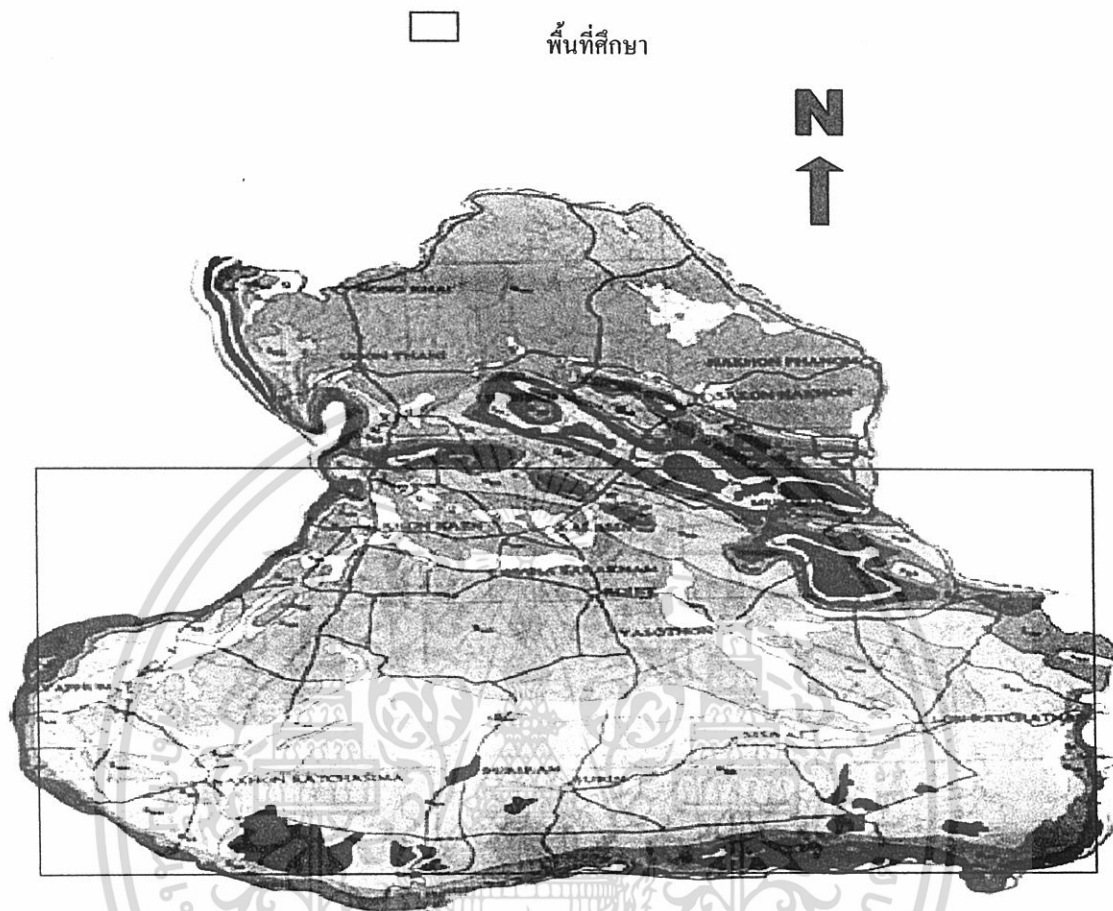
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือหรือที่ราบสูงโคราชมีสภาพภูมิประเทศเป็นภูเขาหรือขอบขั้นในด้านตะวันตกและทิศใต้ แล้วค่อยๆลาดลงไปทางตะวันออก โดยมีบริเวณต่ำที่สุดที่ปากแม่น้ำมูล อำเภอโขงเจียม จังหวัดอุบลราชธานี ส่วนทิศตะวันออกและทิศเหนือ มีแม่น้ำโขงไหลผ่าน และเป็นเส้นกั้นพรมแดนธรรมชาติระหว่างประเทศไทยกับสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ตอนกลางของพื้นที่มีเทือกเขาภูพานวางตัวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้พื้นที่ทางตอนบนและตอนล่างของเทือกเขาภูพานมีลักษณะเป็นแอ่งที่ลาดลงจากภูเขาและขอบขั้น เทือกเขาภูพานได้แบ่งที่ราบสูงโคราชออกเป็นสองส่วน คือ แอ่งสกลนคร (Sakon Nakhorn Basin) ทางตอนบน และแอ่งโคราช (Khorat Basin) ทางตอนล่างของเทือกเขาภูพาน ระบบระบายน้ำของแอ่งโคราชประกอบด้วยลำน้ำสายหลัก คือ แม่น้ำชีและแม่น้ำมูล ส่วนแอ่งสกลนครมีแม่น้ำสงครามเป็นแม่น้ำสายหลัก (พรทิวาและนารี, 2457)

ภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำแนกตามระบบของ "Köppen" เป็นแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical savanna, Aw) มี 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูฝน เริ่มต้นในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยมีการกระจายของฝนเป็นแบบฝนทิ้งช่วงในตอนกลางของฤดู คือมีฝนตกมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฝนตกมากที่สุดครั้งหนึ่งในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และปริมาณฝนที่ตกมีมากกว่าช่วงแรก โดยมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยตลอดปี 1,370 มิลลิเมตร และตกชุกในเดือนสิงหาคมกับเดือนกันยายน (พรทิวาและนารี, 2457)

ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย (Geological Survey Division, 1987) มีหินพื้นเป็นหินตะกอนที่มีอายุอยู่ในมหายุคเมโซโซอิก และจัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช โดยมีอายุตั้งแต่ยุคจูแรสสิกจนถึงเทอร์เชียรี ซึ่งหน่วยหินที่อยู่บนสุด ได้แก่ หน่วยหินมหาสารคาม อันพบมากในตอนกลางของแอ่งสกลนครและแอ่งโคราช หน่วยหินนี้มีชั้นเกลือหินเป็นองค์ประกอบด้วย

แอ่งโคราช มีหินพื้นส่วนใหญ่เป็นหน่วยหินมหาสารคาม ซึ่งพบมากในตอนกลางของแอ่ง และล้อมรอบด้วยหน่วยหินโคกกรวด หน่วยหินภูพาน หน่วยหินเสาชรีว หน่วยหินพระวิหาร และหน่วยหินภูกระดึง ซึ่งหน่วยหินเหล่านี้อยู่ขอบนอกของแอ่งโคราชและพบเป็นภูเขาล้อมรอบแอ่งโคราช และแบ่งพื้นที่ราบสูงโคราชออกเป็นสองแอ่ง ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ส่วนบริเวณที่อยู่สองฝั่งแม่น้ำสายหลัก จะพบตะกอนที่ถูกพัดพามาทับถมโดยลำน้ำ ซึ่งมีอายุอยู่ในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) นอกจากนี้ ในตอนล่างของแอ่งโคราช ก่อนถึงเทือกเขาพนมดงรักยังพบหินบะซอลต์ตั้งแต่จังหวัดนครราชสีมาจนถึงจังหวัดอุบลราชธานี ภาพที่ 2 เป็นแผนที่ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตารางที่ 3 เป็นรายละเอียดของหินพื้น

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ



ที่มา : ดัดแปลงจาก Geological Survey Division (1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 3 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยา (ตัวอักษรเรียงเข้ม คือ ส่วนที่ศึกษา)

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย	อายุ
Qa	ตะกอนน้ำพา กรวด หายแฉ่งและดิน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (unconformity)	-	Quaternary
Qt	ตะกอนตะกั่วกลุ่มน้ำ กรวด หาย แฉ่ง ดินและศิลาแลง	-	Quaternary
รอยผิวดิวอี้ (unconformity)			
K _{Tms}	หินทรายแฉ่ง หินดินดาน และหินโคลน สีแดงอิฐและแดงแกมม่วง เมื่อผู้มีสีขาจนถึงเทา ชั้นหินบางถึงหนา มีเกลือหิน โพแทช ยิปซั่ม และแอนไฮไดรต์	มหาสารคาม	Cretaceous-tertiary
K _{kk}	หินทราย สีน้ำตาลและสีน้ำตาลแกมแดง มีจุดเขียวแกมเทา เมื่อผู้มีสีน้ำตาลถึงดำแกมเทา เม็ดละเอียดถึงปานกลาง การค้ำขนาดไม่ดี หินดินดานและหินทรายแฉ่ง สีน้ำตาลอ่อน เนื้อปนไมกา หินกรวดมนเม็ดปุ่น	โคกกรวด	Middle-Upper Cretaceous
K _{pp}	หินทราย สีขาว ส้มอ่อน โดยทั่วไปเป็นกรวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 5 เซนติเมตร เม็ดกรวดประกอบด้วย ควอร์ตซ์ เบริล หินทรายแฉ่งสีแดง และหินอัคนี บางชนิดมีหินดินดานและหินกรวดมนเม็ดปุ่น สีน้ำตาล	ภูพาน	Lower- Middle Cretaceous
J _{sk}	หินทราย สีน้ำตาลแกมแดงและเทา เนื้อปนไมกา หินทรายแฉ่ง สีเทาและน้ำตาล หินกรวดมนเม็ดปุ่น หินดินดาน สีน้ำตาลแกมม่วงและแดงอิฐ	เสาชร่วย	Middle- Upper Jurassic
J _{pw}	หินทราย สีขาวและชมพู ออร์โทควอร์ตซิทิก ในช่วงบนของชั้นหินมีกรวดปน ชั้นหนามากมีรอยชั้นขวาง พบหินดินดาน และหินกรวดมนสีน้ำตาลแกมแดงและเทาแทรกสลับบ้าง	พระวิหาร	Lower- Middle Jurassic
J _{pk}	หินทรายแฉ่งสีน้ำตาลอมแดง สีแดงอมม่วง มักมีหินปูนและแร่ไมกาปน มีหินทรายอมเขียวถึงสีน้ำตาลอมเหลืองบ้าง บางส่วน และมักมีหินกรวดมนที่เป็นฐาน	ภูกระดึง	Lower Jurassic
หินอัคนี (Igneous Rocks)			
BS	หินอัคนี เป็นส่วนมาก บางแห่งมีทั้งกาลีอาบีนศิลาแลงและดินแดง	-	Tertiary

ที่มา Geological Survey Division (1982).

วิธีการศึกษา

การศึกษาในภาคสนาม

ออกสำรวจภาคสนามเพื่อเลือกจุดเก็บตัวอย่างดิน โดยใช้แผนที่ธรณีวิทยาของประเทศไทย (Geological Survey Division, 1982 และ 1987) เป็นแผนที่พื้นฐาน และเลือกจุดเก็บตัวอย่างดินเป็นบริเวณที่อยู่บนหินบะซอลต์ และหินตะกอน หลังจากนั้นจุดเก็บตัวอย่างดิน แบ่งชั้นดิน ทำคำอธิบายหน้าตัดดิน (เอิบ, 2530) และเก็บตัวอย่างดินจากแต่ละชั้นดินของทุกหน้าตัดดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

หมายเหตุ การศึกษาในภาคสนามทำโดย พรทิวา, 2545 และ 2548; พรทิวา และ นารี , 2547

การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

การเตรียมตัวอย่างดิน (โดย พรทิวา;2545 และ 2548,พรทิวา และ นารี ; 2547)

1. นำดินตัวอย่างมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บส่วนที่ผ่านตะแกรงไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์
2. การวิเคราะห์ดินทางกายภาพ
 - วิเคราะห์การแจกกระจายของขนาดดินโดยวิธีไปเปต (Gee and Bauder, 1985) และประเมินชั้นเนื้อดินโดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)
3. การวิเคราะห์ดินทางเคมี
 - ปฏิกริยาดิน (pH) โดยใช้สัดส่วนของดินต่อน้ำและดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 นอร์มอล เท่ากับ 1:5 แล้ววัด pH ด้วยเครื่องวัดปฏิกริยาดิน (pH meter) (Blakemore *et al.*, 1987)
 - อินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) โดยวิธี Wet oxidation แล้วหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโดยการไตเตรต (Walkley and Black titration (International Institute of Tropical Agriculture, 1979)
 - สกัดดินด้วยสารละลาย DTPA pH 7.3 แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณธาตุประจวบที่เป็นประโยชน์ (Fe, Mn, Cu และ Zn) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา, 2546)

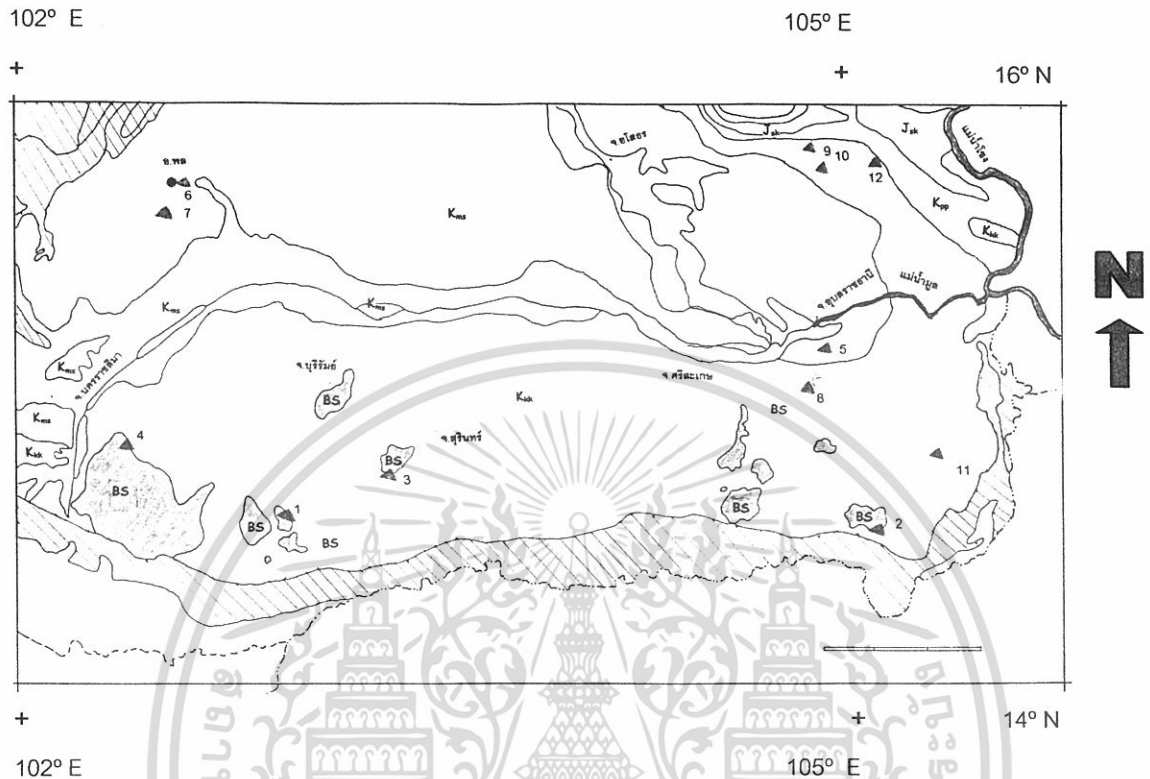
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สกัดดินด้วยกรด HClO_4 เข้มข้น แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณเหล็ก (Fe-h), แมงกานีส (Mn-h), ทองแดง (Cu-h), สังกะสี (Zn-h) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (Loeppert and Inskeep, 1996) และวัดหาปริมาณอะลูมิเนียม (Al-h) โดยการทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย Aluminon แล้ววัดค่าการส่งผ่านของแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 530 nm (International Institute of Tropical Agriculture, 1979)
- สกัดดินด้วยสารละลาย Aqua regia ($\text{HCl}:\text{HNO}_3 = 4:1$ โดยปริมาตร) แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดปริมาณเหล็ก (Fe-ar), แมงกานีส (Mn-ar), ทองแดง (Cu-ar), สังกะสี (Zn-ar) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (McGrath and Cunliffe, 1985) และวัดหาปริมาณอะลูมิเนียม (Al-ar) โดยการทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย Aluminon แล้ววัดค่าการส่งผ่านของแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 530 nm (International Institute of Tropical Agriculture, 1979)
- สกัดดินด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate ซึ่งสิ่งที่ได้จะเป็น total oxide อิสรระของเหล็ก (Fe-d), แมงกานีส (Mn-d), อะลูมิเนียม (Al-d) ในรูปที่เป็นผลึกและไม่เป็นผลึก (Crystalline+Noncrystalline forms) (Ross and Wang, 1993) วัดหาปริมาณของธาตุเหล่านี้โดยวิธีเดียวกับการสกัดดินด้วย HClO_4
- สกัดดินด้วยสารละลาย 0.2 M NH_4 -oxalate pH 3.0 ซึ่งสิ่งที่สกัดได้เป็นออกไซด์อิสรระของเหล็ก (Fe-o), แมงกานีส (Mn-o) และอะลูมิเนียม (Al-o) ในรูปที่ไม่เป็นผลึก (Non-crystalline forms) (International Institute of Tropical Agriculture, 1979)

หมายเหตุ * วิเคราะห์โดยพรทิภา (พรทิภา, 2545 และ 2548; พรทิภา และ นารี , 2547)




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ศึกษา ภาพที่ 3 แสดงลักษณะธรณีวิทยา และจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา



ที่มา: คัดแปลงจาก Geological Survey Division, 1982

สัญลักษณ์

-  1,2,3...12 พื้นที่เก็บตัวอย่างดิน  ที่ตั้งของอำเภอ
-  แม่น้ำ J_{sk} หน่วยหินเสาขัว
- BS หน่วยหินบะซอลท์ K_{ms} หน่วยหินมหาสารคาม
- K_{kk} หน่วยหินโคกกรวด K_{pp} หน่วยหินภูพาน
- J_{sk} หน่วยหินเสาขัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ภาพที่ 3 จุดเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 12 หน้าตัดดิน ประกอบด้วยหน้าตัดดินที่อยู่บนหินบะซอลท์ (หมายเลข 1-4) ส่วนที่เหลือเป็นพวกที่อยู่บนหินตะกอน ได้แก่ หน่วยหินมหาสารคาม (หมายเลข 5-7) และหน่วยหินโคกกรวด (หมายเลข 8-12) ตารางผนวกที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของหินพื้น และสิ่งที่ปรากฏในหน้าตัดดิน ซึ่งสัมพันธ์กับหินพื้น ตารางผนวกที่ 3 แสดงสมบัติบางประการทางเคมีและกายภาพที่เกี่ยวข้องกับเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในดิน ภาพผนวกที่ 1 และ 2 เป็นกราฟแสดงการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและปฏิกิริยาดินตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 3, 4 และ 5 แสดงการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมที่สกัดได้ตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน)

หน้าตัดดินที่เกิดอยู่บนหินบะซอลท์

หน้าตัดดินที่ 1

ตารางที่ 4 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 1

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
A	0-50	5YR 5/2	L	7	-
Cr1	50-100	5YR 8/1 & 7.5YR 7/8 & 5YR 5/8 & 2.5YR 4/6	S	7	-
Cr2	100-200	10Y 8/1 & 5Y 7/4 & 10YR 6/8	LS	7	-
Cr3	200-300	2.5Y 7/1 & 10YR 7/1 & 2.5Y 8/2 & 2.5YR 4/4 & 5YR 4/6	SiL	7	-
2Cr1	300-400	5GY 7/1 & 10YR 4/4	S	8	-
2Cr2	400-500	10R 4/4	SiL	8	-

Location : GPS 14° 31' 42.8" N; 102° 57' 46.8" E

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 4)

เป็นหินผุดตลอดความลึก 5 เมตร บนผิวน้ำดินมีหินบะซอลท์โผล่เป็นจำนวนมาก และภายในความลึก 1 เมตรจากผิวน้ำดินก็พบก้อนหินแข็งขนาดใหญ่อยู่รวมกับส่วนที่เป็นหินผุ ตั้งแต่ผิวน้ำดินลงไปถึงความลึก 3 เมตรเป็นส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์ ซึ่งวางทับอยู่บนหินผุที่เป็นหินตะกอน (3-5 เมตร) ส่วนที่เป็นดินของตอนบนหนา 50 เซนติเมตรมีสีแดงปนเทา (5YR 5/2) ในขณะที่ชั้นหินผุซึ่งอยู่ถัดลงมา (50-100 เซนติเมตร) ส่วนใหญ่เป็นสีขาว (5Y 8/1) พบสีแดงออกเหลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(5YR 5/8) สีเหลืองออกแดง (7.5YR 7/8) และสีแดง (2.5YR 4/6) น้อยมาก ส่วนที่ความลึก 100-200 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผุสีเทาปนเขียวอ่อน (10Y 8/1) เป็นส่วนใหญ่ และพบสีเหลืองซีด (5Y 7/4) กับสีน้ำตาลออกเหลือง (10YR 6/8) ไม่มากนัก

ที่ความลึก 200-300 เซนติเมตร หินผุที่พบเป็นสีผสมของสีเทา (2.5Y 7/1) สีเทาปนเขียวอ่อน (10GY 7/1) สีเหลืองจาง (2.5Y 8/2) สีน้ำตาลแดง (2.5YR 4/4) และสีแดงออกเหลือง (5YR 4/6) ตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึง ความลึก 300 เซนติเมตร ปฏิริยาตินในสนามเป็นกลาง ($pH_f = 7$)

ที่ความลึก 300-400 เซนติเมตร ฝุมากกว่าที่พบในความลึก 400-500 เซนติเมตร คือ ส่วนใหญ่เป็นสีเทาปนเขียวอ่อน (5GY 7/1) และมีสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม (10YR 4/4) ปะปนบ้าง ในขณะที่ตอนล่างสุดหินผุส่วนใหญ่มีสีแดงอ่อน (10R 4/4) ปฏิริยาตินในสนามของส่วนนี้เป็นต่างอ่อน ($pH_f = 8$)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (ตารางผนวกที่ 3) ระหว่างส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์และหินตะกอนแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะอนุภาคขนาดทรายแป้งและขนาดทราย และภายในส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์เอง ชั้นดินบนก็มีการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน แตกต่างจากช่วงความลึกอื่น ๆ กล่าวคือประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 28.57 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 27.83 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 43.60 เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายสำหรับชั้นดินบน (0-50 เซนติเมตร) ในขณะที่ความลึก 50-200 เซนติเมตร ประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 5.70-6.04 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 5.93-19.06 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 74.91-88.37 เนื้อดินเป็นดินทรายร่วนและดินร่วนปนทราย ส่วนที่ความลึก 200-300 เซนติเมตร ประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 8.67 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 46.41 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 44.91 เนื้อดินเป็นดินร่วน สำหรับส่วนที่เป็นหินตะกอน ประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 12.67-18.03 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 77.84-78.65 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 3.32-9.49 เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง

ปฏิริยาติน (pH_w) ตลอดหน้าตัดดินเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยมีค่าระหว่าง 6.11-7.63 สำหรับความลึก 0-300 เซนติเมตร และ 7.87 กับ 7.63 ความลึก 300-500 เซนติเมตร pH_k ก็เพิ่มขึ้นตามความลึกเช่นกัน และมีค่าต่ำกว่าปฏิริยาตินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) ทุกช่วงความลึก (5.48-6.5 สำหรับ 0-300 เซนติเมตร และ 6.86-6.57 สำหรับชั้นหินผุที่เป็นหินตะกอน)

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-o มีค่าสูงสุดที่ผิวหน้าดินหลังจากนั้นมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและต่ำที่สุดที่ความลึก 100-200 เซนติเมตร ส่วน Fe-h, Fe-ar และ Fe-d มีการแจกกระจายเหมือนกัน ตลอดหน้าตัดดิน คือ มีค่าสูงที่ชั้นดินบน และเพิ่มขึ้นตามความลึกในส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์

และจะเห็นว่าความลึก 300 – 500 เซนติเมตร ซึ่งเป็นหินตะกอน แม้จะมีอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงกว่าส่วนที่เป็นหินบะซอลท์ (50 – 300 เซนติเมตร) แต่เหล็กที่สกัดได้ทั้ง 3 รูป กลับต่ำกว่าและในส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์ พบว่า ความลึก 200-300 เซนติเมตร ซึ่งผุ่ย่อยที่สุดมี Fe-h, Fe-ar และ Fe-d สูงที่สุด สำหรับผิวน้ำดินค่าเหล็กที่สกัดได้สูงอาจเกิดจากมีเนื้อดินละเอียดที่สุด

แมงกานีสที่สกัดได้ ส่วนที่เกิดจากหินตะกอนมีแมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปสูงกว่าส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์อย่างเห็นได้ชัด และจะเห็นว่าแมงกานีสทุกรูปของส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-d และ Al-o ต่ำมากเมื่อเทียบกับ Al-h และ Al-r และค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดินและจะเห็นว่าส่วนที่เกิดตะกอนมี Al-h และ Al-ar สูงกว่า ส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) Zn-h และ Zn-ar ของส่วนที่เกิดจากหินบะซอลท์มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันและต่ำกว่าส่วนที่อยู่ตอนล่างซึ่งเกิดจากหินตะกอนเล็กน้อย ในขณะที่ Cu-h ของตลอดหน้าตัดดินค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่ Cu-ar ของความลึก 300-500 เซนติเมตร ซึ่งเกิดจากหินตะกอนมีค่าต่ำกว่าตอนบนของหน้าตัดดิน ที่เกิดจากหินบะซอลท์

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ ตลอดหน้าตัดดิน Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมากและต่ำกว่า Fe-tr กับ Mn-tr อย่างเห็นได้ชัด ทุกธาตุมีค่าสูงที่ชั้นดินบน และลดลงตามความลึก ตลอดหน้าตัดดินมี Mn-tr สูงที่สุด โดยเฉพาะที่ตอนบน 1 เมตรจากผิวดิน ซึ่งอาจเกิดจากอินทรีย์วัตถุ เนื่องจาก Mn-tr จะสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุ มากกว่าจุลธาตุประจวบอีก การที่ดินบนมีจุลธาตุเหล่านี้สูง นอกจากจะเกิดจากอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุแล้ว การที่ดินล่างมีปฏิกิริยาดินเพิ่มขึ้นก็อาจทำให้ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุประจวบเหล่านี้ลดลงได้ (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 2

ตารางที่ 5 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 2

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other	
Ap	0-10	5YR 3/2; 5YR 5/6	C	7	iron pisoliths กลม เล็ก	
ABc	10-20	5YR 4/2; 5YR 5/6	C	7		
Bwc1	20-30	5YR 4/4	C	7		
Bwc2	30-37		C	6.5		
Bwc3	37-60	7.5YR 4/4	C	6.5	-	
2Cc11	60-70		C	6.5	-	
2Cc12	70-90		C	6.5	ปะชอลท์ เหลี่ยม แข็ง	
2Cc13	90-100		C	7	-	
2Cc14	100-110		C	6.5		
3Cc21	110-120		C	7	ศิลาแลง เล็ก & ปะชอลท์ เล็ก กลม ผุ	
3c22	120-130		C	7	-	
3c23	130-140		7.5YR 4/6; 5/6	C	7	-
4Cc31	140-150		7.5YR 6/4	C	7	ศิลาแลง & ปะชอลท์ ใหญ่ กลม ผุ
4Cc32	150-160			C	6.5	-
4Cc33	160-170	7.5YR 5/2; 6/4; 5YR 6/4	C	7	ศิลาแลง เล็ก & ปะชอลท์ เล็ก กลม ผุ	
4Cc34	170-180	7.5YR 6/2; 5YR 5/4	C	7	ศิลาแลง & ปะชอลท์ ใหญ่ กลม ผุ	
5Cr	180-190	10YR 6/2; 2.5YR 4/6	C	7	หินปะชอลท์ผุ	

Location : GPS 14° 30' 11.3" N; 105° 01' 19.9"

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 5)

ในส่วนที่เป็นดิน (0-60 เซนติเมตร) พบว่า ตอนบนของหน้าตัดดินหนาประมาณ 30 เซนติเมตร มีโครงสร้างดีมาก มีสีน้ำตาลปนแดงเข้ม (5YR 3/2) และแดงออกเหลือง (5YR 5/6) ใน ส่วนของชั้นดินบน 10 เซนติเมตรแรก ในขณะที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร มีสีเทาปนแดงเข้ม (5YR 4/2) และแดงออกเหลือง (5YR 5/6) ส่วนความลึก 20-30 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลแดง (5YR 4/4) พบ สารมวลพอกของเหล็ก ขนาดเล็ก รูปวงกลม ดินมีสีน้ำตาลออกแดง (5YR 4/4) และสีน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(7.5YR 4/4) ส่วนความลึก 60-110 เซนติเมตร เป็นชั้นของหินบะซอลท์รูปร่างเป็นเหลี่ยม ขนาดใหญ่ (กว้าง ยาว และหนาประมาณ 5-20 เซนติเมตร) แข็งมาก ส่วนที่เป็นดินมีสีน้ำตาล (7.5YR 4/4) ในขณะที่ความลึก 110-140 เซนติเมตร เป็นชั้นที่พบศิลาแลงขนาดเล็กและหินบะซอลท์รูปร่างกลม ผุ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาล (7.5YR 4/4) และน้ำตาลแก่ (7.5YR 4/6 และ 5/6)

ที่ความลึก 140-180 เซนติเมตร เป็นชั้นของศิลาแลงกับหินบะซอลท์กลม ผุ สลับกับศิลาแลงและหินบะซอลท์รูปร่างกลมและ ผุ ขนาดใหญ่ ดินมีสีน้ำตาลอ่อน (7.5YR 6/2) และสีน้ำตาลแดง (5YR 5/4) สีน้ำตาล (7.5YR 5/2) สีน้ำตาลปนแดงอ่อน (5YR 6/4) สีเทาออกชมพู (7.5YR 6/2) และสีน้ำตาลแดง (5YR 6/2) เป็นส่วนใหญ่ ที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (180-190 เซนติเมตร เป็นชั้นหินบะซอลท์ผุ รูปร่างกลม สีเทาปนน้ำตาลอ่อน (10YR 6/2) และมีสีน้ำตาลแดง (5YR 5/4) ให้เห็นบ้าง

ชั้นส่วนหยาบ พบตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปตลอดความลึก โดยมีขนาด รูปร่าง และปริมาณแตกต่างกัน คือ ตอนบน 60 เซนติเมตรแรกจากผิวดิน เป็นชั้นส่วนศิลาแลง และ iron pisoliths ขนาดเล็ก รูปร่างกลม (เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5-1.0 เซนติเมตร) หลังจากนั้นเป็นชั้นของก้อนบะซอลท์เหลี่ยม แข็ง ขนาดใหญ่ (60-110 เซนติเมตร) ส่วนที่ความลึก 110-140 เซนติเมตร มีชั้นส่วนหยาบซึ่งเป็นก้อนศิลาแลงขนาดเล็ก และบะซอลท์กลม เล็ก หลังจากนั้นเป็นชั้นบะซอลท์กลม ขนาดใหญ่ ผุ และชั้นศิลาแลง (140-180 เซนติเมตร) และชั้นหินผุ (180-190 เซนติเมตร)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (ตารางผนวกที่ 3) เป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน มีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากที่สุด คือ ร้อยละ 47.59-71.13 และชั้นดินล่างมีปริมาณมากกว่าชั้นดินบน โดยที่ตั้งแต่ความลึก 0-120 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึกเล็กน้อย (ร้อยละ 47.59-64.76) หลังจากนั้นแม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะสูงกว่าที่พบในตอนบน แต่ก็มีความโน้มถ่วงลดลงตามความลึกในช่วง 0-120 เซนติเมตร (ร้อยละ 15.47-32.05) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก (ร้อยละ 14.76-23.12) ส่วนอนุภาคขนาดทรายมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน (ร้อยละ 12-20)

ปฏิกริยาดิน ค่อนข้างใกล้เคียงกันและสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน โดยอยู่ในพิสัย 6.5-7 ในขณะที่ปฏิกริยาดินที่วัดด้วยน้ำ เพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก (5.73-6.64) ส่วนปฏิกริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 นอร์มอล ซึ่งมีค่าต่ำกว่าปฏิกริยาดินที่วัดด้วยน้ำ มีค่าลดลงตามความลึกในช่วง 0-60 เซนติเมตร (4.55-5.79) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (4.71-5.27)

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ ทุกรูปสูงที่สุดในบรรดาหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลท์ ตลอดความลึก แม้ว่าเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปจะมีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก แต่การแจกกระจายที่ปรากฏก็สอดคล้องกับสัณฐานวิทยาสนาม เป็นต้นว่า มีค่าสูงที่สุดในส่วนที่เป็นดิน (0-60 เซนติเมตร) ทั้ง ๆ ที่มีปริมาณขนาดอนุภาคดินเหนียวน้อยกว่าส่วนอื่นของหน้าตัดดินและในความลึกอื่น (60-110, 110-140, 140-180 และ 180-190 เซนติเมตร) ก็บอกความแตกต่างของเหล็กเหล่านี้เช่นกัน สาเหตุที่ปริมาณเหล็กที่สกัดได้ไม่ต่างกันมากนักอาจเกิดจากอนุภาคดินเหนียวตลอดหน้าตัดดินไม่ต่างกัน

แมงกานีสที่สกัดได้ เช่นเดียวกับเหล็ก คือ หน้าตัดดินนี้มีปริมาณแมงกานีสสูงที่สุด ตั้งแต่ผิวหน้าดินจนถึงความลึก 30 เซนติเมตร แม้ว่าแมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปมีแนวโน้มลดลงตามความลึกแต่ก็ยังคงแจกกระจายสอดคล้องกับสัณฐานวิทยาสนาม เช่นเดียวกับที่พบในเหล็กที่สกัดได้ ตัวอย่าง เช่น ระหว่างความลึก 0-60, 60-110, และ 110-140 เซนติเมตร) ส่วนที่ความลึก 140-180 เซนติเมตร แมงกานีสที่สกัดได้แจกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ มีปริมาณสูงที่สุดในบรรดาหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลท์ Al-d และ Al-o ต่ำมาก และไม่แตกต่างกันตลอดหน้าตัดดินในขณะที่ Al-h และ Al-ar แจกกระจายค่อนข้างสอดคล้องกับอนุภาคดินเหนียวและแสดงความแตกต่างตามสัณฐานวิทยาสนามเช่นเดียวกับที่พบในเหล็กและแมงกานีสที่สกัดได้

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) Zn-h ค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน ส่วน Zn-ar แม้จะมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันแต่การแจกกระจายแต่การแจกกระจายเป็นไปตามความลึกสอดคล้องกับสัณฐานวิทยาสนาม ส่วน Cu-h และ Cu-ar แม้ว่าการแจกกระจายตามความลึกจะไม่สม่ำเสมอ แต่ก็ยังเป็นไปตามสัณฐานวิทยาสนามด้วย

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ พบ Mn-tr เฉพาะตอนบน (0-10 เซนติเมตร) เท่านั้น และมีค่าสูงมากซึ่งอาจเกิดจากอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุ ในขณะที่ Fe-tr ค่อนข้างใกล้เคียงกัน เช่นเดียวกับ Cu-tr ส่วน Zn-tr พบว่าดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่างเล็กน้อย เนื่องจากความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ กับ pH และ OC พบว่าจุลธาตุประจวบกับค่อนข้างสัมพันธ์กับ OC และแปรผกผันกับ pH (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 3

ตารางที่ 6 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 3

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap	0-10	7.5YR 3/1	SL	6.5	-
Bt	10-30	10YR 4/3	SL	5.5	-
Btc1	30-50	10YR 4/4	CL	5	laterite กลม เล็ก
Btc2	50-60	10YR 4/3	SCL	5	lateritic fragments
Btc3	60-70	10YR 4/2	L	5.5	lateritic fragments
Cv1	70-90		CL	6	Plinthite
Cv2	90-110+		L	6.5	-

Location : GPS 14° 42' 34.0" E; 102° 20' 33.0" E

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 6)

ดินบน (0-10 เซนติเมตร) สีเทาเข้มมาก (7.5YR 3/1) และเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล (10YR 4/3) กับสีน้ำตาลออกเหลืองเข้ม (10YR 4/4) ในความลึก 10-30 เซนติเมตร และ 30-50 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความลึก 50-70 เซนติเมตร เป็นสีน้ำตาล (10YR 4/3) ในขณะที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (70-100 เซนติเมตร) เป็นสีน้ำตาลปนแดงเข้ม (10YR 4/2)

ที่ความลึก 10-50 เซนติเมตร ชั้นส่วนหยาบที่พบเป็นก้อนศิลาแลงขนาดเล็ก หลังจากนั้น (50-70 เซนติเมตร) เป็นชั้นส่วนของศิลาแลงขนาดใหญ่ขึ้นกว่าที่พบในความลึก 30-50 เซนติเมตร ส่วนที่ความลึก 70-100 เซนติเมตร ซึ่งในสนามเป็นศิลาแลงอ่อน แต่ภายหลังจากฝังตัวอย่างดินให้แห้งในที่ร่มแล้ว เปลี่ยนไปเป็นชั้นของศิลาแลง ส่วนความลึกที่มากกว่า 1 เมตร ของจุดเก็บตัวอย่างดินเป็นหินบะซอลท์ กลม และ แข็ง

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน (ตารางผนวกที่ 3) ภายในหน้าตัดดินนี้มีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 11.63-31.48 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 16.71-43.80 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 37.49-59.79 โดยสามารถแบ่งหน้าตัดดินออกได้เป็นสามส่วน คือ 0-30, 30-90, และ 90-100 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนบน 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำดินเป็นดินร่วนปนทราย ในขณะที่ความลึก 30-90 เซนติเมตรส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว ยกเว้นความลึก 50-60 เซนติเมตรที่เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดินเป็นดินร่วน

ปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_i) ลดลงจากผิวน้ำดินถึงความลึก 60 เซนติเมตร (5-6.5) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นตามความลึก (5-6.5) ส่วนปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) เพิ่มขึ้นตามความลึก (4.38-5.75) เช่นเดียวกับ ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 นอร์มอล (pH_K=3.86-5.08)

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-o ลดลงตามความลึกอย่างเห็นได้ชัดในช่วงความลึก 0-70 เซนติเมตร ส่วนชั้นหินผุที่อยู่ตอนล่างมี Fe-o สูงที่สุดในหน้าตัดดิน Fe-d มีค่าต่ำที่สุดในตอนบน 30 เซนติเมตรจากผิวน้ำดิน หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึก ส่วน Fe-h และ Fe-ar มีค่าสูงอย่างเห็นได้ชัดในช่วงความลึก 30-70 เซนติเมตร ซึ่งพบก้อนศิลาแลง สำหรับชั้นหินผุพบว่าที่ความลึก 90-100 เซนติเมตร ซึ่งผุน้อยกว่าและหยาบกว่ามี Fe-h และ Fe-ar สูงกว่าที่พบในความลึก 70-90 เซนติเมตร

ตั้งแต่ความลึก 0-70 เซนติเมตร พบว่า Fe-h, Fe-ar และ Fe-d แจกกระจายตามความลึกคล้ายกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

แมงกานีสที่สกัดได้ ในส่วนที่เป็นดิน 0-70 เซนติเมตร) ทุกรูปของแมงกานีสที่สกัดได้มีค่าต่ำกว่าที่พบในชั้นหินผุอย่างเห็นได้ชัด และดินบนมีค่าสูงที่สุดซึ่งเกิดจากอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุ

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วน Al-d และ Al-o ค่อนข้างคงที่ตลอดความลึกและมีค่าต่ำมาก

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) ตลอดหน้าตัดดิน Zn-h ค่อนข้างคงที่เช่นเดียวกับ Cu-h ถึงแม้ว่า Zn-ar จะไม่ค่อยสม่ำเสมอแต่ค่าที่สกัดได้ไม่แตกต่างกันซึ่งตรงกันข้ามกับ Cu-ar ที่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างส่วนที่เป็นดินกับหินผุ การแจกกระจายของ Zn-h และ Zn-ar ค่อนข้างสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr และ Cu-tr มีค่าต่ำมาก ส่วน Fe-tr กับ Mn-tr ของส่วนที่เป็นหินผุ (90-100 เซนติเมตร) ก็แตกต่างอย่างชัดเจนกับชั้นที่เป็นดินซึ่งมีค่าสูงสุดที่ชั้นดินบนและลดลงตามความลึก

การแจกกระจายของจุลธาตุที่เป็นประโยชน์พบว่าสอดคล้องกับอินทรีย์คาร์บอนและแปรผกผันกับปฏิกิริยาดิน (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดดินที่ 4

ตารางที่ 7 แสดงลักษณะดินของหน้าตัดดินที่ 4

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap	0-20	2.5YR 3/3; 3/4	CL	5.5	มีกรวดของหินบะ ซอลท์เล็กน้อย
AB	20-35	2.5YR 3/4	C	5.5	-
Bt1	35-60	2.5YR 4/6	C	4.5	-
Btr2	60-80		C	4.5	-
Btc	80-110		C	4.5	Iron concretions

Location : GPS 14° 44' 21.9" N; 102° 22' 21.9" E

ลักษณะดิน (ตารางที่ 7)

ตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึงความลึก 35 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลปนแดงเข้ม (2.5YR 3/3 และ 3/4) พบกรวดขนาดเล็กของหินบะซอลท์ (0.2-0.5 มิลลิเมตร) เพียงเล็กน้อย และตั้งแต่ความลึก 35-110 เซนติเมตร เป็นดินสีแดง (2.5YR 4/6) พบชิ้นส่วนหยาบที่สารมวลพอกของเหล็ก (iron concretions) ที่ความลึก 80-110 เซนติเมตร

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน (ตารางผนวกที่ 3) เป็นเหนียวตลอดหน้าตัดดิน โดยประกอบด้วยอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 40.07-59.90 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 14.70-21.84 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 22.71-38.24 อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก

ปฏิกิริยาดินในสนาม อยู่ในพิสัย 4.5-5.5 โดยดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่าง เช่นเดียวกับปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) และปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 นอร์มอล (pH_K) คือ 5.27 -5.72 และ 4.12-4.93 ตามลำดับ

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-h และ Fe-ar เพิ่มขึ้นตามความลึกสอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว การที่ความลึก 20-80 เซนติเมตร มี Fe-h และ Fe-ar สูง อาจได้รับอิทธิพลจากสารมวลพอกของเหล็ก ส่วน Fe-o มีค่าสูงที่ความลึกในขณะที่ยังดินบน และตอนล่างสุดมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

แมงกานีสที่สกัดได้ ทุกรูปมีค่าสูงสุดในความลึก 35-60 เซนติเมตร ซึ่งพบสารมวลพอกของเหล็ก ในขณะที่ความลึกอื่นมีค่าสูงที่ยังดินบนและลดลงตามความลึก

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar แจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วน Al-d และ Al-o มีค่าต่ำมากและใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) Zn-h และ Zn-ar ค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน ส่วน Cu-h และ Cu-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว โดยเฉพาะความลึก 0-80 เซนติเมตร และมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัดที่ 80-110 เซนติเมตร

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr และ Cu-tr มีค่าต่ำมากและลดลงตามความลึก ส่วน Mn-tr เป็นจุลธาตุที่พบมากที่สุด และดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่างอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกับ Fe-tr นอกจากนี้จะเห็นว่าจุลธาตุที่เป็นประโยชน์มีความสัมพันธ์กับอินทรีย์คาร์บอน (OC) มากกว่าที่จะได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาดิน (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินบะซอลต์ ส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียด ยกเว้นหน้าตัดดินที่ 1 ซึ่งมีพัฒนาการน้อยที่สุด เป็นไปได้ว่าหินบะซอลต์ ยังสลายตัวไม่สมบูรณ์ จึงมีเนื้อหยาบกว่าหน้าตัดดินอื่น ที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดินที่ 1 พบหินตะกอนซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช ความแตกต่างระหว่างหินบะซอลต์ และหินตะกอน นอกจากฐานวิทยาศาสตร์ และการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินแล้ว เหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ก็แตกต่างกันด้วย สำหรับหน้าตัดดินที่ 1 จะเห็นว่า ส่วนที่เกิดจากหินบะซอลต์ มีเหล็กที่สกัดได้สูงกว่า แต่มีแมงกานีสที่สกัดได้ และ Al-ar ต่ำกว่าหินตะกอน แต่ถ้าพิจารณาทุกหน้าตัดดิน จะเห็นว่า หน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์ มีเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม รวมทั้งจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ สูงกว่า ที่พบในหินตะกอน ซึ่งอาจเกิดจากหินบะซอลต์มีธาตุเหล่านี้เป็นองค์ประกอบ อยู่มากกว่าหินตะกอน

ในบรรดาหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์ จะเห็นว่าหน้าตัดดินที่ 2 มีเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมที่สกัดได้สูงที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากการมีเนื้อดินละเอียดที่สุด จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะ Fe-tr, Cu-tr และ Zn-tr ก็มากที่สุดด้วย ถ้าเรียงลำดับปริมาณจุลธาตุที่พบในทุกหน้าตัดดิน จากมากไปหาน้อยเป็นดังนี้

Fe-tr หน้าตัดดินที่ 2 > หน้าตัดดินที่ 3 > หน้าตัดดินที่ 4 > หน้าตัดดินที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mn-tr หน้าตัดดินที่ 4 > หน้าตัดดินที่ 3 > หน้าตัดดินที่ 1 > หน้าตัดดินที่ 2

Zn-tr หน้าตัดดินที่ 2 > หน้าตัดดินที่ 4 > หน้าตัดดินที่ 3 > หน้าตัดดินที่ 1

Cu-tr หน้าตัดดินที่ 2 > หน้าตัดดินที่ 4 > หน้าตัดดินที่ 3 > หน้าตัดดินที่ 1

เนื่องจากหน้าตัดดินที่ 1 และ 2 มีพัฒนาการต่ำทำให้การแจกกระจายของเหล็ก และ แมงกานีสที่สกัดได้ค่อนข้างเป็นไปตามสัณฐานวิทยาสนามในขณะที่อะลูมิเนียมที่สกัดได้โดยเฉพาะ Al-h และ Al-ar เป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว เนื่องจากอะลูมิเนียมเป็นองค์ประกอบของโครงสร้าง พื้นฐานของแร่ดินเหนียว (Alumina sheet)

หน้าตัดดินที่ 3 และ 4 มีพัฒนาการของหน้าตัดดินทำให้ Fe-h, Fe-ar และ Al-h, Al-ar รวมทั้งทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว และจะเห็นว่าชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็กมีปริมาณเหล็กสูงกว่าชั้นที่ไม่พบสารนี้ แต่ในส่วนของ แมงกานีสกลับไม่ได้รับอิทธิพลจากการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว

สำหรับจุลธาตุของทุกหน้าตัดดินพบว่า ได้รับอิทธิพลจากปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าที่จะ เป็นปฏิกริยาดิน (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)



หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินมหาสารคาม

หน้าตัดดินที่ 5

ตารางที่ 8 แสดงสีดินฐานวิทยาศาสตร์ของหน้าตัดดินที่ 5

Horizon	Depth (cm)	Colors (Matrix / Mottles)	Texture	Field pH	Other
Apg1	0-10	7.5YR 6/2 & 6/4; 7.5YR 5/8 & 5YR 5/8	SCL	5.5	-
Apg2	10-20	7.5YR 6/3; 5YR 5/8	L	5	-
Bg11	20-30	7.5YR 5/2; 7.5YR 5/8 & 2.5 YR 4/8	L	5	-
Bg12	30-40	7.5YR 6/3; 7.5YR 5/8 & 5YR 5/8	SiL	5.5	-
Bg21	40-50	7.5YR 6/2; 7.5YR 5/8 & 5YR 5/8	L	5.5	-
Bg22	50-70		L	5.5	-
Bg23	70-90		L	5.5	-
Btg11	90-100	7.5YR 6/2 & 7/2; 7.5YR 5/8 & 5YR 5/8	CL	5	-
Btg12	100-120	7.5YR 6/2 & 10YR 8/1; 7.5YR 5/8 & 7.8	SCL	5.5	-
Btg13	120-140	7.5YR 7/2 & 2.5YR 8/1; 10YR 6/8 & 5YR 5/6	CL	5.5	-
Btg2	140-160		SCL	5.5	-
BCg11	160-180	7.5YR 8/1; 10YR 6/8 & 5YR 5/6	SCL	5.5	-
BCg12	180-200	7.5YR 8/1; 7.5YR 6/8 & 10YR 6/8	SCL	6	-
Cg11	200-220	7.5YR 8/1; 10YR 6/8 & 2.5YR 4/4	SCL	6	-
Cg12	220-240	10YR 8/1; 10YR 6/8, 7.5YR 5/6 & 10R 4/6	CL	6	-
Cg13	240-250		CL	6.5	-
Cg14	250-260	2.5Y 8/1; 10YR 7/8 & 2.5YR 4/4	CL	6.5	-
Cr1	260-275	2.5Y 7/1; 10YR 7/8	SCL	6.5	-
Cr2	275-290	2.5YR 4/3 (สด) & 2.5Y 7/1 (ผุ)	SL	7	-
R	290-300	2.5YR 4/3	SL	8	-

Location : GPS 15° 01.00' N; 104° 57.60' E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 8)

ดินบน (0-40 เซนติเมตร) ดินส่วนใหญ่มีสีน้ำตาล มีจุดประสีแดงเล็กน้อย ปฏิกริยาดินในสนาม (pH_f) เท่ากับ 5-5.5 เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วน และดินร่วนปนทรายแป้ง

ที่ความลึก 40-100 เซนติเมตร ดินมีสีเทาปนชมพู จุดประสีแดงออกเหลือง และน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินในสนาม เท่ากับ 5-5.5 เนื้อดินเป็นดินร่วน และดินร่วนเหนียว

ที่ความลึก 100-250 เซนติเมตร ดินมีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ พบจุดประสีเหลืองออกแดง และเหลืองปนน้ำตาล ปฏิกริยาดินในสนาม (pH_f) เท่ากับ 5.5-6 เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง

ที่ความลึก 250-290 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผู้ความรุนแรงของการสลายตัวลดลงตามความลึก สีขาว, เทาอ่อน (ผู้มาก) สีน้ำตาลแดง (ผู้น้อย) ปฏิกริยาดินในสนาม (pH_f) เท่ากับ 6.5-7 เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วน และดินร่วนปนทรายแป้ง ที่ความลึก 290-300+ เซนติเมตร หินผู้สีน้ำตาลออกแดง ปฏิกริยาดินในสนาม (pH_f) เท่ากับ 8 เนื้อดินเป็นดินร่วน

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน (ตารางผนวกที่ 3) ชั้นดินบน 0-10 เซนติเมตร มีการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน แตกต่างจากที่พบในความลึก 10-90 เซนติเมตร อย่างชัดเจน คือ มีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่า อนุภาคขนาดทรายแป้ง โดยที่พบในความลึก 10-90 เซนติเมตร มีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 15-20 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 33-52 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 31-51

ที่ความลึก 90-220 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวค่อนข้างใกล้เคียงกันร้อยละ 30-35 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 12-21 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 45-56

ที่ความลึก 210-275 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มเป็นร้อยละ 33-36 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 18-20 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 43-49

ที่ความลึก 290-300 เซนติเมตร มีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 9 อนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 19 และอนุภาคขนาดทรายร้อยละ 72

ปฏิกริยาดินในสนาม (pH_f) ค่อนข้างคงที่ ภายในความลึก 180 เซนติเมตรจากผิวดิน คือ 5-5.5 และเพิ่มเป็น 6-8 ที่ความลึกปฏิกริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) และปฏิกริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 นอร์มอล (pH_k) ก็เพิ่มตามความลึกเช่นกัน (4.54-7.08, 3.68-5.66 ตามลำดับ)

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d นอกจากจะแจกกระจายค่อนข้างเป็นไปตามอนุภาคนาขนาดดินเหนียวแล้ว ยังสอดคล้องกับสัณฐานวิทยาสนามด้วย ทำให้แยกได้เป็นหลายส่วน ได้แก่ 0-40, 40-90, 90-140, 140-200, 200-260, 260-290 เซนติเมตร ชั้นหินผุ และ 290-300 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นหินแข็ง

Fe-o แจกกระจายในความลึก 0-100 เซนติเมตร ไม่สม่ำเสมอ (ลดลงอย่างชัดเจนในช่วง 0-50 เซนติเมตร) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนจนถึงความลึก 100 เซนติเมตร แต่ในความลึกอื่นแจกกระจายค่อนข้างสม่ำเสมอสอดคล้องกับ Fe-d

แมงกานีสที่สกัดได้ ทุกรูปมีค่าสูงที่สุดในชั้นหินแข็งซึ่งอยู่ล่างสุด หลังจากนั้นมีการแจกกระจายไม่สม่ำเสมอ สอดคล้องกับสัณฐานวิทยาสนาม และจะเห็นว่าความลึก 0-50 เซนติเมตร ซึ่งอนุภาคนาขนาดดินเหนียวไม่สูง แต่แมงกานีสทุกรูปสูงกว่าความลึกอื่นที่มี อนุภาคนาขนาดดินเหนียวสูงกว่า

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-o ค่อนข้างคงที่ ในขณะที่ Al-d แจกกระจายไม่สม่ำเสมอ แต่มีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วน Al-h และ Al-ar สอดคล้องกับอนุภาคนาขนาดดินเหนียว และเป็นไปตามสัณฐานวิทยาสนาม เช่นเดียวกับที่พบในเหล็ก

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) Zn-h และ Zn-ar ต่ำมากเมื่อเทียบกับหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์ส่งผลให้ Zn-tr ต่ำตามไปด้วย ส่วน Cu-h ไม่สามารถตรวจวัดด้วยเครื่องมือที่มีในห้องปฏิบัติการของภาควิชาฯ ในขณะที่ Cu-ar ก็ต่ำมากเช่นเดียวกันทำให้ Cu-tr ต่ำด้วย

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr และ Cu-tr มีค่าน้อยกว่า 0.5 ppm ทุกช่วงความลึก ในขณะที่ Fe-tr และ Mn-tr มีค่าสูงในช่วง ความลึก 0-10 เซนติเมตร ซึ่งนอกจากจะได้รับอิทธิพลจาก อินทรีย์คาร์บอนแล้ว (OC) (ภาพที่) ที่ความลึกอื่นก็อาจได้รับอิทธิพลจากค่าปฏิกิริยาดินด้วย (pH) จึงมีค่าผันกับปฏิกิริยาดินที่เพิ่มขึ้นด้วย (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 6

ตารางที่ 9 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 6

Horizon	Depth (cm)	colors (Matrix / Mottles)	Texture	Field pH	Other
Ap1	0-8	2.5YR 4/8	LS	5	-
Ap2	8-20	7.5YR 6/8	SL	4.5	-
Bt	20-55	7.5YR 5/8	LS	4.5	-
2C1	55-80	2.5YR 3/6 & 5YR 5/1	SC	4.5	-
2C2	80-110		SCL	4.5	-
2Cr1	110-130	2.5YR 3/6	SL	4.5	-
2Cr1	130-145		LS	4.5	-
2Cr2	145-165	2.5YR 4/8	SL	5	-
2Cr3	165-180		LS	5	-
2Cr4	180-200	2.5YR 3/6 (fresh)	SL	5	-

Location : GPS 15° 46.25' N ; 102° 40.50' E

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 9)

ดินตอนบน 55 เซนติเมตร มีสีแดง สีเหลืองออกแดง และสีน้ำตาลแก่ ตั้งแต่ความลึก 55 เซนติเมตร ลงไปเป็นหินผุ และหินพื้นสีแดงเข้ม และสีแดง (ส่วนที่แข็ง) กับสีเทา และเหลืองซีด (ส่วนที่ผุ)

ตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_w = 4.5-5$) ปฏิกริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) ของตอนบน 55 เซนติเมตร ลดลงตามความลึก (4.87-5.50) ส่วนความลึก 55-200 เซนติเมตร แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ 55-110 เซนติเมตร ($pH_w = 5.63-5.71$) และ 110-200 เซนติเมตร ($pH_w = 5.99-6.07$)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน (ตารางผนวกที่ 3) ส่วนที่เป็นดินแตกต่างจากหินผุ ในด้านอนุภาคขนาดดินเหนียวมีน้อยกว่าส่วนที่เป็นดิน และส่วนชั้นหินก็แบ่งได้ 2 ช่วง เช่นเดียวกัน คือ ที่ความลึก 55-110 เซนติเมตร และ 110-200 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-o มีค่ามากที่สุดและค่อนข้างคงที่ในส่วนที่เป็นดิน (0-55 เซนติเมตร) และลดลงตามความลึกในส่วนที่เป็นหินผุ (110-200 เซนติเมตร) ส่วนที่ความลึก 55-110 เซนติเมตร มีค่าแตกต่างจากความลึกอื่นอย่างเห็นได้ชัด

Fe-d ค่อนข้างเพิ่มขึ้นตามความลึก ในช่วง 0-110 เซนติเมตร และมีค่าไม่แตกต่างกันมากนักในส่วนที่เป็นหินผุ ส่วน Fe-h และ Fe-ar มีค่าต่ำที่สุดในส่วนที่เป็นดิน ซึ่งอาจเกิดจากมีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำ และแม้ว่าชั้นความลึก 55-110 เซนติเมตร จะมีอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงที่สุด แต่ Fe-h และ Fe-ar กลับไม่แตกต่างจากชั้นหินผุที่มีเนื้อหยาบกว่ามากนัก

แมงกานีสที่สกัดได้ Mn-o สูงที่สุดในชั้นดินบน ส่วนชั้นดินอื่นต่ำมาก (ส่วนใหญ่น้อยกว่า 1 ppm) Mn-h, Mn-ar และ Mn-d ของชั้นหินผุสูงกว่าชั้นที่เป็นดิน และชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินอย่างมาก ในส่วนที่เป็นดิน Mn-h, Mn-ar และ Mn-d สูงที่สุดที่ผิวหน้าดิน ในขณะที่เดียวกันชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินก็มีค่าเหล่านี้แตกต่างจากชั้นหินผุที่อยู่ตอนล่างและชั้นที่เป็นดินด้วย

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว โดยเพิ่มอย่างเห็นได้ชัดในช่วง 0-110 เซนติเมตร ส่วนชั้นหินผุมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน สำหรับ Al-d และ Al-o มีค่าใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) ไม่สามารถตรวจวัด Cu-h ได้ด้วยอุปกรณ์ที่มีในห้องปฏิบัติการภาควิชา ส่วน Cu-ar ค่อนข้างเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว ซึ่งพบค่าสูงในชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินและค่อนข้างใกล้เคียงกันในชั้นหินผุ ส่วน Zn-h และ Zn-ar มีค่าต่ำในส่วนที่เป็นดินหลังจากนั้นไม่ต่างกันมากนัก

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr; Cu-tr และ Mn-tr มีค่าสูงที่สุดที่ชั้นดินบน ส่วนชั้นดินอื่นต่ำมาก เช่นเดียวกับ Fe-tr ที่สูงที่สุดที่ความลึก 0-8 เซนติเมตร ส่วนความลึกอื่นค่อนข้างคงที่

เป็นไปได้ว่า อินทรีย์คาร์บอนมีผลในแง่บวกต่อจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ ในขณะที่เดียวกันจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ก็แปรผกผันกับค่าปฏิกิริยาดิน (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 7

ตารางที่ 10 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 7

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap1	0-15	5YR 5/8	S	5.5	-
Ap2	15-30	5YR 5/6	LS	5	-
Bt1	30-45	7.5YR 5/6	SCL	5	-
Bt2	45-55	5YR 5/6	SCL	5	-
2Cr1	55-65	7.5YR 3/8 & 7.5YR 7/2	SCL	5	-
2Cr2	65-75		SC	5	-
2Cr3	75-90	2.5YR 4/8 & 10YR 7/2	CL	5	-
2Cr4	90-105	2.5YR 8/2 & 5YR 7/8 & 10YR 7/2	SCL	5	-
2Cr5	105-120	2.5YR 4/8 & 5YR 6/8	SL	4.5	-
2R	120-150	2.5YR 3/8	SL	5	-

Location : GPS 15° 42.00' N; 102° 35.50' E

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 10)

ตอนบน 55 เซนติเมตร ดินมีสีแดงออกเหลือง และน้ำตาลแก่ หลังจากนั้นเป็นชั้นหินผุ และหินพื้น สีแดงเข้ม และสีแดง เมื่อผุจะให้สีเทาออกชมพู สีเทาอ่อน สีเหลืองออกแดง และสีน้ำตาลออกเหลือง ตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกริยาดินสนามเป็นกรดแก่ ($pH_e = 5$) มีบางความลึกเท่านั้น ที่มีค่าเป็น 4.5 และ 5.5

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน (ตารางผนวกที่ 3) บอกความแตกต่างระหว่าง ตอนบน 55 กับส่วนที่เกิดจากหินพื้น โดยเฉพาะอนุภาคขนาดทรายแป้ง และขนาดดินเหนียว นอกจากนี้ปฏิกริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) ของส่วนที่เกิดจากหินก็สูงกว่าที่พบใน ตอนบน 55 เซนติเมตร ด้วย

เป็นดินมีอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึกอย่างเห็นได้ชัด (ร้อยละ 3.38-31.90) อนุภาคขนาดทรายแป้งมีปริมาณใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 4.91-7.52) ส่วนอนุภาคขนาดทรายลดลงตามความลึก (ร้อยละ 60.58-91.59) ชั้นหินที่อยู่ด้านล่างแบ่งเป็น 2 ส่วนเช่นเดียวกัน คือ 55-105 เซนติเมตร กับ 105-150 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ ชั้นที่เป็นดิน (0-55 เซนติเมตร) Fe-h, Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามความลึก ส่วน Fe-o ค่าต่ำที่สุดที่ผิวหน้าดิน ในขณะที่ความลึก 15-55 เซนติเมตร ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในชั้นหินผุ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดความลึก และมีค่าสูงกว่าชั้นที่เป็นดินทางตอนบนเล็กน้อย ในขณะที่ Fe-o ลดลงจากส่วนที่เป็นดิน สำหรับชั้นหินแข็งที่อยู่ล่างสุด เหล็กที่สกัดได้ทุกรูปไม่แตกต่างจากที่อยู่ในชั้นหินผุมากนัก

แมงกานีสที่สกัดได้ ชั้นที่เป็นดิน Mn-h และ Mn-ar เพิ่มขึ้นตามความลึก แต่มีค่าต่ำกว่าชั้นหินผุอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ชั้นหินพื้นมีปริมาณไม่แตกต่างจากที่พบในชั้นหินผุมากนัก Mn-d ลดลงตามความลึกในช่วงที่เป็นดิน (0-55 เซนติเมตร) และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในชั้นหินผุ และชั้นหินแข็ง Mn-o ของส่วนที่เป็นดินก็ลดลงตามความลึก และมีความแตกต่างให้เห็นเล็กน้อย กับชั้นหินผุ ส่วนชั้นหินแข็งไม่แตกต่างจากชั้นหินผุ

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar แจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ทำให้มีค่าสูงสุดในความลึก 55-90 เซนติเมตร ส่วนชั้นหินแข็งมี Al-h กับ Al-ar ต่ำกว่าชั้นหินผุอย่างเห็นได้ชัด ส่วน Al-d และ Al-o ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) ไม่สามารถวิเคราะห์ Cu-h ได้ ในขณะที่ Cu-ar แจกกระจายไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว และไม่พบความแตกต่างมากนักระหว่างชั้นหินผุกับชั้นหินแข็ง แม้ว่าโดยส่วนใหญ่ชั้นหินผุจะมีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าก็ตาม Zn-h และ Zn-ar ก็แจกกระจายตามความลึกในรูปแบบเดียวกับ Cu-ar

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมากและต่ำกว่า Fe-tr กับ Mn-tr อย่างชัดเจน โดยในส่วนที่เป็นดินมีจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ทุกธาตุสูงกว่าในความลึกอื่น และการแจกกระจายของทุกธาตุบอกความแตกต่างระหว่างส่วนที่เป็นดิน หินผุ และหินพื้นได้อย่างชัดเจน เป็นไปได้ว่าในชั้นที่เป็นดินอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุ และปฏิกิริยาดินมีผลต่อการแจกกระจายของจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่เกิดอยู่บนหน่วยหินมหาสารคาม ทุกหน้าตัดดินประกอบด้วยส่วนที่เป็นวัสดุ ที่มาทับถมใหม่อยู่บนส่วนที่เกิดจากหินตะกอน โดยทั้งสองส่วนแตกต่างกันเบื้องต้นในด้านการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน ความหนาของส่วนที่มาทับถมใหม่ มีตั้งแต่ต่ำกว่า 1 เมตร ในหน้าตัดดินที่ 6 และ 7 ซึ่งเป็นดินคอน จนถึงมากกว่า 2 เมตร ในหน้าตัดดินที่ 5 ซึ่งอยู่ใกล้ลุ่ม

เหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ของส่วนที่มาทับถมใหม่ มีปริมาณต่ำกว่าที่พบในส่วนที่เกิดจากหินพื้นอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะในหน้าตัดดินที่ 6 และ 7

ในส่วนที่เป็นดินของหน้าตัดดินที่ 6 และ 7 Fe-h, Fe-ar และ Al-h, Al-ar แจกกระจายตามความลึก สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ในขณะที่ Mn-h, Mn-ar แม้จะเพิ่มขึ้นตามความลึก

แต่ก็ไม่ค่อยสม่ำเสมอ สำหรับหน้าตัดดินที่ 5 มีเฉพาะ Al-h, Al-ar เท่านั้นที่เป็นไปตามการแจกกระจายขนาดอนุภาคดินเหนียว ส่วน Fe-h, Fe-ar และ Mn-h, Mn-ar เป็นไปตามสัณฐานวิทยาสนาม

ส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหินพื้น ของแต่ละหน้าตัดดิน ค่าเหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียม แตกต่างกันปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวต่างกัน โดยเฉลี่ยแล้วจะเห็นว่า หน้าตัดดินที่ 7 มี Fe-h, Fe-ar และ Al-h, Al-ar สูงกว่าหน้าตัดดินอื่น ในขณะที่หน้าตัดดินที่ 6 มี Mn-h, Mn-ar สูงที่สุด อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า Mn-h, Mn-ar ของชั้นหินแข็งในหน้าตัดดินที่ 5 มีค่าสูงที่สุด Al-h และ Al-ar ก็สูงเช่นกัน แม้ว่า จะมีอนุภาคขนาดดินเหนียวใกล้เคียงกับที่พบ ในความลึก 110-200 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 6 และความลึก 105-150 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 7 ก็ตาม

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของทุกหน้าตัดดินมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์และส่วนใหญ่แจกกระจายเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว หรือสัณฐานวิทยาสนาม

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ของทุกหน้าตัดดิน Zn-tr และ Cu-tr ต่ำกว่า Fe-tr และ Mn-tr อย่างมากทุกธาตุลดลงตามความลึก การแจกกระจายในตอนบนของหน้าตัดดินสอดคล้องกับ อินทรีย์วัตถุ ในขณะที่ตอนล่างของหน้าตัดดินเป็นไปได้ว่าอิทธิพลของปฏิกิริยาดินมีผลต่อจุลธาตุเหล่านี้ด้วย (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่เกิดอยู่บนหน่วยหินโคกกรวด

หน้าตัดดินที่ 8

ตารางที่ 11 แสดงลักษณะพื้นฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 8

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap	0-20	7.5YR 5/2 & 7.5YR 4/4	SL	6.5	-
Bt1	20-40	7.5YR 6/6	SL	6.5	-
Bt2	40-60	7.5YR 6/6 & 7.5YR 7/2	SL	6.5	-
Bt3	60-80	7.5YR 7/1 & 7.5YR 6/6 & 5YR 5/8	SCL	6	-
Bt4	80-100	7.5YR 7/1 & 7.5YR 6/6 & 5YR 5/8	SCL	5	-
Btc1	100-120	7.5YR 7/1 & 7.5YR 6/6 & 5YR 5/8	SCL	5	Fe concretions & lateritic fragments
Btc2	120-140	7.5YR 7/1 & 7.5YR 5/8	CL	5	
Btc3	140-160	2.5YR 4/6 & 10YR 5/8	CL	5	
Cv	160-180	10YR 5/8	CL	5	-
R	180-200	10R 4/4 & 10R 4/6 & 7.5YR 6/8 & 7.5YR 4/6 (weathered)	LS	5	-

Location : GPS 14° 47' 34.5" N; 105° 02' 27.0" E

ลักษณะพื้นฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 11)

ดินบน (0-20 เซนติเมตร) มีสีน้ำตาลเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกลาง (pH_r = 6.5) ที่ความลึก 20-60 เซนติเมตร ดินมีสีเหลืองออกแดง พบจุดประสีเทาออกชมพูที่ความลึก 40-60 เซนติเมตร อันเป็นช่วงความลึกที่ดินแข็งกว่าช่วงตอนบน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดอ่อน และเป็นกลาง (pH_r = 6 และ 6.5) ที่ความลึก 60-140 เซนติเมตร ดินมีสีเทาอ่อนและสีน้ำตาล มีจุดประสีเหลืองออกแดง และสีแดงออกเหลือง ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดจัด (pH_r = 5) เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ที่ความลึก 80-160 เซนติเมตร พบ iron concretions และ lateritic fragments

ที่ความลึก 160-180 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นศิลาแลงอ่อน ดินมีสีขาว สีแดง และสีน้ำตาลออกเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียว ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดจัด (pH_r = 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (180-200 เซนติเมตร) เป็นชั้นหินพื้น ที่เริ่มมีเพียงเล็กน้อย สีแดงสำหรับส่วนที่เป็นหินแข็ง สีเทาอ่อน สีขาว สีเหลืองออกแดง และสีน้ำตาล สำหรับส่วนที่เริ่มมี เนื้อดินเป็นดินร่วน ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดจัด ($pH_r = 5$)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (ตารางผนวกที่ 3) ตลอดหน้าตัดดินอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก (ร้อยละ 9.73-41.97) ส่วนชั้นหินพื้นซึ่งอยู่ตอนล่างสุด (180-200 เซนติเมตร) มีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 20.47 อนุภาคขนาดทรายแป้ง ก็เพิ่มขึ้นตามความลึกเช่นเดียวกัน (ร้อยละ 14.46 -25.90) ในขณะที่ชั้นหินพื้นมีอนุภาคขนาดทรายแป้งร้อยละ 43.33

ปฏิกริยาดิน ปฏิกริยาดินในสนามมีค่าอยู่ในพิสัย 5-6.5 โดยที่ตอนบน 0-80 เซนติเมตร จากผิวหน้าดิน มีค่าปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดอ่อน ($pH_r = 6-6.5$) ส่วนช่วงความลึกอื่นๆ มีค่าปฏิกริยาดินในสนามเท่ากัน คือ $pH_r = 5$

pH_w มีการแจกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 4.67-5.66 ส่วน pH_k ก็มีแนวโน้มการแจกกระจายตลอดช่วงความลึกแบบไม่สม่ำเสมอเช่นเดียวกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 3.82-4.54

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมินัมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-o ของความลึก 0-100 เซนติเมตรสูงกว่าที่พบในความลึก 100-160 เซนติเมตรซึ่งเป็นชั้นที่พบศิลาแลง ส่วนชั้นหินแข็งที่อยู่ส่วนล่างสุด มี Fe-o สูงกว่าชั้นหินผุ เหล็กที่สกัดได้ในรูปอื่นพบว่า ในส่วนที่เป็นดิน (0-160 เซนติเมตร) แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวและชั้นที่พบศิลาแลงมีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจน แต่ค่าสูงสุดพบในส่วนที่เป็นหินแข็ง สำหรับชั้นหินผุมีค่าต่ำกว่าชั้นที่มีศิลาแลง

แมงกานีสที่สกัดได้ ทุกรูปมีค่าสูงที่สุดในชั้นที่มีก้อนศิลาแลง ส่วนชั้นหินแข็งและชั้นหินผุไม่แตกต่างกันมากนัก ยกเว้น Mn-o ส่วนที่ความลึก 0-100 เซนติเมตร พบว่า แมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปมีค่าสูงที่สุดในชั้นดินบน หลังจากนั้นไม่ต่างกันมากนัก

อะลูมินัมที่สกัดได้ ถึงแม้ว่าการแจกกระจายของ Al-h และ Al-ar จะสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว แต่จะเห็นว่าชั้นที่พบก้อนศิลาแลงมีปริมาณสูงกว่าชั้นที่อยู่ตอนบนอย่างชัดเจน ส่วนชั้นหินแข็งและชั้นหินผุมีค่าไม่ต่างกันมากนักแม้ว่าชั้นหินแข็งจะมีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำกว่าก็ตาม

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) ตลอดหน้าตัดดิน Cu-h ไม่ต่างกันมากนัก แม้ว่าจะมีความแตกต่างที่เป็นไปตามสัณฐานวิทยาสนาม ในขณะที่ Cu-ar แตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างความลึก 0-80, 100-160, 160-180 และ 180-200 เซนติเมตร ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ก็พบได้ในการแจกกระจายของ Zn-h และ Zn-ar ด้วย

จุดธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมาก ในขณะที่ Mn-tr แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับ Mn-o ส่วน Fe-tr ลดลงตามความลึก และแสดงความแตกต่างระหว่างแต่ละช่วงความลึกอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับที่พบใน Cu-ar และการที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร มี Fe-tr สูงนั้น เป็นไปได้ว่าได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุ (ภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 9

ตารางที่ 12 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 9

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap	0-10	5YR 5/4	LS	6	-
Bt1	10-20	7.5YR 5/6	SL	6	-
Bt2	20-30	7.5YR 6/6	SL	5	laterite & pisoliths
Bt3	30-50	7.5YR 6/8	SCL	5	fragments & gravels
Cr1	50-80	5YR 7/1 & 2.5R 3/6	C	5	lateritic
Cr2	80-110	5YR 7/1 & 2.5R 3/6	C	5	-
Cr3	110-150	7.5R 4/6 & 5YR 7/1	C	5	-

Location : GPS 15° 53.88' N; 104° 56.09' E

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 12)

ดินบน (0-10 เซนติเมตร) มีสีน้ำตาลแดง เนื้อดินเป็นดินทรายร่วนปฏิกิริยาดินในสนาม เป็นกรดเล็กน้อย ($pH_f = 6$)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_f = 5$)

ที่ความลึก 20-50 เซนติเมตร ดินมีสีเหลืองออกแดง ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_f = 5$) เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (20-30 เซนติเมตร) และดินร่วนเหนียวปนทราย (30-50 เซนติเมตร) ตอนบนของช่วงความลึกนี้ พบ pisoliths ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 5 มิลลิเมตรลงไป ส่วนตอนล่างของช่วงความลึกนี้ พบ lateritic fragments และ gravels

ตั้งแต่ความลึก 50 เซนติเมตร ลงไปถึงตอนล่างสุดของหน้าตัด (150 เซนติเมตร) เป็นชั้นหิน ผุสีเทาอ่อน สีแดงเข้ม และสีแดง โดยที่สีแดงเพิ่มขึ้นตามความลึก อันแสดงถึงความรุนแรงของการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้พองอยู่กับที่ ที่ลดลงตามความลึก ในขณะที่เดียวกัน สีเทาอ่อนซึ่งเป็นสีของหินผุ ก็ลดลงตามความลึก เนื้อดินที่พบเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_r = 5$)

จากการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (ตารางผนวกที่ 3) จะเห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงของชั้นเนื้อดินอย่างเห็นได้ชัดเจน (Abrupt textural change) อยู่ 3 บริเวณ คือ 0-10, 10-50 และ 50-150 เซนติเมตร

อนุภาคขนาดดินเหนียวมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก (ร้อยละ 3.65 – 62.30) เช่นเดียวกับอนุภาคขนาดทรายแป้ง (ร้อยละ 12.58–32.41) ส่วนอนุภาคขนาดทรายลดลงตามความลึกอย่างเห็นได้ชัดเจน ชั้นเนื้อดินที่พบเป็นดินทรายร่วนที่ผิวหน้าดิน (0-10 เซนติเมตร) เป็นดินร่วนปนทรายที่ความลึก 10 -30 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายและเป็นดินเหนียวที่ความลึก 30-50 เซนติเมตร และ 50-200 เซนติเมตร ตามลำดับ

ปฏิกริยาดิน (pH_r) มีค่าอยู่ในพิสัย 5-6 โดยดินตอนบน 0-20 เซนติเมตรมีค่าสูงสุด คือ 6 นอกนั้นมีค่าคงที่ ส่วน pH_w มีค่าอยู่ที่ 5.01-5.53 และค่อนข้างเพิ่มขึ้นตามความลึกในขณะที่ pH_c มีค่าอยู่ที่ 3.90-4.46 โดยค่าสูงสุดพบที่ความลึก 0-10 เซนติเมตร หลังจากนั้นมีความค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ ทุกรูปเพิ่มขึ้นตามความลึกในส่วนที่เป็นดิน (0-50 เซนติเมตร) สอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วนชั้นหินผุมีค่าไม่แตกต่างกันและมีค่าสูงกว่าที่พบในความลึก 30-50 เซนติเมตร ไม่มากนักแม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะสูงกว่าอย่างมากก็ตาม

แมงกานีสที่สกัดได้ ปริมาณที่พบในชั้นที่เป็นดินและชั้นหินผุแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยส่วนใหญ่ชั้นหินผุมีค่าสูงกว่าชั้นที่เป็นดิน ยกเว้น Mn-o ที่มีลักษณะตรงกันข้าม สำหรับชั้นที่เป็นดินแมงกานีสทุกรูปเพิ่มขึ้นตามความลึก

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar แจกกระจายในรูปแบบเดียวกับที่พบในแมงกานีส คือชั้นหินผุสูงกว่าชั้นที่เป็นดินอย่างชัดเจน ในขณะที่ชั้นที่เป็นดินมีรูปแบบการแจกกระจายที่สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วน Al-d และ Al-o ไม่แตกต่างกันตลอดหน้าตัดดิน

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) Cu-ar, Zn-h และ Zn-ar แจกกระจายตามความลึกเหมือนกับ Al-h และ Al-ar คือ ส่วนที่เป็นหินผุมีค่าสูงกว่าอย่างชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากมีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่า ในขณะที่ตอนบนซึ่งเป็นดินมีค่าไม่ต่างกันมากนัก

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr ต่ำมาก เช่นเดียวกับ Cu-tr ส่วน Mn-tr ก็มีค่าต่ำกว่า Fe-tr อย่างชัดเจน มีเฉพาะ Cu-tr เท่านั้นที่ชั้นหินผุมีค่าสูงกว่าชั้นที่เป็นดิน ส่วน Mn-tr และ Fe-tr มีค่าสูงมากในชั้นที่เป็นดิน โดย Fe-tr ลดลงตามความลึกของส่วนนี้ ในขณะที่ Mn-tr ค่อนข้าง

คงที่ การแจกกระจายของ Fe-tr ในส่วนที่เป็นดินน่าจะได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุด้วย (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 10

ตารางที่ 13 แสดงสัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 10

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap	0-10	7.5YR 4/4	SL	5.5	-
AC	10-20	10YR 6/4 & 5YR 5/6	C	5	-
Cr1	20-40	2.5YR 4/6 & 10R 8/1	C	5	<i>pisoliths</i>
Cr2	40-60	2.5YR 4/8 & 2.5YR 8/1	C	5	-
Cr3	60-80	2.5YR 4/8	C	5	-
Cr4	80-100	2.5YR 5/8	C	5	<i>lateritic fragments</i>
Cr5	100-110	2.5YR 5/6 & 7.5YR 8/1	C	7	-
Cr6	110-120	10R 4/4 & 2.5YR 8/1	SiC	8	-

Location : GPS 15° 53.89' N; 104° 56.04' E

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 13)

ดินบน 0-10 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_f = 5.5$)

ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน และสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดจัด ($pH_f = 5$)

ที่ความลึก 20-110 เซนติเมตร เป็นดินเหนียว สีแดง เป็นส่วนใหญ่ พบสีขาวเพียงเล็กน้อย ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_f = 5$) พบ *pisoliths* และ *lateritic fragments*

ที่ความลึก 20-40 เซนติเมตร และ 80-100 เซนติเมตร ตามลำดับ ที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (ลึกกว่า 110 เซนติเมตร) เป็นดินเหนียวสีแดงอ่อน มีสีขาวเพียงเล็กน้อย ปฏิกริยาดินในสนามเป็นด่างอ่อน ($pH_f = 8$)

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมินัมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ ชั้นที่เป็นดิน (0-20 เซนติเมตร) Fe-h, Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามอนุภาคนาดินเหนียว ส่วน Fe-o ค่อนข้างคงที่ ส่วนชั้นหินผุ Fe-o ของความลึก 20-80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร สูงกว่าตอนล่างอย่างชัดเจน ในขณะที่เหล็กรูปอื่นที่พบในความลึก 80-110 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าความลึก 20-80 เซนติเมตร เล็กน้อย

แมงกานีสที่สกัดได้ Mn-o มีค่าต่ำมากและเห็นความแตกต่างบ้างระหว่างความลึก 0-20, 20-80 และ 80-110 เซนติเมตร ส่วน Mn-h, Mn-ar และ Mn-d เพิ่มตามอนุภาคขนาดดินเหนียวใน ตอนบนที่เป็นดินมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วง 20-80 เซนติเมตร และเพิ่มตามความลึกในช่วง 80-110 เซนติเมตร

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกเหมือนกับ Mn-h และ Mn-ar

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) ทุกรูปที่ตรวจพบได้มีค่าไม่แตกต่างกัน มากนักตลอดหน้าตัดดิน ยกเว้นชั้นดินบน ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากตลอดความลึกมีอนุภาค ขนาดดินเหนียวไม่ต่างกันมากนัก มีเฉพาะชั้นดินบนเท่านั้นที่เนื้อหยาบที่สุด

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr มีปริมาณต่ำสุด รองลงมา ได้แก่ Cu-tr และ Mn-tr ส่วน Fe-tr พบมากในช่วงความลึก 0-10 เซนติเมตร ซึ่งอาจได้อิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุร่วมกับปฏิกิริยาดิน (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 11

ตารางที่ 14 แสดงลักษณะของหน้าตัดดินที่ 11

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap	0-20	5YR 5/3 & 5YR 5/8	SL	5	-
Bt1	20-35	5YR 5/6 & 5YR 6/1	LS	6	-
Bt2	35-50	5YR 5/6 & 5YR 6/2	LS	6	-
Bt3	50-70	5YR 5/8 & 5YR 6/2	LS	7	-
Cr1	70-90	5YR 6/1 & 7.5YR 7/4	SiCL	8	-
Cr2	90-130	10R 5/2 & 2.5R 7/1	SiCL	8	-
Cr3	130-160	2.5YR 6/2 & 2.5Y 7/1 & 5YR 4/3 & 10YR 6/4	SiCL	8	-
Cr4	160-190	2.5YR 6/3 & 7.5YR 4/6 & 7.5YR 6/8 & 5Y 7/1	SiCL	8	-
Cr5	190-220	2.5YR 5/3 & 7.5YR 5/4 & 5Y 7/1	SiCL	8	-
Cr6	220-235	10R 4/3 & 7.5R 7/1	SiL	8	-
R	235-240	10R 3/2 (Micaceous siltstone)	Si	7	-

Location : GPS 14° 44.65' N; 105° 26.27' E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัณฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 14)

ดินบน 0-20 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลออกแดง และสีแดงออกเหลือง ปฏิริยาดินในสนามเป็นกรดจัด ($pH_f = 5$)

ที่ความลึก 20-70 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย และดินทรายร่วน สีแดงออกเหลือง สีเทา และสีเทาออกชมพู ปฏิริยาดินในสนามเป็นกรดอ่อนถึงปานกลาง ($pH_f = 6-7$)

ที่ความลึก 70-235 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นหินผุ สีเทา สีชมพู สีแดงอ่อน สีเทาอ่อน สีน้ำตาลแดง สีน้ำตาลปนเหลืองอ่อน สีน้ำตาล และสีแดงปนเหลือง ปฏิริยาดินในสนามเป็นด่างอ่อน ($pH_f = 8$) เนื้อดินที่พบส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ยกเว้นที่ความลึก 220-235 เซนติเมตร ซึ่งเป็นดินร่วน

ที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน 235-240 เซนติเมตร เป็นชั้นหินแข็ง เนื้อละเอียด (ร่วน) สีแดง ปฏิริยาดินในสนามเป็นกลาง ($pH_f = 7$)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาค (ตารางผนวกที่ 3) และชั้นเนื้อดิน จะเห็นว่าตลอดหน้าตัดดินอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยที่ความลึก 70-190 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าช่วงความลึกอื่น ส่วนขนาดอนุภาคทรายแป้งเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยตอนล่างสุด (220-240 เซนติเมตร) มีค่าสูงที่สุดในขณะที่อนุภาคขนาดทรายลดลงตามความลึก

ปฏิริยาดิน pH_f ของตอนบน 70 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินมีค่าสูงกว่าที่พบในความลึกอื่น (5-7 และ 7-8 ตามลำดับ) pH_w และ pH_k เพิ่มขึ้นตามความลึก (4.73-8.82 และ 4.11-7.46 ตามลำดับ) ยกเว้นชั้นหินแข็งที่ pH_w และ pH_k ต่างจากช่วงความลึกที่อยู่ตอนบนเล็กน้อย (ตารางผนวกที่ 2 และ ภาพผนวกที่ 2)

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ Fe-o มีค่าสูงในส่วนที่เป็นดิน (0-70 เซนติเมตร) ในขณะที่ชั้นหินผุมีปริมาณไม่ต่างกันมากนัก ส่วนชั้นหินแข็งมีค่าต่ำที่สุด ในขณะที่เหล็กรูปอื่นเพิ่มขึ้นตามความลึกซึ่งเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียวในช่วงที่เป็นดิน และสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในชั้นหินผุ ส่วนหินแข็งไม่แตกต่างจากชั้นหินผุมากนัก แม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะต่ำกว่าอย่างมากก็ตาม

แมงกานีสที่สกัดได้ ทุกรูปเพิ่มขึ้นตามความลึกในส่วนที่เป็นดิน หลังจากนั้นมีความสูงมาก และแจกกระจายไม่สม่ำเสมอในชั้นหินผุซึ่งแสดงความแตกต่างให้เห็นเล็กน้อยกับชั้นหินแข็ง

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ แจกกระจายตามความลึกในรูปแบบเดียวกับเหล็กที่สกัดได้ คือ ชั้นหินผุมีความสูงกว่าชั้นที่เป็นดินอย่างชัดเจน

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) ไม่สามารถวิเคราะห์ Cu-h ได้ ในขณะที่ Cu-ar, Zn-h และ Zn-ar แจกกระจายตามความลึกในรูปแบบเดียวกับที่พบใน Fe-h, Fe-ar และ Al-

h, Al-ar อีกทั้งปริมาณที่พบในชั้นหินแข็งก็ไม่ต่างจากหินผุมากนักแม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะต่ำกว่าก็ตาม

จุดธาตุที่เป็นประโยชน์ Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมาก และชั้นที่เป็นดินมีค่าสูงกว่าช่วงความลึกอื่น ในขณะที่ Fe-tr ซึ่งมีค่าสูงในชั้นที่เป็นดิน ก็ลดลงตามความลึกอย่างชัดเจน ตรงกันข้ามกับ Mn-tr ที่ส่วนที่เป็นดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก และลดลงตามความลึกในชั้นดินอื่น(ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่ 12

ตารางที่ 15 แสดงลักษณะพื้นฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่ 12

Horizon	Depth (cm)	Colors	Texture	Field pH	Other
Ap1	0-15	5YR 4/4 & 5YR 5/4	LS	6	-
Ap2	15-25	7.5YR 5/6	LS	5.5	-
Bw1	25-40	7.5YR 6/6	SL	5.5	-
Bw2	40-55	7.5YR 6/6	SL	5.5	<i>pisoliths</i>
Cr1	55-75	7.5YR 6/6 & 7.5YR 6/6 & 2.5YR 4/8	SCL	5.5	-
R	75-100	2.5YR 5/3	SL	5.5	-
Cr2	100-110	2.5YR 6/2 & 2.5YR 4/8	SCL	7	-

Location : GPS 15° 47.77' N; 105° 03.48' E

ลักษณะพื้นฐานวิทยาสนาม (ตารางที่ 15)

ดินบน (0-25 เซนติเมตร) เป็นดินทรายร่วนและดินร่วนปนทราย สีเทาออกแดง สีน้ำตาลแดงและสีน้ำตาล ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_f = 5.5$) ที่ความลึก 25-55 เซนติเมตร ดินมีสีเหลืองออกแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ ($pH_f = 5.5$) พบ *pisoliths* ผิวมันขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.5-1.0 มิลลิเมตร ในช่วงความลึก 40-55 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความลึก 55-110 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นหินผุ ชั้นหินแข็งและชั้นหินผุ สลับกัน เนื้อดินเป็น ดินร่วนปนทราย (55-75 เซนติเมตร) สีเหลืองออกแดง สีเทาออกชมพูและสีแดง ปฏิกริยาดินใน สนามเป็นกรดแก่ ($pH_r = 5.5$) ชั้นหินแข็ง (75-100 เซนติเมตร) มีสีน้ำตาลแดงมีเนื้อหิน ร่วน ใน สนามเป็นกรดแก่ ($pH_r = 5.5$) ส่วนชั้นหินผุซึ่งอยู่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (100-110 เซนติเมตร) เป็นหินผุ ที่มีเนื้อหินเป็นแบบร่วนเหนียวปนทราย สีแดงออกชมพู สีแดง สีเทาออกแดงและสีเหลือง ออกแดง ปฏิกริยาดินในสนามเป็นกลาง ($pH_r = 7$)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (ตารางผนวกที่ 3) และชั้นเนื้อดิน ดินบน (0-15 เซนติเมตร) เป็นดินทรายร่วน ในขณะที่ความลึก (15-75 เซนติเมตร) เป็นดินร่วนปนทราย ส่วน ความลึก (75-100 เซนติเมตร) เป็นก้อนหินทรายผุและเป็นดินทรายร่วน และตอนล่างสุดของหน้าตัด ดิน (100-110 เซนติเมตร) เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง

อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึง 75 เซนติเมตร (ร้อยละ 4.21 -20.90) ส่วนชั้นหินทรายผุมีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 14.14 และที่ความลึกมากกว่านี้มีอนุภาคขนาด ดินเหนียวร้อยละ 29.24

ปฏิกริยาดิน pH_r ที่ผิวหน้าดิน (0-15 เซนติเมตร) มีค่าเท่ากับ 6 ส่วนตั้งแต่ความลึก 15-100 เซนติเมตร มีค่าเท่ากับ 5.5 และชั้นล่างสุด (100-110 เซนติเมตร) มีค่าเท่ากับ 7

pH_w มีค่าอยู่ระหว่าง 4.54-7.02 โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกในขณะที่ pH_k ของความลึก 0-100 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 4.13-4.34 โดยดินบนมีค่าค่อนข้างสูงกว่าดินล่าง ในขณะที่ความ ลึก 100-110 เซนติเมตร มีค่าปฏิกริยาดินที่วัดด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 นอร์ มอล (pH_k) เท่ากับ 5.27

เหล็ก แมงกานีส และ อะลูมิเนียมที่สกัดได้

เหล็กที่สกัดได้ ในส่วนที่เป็นดิน (0-55 เซนติเมตร) ชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีปริมาณเหล็ก ที่สกัดได้ทุกรูปต่างกันอย่างชัดเจน โดยดินล่างมีค่าสูงกว่าดินบนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งอาจเกิดจาก อนุภาคขนาดดินเหนียวต่างกัน ส่วนความลึกที่มากกว่านี้ปริมาณเหล็กแตกต่างกันอาจเกิดจาก ธรรมชาติของหินตะกอนในแต่ละช่วงความลึกโดยตรง และจะเห็นว่าส่วนที่เป็นดิน (25-55 เซนติเมตร) ซึ่งเนื้อหยาบกว่ากลับมีเหล็กที่สกัดได้สูงที่พบในชั้นหินผุกับชั้นหินแข็ง

แมงกานีสที่สกัดได้ ทุกรูปที่มีลักษณะเช่นเดียวกับเหล็ก คือเพิ่มขึ้นตามความลึกอย่าง ชัดเจนในชั้นที่เป็นดินไม่ต่างกันมากนักในชั้นหินแข็ง และชั้นหินผุ ยกเว้น Mn-o ที่แตกต่างอย่าง ชัดเจน

อะลูมิเนียมที่สกัดได้ Al-h และ Al-ar เป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว ในขณะที่ Al-d แจกกระจายไม่สม่ำเสมอ ส่วน Al-o ค่อนข้างคงที่

ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ (ภาพผนวกที่ 6) Cu-ar มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดความลึก ในขณะที่ Zn-h และ Zn-ar เพิ่มขึ้นตามความลึกของส่วนที่เป็นดิน ส่วนความลึกที่มากกว่านี้พบว่าความลึก 100-100 เซนติเมตรมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่ 55-75 และ 75-100 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกัน แม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะต่างกันก็ตาม

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ Mn-tr เพิ่มขึ้นตามความลึกของส่วนที่เป็นดิน ซึ่งตรงกันข้ามกับ Fe-tr ส่วน Zn-tr กับ Cu-tr แทบจะไม่มีเลยในหน้าตัดดินนี้ สำหรับชั้นหินผุกับหินแข็ง ปริมาณ Fe-tr กับ Mn-tr แตกต่างกันตามฐานวิธานวิทยาและสมบัติของวัสดุที่มาเป็นหินโดยตรง (ภาพผนวกที่ 7 และภาพผนวกที่ 8)

หน้าตัดดินที่เกิดอยู่บนหน่วยหินโคกกรวด มีองค์ประกอบเหมือนกับที่อยู่บนหน่วยหินมหาสารคราม คือมีส่วนที่เป็นวัสดุเคลื่อนย้ายมาทับถมใหม่อยู่บนส่วนที่เกิดจากหินพื้น ซึ่งทั้งสองส่วนนี้แตกต่างกัน ความหนาของส่วนที่เป็นวัสดุที่มาทับถมใหม่มีตั้งแต่ประมาณ 10 เซนติเมตร ในหน้าตัดดินที่ 10 จนถึงมากกว่า 1 เมตร ในหน้าตัดดินที่ 8

เมื่อเทียบกับหน่วยมหาสารคราม พบว่า หน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินโคกกรวดมี เหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมสูงกว่าที่พบในหน้าตัดดินซึ่งเกิดจากหน่วยมหาสารคราม ทั้งนี้เกิดจากอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงกว่าเป็นส่วนใหญ่ แหล่งที่มีความลึก 55-110 เซนติเมตร ขนาดหน้าตัดดินที่ 12 มีอนุภาคดินเหนียวต่ำ ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมก็ต่ำเช่นกัน

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ พบว่าแทบไม่พบ Zn-tr และ Cu-tr ซึ่งเกิดจากการมี Z-tr, Zn-ar และ Cu-ar ต่ำมาก Mn-tr มีมากในหน้าตัดดินที่ 11 และบางความลึกของหน้าดินที่ 8 หน้าตัดดินอื่นพบน้อยมาก ในขณะที่ Fe-tr มีมากที่สุด ในบรรดาจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ และมีค่าลดลงตามความลึก การแจกกระจายตามความลึกของ Fe-tr ค่อนข้างได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุในตอนบนของหน้าตัดดิน (ภาพผนวกที่ 8) ส่วนที่ความลึกอื่น ได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาดินด้วย (ภาพที่..)

การแจกกระจายของ Al-h, Al-ar ของทุกหน้าตัดดินเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว เช่นเดียวกับ Fe-h, Fe-ar อย่างไรก็ตามการพบสารมวลพอกของเหล็ก และซิลิกาแลง ทำให้ปริมาณ Fe-h และ Fe-ar ในชั้นดินนั้นเพิ่มขึ้นด้วย

ส่วน Mn-h และ Mn-ar แจกกระจายไม่สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว แต่การมีสารมวลพอกของเหล็ก ทำให้ปริมาณ Mn-h และ Mn-ar เพิ่มขึ้นด้วย

สรุปผลการศึกษา

1. หน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์มีเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมสูงกว่าที่พบในหินตะกอน ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ก็สูงกว่าด้วย นอกจากนี้จุลธาตุประจวบที่ เป็นประโยชน์ก็มีมากกว่า
2. หน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์ที่มีพัฒนาการสูง การแจกกระจายของเหล็ก และอะลูมิเนียม สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว และการมีสารมวลพอกของเหล็ก ก็ทำให้ปริมาณเหล็กเพิ่มขึ้นด้วย ส่วนแมงกานีสที่สกัดได้ แจกกระจายไม่สม่ำเสมอ สำหรับหน้าตัดดินที่มีพัฒนาการต่ำ (หมายเลข 1 และ 2) การแจกกระจายของเหล็กเป็นไปตามสัณฐานวิทยาสนาม
3. หน้าตัดดินที่เกิดจากหินตะกอน ประกอบด้วยส่วนที่เป็นวัสดุที่ถูกพัดพามาที่บดใหม่ วางอยู่บนส่วนที่เกิดจากหินตะกอน โดยทั้ง 2 ส่วนแตกต่างกัน ในด้านการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ก็ต่ำกว่าส่วนที่เกิดจากหินตะกอนด้วย
4. ในส่วนที่เป็นดินของทุกหน้าตัดดินที่เกิดจากหินตะกอน เหล็กและอะลูมิเนียมแจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่ และในหน้าตัดดินที่มีสารมวลพอกของเหล็ก ปริมาณเหล็กก็สูงขึ้นด้วย ส่วนแมงกานีสแจกกระจายไม่สม่ำเสมอ แต่มีค่าสูงในชั้นดินที่มีสารมวลพอกของเหล็ก
5. ส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินโคกกรวด มีเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมสูงกว่าที่พบในส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินมหาสารคราม
6. เมื่อใช้สัดส่วนของ Fe-o/Fe-d บอกความรุนแรงในการสลายตัวของหน้าตัดดิน ซึ่งถ้า (Fe-o/Fe-h) ต่ำกว่า 0.05 แสดงว่า สลายตัวรุนแรง (Smeck et. al.,1994) ผลการศึกษาพบว่าหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลต์มีความรุนแรงของการสลายตัวต่ำกว่าที่พบในหน้าตัดดินที่อยู่บนหินตะกอน และส่วนที่เป็นหินผุของหินตะกอน โดยส่วนใหญ่สลายตัวสูงสูงกว่าที่พบในส่วนที่อยู่ตอนบนของหน้าตัดดินหรือส่วนที่เป็นดิน (ตารางผนวกที่3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ถ้าใช้สัดส่วน Fe-d / Fe-h บอกความรุนแรงของการสลายตัว (Tutaphitak *et.al.* 1996) โดยค่าที่สูงกว่าสลายตัวมากกว่า พบว่า แปรผกผันกับค่า Fe-o / Fe-d คือ หน้าตัดดินที่เกิดจากหินตะกอนมีสัดส่วน Fe-d/h สูงกว่าที่พบในหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลท์

8. ค่า Crystallinity index (Fe(d-o) / Fe-h) ซึ่งบอกความรุนแรงของการสลายตัว (ค่าที่สูง หมายถึงสลายตัวรุนแรงกว่า) ก็เป็นไปตามสัดส่วน Fe-d / Fe-h เช่นกัน (ตารางผนวกที่ 3 และภาพผนวกที่ 9) คือหน้าตัดดินที่เกิดจากหินตะกอนสลายตัวมุกังมากกว่าหน้าตัดดินที่เกิดจากหินบะซอลท์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- กฤตธี โสมะเกษตรินทร์ และ สิริฉวี คุ่มเมือง. 2546. การแจกกระจายของเหล็กที่สกัดด้วย ไดโอดีออกไซด์-ซีเตรต-ไบคาร์บอเนตในดินนาบริเวณลุ่มแม่น้ำชี. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- พรทิวา กัญยวงศ์หา. 2543. การแจกกระจายของฟอสฟอรัสในหน้าตัดดินที่มีหินพื้นต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 18(3): 10-20.
- พรทิวา กัญยวงศ์หา. 2545. ข้อมูลวิเคราะห์ดินบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 110 แผ่น (เอกสารโรเนียว).
- พรทิวา กัญยวงศ์หา. 2548. "ลักษณะของดินไรบรอนธรณีลักษณะฐานภูเขาไฟในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย". วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 23:3(68-82)
- พรทิวา กัญยวงศ์หา. 2549. สมบัติของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ในจังหวัดจันทบุรี ภาคชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 24: 1(20-35).
- พรทิวา กัญยวงศ์หา และ นารี พันธุ์จินดาวรรณ. 2547. สมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณขอบแอ่งโคราชด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย. รายงานผลการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2545. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. 2546. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. ไม่เรียงเลขหน้า.
- อรรถพล บุญช่วย. 2546. ปริมาณเหล็กที่สกัดด้วยไดโอดีออกไซด์-ซีเตรต-ไบคาร์บอเนตในหน้าตัดดินจากลานตะพักลำน้ำระดับสูงของแอ่งโคราช. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- เจิบ เขียววรินทร์มย์. 2530. คู่มือปฏิบัติการสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 181 หน้า.
- Buol,S.W., F.D.Hold and R.J. McCracken.1997.Soil Genesis and Classification.4th edition .Iowa State Univ.Press.Iowa, USA.527p.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soil. 13thEdition. Practice-Hall International of Soil, Inc., New Jersey, USA. 960 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Blackmore, L.C., P.C. Searie and B.K. Daly. 1987. Method for Chemical Analysis of Soil. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. NZ Bureau, Department of Scientific and Industrial Research. Lower Hutt, New Zealand. 103 p.
- Gambrell., Robert, P., and Patrick, H., William, JR. 1982. Manganese. pp 313-322. *In* Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties Agronomy Monograph. No. 9 in America Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher Madison, Wisconsin. USA.
- Geological Society. 1990. Engineering Group Working Party Report : Tropical Residual Soils. Quarterly Journal of Engineering Geology. 23: 1-101.
- Geological Survey Division. 1982. Geological Map of Thailand, Scale 1:1,000,000, Geological Survey Division Department of Mineral Resources, Ministry of Industry, Bangkok, Thailand. 2 p.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson , W.L. 1999. Soil Fertility and Fertilizer: An Introduction to Nutrient Management. 6th Edition. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 499 p.
- International Institute of Tropical Agriculture. 1979. Selected Methods for Soil and Plant Analysis. Revised Edition. Manual Series No. 1. IITA, Ibadan, Nigeria. 70 p.
- Loeppert, R.H., and Inskeep, W.P. 1996. Iron. pp 639-664. *In* D.L. Sparles, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai and C.T. Johnston (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. No. 5 In Soil Science Society of American Book Series. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wisconsin. USA.
- McGrath, S. P., and C. H. Cunliffe. 1985. A Simplified Method for the Extraction of the Metals Fe, Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Cr, Co and Mn from Soils and Sewage Sludges. J. Sci. Food Agric. 36: 794-798.
- Moormann, F.R., S. Montrakun and S. Panichapong. 1964. Soil of Northeast Thailand: A Key to Their Identification and Survey .Soil Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. 34p.

- Ross, G.J. and C. Wang. 1993. Extractable Al, Fe, Mn and Si. pp 239-246. In M.R. Carter (ed.). Soil Sampling and Methods of Analysis. Canadian Society of Soil. Science. Lewis Publishers, Florida, USA.
- Sharma, B. D., Harsh, Arora., Raj, Kumar., and V. K. Nayyar. 2004. Relationships Between Soil Characteristics and Total and DTPA-Extractable Micronutrients in Inceptisols of Punjab, Communication In Soil Science And Plant Analysis 35: 799-818.
- Sims, J. 1996. Lime Requirement. P 491-515. In D.L. Sparles, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai and C.T. Johnston (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. No. 5 In Soil Science Society of American Book Series. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wisconsin. USA.
- Smeck, N. E., J. Torrent., and V. Barron. 1994. Genesis and Native Phosphorus Distribution in some Palexerals of Southern Spain. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1718-1723.
- Soil Survey Laboratory Staff. 1992. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42 Version 2.0. United State Department of Agriculture. USA. 400 p.
- Thomas, G. W. 1996. Soil pH and Soil Acidity. P 475-490. In D.L. Sparles, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai and C.T. Johnston (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. No. 5 In Soil Science Society of American Book Series. Soil Sci. Soc. Am., Inc., Am. Soc. Agron, Inc., Madison, Wisconsin. USA.
- Tulaphitak, T., K. Miura, K. Sakurai. and K. Kyuma. 1996. Some Plateau Soil and Their Materials in the Khon Kaen Area, Northeast Thailand. II Soil Material Characterization and Classification. Japanese Journal of Tropical Agriculture. 40(2): 84-88.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเด่นของหินพื้นและลักษณะดินเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินพื้น

หน่วยหิน	ลักษณะเด่นของหินพื้น ¹	ลักษณะที่พบในดิน ²
BS: หน่วยหินบะซอลท์	หินโอสิวิบะซอลท์เป็นส่วนมาก บางส่วนมีฟังกลายเป็นซิลิกาแดง หินมีสีเข้ม เช่น สีเทา ดำ หรือดำปนเทาเมื่อละเอียด	หน้าตัดดินที่ 1 หินบะซอลท์โผล่ที่ผิวหน้าดิน ภายใต้อายุความลึก 1 เมตร มีก้อนหินขนาดใหญ่อายุร่วมกับหินฝุ ที่ความลึก 0-50 เซนติเมตร เป็นดินร่วน สีแดงปนเทา ความลึก 50-300 เซนติเมตร เป็นหินฝุ สีขาว แดงออกเหลือง และเทาปนเขียวอ่อน หน้าตัดดินที่ 2 ความลึก 0-60 เซนติเมตร สีน้ำตาลปนแดงเข้ม แดงออกเหลือง น้ำตาลแดง และสีน้ำตาล ที่ความลึก 60-110 เซนติเมตร เป็นชั้นหินบะซอลท์ ฐุปร่างเป็นเหลี่ยม ขนาดประมาณ 5-20 เซนติเมตร แข็งมาก ดินมีสีน้ำตาล ที่ความลึก 110-140 เซนติเมตร มีหินบะซอลท์ที่ฝุ ฐุปร่างกลม ขนาดประมาณ 3-4 เซนติเมตร ที่ความลึก 140-180 เซนติเมตร พบหินบะซอลท์ที่ฝุ ฐุปร่างกลม ขนาดใหญ่ สีน้ำตาลปนแดงอ่อน สีเทาออกชมพู และน้ำตาลแดง ที่ความลึก 180-190 เซนติเมตร เป็นหินบะซอลท์ที่ฝุ ฐุปร่างกลม สีเทาปนน้ำตาลออกน้ำตาลตัดดิน เป็นดินเหนียว หน้าตัดดินที่ 3 ตอนบน 30 เซนติเมตร จากผิวหน้าดิน เป็นดินร่วนปนทราย สีเทาเข้มมาก และสีน้ำตาล ที่ความลึก 30-100 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียว ร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วน สีน้ำตาลออกเหลืองเข้ม สีน้ำตาล และน้ำตาลปนแดงเข้ม หน้าตัดดินที่ 4 ที่ผิวหน้าดิน มีกรดของหินบะซอลท์เล็กน้อย ที่ความลึก 0-35 เซนติเมตร ดินสีน้ำตาลปนแดงเข้ม และเป็นสีแดงที่ความลึก 35-100 เซนติเมตร ตลอดหน้าตัดดินเป็นดินเหนียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 1. ไม่ควรนำดินไปใช้ปลูกพืชอื่น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

หน่วยหิน	ลักษณะเด่นของหินพื้น ¹	ลักษณะที่พบในดิน ²
<p>KT_{nc}: หน่วยหินมหาสารคาม</p>	<p>หินโคลน หินดินดาน หินทรายแป้ง และหินทรายเม็ดละเอียด สีน้ำตาลแกมแดง และแดงออกสี มีเกล็ด และอิวพอไรต์ชิ้นไม่สว่าง</p>	<p>หน้าตัดดินที่ 5 ความลึก 250-290 เซนติเมตร เป็นชั้นหินคุณภาพแรงของการสลายตัวลดลงตามความลึก สีขาว, เทาอ่อน (ผุมาก) สีน้ำตาลแดง (ผุน้อย) เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วน และดินร่วนปนทรายแป้ง ที่ความลึก 290-300+ เซนติเมตร หินสีน้ำตาลออกแดง</p> <p>หน้าตัดดินที่ 6 ที่ความลึก 55-200 เซนติเมตร เป็นหินผุ และหินที่สีสีแดงเข้ม และสีแดง เนื้อดินร่วนปนทราย, ทรายร่วน ร่วนเหนียวปนทราย และร่วนเหนียว</p> <p>หน้าตัดดินที่ 7 ที่ความลึก 55-150 เซนติเมตร ดินสีแดงเข้ม และสีแดง เมื่อผุจะให้สีเทาออกชมพู สีเทาอ่อน สีเหลืองออกแดง และสีน้ำตาลออกเหลือง เนื้อดินร่วนปนทราย ร่วนเหนียวปนทราย และร่วนเหนียว</p>
<p>K_{kk}: หน่วยหินโคกกรวด</p>	<p>หินทราย หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินมนกรวดเม็ดบูน สีน้ำตาลแกมแดง เทา ขาว แกมเทาและน้ำตาล</p>	<p>หน้าตัดดินที่ 8 ความลึก 160-180 เซนติเมตร เป็นชั้นสีลาแลงอ่อน ดินมีสีขาว แดง และน้ำตาลออกเหลือง เป็นดินร่วนเหนียว ที่ความลึก 180-200 เซนติเมตร เป็นหินที่สีสีแดง เนื้อร่วน ส่วนที่เริ่มผุมีสีเทาอ่อน เหลืองออกแดง และสีน้ำตาล</p> <p>หน้าตัดดินที่ 9 ความลึก 50-150 เซนติเมตร เป็นชั้นหินสีเทาอ่อน สีแดงเข้ม และสีแดง เนื้อดินเหนียว</p> <p>หน้าตัดดินที่ 10 ความลึก 10-120 เซนติเมตร ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวสีแดง</p> <p>หน้าตัดดินที่ 11 ความลึก 70-235 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผุ สีเทา ชมพู แดงอ่อน น้ําน้ำตาลแดง น้ำตาลปนเหลืองอ่อน น้ำตาล และแดงปนเหลือง ส่วนใหญ่เนื้อดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง ที่ความลึก 235-240 เซนติเมตร เป็นหินแข็ง เนื้อปนไม่ก่ (micaceous siltstone) สีแดง</p> <p>หน้าตัดดินที่ 12 ที่ความลึก 55-110 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นหินผุ ชั้นหินแข็งและชั้นหินผุ สลับกัน เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย สีเหลืองออกแดง สีเทาออกชมพูและสีแดง</p>

² จากคำบรรยายหน้าตัดดินในสนาม

¹ ดัดแปลงจาก Geological Survey Division (1982)

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการที่สัมพันธ์กับการกระจายของสังกะสี, ทองแดง และจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ของทุกหน้าตัดดิน

Horizon	Depth (cm)	Field											
		pH Water	pH 1:5 KCl	OC (%)	Fe-tr (-----)	Mn-tr	Zn-tr	Cu-tr	Zn-h	Zn-ar	Cu-h	Cu-ar	
ppm													
หน่วยหินบะซอลต์													
หน้าตัดดินที่ 1													
A	0-50	7	6.11	5.85	2.16	27.19	97.38	0.62	1.06	15.1	21.6	51.1	118
Cr1	50-100	7	6.45	5.48	0.10	3.36	36.33	0.12	0.50	11.2	16.7	66.6	199
Cr2	100-200	7	6.86	5.60	0.02	0.98	7.88	0.08	0.30	16.8	19.4	55.4	143
Cr3	200-300	7	7.63	6.50	0.03	1.54	4.58	0.06	0.24	15.1	24.6	53.2	108
2Cr1	300-400	8	7.87	6.86	0.02	1.10	4.13	0.02	0.26	21.2	26.2	54.2	103
2Cr2	400-500	8	7.63	6.57	0.02	1.10	4.64	0.08	0.16	31.6	31.1	45.3	72.9
หน้าตัดดินที่ 2													
Ap	0-10	7	6.60	5.79	3.84	37.79	127.98	2.16	2.56	52.0	67.1	52.2	38.9
ABc	10-20	7	6.20	5.33	2.53	43.99	118.59	1.80	3.00	48.6	64.5	70.8	54.9
Bwc1	20-30	7	6.05	5.18	2.35	38.19	96.57	1.68	2.82	47.8	61.5	50.6	41.2
Bwc2	30-37	6.5	5.99	4.87	1.80	38.99	87.65	1.44	2.64	46.7	62.5	61.7	49.4
Bwc3	37-60	6.5	5.73	4.55	1.45	44.00	66.78	1.18	2.80	47.0	62.0	60.0	48.4
2Cc11	60-70	6.5	5.83	4.71	1.62	39.39	56.23	1.12	2.94	48.9	63.5	61.0	48.0
2Cc12	70-90	6.5	5.92	4.83	1.65	43.35	89.22	1.08	3.24	46.6	61.1	72.4	59.2
2Cc13	90-100	7	6.08	4.72	1.36	38.18	45.30	1.06	2.74	47.0	66.3	65.5	49.4
2Cc14	100-110	6.5	6.11	4.82	1.08	36.99	26.10	0.98	2.56	47.5	67.3	65.9	49.0
3Cc21	110-120	7	6.28	5.11	0.99	29.38	16.58	0.84	2.26	47.4	58.9	85.7	72.8
3Cc22	120-130	7	6.29	5.04	1.11	na	na	na	na	47.2	62.0	85.4	68.8
3Cc23	130-140	7	6.28	5.01	0.96	na	na	na	na	46.9	61.1	61.5	50.3
4Cc31	140-150	7	6.37	5.14	0.97	na	na	na	na	47.1	63.6	89.0	70.0
4Cc32	150-160	6.5	6.40	5.12	1.09	na	na	na	na	47.5	56.2	50.5	44.9
4Cc33	160-170	7	6.36	5.05	0.96	na	na	na	na	47.6	60.4	72.7	60.1
4Cc34	170-180	7	6.52	5.18	1.04	na	na	na	na	48.3	66.1	53.3	40.3
5Cr	180-190	7	6.64	5.27	0.62	na	na	na	na	44.8	58.2	74.8	64.3
หน้าตัดดินที่ 3													
Ap	0-10	6.5	4.95	4.85	1.32	40.77	58.49	0.54	0.26	10.8	15.1	81.0	268
Bt	10-30	5.5	4.38	3.93	0.50	29.37	12.65	0.26	0.46	9.6	18.3	57.1	156
Btc1	30-50	5	4.44	3.86	0.36	11.59	11.81	0.32	0.52	20.8	12.0	77.1	321
Btc2	50-60	5	4.58	3.98	0.23	5.57	5.26	0.30	0.40	14.2	4.6	54.6	596
Btc3	60-70	5.5	4.75	4.13	0.18	3.54	3.80	0.24	0.30	15.5	22.1	63.5	143
Cr1	70-90	6	5.42	4.93	0.15	6.18	39.28	0.16	0.34	15.8	21.4	59.5	139
Cr2	90-100	6.5	5.75	5.08	0.16	na	na	na	na	14.2	24.1	64.0	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Field		pH 1:5 Water	OC (%)	Fe-tr (-----ppm-----)	Mn-tr	Zn-tr	Cu-tr	Zn-h	Zn-ar	Cu-h	Cu-ar
		pH	KCl										
หน้าตัดดินที่ 4													
Ap	0-20	5.5	5.63	4.61	1.93	15.01	151.52	1.12	1.08	26.1	28.8	84.0	146
AB	20-35	5.5	5.33	4.39	2.23	13.38	110.78	1.00	1.08	25.7	29.2	84.4	145
Bt1	35-60	4.5	4.91	3.81	1.13	6.50	35.81	0.36	0.80	25.5	28.8	98.5	171
Btr2	60-80	4.5	4.93	3.75	0.70	3.42	57.27	0.12	0.54	29.3	28.1	115	205
Btc	80-110+	4.5	5.18	3.84	0.53	3.00	43.18	0.32	0.46	30.5	27.5	50.9	92.4
หน่วยหินมหาสารคาม													
หน้าตัดดินที่ 5													
Apg1	0-10	5.5	4.93	3.83	0.49	79.34	61.33	0.24	0.42	11.3	7.57	nd	5.50
Apg2	10-20	5	4.68	3.76	0.32	54.59	45.77	0.16	0.34	5.38	6.97	nd	4.58
Bg11	20-30	5	4.54	3.72	0.28	69.13	36.10	0.14	0.44	3.58	6.92	nd	5.53
Bg12	30-40	5.5	4.68	3.68	0.28	77.38	52.28	0.20	0.50	4.85	9.64	nd	6.56
Bg21	40-50	5.5	4.74	3.68	0.33	75.94	62.37	0.14	0.44	4.58	18.66	nd	5.59
Bg22	50-70	5.5	4.75	3.70	0.36	87.17	50.84	0.16	0.48	4.18	8.64	nd	5.50
Bg23	70-90	5.5	4.90	3.69	0.34	70.60	18.06	0.14	0.30	5.39	7.97	nd	4.07
Btg11	90-100	5	4.90	3.63	0.19	16.37	7.82	0.10	0.22	6.20	12.8	nd	5.59
Btg12	100-120	5.5	5.06	3.66	0.12	7.30	5.04	0.12	0.22	8.27	19.9	nd	5.52
Btg13	120-140	5.5	5.19	3.68	0.09	4.76	3.56	0.06	0.14	7.98	9.90	nd	6.54
Btg2	140-160	5.5	5.30	3.79	0.01	4.84	2.59	0.06	0.16	7.11	7.46	nd	5.49
BCg11	160-180	5.5	5.52	3.84	0.04	4.49	6.47	0.08	0.16	5.76	10.9	nd	5.55
BCg12	180-200	6	5.66	4.02	0.04	3.84	7.84	0.02	0.12	9.24	7.20	nd	6.05
Cg11	200-220	6	5.81	4.14	0.03	4.44	10.89	0.08	0.12	6.61	7.78	nd	6.57
Cg12	220-240	6	5.88	4.26	0.07	6.16	9.44	0.04	0.12	5.22	5.52	nd	6.57
Cg13	240-250	6.5	5.83	4.36	0.06	7.16	0.00	0.04	0.14	5.76	22.31	nd	7.04
Cg14	250-260	6.5	5.93	4.40	0.04	6.00	0.00	0.04	0.10	5.56	6.06	nd	6.62
Cr1	260-275	6.5	6.18	4.69	0.07	5.96	0.00	na	0.08	7.57	6.58	nd	5.50
Cr2	275-290	7	6.75	5.38	0.04	3.40	0.00	0.08	0.08	8.02	20.0	nd	6.10
R	290-300	8	7.08	5.66	0.01	1.28	0.00	0.06	0.06	15.9	17.4	nd	5.53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Field											
		pH	pH 1:5		OC	Fe-tr	Mn-tr	Zn-tr	Cu-tr	Zn-h	Zn-ar	Cu-h	Cu-ar
		Water	KCl	(%)	ppm								
หน้าตัดดินที่ 6													
Ap1	0-8	5	5.50	4.19	0.20	17.43	47.06	0.14	0.22	7.36	9.87	nd	6.12
Ap2	8-20	4.5	4.92	4.19	0.19	41.58	1.54	0.18	0.24	5.80	4.36	nd	5.55
Bt	20-55	4.5	4.87	4.09	0.08	9.45	0.59	0.14	0.18	7.15	6.28	nd	4.58
2C1	55-80	4.5	5.71	3.77	0.18	5.30	0.01	0.04	0.06	11.0	12.6	nd	11.3
2C2	80-110	4.5	5.63	3.72	0.07	9.60	0.05	0.04	0.16	10.9	13.7	nd	10.8
2Cr1	110-130	4.5	6.04	3.77	0.02	7.34	0.29	0.06	0.24	11.2	14.9	nd	8.40
2Cr1	130-145	4.5	6.02	3.83	0.02	9.00	0.32	0.18	0.42	10.1	17.3	nd	7.47
2Cr2	145-165	5	5.99	3.84	0.01	7.11	0.62	0.14	0.26	8.29	9.83	nd	6.94
2Cr3	165-180	5	5.99	3.82	0.02	9.37	0.46	0.18	0.28	7.78	11.2	nd	7.47
2Cr4	180-200	5	6.07	3.80	0.01	5.16	0.31	0.08	0.20	10.5	14.1	nd	8.06
หน้าตัดดินที่ 7													
Ap1	0-15	5.5	4.49	4.19	0.36	33.97	2.87	0.30	0.22	3.89	5.09	nd	4.66
Ap2	15-30	5	4.53	4.11	0.29	56.74	1.19	0.10	0.22	4.22	8.25	nd	4.64
Bt1	30-45	5	4.95	4.01	0.27	12.35	1.27	0.18	0.40	8.04	10.3	nd	8.08
Bt2	45-55	5	5.48	4.02	0.21	4.64	0.37	0.06	0.20	9.34	9.03	nd	9.92
2Cr1	55-65	5	5.46	3.94	0.17	1.74	0.01	0.02	0.06	10.0	9.75	nd	10.9
2Cr2	65-75	5	5.91	3.89	0.17	1.08	0.10	na	0.04	10.1	13.2	nd	11.8
2Cr3	75-90	5	5.77	3.74	0.15	2.74	0.30	na	0.06	18.1	18.2	nd	15.3
2Cr4	90-105	5	5.82	3.75	0.07	5.06	0.26	0.04	0.12	10.3	19.7	nd	10.4
2Cr5	105-120	4.5	5.95	3.73	0.03	8.12	0.20	0.02	0.12	9.48	10.8	nd	9.42
2R	120-150	5	5.91	3.73	0.04	13.31	0.59	0.08	0.34	11.7	13.4	nd	9.52
หน่วยหินโคกกรวด													
หน้าตัดดินที่ 8													
Ap	0-20	6.5	5.35	4.54	0.38	29.57	23.68	0.14	0.36	7.21	5.63	64.0	568
Bt1	20-40	6.5	4.90	4.14	0.21	14.77	2.03	0.18	0.40	5.42	14.4	58.6	204
Bt2	40-60	6.5	5.66	4.54	0.35	9.72	0.71	0.02	0.42	7.53	8.72	96.1	551
Bt3	60-80	6	5.22	4.22	0.17	10.91	1.43	0.14	0.88	7.17	6.68	107	799
Bt4	80-100	5	4.67	3.86	0.13	10.89	3.05	0.28	0.94	8.03	9.97	65.0	326
Btc1	100-120	5	4.99	4.01	0.12	9.62	25.20	0.46	1.00	8.30	16.3	123	377
Btc2	120-140	5	5.04	4.04	0.10	4.78	4.70	0.18	0.68	9.05	13.2	80.4	304
Btc3	140-160	5	4.96	4.03	0.07	2.98	6.50	na	na	4.81	11.5	79.6	345
Cr	160-180	5	4.87	3.82	0.05	2.72	5.24	na	na	7.80	10.6	75.6	358
R	180-200	5	5.30	3.92	0.06	0.86	0.04	0.10	0.10	25.3	30.2	51.4	85.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Horizon	Depth (cm)	Field											
		pH	pH 1:5 Water	OC KCl (%)	Fe-tr	Mn-tr	Zn-tr	Cu-tr	Zn-h	Zn-ar	Cu-h	Cu-ar	
หน้าตัดดินที่ 9													
Ap	0-10	6	5.28	4.46	0.42	33.79	0.60	0.06	0.06	5.54	13.4	nd	4.07
Bt1	10-20	6	5.01	4.18	0.34	12.93	0.75	0.04	0.02	9.55	8.48	nd	4.66
Bt2	20-30	5	5.12	4.18	0.40	13.98	0.75	0.06	0.08	6.99	13.0	nd	5.56
Bt3	30-50	5	5.52	4.18	0.15	5.30	0.91	0.02	0.06	7.98	7.57	nd	7.04
Cr1	50-80	5	5.37	3.99	0.24	1.88	0.04	nd	0.16	26.0	27.8	nd	9.47
Cr2	80-110	5	5.41	3.90	0.13	1.20	0.13	nd	0.14	29.1	31.2	nd	8.89
Cr3	110-150	5	5.53	3.97	0.15	1.38	0.06	na	0.04	26.3	28.6	nd	8.39
หน้าตัดดินที่ 10													
Ap	0-10	5.5	5.56	4.21	0.47	41.58	2.02	0.02	0.12	8.75	4.29	nd	4.65
AC	20-Oct	5	5.50	4.03	0.59	35.59	1.68	0.02	0.20	13.7	11.5	nd	6.55
Cr1	20-40	5	5.74	4.01	0.43	11.01	1.56	0.04	0.14	18.0	17.0	nd	7.47
Cr2	40-60	5	5.84	4.02	0.35	6.10	0.98	0.04	0.10	19.0	2.59	nd	7.04
Cr3	60-80	5	5.82	3.99	0.31	5.92	1.00	na	0.12	19.1	20.0	nd	7.03
Cr4	80-100	5	6.20	4.16	0.15	2.80	0.30	nd	0.08	14.2	12.2	nd	5.56
Cr5	100-110	7	6.72	4.85	0.14	2.60	1.26	na	na	24.8	19.1	nd	8.06
Cr6	110-120	8	7.83	6.30	0.04	1.36	0.38	0.04	0.06	25.6	28.3	nd	8.01
หน้าตัดดินที่ 11													
Ap	0-20	5	4.73	4.16	0.57	75.77	11.11	0.22	0.36	7.67	9.00	nd	6.60
Bt1	20-35	6	4.96	4.11	0.15	47.99	24.37	0.12	0.58	7.31	9.33	nd	6.94
Bt2	35-50	6	5.30	4.18	0.38	32.80	42.57	0.18	0.76	11.5	12.0	nd	7.04
Bt3	50-70	7	6.23	4.95	0.20	6.92	43.30	na	0.46	10.5	12.9	nd	8.51
Cr1	70-90	8	6.83	5.27	0.12	4.76	22.16	0.14	0.40	19.5	23.0	nd	11.5
Cr2	90-130	8	7.44	5.68	0.10	2.48	9.91	0.04	0.26	19.1	26.3	nd	10.9
Cr3	130-160	8	8.19	6.65	0.07	2.26	6.89	0.02	0.26	22.7	30.3	nd	9.87
Cr4	160-190	8	8.49	7.17	0.05	2.20	4.44	na	0.20	22.4	24.5	nd	9.51
Cr5	190-220	8	8.78	7.40	0.02	1.80	2.27	nd	0.12	27.4	28.8	nd	9.03
Cr6	220-235	8	8.82	7.46	0.04	1.44	2.17	nd	0.08	31.2	24.5	nd	7.01
R	235-240	7	7.02	5.89	0.02	1.10	4.44	0.00	0.02	28.4	31.1	nd	6.97
หน้าตัดดินที่ 12													
Ap1	0-15	6	4.54	4.29	0.49	50.98	2.10	0.14	0.06	14.8	4.45	nd	3.16
Ap2	15-25	5.5	4.79	4.19	0.05	16.43	1.62	na	0.02	9.73	7.75	nd	4.11
Bw1	25-40	5.5	4.88	4.20	0.12	10.37	4.67	nd	0.02	11.8	8.05	nd	4.97
Bw2	40-55	5.5	5.47	4.34	0.09	5.82	13.61	na	0.02	14.9	14.7	nd	5.51
Cr1	55-75	5.5	5.62	4.13	0.14	5.28	6.49	na	0.02	14.6	17.9	nd	6.07
R	75-100	5.5	6.39	4.14	0.01	1.78	1.54	0.02	0.02	14.2	15.4	nd	4.10
Cr2	100-110	7	7.02	5.27	0.07	1.72	0.64	0.16	0.04	21.2	25.2	nd	4.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงค่าวิเคราะห์ดินของพื้นที่ห้องปฏิบัติการที่สัมพันธ์กับการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ของทุกหน้าตัดดิน

Depth (cm)	Horizon	Clay (-----%)	Silt (-----%)	Sand (-----%)	Extractable-Fe							Extractable-Mn							Extractable-Al							ค่าวิเคราะห์			
					Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o/h	Fed/d	Fed/h									
หน่วยหินบะซอลท์																													
หน้าตัดดินที่ 1																													
0-50	A	28.57	27.83	43.60	28924	33100	10200	2049	618	486	434	366	31222	32681	34.5	9.36	8150	0.28	0.20	0.35									
50-100	Cr1	5.70	5.93	88.37	14834	14283	2563	597	943	794	953	758	41923	46789	34.2	8.66	1965	0.13	0.23	0.17									
100-200	Cr2	6.04	19.06	74.91	15046	14518	2383	176	286	259	195	199	39857	24606	30.3	9.23	2207	0.15	0.07	0.16									
200-300	Cr3	8.67	46.41	44.91	41634	38913	15109	325	567	482	509	341	36925	36990	32.7	8.09	14784	0.36	0.02	0.36									
300-400	2Cr1	12.67	77.84	9.49	25359	23192	6200	385	4623	6143	4074	2524	46575	38488	28.7	9.34	5814	0.23	0.06	0.24									
400-500	2Cr2	18.03	78.65	3.32	29271	28962	8246	419	353	3151	2039	2511	61355	53624	30.7	8.68	7828	0.27	0.05	0.28									
หน้าตัดดินที่ 2																													
0-10	Ap	47.59	32.05	20.36	184349	118786	54574	10903	1673	1878	1775	1394	85599	79856	42.1	15.4	43671	0.24	0.20	0.30									
10-20	ABC	61.28	25.77	12.95	210529	118256	42897	10295	1542	1456	1154	746	91967	92450	42.3	13.0	32602	0.15	0.24	0.20									
20-30	Bwc1	57.06	25.52	17.42	127393	106454	52789	8138	1307	1713	1152	662	94735	84243	42.3	10.6	44651	0.35	0.15	0.41									
30-37	Bwc2	61.91	22.45	15.64	115979	106450	51964	9313	1033	1116	888	660	96649	93985	42.2	9.23	42651	0.37	0.18	0.45									
37-60	Bwc3	60.97	20.36	18.67	131160	105710	46738	8366	1180	953	857	546	81882	90150	44.1	11.6	38372	0.29	0.18	0.36									
60-70	2Cc11	60.32	21.30	18.38	109939	98276	48626	5349	1202	1273	1011	430	81833	89162	42.5	9.50	43276	0.39	0.11	0.44									
70-90	2Cc12	62.65	21.67	15.68	127543	105955	45047	7158	1157	1053	1098	426	91191	84644	49.5	29.8	37890	0.30	0.16	0.35									
90-100	2Cc13	62.90	19.39	17.71	120058	86495	49093	9459	1147	1258	1113	758	92352	87232	42.5	10.6	39634	0.33	0.19	0.41									
100-110	2Cc14	63.73	17.50	18.77	129104	108876	47690	8748	975	845	876	476	80846	97633	46.0	10.6	36942	0.30	0.18	0.37									
110-120	3Cc21	64.76	15.47	19.77	121836	111679	44479	6936	821	872	846	354	108561	105682	36.4	10.3	37543	0.31	0.16	0.37									

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 วิศวกรรมการดินที่ปรึกษาทั้งหมดให้คำปรึกษาและต้องอ้างอิงถึงชื่อและตราสัญลักษณ์ของบริษัท

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	PSD				Extractable-Fe				Extractable-Mn				Extractable-Al				ค่าวิเคราะห์			
	Horizon	Clay	Silt	Sand	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o / h	Feo / d	Fed / h
120-130	3Cc22	71.13	14.76	14.11	109172	94351	42348	8271	1059	733	569	296	106929	98117	42.3	8.08	34077	0.31	0.20	0.39
130-140	3Cc23	68.32	15.41	16.27	107019	87778	40829	6475	668	679	622	296	111221	97422	35.9	10.4	34355	0.32	0.16	0.38
140-150	4Cc31	68.93	15.51	15.56	114561	100810	38802	6717	711	1069	705	414	108485	84626	39.3	10.3	32085	0.28	0.17	0.34
150-160	4Cc32	66.22	16.39	17.39	111111	85917	77861	7360	1155	1032	1414	830	108994	96287	64.9	11.4	70501	0.63	0.09	0.70
160-170	4Cc33	68.01	20.25	11.74	105063	101535	42436	7658	1616	1198	1381	773	101355	101953	38.5	11.4	34779	0.33	0.18	0.40
170-180	4Cc34	63.32	23.11	13.57	98995	86291	38833	6157	712	908	740	357	109442	98058	38.4	9.82	32677	0.33	0.16	0.39
180-190	5Cr	64.12	23.12	12.76	109645	101775	45883	7408	1582	211	1512	925	109149	97633	36.4	9.21	38475	0.35	0.16	0.42
หน้าตัดดินที่ 3																				
0-10	Ap	11.63	34.19	54.18	16462	18802	6921	1689	257	297	248	274	24296	14805	34.5	8.51	5232	0.32	0.24	0.42
10-30	Bt	18.35	21.86	59.79	26614	32018	7704	1365	110	194	80.3	74.9	39175	29490	32.7	9.36	6339	0.24	0.18	0.29
30-50	Bt1	30.24	29.37	40.39	37861	89279	13049	1074	198	232	322	92.6	52171	47423	30.4	9.22	11975	0.32	0.08	0.34
50-60	Bt2	30.89	16.71	52.41	37927	36447	14548	634	108	209	189	103	53093	54770	32.6	9.25	13914	0.37	0.04	0.38
60-70	Bt3	29.81	28.10	42.10	56854	51935	14926	568	138	156	34.8	27.2	52850	54305	32.6	9.23	14357	0.25	0.04	0.26
70-90	Cv1	31.48	31.02	37.49	52372	47779	16710	1760	1439	1105	868	948	66895	53060	34.5	8.65	14950	0.29	0.11	0.32
90-100	Cv2	17.17	43.80	39.03	81105	80709	17188	1886	3017	4224	2658	2122	44727	39364	30.2	8.68	15502	0.19	0.10	0.21
หน้าตัดดินที่ 4																				
0-20	Ap	40.07	21.69	38.24	55218	107271	24151	1610	756	718	706	624	88300	64064	38.4	8.53	22541	0.41	0.07	0.44
20-35	AB	48.28	21.49	30.23	50040	79130	20404	3168	518	558	504	377	86896	64293	36.5	9.25	17236	0.34	0.16	0.41
35-60	Bt1	58.28	19.01	22.71	67091	62278	26437	3337	327	323	301	178	91939	84643	39.3	1.62	23101	0.34	0.13	0.39
60-80	Bt2	59.90	14.70	25.40	83059	83858	25132	2631	498	367	313	238	100588	86122	34.6	10.39	22501	0.27	0.10	0.30
80-110	Bt3	49.38	21.84	28.78	88095	106412	27017	1219	1068	2537	950	732	103795	93430	36.5	6.35	25798	0.29	0.05	0.31

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	PSD				Extractable-Fe					Extractable-Mn					Extractable-Al					ค่าวิเคราะห์		
	Horizon	Clay	Silt	Sand	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o/h	Fed / h	Fed / d	Fed / h	
หน่วยทั้งหมดสารคาม																						
หน้าตัดดินที่ 5																						
0-10	Ap1	21.61	27.78	50.61	18603	17345	10649	2163	121	110	129	102	28678	29235	34.5	8.08	8486	0.46	0.20	0.20	0.57	
10-20	Ap2	19.72	39.26	41.02	13600	14582	6832	1051	92.7	83.0	100	75.0	40849	23321	36.2	8.53	5781	0.43	0.15	0.15	0.50	
20-30	Bg11	15.31	33.83	50.86	14971	7955	5523	961	68.6	68.2	60.93	42.88	48493	19763	28.5	8.52	4561	0.30	0.17	0.17	0.37	
30-40	Bg12	16.06	52.99	30.95	8098	6294	4420	435	79.5	78.2	83.8	60.3	28741	19670	30.8	8.53	3985	0.49	0.10	0.10	0.55	
40-50	Bg21	18.42	40.17	41.41	11343	8134	6289	329	90.5	85.8	100	64.9	32338	19960	34.0	10.7	5960	0.53	0.05	0.05	0.55	
50-70	Bg22	17.06	46.76	36.18	10761	7217	5009	1675	72.2	71.2	73.0	61.5	31138	18166	30.2	12.2	3334	0.31	0.33	0.33	0.47	
70-90	Bg23	17.86	33.60	48.54	10327	10820	5585	1662	42.9	36.9	31.3	19.1	32429	19673	23.0	12.1	3923	0.38	0.30	0.30	0.54	
90-100	Bg11	34.62	23.51	41.87	18691	17682	12613	2353	40.7	39.5	27.9	16.6	109073	49575	23.0	12.1	10260	0.55	0.19	0.19	0.67	
100-120	Bg12	34.47	18.46	47.07	14896	14305	6857	243	25.4	24.7	48.0	8.96	61778	46863	24.9	11.5	6613	0.44	0.04	0.04	0.46	
120-140	Bg13	33.63	21.20	45.17	15021	13042	9664	186	23.3	25.5	21.3	6.55	63206	39959	26.0	11.6	8479	0.56	0.02	0.02	0.58	
140-160	Bg2	30.25	20.57	49.18	12386	10646	5809	353	23.4	19.6	13.3	4.10	56332	49058	19.1	11.4	5455	0.44	0.06	0.06	0.47	
160-180	BCg11	31.26	14.89	53.85	15501	14575	9097	471	38.8	40.7	73.2	18.4	109300	49574	24.9	11.5	8626	0.56	0.05	0.05	0.59	
180-200	BCg12	31.82	11.83	56.35	24975	23382	13901	192	36.2	37.0	32.1	16.2	48411	47726	26.9	11.6	13709	0.55	0.01	0.01	0.56	
200-220	Cg11	29.89	14.90	55.21	18990	15416	13602	496	33.3	40.4	42.4	28.2	48469	43341	26.9	12.1	13106	0.69	0.04	0.04	0.72	
220-240	Cg12	35.92	19.56	44.52	33705	27192	24098	914	41.8	66.0	32.4	19.3	56920	40148	34.1	8.65	23184	0.69	0.04	0.04	0.71	
240-250	Cg13	35.43	19.51	45.06	33310	30727	24444	877	60.1	62.3	54.7	35.6	52125	44821	26.2	12.3	23567	0.71	0.04	0.04	0.73	
250-260	Cg14	37.81	18.70	43.49	35303	30431	25538	677	89.9	90.3	78.3	51.4	56480	41824	30.2	11.6	24861	0.70	0.03	0.03	0.72	
260-275	Cr1	32.66	18.36	48.98	19663	16686	13456	623	86.6	85.4	68.3	49.8	106531	39998	28.2	11.0	12833	0.65	0.05	0.05	0.68	
275-290	Cr2	12.49	23.65	63.86	33078	39670	17786	578	129	131	99.5	51.6	57039	33058	26.8	11.6	17209	0.52	0.03	0.03	0.54	
290-300	R	9.40	18.96	71.64	24097	30312	9617	305	978	893	999	205	57124	46283	26.2	11.5	9313	0.39	0.03	0.03	0.40	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD		Extractable-Fe					Extractable-Mn					Extractable-Al					ค่าวิเคราะห์		
		Clay	Silt	Sand	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o/h	Feo/d	Fed/h	
หน้าตัดดินที่ 6																					
0-8	Ap1	10.59	5.52	83.89	7561	7131	4234	478	116	110	112	74.0	22386	12468	24.1	10.6	3756	0.50	0.11	0.56	
8-20	Ap2	4.66	5.02	90.32	3948	3503	2531	370	11.0	12.9	7.47	1.66	17243	7060	24.2	11.4	2161	0.55	0.15	0.64	
20-55	Bt	11.21	5.25	83.54	7300	6867	4885	414	15.4	19.1	5.99	1.33	17133	36296	26.0	10.7	4421	0.61	0.09	0.66	
55-80	2C1	38.54	8.82	52.64	23738	18646	4783	89	69.3	60.4	10.6	0.11	67076	58268	26.5	10.6	4693	0.20	0.02	0.20	
80-110	2C2	25.30	28.39	46.31	15339	14964	9633	720	92.1	99.9	56.9	0.33	38596	38147	24.2	10.6	8913	0.58	0.07	0.63	
110-130	2C1r	15.03	8.36	76.61	16214	21174	9814	230	134	144	105	0.33	22133	21913	20.0	9.81	9584	0.59	0.02	0.61	
130-145	2C1r	12.54	4.77	82.69	10767	16509	7480	196	109	117	77.4	0.11	17446	17197	29.9	10.6	7284	0.68	0.03	0.69	
145-165	2C2r	13.34	6.76	79.90	12034	13657	6585	118	103	106	72.8	0.44	19974	13264	31.3	10.2	6466	0.54	0.02	0.55	
165-180	2C3r	13.41	6.95	79.64	14327	17945	9402	147	139	152	113	0.55	17103	120452	26.1	10.3	9255	0.65	0.02	0.66	
180-200	2C4r	13.14	9.14	77.72	20237	21746	10136	118	177	171	129	0.55	18024	14860	29.3	10.2	10018	0.50	0.01	0.50	
หน้าตัดดินที่ 7																					
0-15	Ap1	3.38	5.03	91.59	4940	4340	3223	437	15.5	14.0	12.9	8.66	9979	4739	25.8	10.6	2786	0.56	0.14	0.65	
15-30	Ap2	7.14	5.41	87.45	8586	4525	4244	895	11.9	12.9	8.35	2.22	19851	9944	25.3	11.5	3349	0.39	0.21	0.49	
30-45	Bt1	25.30	4.91	69.79	14127	11477	8811	69.1	28.0	27.8	5.98	1.11	50794	34777	25.2	10.7	8742	0.62	0.01	0.62	
45-55	Bt2	31.90	7.52	60.58	21800	18800	14268	732	31.8	26.8	4.40	0.11	63313	40427	24.7	10.3	13537	0.62	0.05	0.65	
55-65	2C1r	38.62	7.83	53.55	21260	16644	11964	486	33.8	33.5	5.48	0.44	68920	44318	21.8	11.4	11478	0.54	0.04	0.56	
65-75	2C2r	42.38	8.88	48.74	19634	16515	8879	691	42.3	41.9	22.4	0.44	75803	48930	18.2	11.4	8188	0.42	0.08	0.45	
75-90	2C3r	39.62	24.49	35.89	33828	29287	16676	666	187	159	53.0	1.22	69126	49017	27.8	10.3	16010	0.47	0.04	0.49	
90-105	2C4r	25.64	15.80	58.56	16979	13861	8290	228	84.9	79.2	47.7	1.63	41952	27228	28.7	10.2	8062	0.47	0.03	0.49	
105-120	2C5r	18.05	10.86	71.09	18504	16235	9863	604	130	129	83.0	1.25	37157	22072	26.9	10.6	9258	0.50	0.06	0.53	
120-150	2R	16.55	8.80	74.65	16425	15467	9807	597	122	126	89.1	1.30	25804	16111	25.1	9.78	9210	0.56	0.06	0.60	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การผลิต อื่นๆ หรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสาร

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD			Extractable-Fe				Extractable-Mn				Extractable-Al				ค่าวิเคราะห์			
		Clay	Silt	Sand	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o/h	Fed / d	Fed / h
หน่วยหินโคลกรวด																				
หน้าตัดดินที่ 8																				
0-20	Ap	9.73	14.46	75.81	4691	5781	2554	898	89.5	82.5	92.7	80.3	13667	12352	34.4	10.4	1656	0.35	0.35	0.54
20-40	Bt1	13.12	16.11	70.77	4695	3861	3674	227	32.8	36.6	23.7	12.5	19875	14849	34.1	9.22	3447	0.73	0.06	0.78
40-60	Bt2	19.56	12.82	67.62	8075	10301	3228	1255	17.3	25.8	8.07	3.44	15853	23029	34.1	10.3	1973	0.24	0.39	0.40
60-80	Bt3	21.84	18.97	59.19	8655	10165	4217	1342	18.8	23.4	8.11	4.66	27819	29898	28.9	9.36	2874	0.33	0.32	0.49
80-100	Bt4	21.19	15.67	63.14	8678	12090	3663	863	26.9	31.1	16.5	23.9	28055	29362	34.6	8.66	2800	0.32	0.24	0.42
100-120	Bt1c1	28.62	19.46	51.92	15850	11703	8333	259	108	134	104	68.0	38507	39255	36.1	9.21	8075	0.51	0.03	0.53
120-140	Bt2c2	35.23	19.18	45.60	21462	21439	14579	873	43.5	57.2	33.6	13.0	38325	53472	30.7	9.33	13705	0.64	0.06	0.68
140-160	Bt3c3	39.51	25.90	34.59	44711	38522	27935	150	66.9	81.8	52.2	27.0	34698	54187	36.0	9.25	27785	0.62	0.01	0.62
160-180	Cv	41.97	21.87	36.16	19291	24482	11624	641	36.5	51.3	26.0	11.7	30837	54047	34.5	9.25	10984	0.57	0.06	0.60
180-200	R	20.47	43.33	36.20	48193	42803	31586	1376	63.7	73.2	18.4	1.2	49288	49771	34.5	9.23	30210	0.63	0.04	0.66
หน้าตัดดินที่ 9																				
0-10	Ap	3.65	12.58	83.77	8288	6541	4761	206	13.0	13.3	5.27	1.96	13729	16111	26.1	10.6	4556	0.55	0.04	0.57
10-20	Bt1	14.14	17.07	68.79	41151	36927	12073	180	30.8	31.4	5.25	1.87	18647	17718	26.0	11.4	11894	0.29	0.01	0.29
20-30	Bt2	16.99	18.15	64.86	27767	27844	22361	1086	39.0	37.7	15.6	3.68	34708	25809	26.0	9.80	21275	0.77	0.05	0.81
30-50	Bt3	23.40	20.20	56.39	49196	56169	25133	904	54.4	51.8	10.6	3.69	46781	23651	32.3	9.54	24229	0.49	0.04	0.51
50-80	Cr1	58.60	29.94	11.46	39257	42637	22453	1963	160	160	59.7	1.13	86155	71555	29.2	10.7	20490	0.52	0.09	0.57
80-110	Cr2	62.30	32.41	5.29	46065	44371	26545	2354	189	174	15.5	1.30	84320	72318	29.3	9.83	24190	0.53	0.09	0.58
110-150	Cr3	57.62	32.26	10.12	44495	41536	20589	1694	180	170	10.4	0.97	105292	66359	33.0	10.6	18894	0.42	0.08	0.46

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

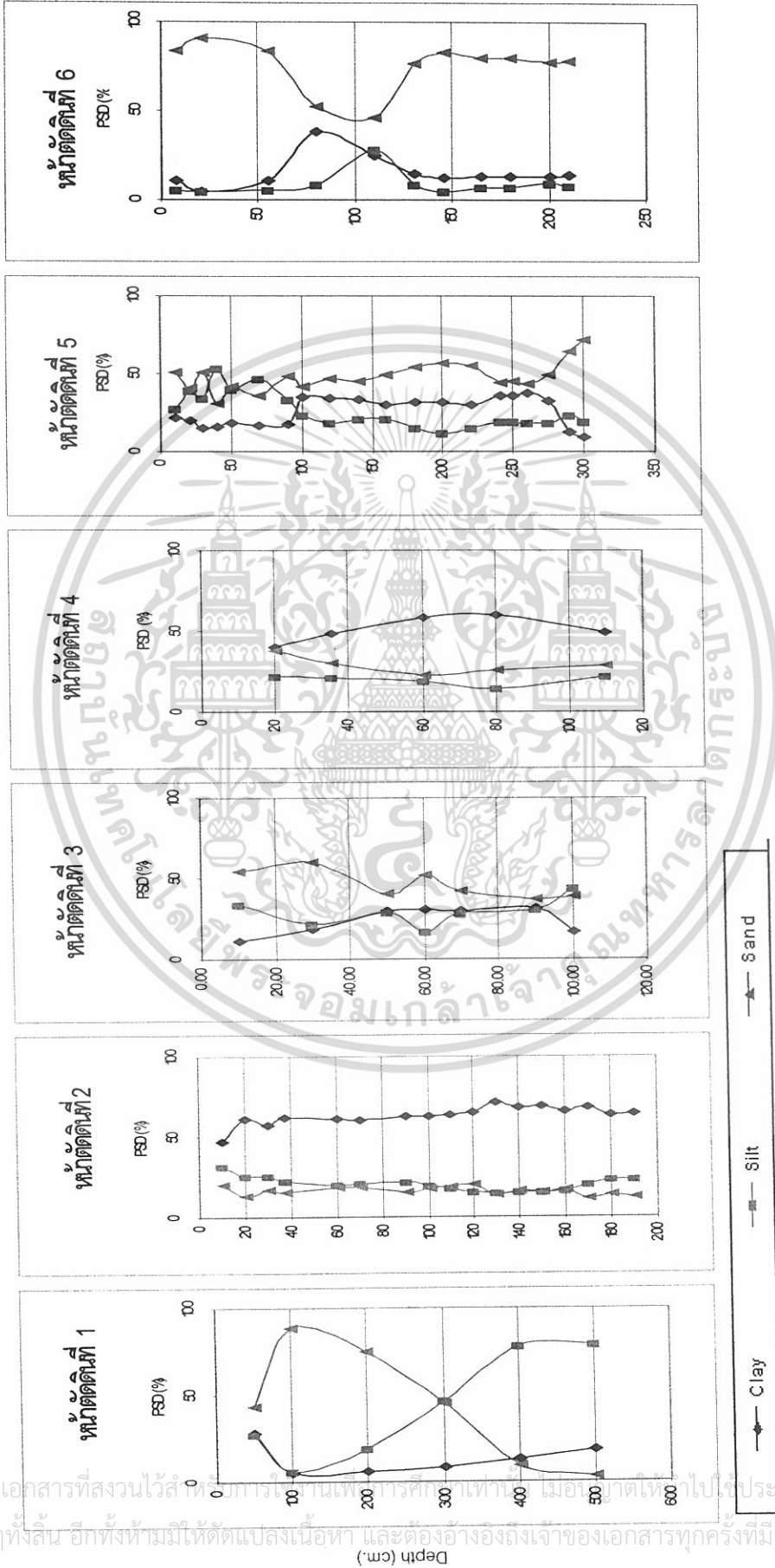
Depth (cm)	Horizon	Clay	Silt	Sand	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Extractable-Mn					Extractable-Al					ค่าวิเคราะห์				
													Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o/h	Feo/d	Fed/h							
หน้าตัดดินที่ 10																											
0-10	Ap	13.23	27.84	58.93	20241	23788	10366	2526	44.8	44.9	15.3	7.42	23622	8727	26.2	11.4	7840	0.39	0.24	0.51							
10-20	AC	46.76	20.54	32.70	40667	36515	20715	2465	111	84.5	7.22	3.55	61496	33173	28.0	6.93	18249	0.45	0.12	0.51							
20-40	Cr1	55.51	25.86	18.64	35643	30094	19770	2074	168	146	12.5	7.42	77751	50403	25.1	11.4	17696	0.50	0.10	0.55							
40-60	Cr2	58.40	23.82	17.78	33506	30080	16975	2740	167	153	14.2	5.15	82893	58516	25.6	10.7	14235	0.42	0.16	0.51							
60-80	Cr3	59.82	22.49	17.68	34221	28745	17025	2505	176	152	14.5	4.79	82954	58434	108	11.4	14520	0.42	0.15	0.50							
80-100	Cr4	44.47	15.93	39.61	45600	34580	23216	664	136	108	17.7	1.61	43654	37210	24.0	10.6	22551	0.49	0.03	0.51							
100-110	Cr5	62.51	24.16	13.33	47786	47890	18118	620	208	163	19.4	6.45	61404	54229	21.7	10.7	17498	0.37	0.03	0.38							
110-120	Cr6	44.64	48.46	6.89	42355	37458	20423	376	349	325	64.3	4.81	88344	57836	23.6	10.6	20047	0.47	0.02	0.48							
หน้าตัดดินที่ 11																											
0-20	Ap	8.67	26.75	64.57	7418	5441	4890	1330	44.8	39.6	24.8	14.2	18421	3463	22.9	10.4	3560	0.48	0.27	0.66							
20-35	Bt1	14.34	32.82	52.84	15274	11348	8347	2229	84.1	76.1	46.4	35.6	30597	15352	21.3	9.36	6118	0.40	0.27	0.55							
35-50	Bt2	18.75	40.79	40.46	15278	14940	10093	2249	119	116	84.3	54.5	34836	15438	26.4	9.54	7784	0.51	0.22	0.66							
50-70	Bt3	19.36	39.88	40.77	19677	17893	11088	528	252	212	195	115	32380	20808	22.7	9.21	10560	0.54	0.05	0.56							
70-90	Cr1	35.06	45.85	19.09	23344	22650	12602	1324	626	418	1134	204	49667	40571	25.9	9.33	11278	0.48	0.11	0.54							
90-130	Cr2	35.85	48.10	16.05	28071	34341	12324	586	501	346	192	214	42305	44599	26.7	6.93	11737	0.42	0.05	0.44							
130-160	Cr3	36.91	51.76	11.32	34241	35051	13864	758	2609	2528	2024	1939	54667	52824	33.3	10.4	13106	0.38	0.05	0.40							
160-190	Cr4	36.44	52.00	11.55	28907	28736	15747	805	1657	921	949	483	52421	47686	27.3	9.26	14942	0.52	0.05	0.54							
190-220	Cr5	31.00	65.33	3.68	42047	41052	17381	717	349	265	8.59	94.2	55600	42348	22.4	9.26	16664	0.40	0.04	0.41							
220-235	Cr6	24.27	74.57	1.16	44621	39259	15537	355	459	349	15.5	189	62319	45290	28.9	8.48	15183	0.34	0.02	0.35							
235-240	R	9.44	88.64	1.93	39365	36666	15266	297	976	889	59.4	333	102408	34544	23.9	9.36	14969	0.36	0.02	0.39							

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Clay	Silt	Sand	Fe-h	Extractable-Fe				Extractable-Mn				Extractable-Al				ค่าวิเคราะห์			
						Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Fed - o	Fed - o/h	Feo/d	Fed/h	
หน้าตัดดินที่ 12																					
0-15	Ap1	4.21	13.01	82.78	3139	2812	2070	268	14.9	16.8	8.39	2.66	12455	3707	25.4	9.83	1803	0.57	0.13	0.66	
15-25	Ap2	8.18	12.98	78.84	7384	6162	5744	582	21.0	22.9	12.3	1.66	16964	12175	18.1	10.7	5211	0.71	0.09	0.78	
25-40	Bw1	10.61	14.22	75.17	15277	28170	5262	849	39.8	47.1	15.6	8.19	24881	18404	14.6	10.3	4413	0.29	0.16	0.34	
40-55	Bw2	13.34	14.88	71.78	19813	17263	9289	158	55.3	58.5	36.3	31.9	54510	24223	19.7	9.83	9131	0.46	0.02	0.47	
55-75	Cr1	20.90	18.23	60.87	13218	11775	8396	207	56.2	660	17.8	9.09	47207	41312	27.0	9.82	8188	0.62	0.02	0.64	
75-100	R	14.14	16.30	69.56	10001	8487	4163	160	51.5	51.1	13.2	1.88	36370	24816	22.0	10.3	4003	0.40	0.04	0.42	
100-110	Cr2	29.24	16.80	53.96	10632	9394	3781	148	66.9	73.3	22.4	2.44	63642	4918	18.1	9.80	3633	0.34	0.04	0.36	

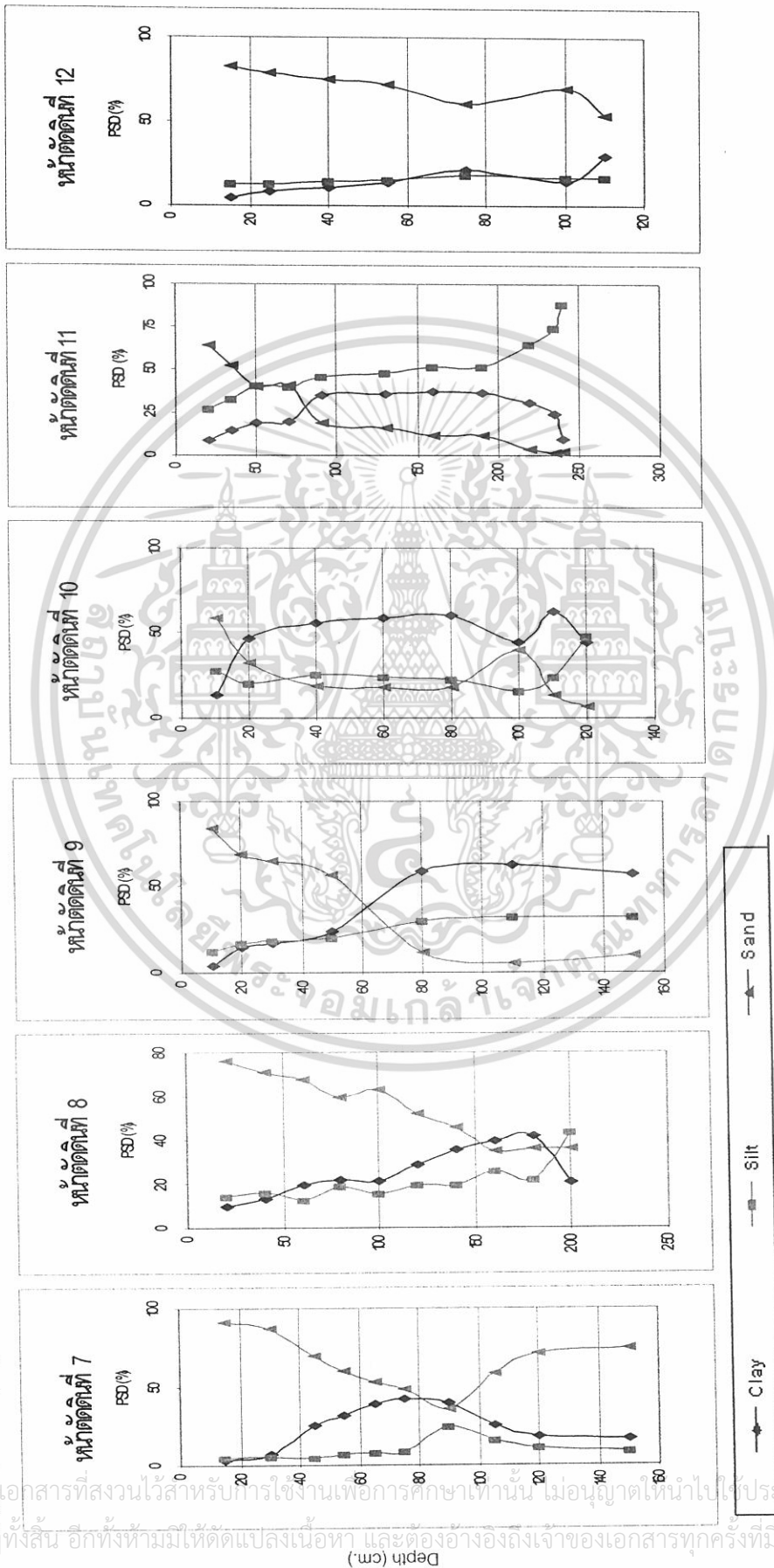
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 และการอื่น ๆ ใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีข้อจำกัดของเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 1 แสดงการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน



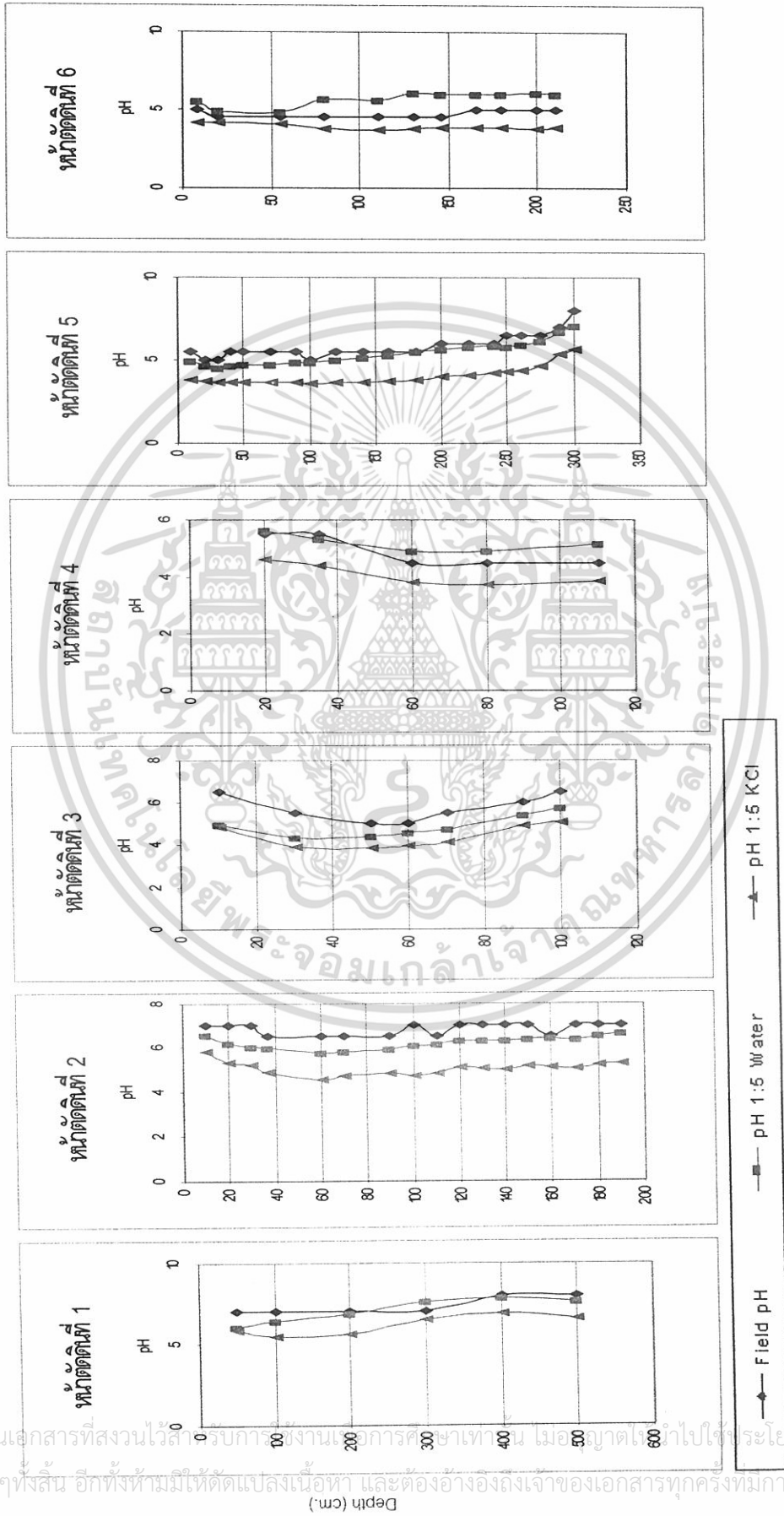
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในทางวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)

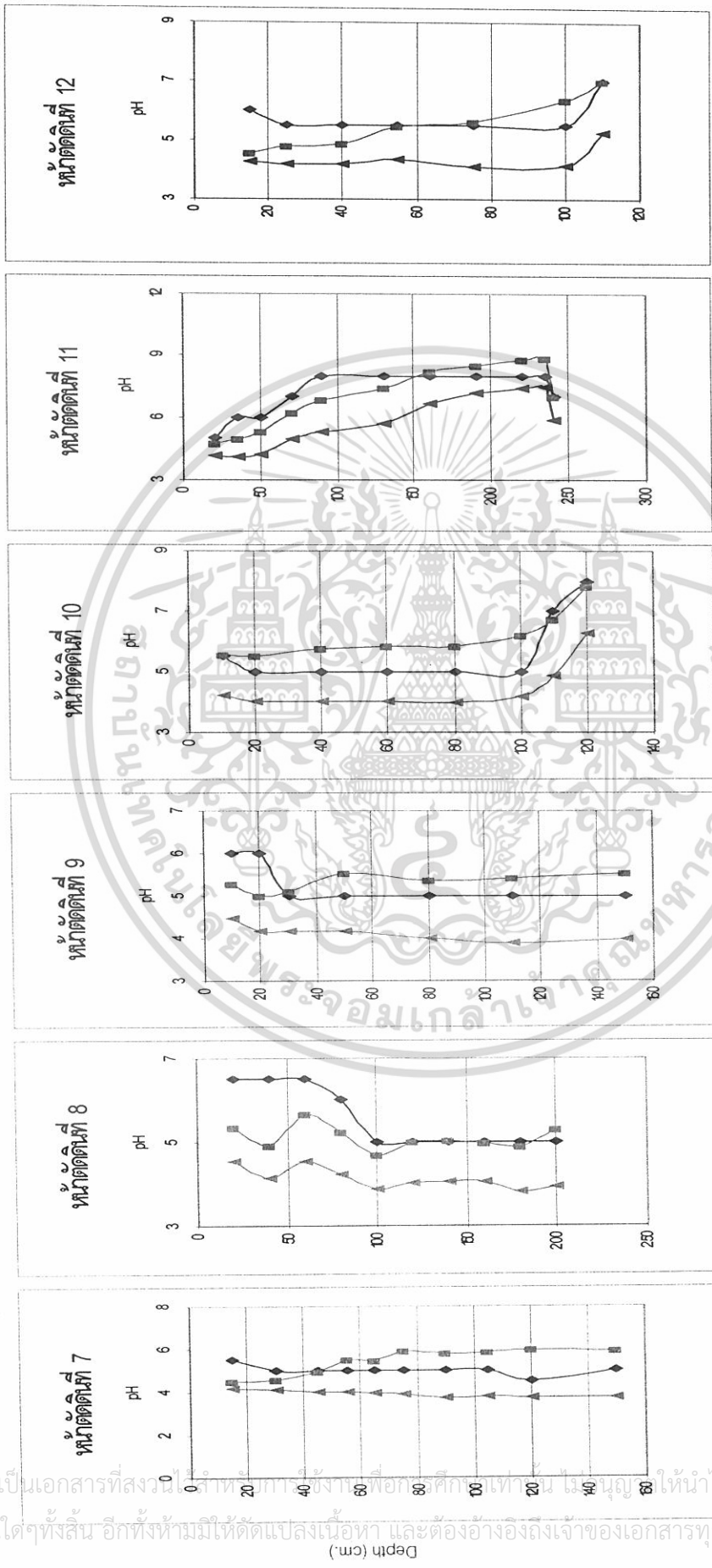


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 2 แสดงการแจกกระจายของปฏิกิริยาดินตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน



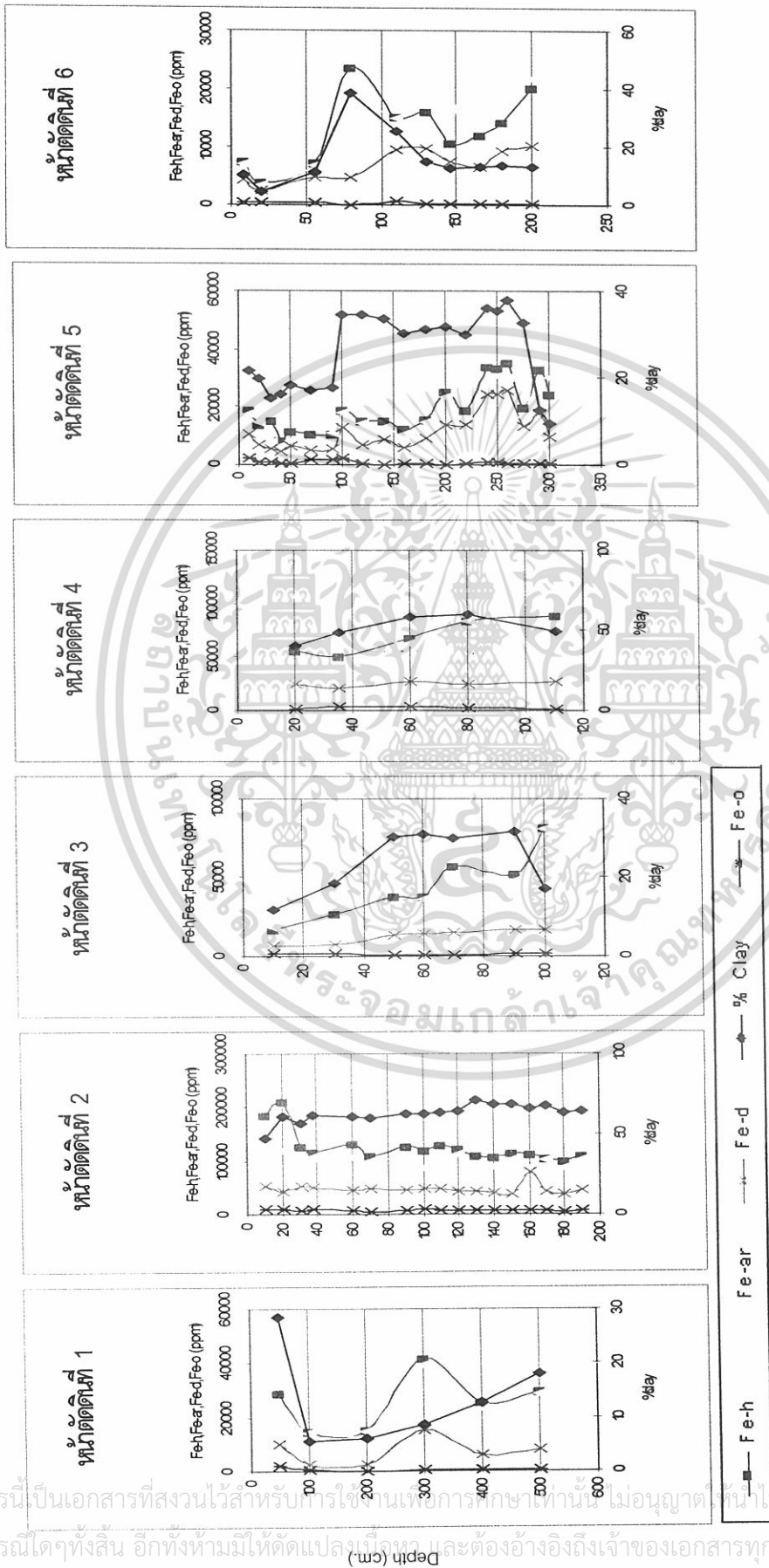
ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)



◆ Field pH
 ■ pH 1:5 Water
 ▲ pH 1:5 KCl

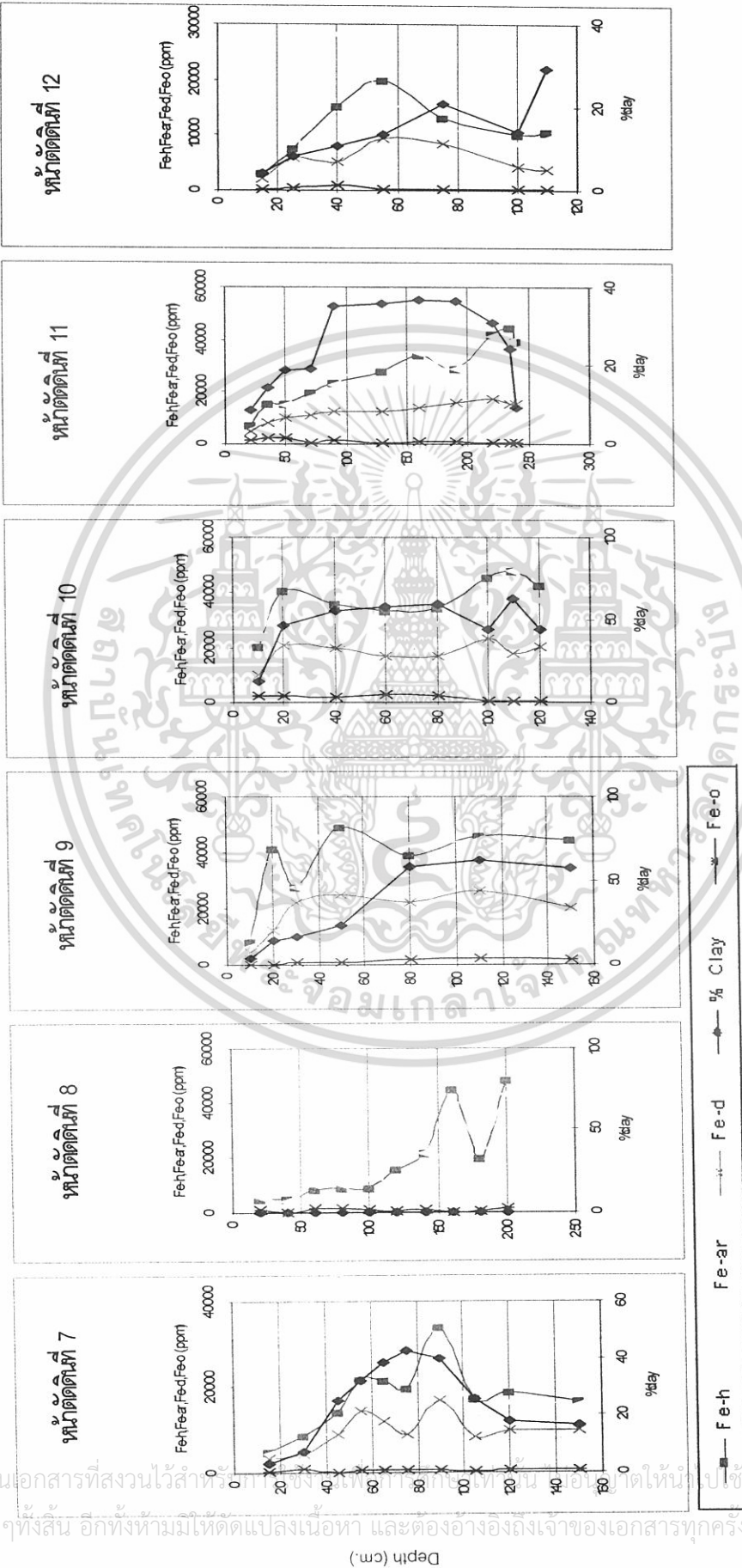
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ให้กับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 3 แสดงการกระจายของเหล็กที่สกัดได้และอนุภาคขนาดดินเหนียวตามความลึกของแต่ละหน้าตัดดิน

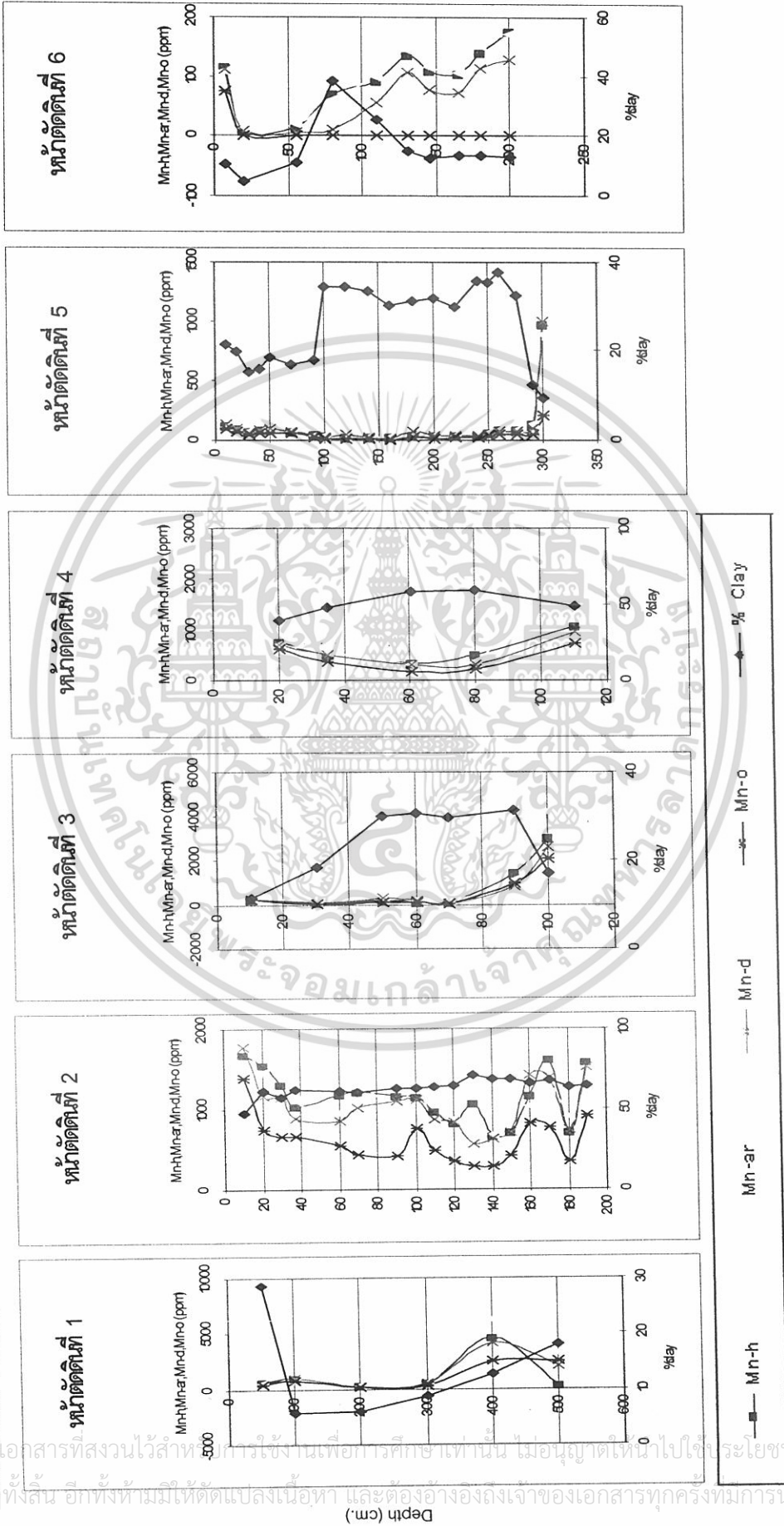


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ผลิตโดย สสวท. อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงไปหรือต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

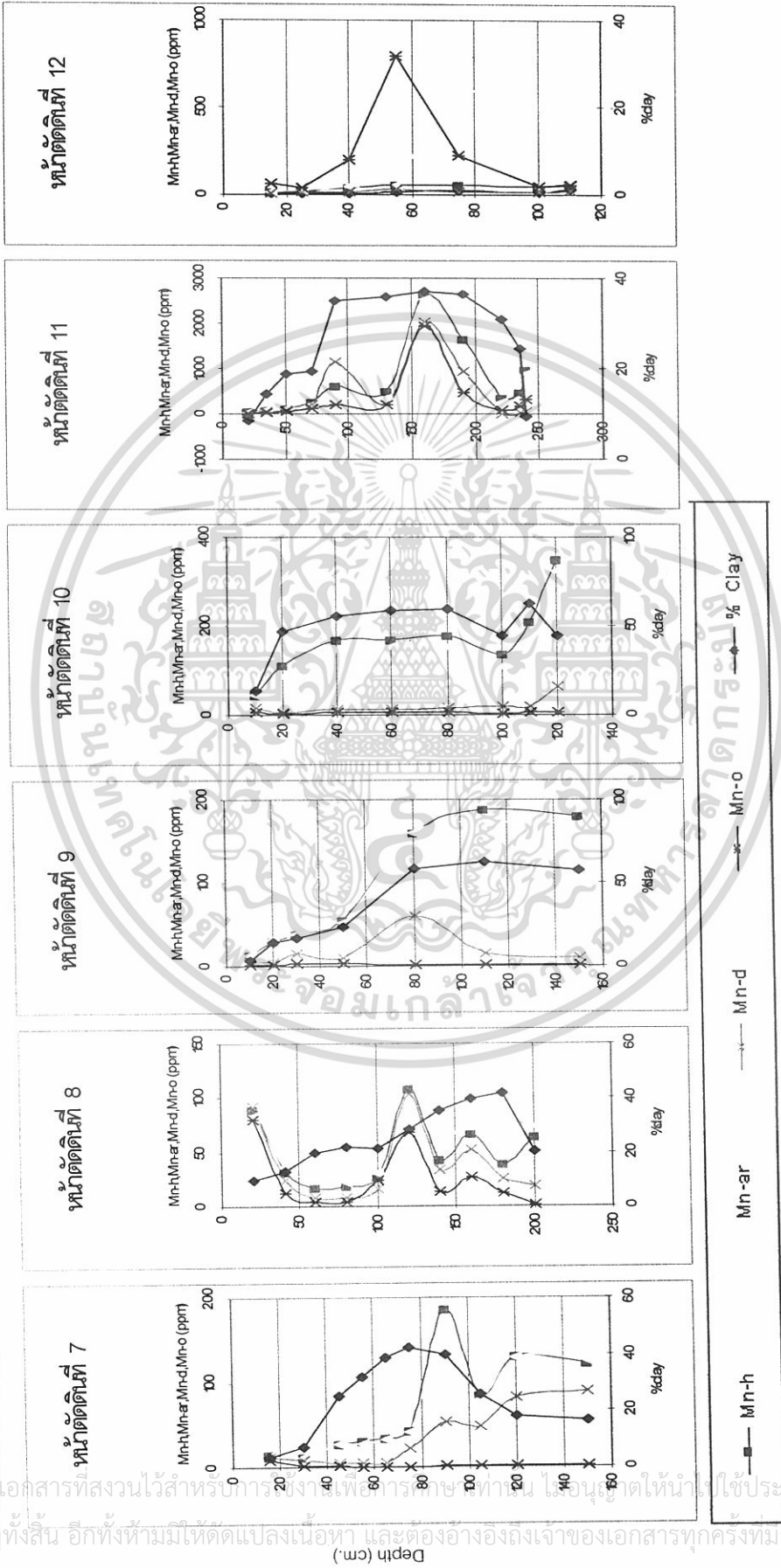
ภาพผนวกที่ 3 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ 4 แสดงการกระจายของแมงกานีสที่สกัดได้และอนุภาคดินเหนียวตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน

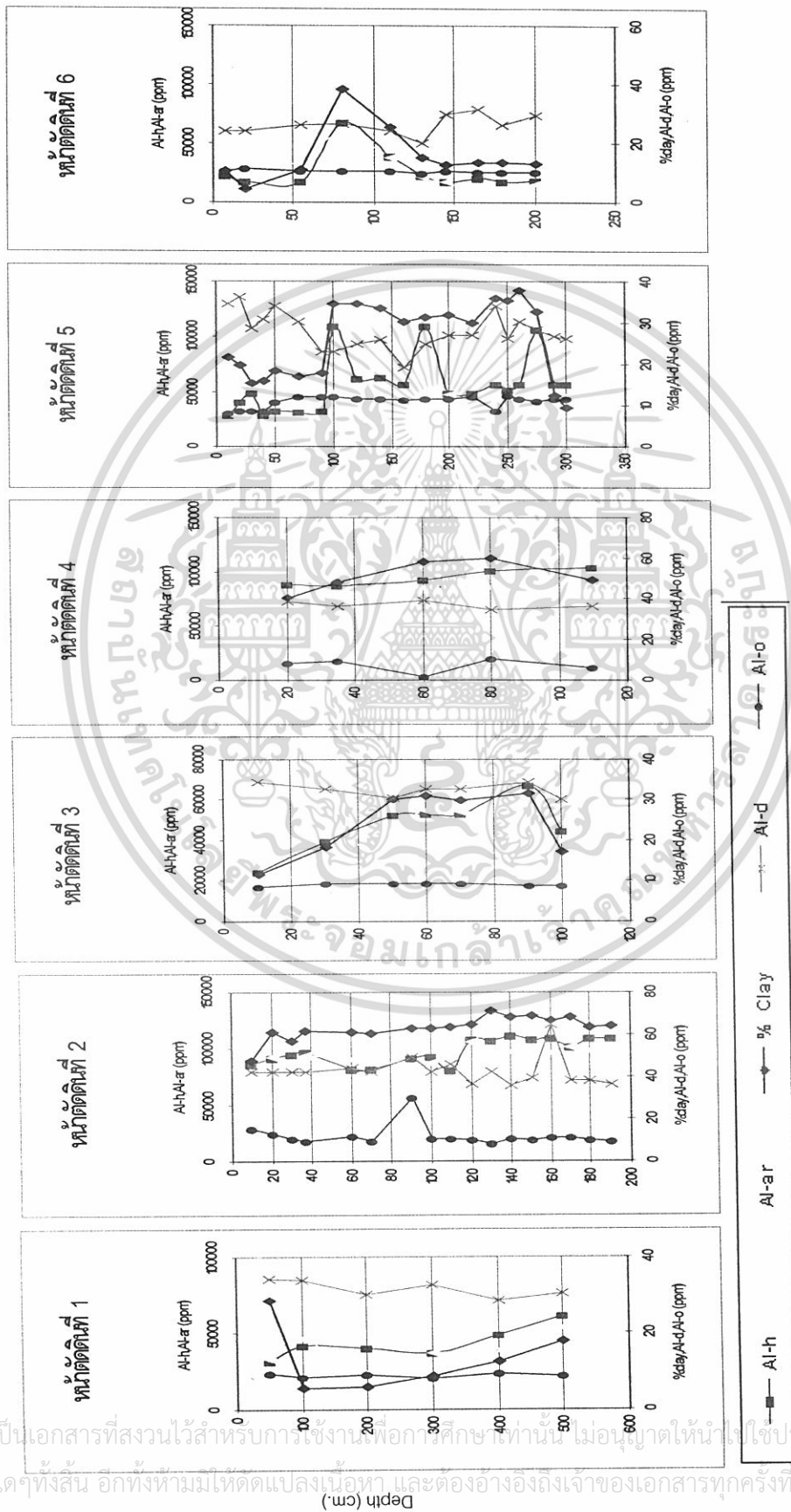


ภาพแผ่นวงที่ 4 (ต่อ)



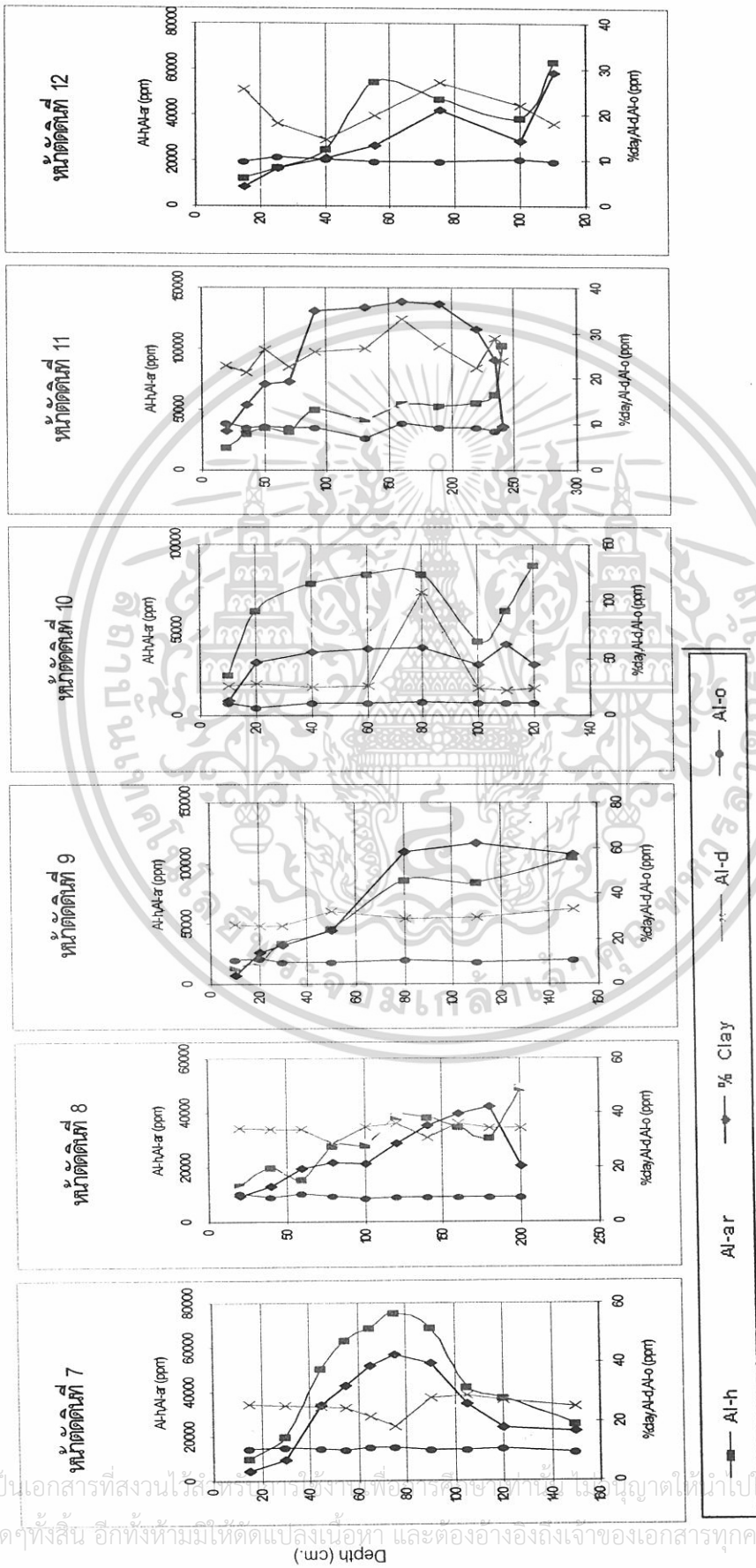
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 5 แสดงการแจกกระจายของอะลูมิเนียมที่สกัดได้และอนุภาคขนาดดินเหนียวตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน

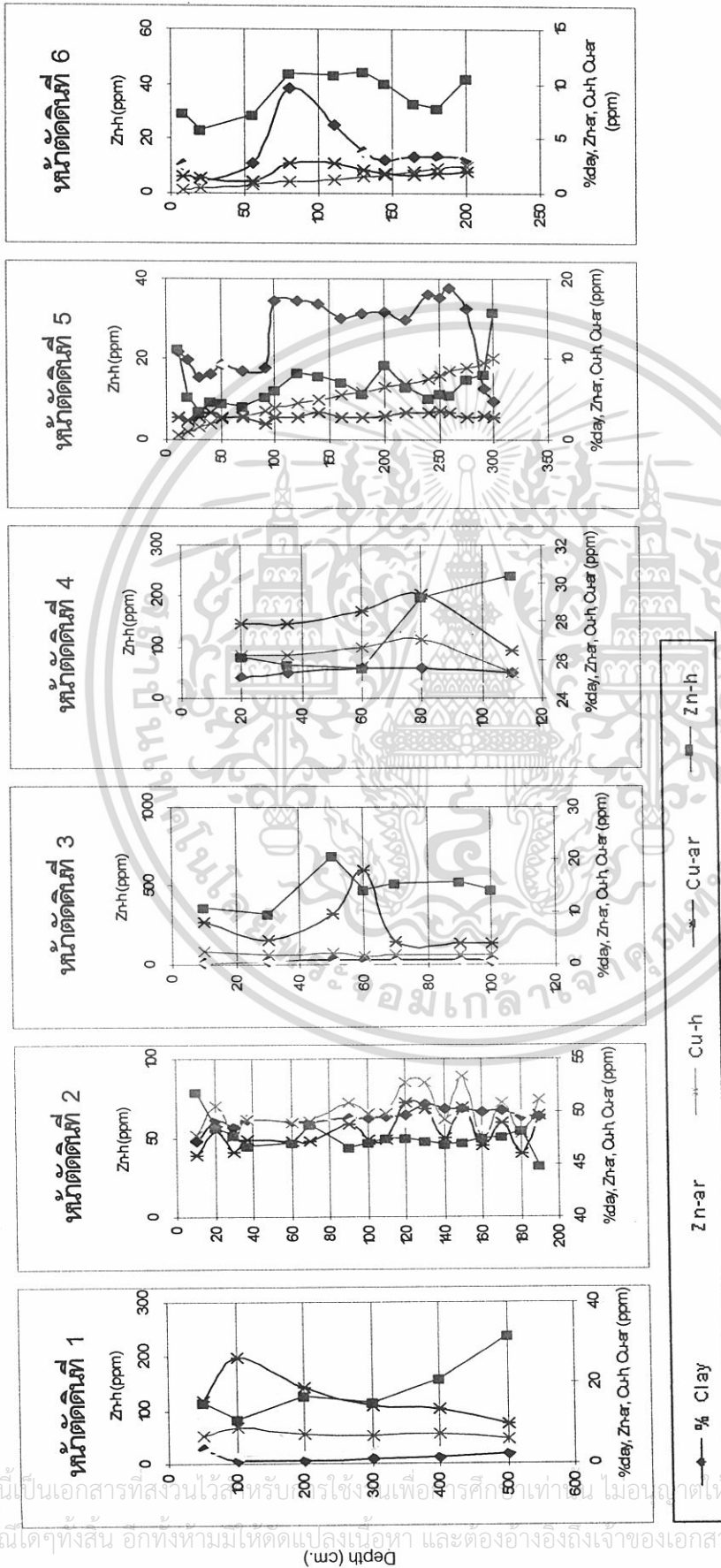


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 5 (ต่อ)

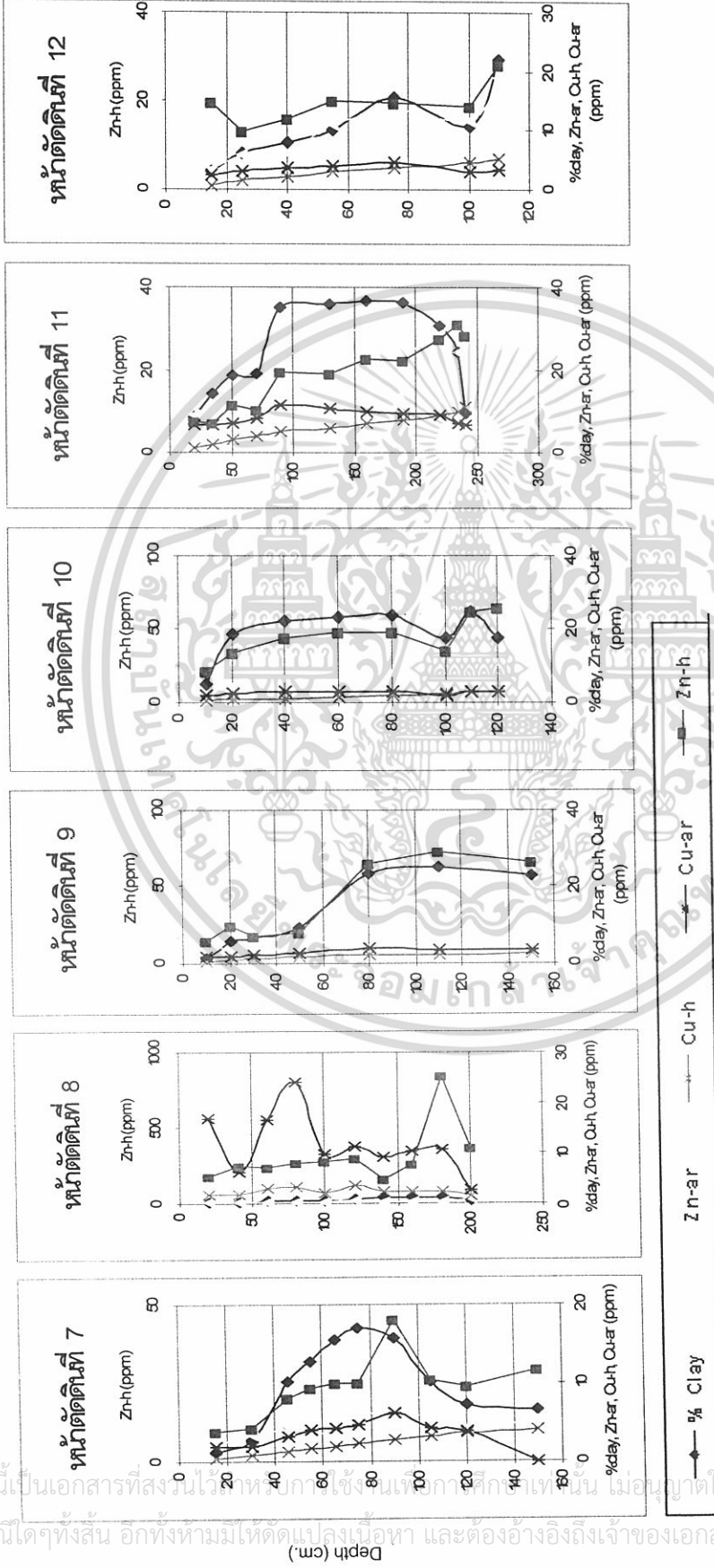


ภาพผนวกที่ 6 แสดงการแจกกระจายของสังกะสีและทองแดงที่สกัดได้และอนุภาคดินเหนียวตามความลึกของแต่ละหน้าตัดดิน



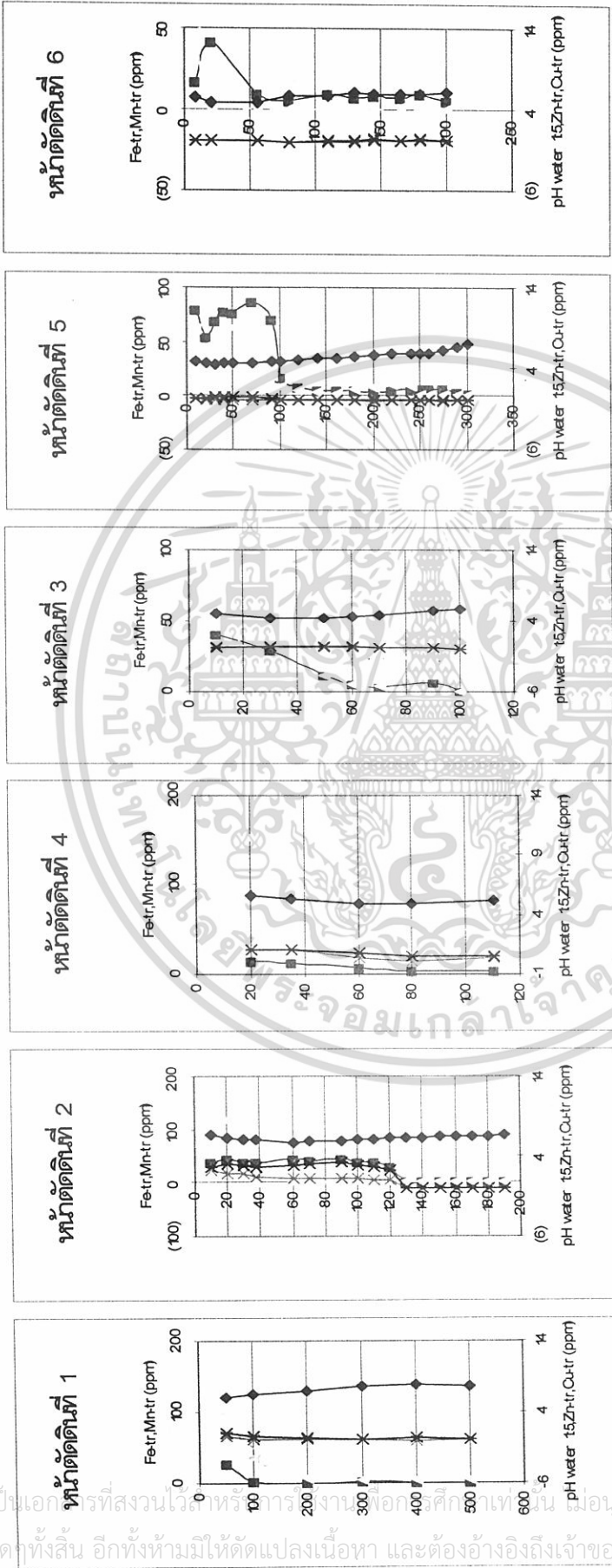
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้ส่วนตัวเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าในรูปแบบใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)



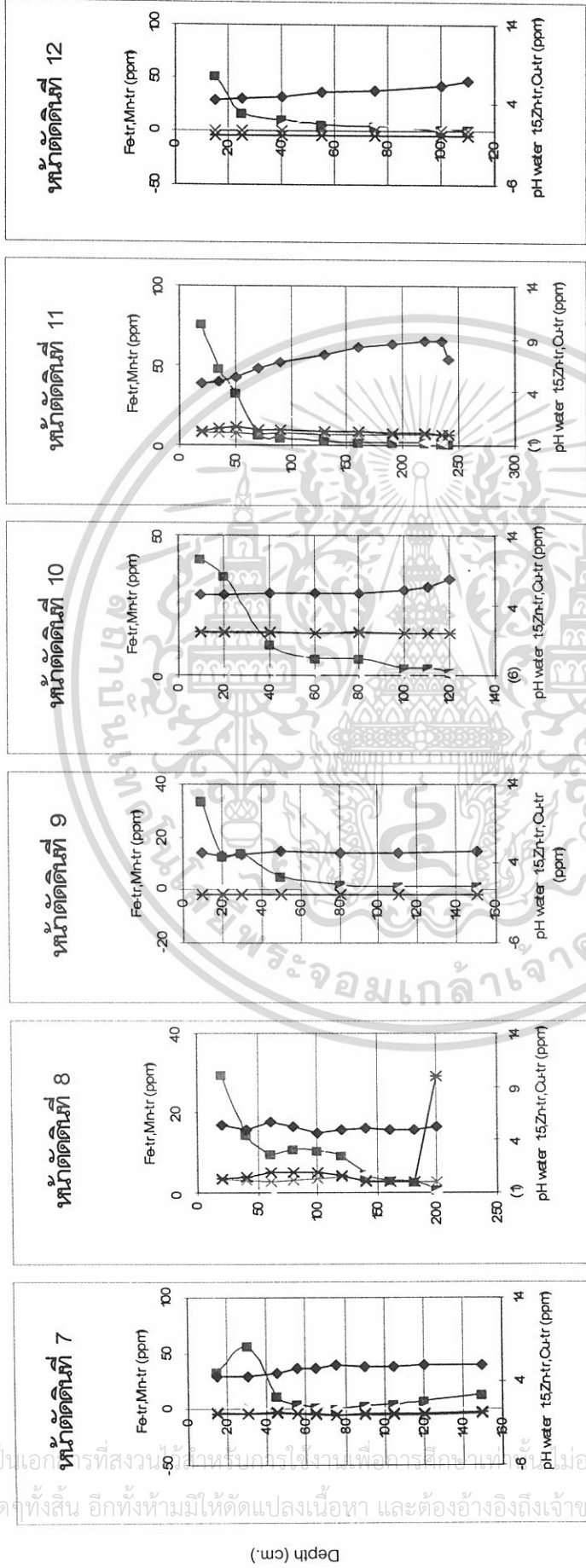
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแผนที่ 7 แสดงการแจกกระจายของธาตุที่เป็นประโยชน์และปฏิกริยาคืนตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน



◆ Fe-tr
 ■ Mn-tr
 * Zn-tr
 ○ Cu-tr

ภาพผนวกที่ 7 (ต่อ)



หน้าตัดดินที่ 7

หน้าตัดดินที่ 8

หน้าตัดดินที่ 9

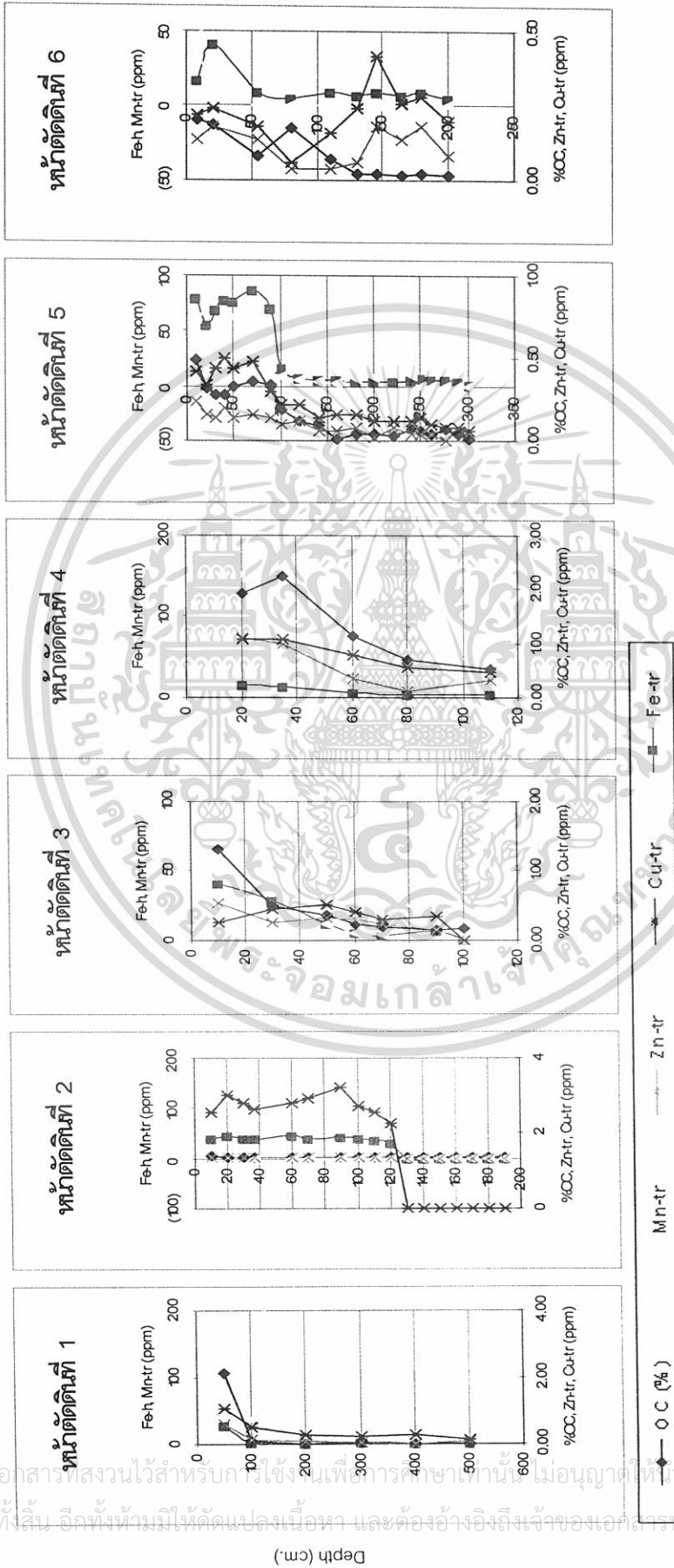
หน้าตัดดินที่ 10

หน้าตัดดินที่ 11

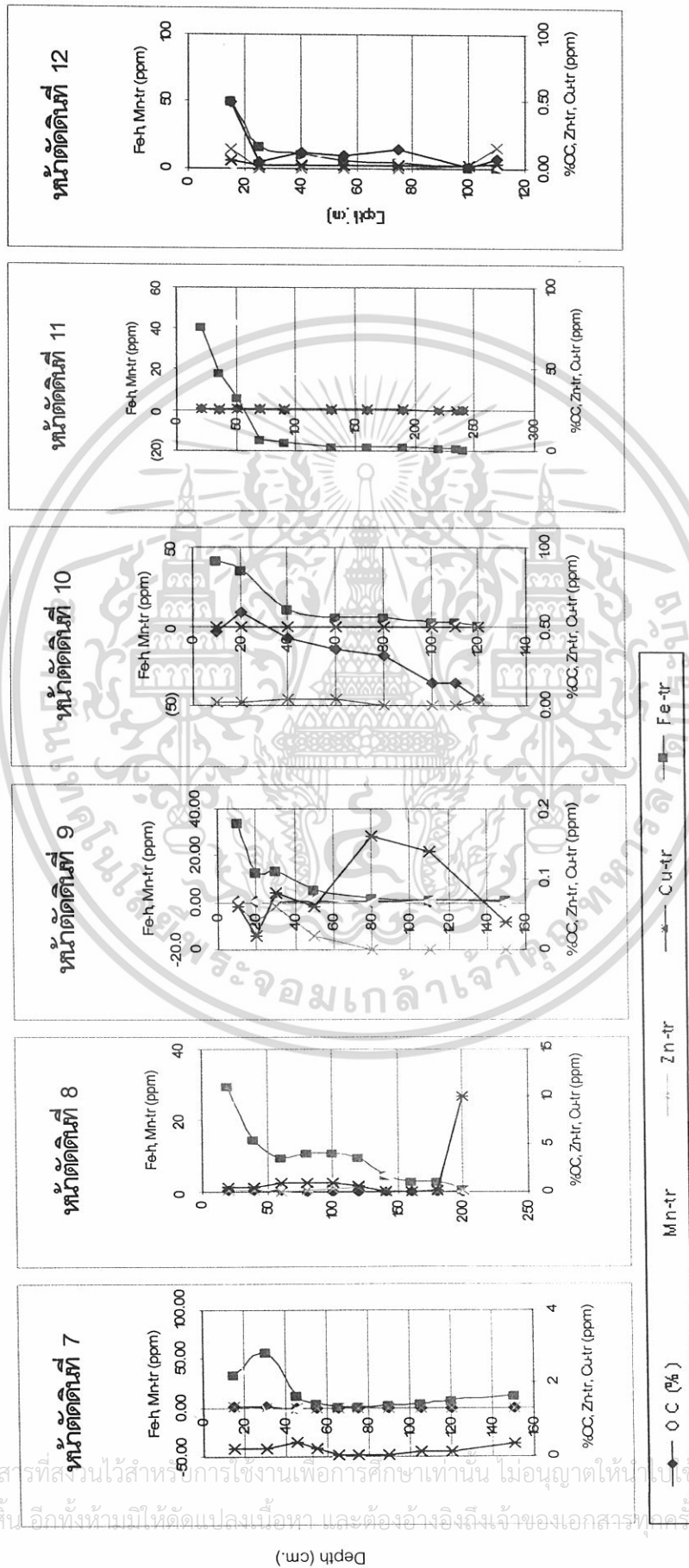
หน้าตัดดินที่ 12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 8 แสดงการแจกกระจายของจุดภาคที่เป็นประโยชน์และอินทรีย์คาร์บอนตามความลึกของทุกหน้าตัดดิน



ภาพแผนภูมิที่ 8(ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม อีกทั้งห้ามแก้ไขหรือดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารตลอดทั้งที่มีการนำไปใช้