

ใบรับรองปัญหาพิเศษ  
ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในดินที่มีหินพื้น  
ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ II : แอ่งโคราชจากเทือกเขาภู  
พานถึงแม่น้ำชี

Distributions of Iron, Manganese and Aluminum in Soil Profiles with  
Different Bedrocks of the Northeastern Thailand II: Khorat Basin, from  
the Phu Phan Range to the Chi River.

โดย

นางสาวพัชรินทร์ สุวรรณศรี



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิวา กัญญวงศ์หา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.ดร.สมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 26 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 49

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในดินที่มีหินพื้น  
ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ II : แอ่งโคราชจากเทือกเขาภู  
พานถึงแม่น้ำชี

Distributions of Iron, Manganese and Aluminum in Soil Profiles with  
Different Bedrocks of the Northeastern Thailand II: Khorat Basin, from  
the Phu Phan Range to the Chi River.



T099786

โดย

นางสาวพัชรินทร์ สุวรรณศรี

ป/ท.  
พ 5231  
9548  
๑๖.1

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 99786  
วัน,เดือน,ปี..... 16.....

เสนอ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

พ.ศ.2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิวา กัญยวงศ์หา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความรู้ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ. ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้อุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำปัญหาพิเศษ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาปรัชญาพิทยาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณปู่ คุณย่า คุณอา ที่อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนทุนการศึกษา และญาติพี่น้องทุกคนที่คอยให้กำลังใจข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปลง, คุณนารี พันธุ์จินดาวรรณ, คุณสมจิตร มิ่งนาค, บ้าอ้อม ที่ให้การสนับสนุนการทำงานในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณคุณนิวัฒน์ กุลครอง คุณประสิทธิ์ ทองถนอม เพื่อนๆ และน้องๆ ที่คอยให้คำปรึกษาและเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

พัชรินทร์ สุวรรณศรี

พฤษภาคม 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในดินที่มีหินพื้น ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ II: แอ่งโคราชจากเทือกเขาภูพาน ถึงแม่น้ำชี

Distributions of Iron, Manganese and Aluminum in Soil Profiles with Different  
Bedrocks of the Northeastern Thailand II: Khorat Basin, from the Phu Phan  
Range to the Chi River.

### บทคัดย่อ

เก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 13 หน้าตัดดิน ในแอ่งโคราชบริเวณระหว่างเทือกเขาภูพานกับ  
แม่น้ำชี มาศึกษาการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ตลอดจนจุลธาตุโลหะที่เป็น  
ประโยชน์ ผลการศึกษาพบว่าทุกหน้าตัดดินประกอบด้วยวัสดุที่มาทับถมใหม่วางตัวอยู่บนส่วนที่เกิด  
จากหินพื้น อันได้แก่ หน่วยหินเสาขรุ (หน้าตัดดินที่ 1) หน่วยหินพระวิหาร (หน้าตัดดินที่ 2 และ 3)  
หน่วยหินภูกระดึง (หน้าตัดดินที่ 4 และ 5) หน่วยหินโคกกรวด (หน้าตัดดินที่ 6 และ 7) และหน่วยหิน  
มหาสารคาม (หน้าตัดดินที่ 8-13) ความหนาของวัสดุมาทับถมใหม่ผันแปรตั้งแต่ประมาณ 10  
เซนติเมตร ถึงมากกว่า 2 เมตร ความแตกต่างระหว่างส่วนที่มาทับถมใหม่และหินผุดได้จากการแจก  
กระจายของขนาดอนุภาคดิน และ/หรือการมีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสในทุกหน้าตัดดิน  
พบว่าส่วนที่เกิดจากหินพื้นมีเหล็ก และแมงกานีสที่สกัดได้สูงกว่าที่พบในส่วนที่มาทับถมใหม่ ทุก  
หน้าตัดดินมี Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมากเนื่องจากสังกะสีและทองแดงที่สกัดด้วย  $\text{HClO}_4$  และ Aqua  
regia ต่ำอยู่แล้ว ส่วน Fe-tr และ Mn-tr มีค่าสูงในชั้นดินบนและลดลงตามความลึก เป็นไปตามการ  
แจกกระจายของอินทรีย์วัตถุ

แมงกานีสที่สกัดได้ แจกกระจายไม่สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวและมีค่าต่ำเมื่อ  
เทียบกับเหล็กที่สกัดได้ อย่างไรก็ตามชั้นดินที่มีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีส มีแมงกานีสที่  
สกัดได้สูงกว่าชนิดอื่นเป็นส่วนใหญ่ สำหรับอะลูมิเนียมที่สกัดได้ โดยเฉพาะ Al-h และ Al-ar เป็นไป  
ตามอนุภาคขนาดดินเหนียว Fed/o

เหล็กที่สกัดได้โดยเฉพาะ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d แจกกระจายตามความลึกค่อนข้าง  
สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ในส่วนที่เป็นดินเมื่อใช้สัดส่วน Feo/d ร่วมกับสัดส่วน Fed/h

เนื้อหาทั้งหมดนี้เป็นเอกสารผลงานวิจัยที่สนับสนุนการแข่งขันทักษะวิชาการแก่นักเรียน ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาตจากสำนักงานการค้ำ

ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ Fe(d-o)/h เพื่อบอกความรุนแรงในการสลายตัวของหน้าตัดดิน พบว่าทุกหน้าตัดดินทั้งส่วนที่มาทับถมใหม่ และส่วนที่เกิดจากหินพื้นมีการสลายตัวรุนแรงมาก (Feo/d ต่ำกว่า 0.05 และ Fed/h กับ (Fed-o)/h)

เมื่อเปรียบเทียบเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินพื้น พบว่าหน้าตัดดินที่ 3 ซึ่งอยู่บนหน่วยหินพระวิหารเนื้อละเอียดมีเหล็กที่สกัดได้สูงที่สุด และสูงกว่าหน้าตัดดินที่ 2 ซึ่งเป็นหน่วยหินเดียวกันแต่เนื้อหยาบอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินโคกกรวดและมหาสารคามมีเหล็กที่สกัดได้ค่อนข้างต่ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญเรื่อง	IV
สารบัญตาราง	V
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตารางผนวก	VIII
คำอธิบายสัญลักษณ์	IX
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
วิธีศึกษา	12
ผลการศึกษา	22
สรุปและวิจารณ์	57
เอกสารอ้างอิง	62
ภาคผนวก	65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	เรื่อง	หน้า
1	แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
1	แสดงองค์ประกอบของหน้าตัดดินที่เกิดจากการมุงอยู่กับที่ และคำบรรยายสัญลักษณ์วิทยาสนามที่พบในแต่ละส่วนในหน้าตัดดิน	7
2	แสดงลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และส่วนที่เกี่ยวข้องกับจุดที่เก็บตัวอย่างดิน	11
3	แสดงลักษณะของหน้าตัดดินที่ศึกษา	13
4	แสดงการแจกกระจายตามความลึกของขนาดอนุภาคดินปฏิกิริยาดินและอินทรีย์คาร์บอนของทุกหน้าตัดดิน	17
5	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 1	24
6	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 2	25
7	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 3	28
8	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 4	30
9	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 5	32
10	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 6	35
11	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 7	37
12	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 8	40
13	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 9	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
14	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 10	44
15	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 11	46
16	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 12	48
17	ความสัมพันธ์ระหว่างการอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 13	51
18	ความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำและอินทรีย์คาร์บอนกับ จุดธาตุที่เป็นประโยชน์	53
19	ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กในรูปอื่นและสัดส่วนของเหล็กในรูปต่าง	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตารางผนวก

ตารางที่	เรื่อง	หน้า
1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเด่นของหินพื้น และลักษณะของดินเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินพื้น	66
2	แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินที่สัมพันธ์ต่อจุลธาตุที่เป็นประโยชน์	68
3	แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของดินที่สัมพันธ์กับเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมที่สกัดได้	73



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำอธิบายสัญลักษณ์

### 1. คำอธิบายอักษรเนื้อดิน (Texture) ที่ปรากฏในตารางผนวกที่ 3

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

### 2. คำอธิบายสัญลักษณ์ที่ปรากฏในเนื้อหาและตารางผนวกที่ 1 กับ 2

Fe-h = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลาย  $\text{HClO}_4$

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

Fe-d = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate

Fe-o = เหล็กที่สกัดด้วยสารละลาย  $0.2 \text{ M NH}_4\text{-Oxalate pH } 3.0$

Mn-h = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลาย  $\text{HClO}_4$

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

Mn-d = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate

Mn-o = แมงกานีสที่สกัดด้วยสารละลาย  $0.2 \text{ M NH}_4\text{-Oxalate pH } 3.0$

Al-h = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลาย  $\text{HClO}_4$

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

Al-d = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate

Al-o = อะลูมิเนียมที่สกัดด้วยสารละลาย  $0.2 \text{ M NH}_4\text{-Oxalate pH } 3.0$

$\text{pH}_f$  = ปฏิริยาตินในสนาม (field pH)

$\text{pH}_w$  = ปฏิริยาตินที่วัดในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สัดส่วนระหว่างดินต่อน้ำ = 1:5

$\text{pH}_k$  = ปฏิริยาตินที่วัดในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สัดส่วนระหว่างดินต่อ  $1 \text{ N KCl } = 1:5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OC = Organic carbon เมื่อคูณด้วย 1.724 จะได้ค่าอินทรีย์วัตถุ

ND = Non-Detectable

KT<sub>MS</sub> = หน่วยหินมหาสารคาม

J<sub>PK</sub> = หน่วยหินภูกระดึง

K<sub>KK</sub> = หน่วยหินโคกกรวด

K<sub>PW</sub> = หน่วยหินพระวิหาร

J<sub>SK</sub> = หน่วยหินเสาชรวั

ND = Non-Detectable

Fed-o = Fe-d ลบด้วย Fe-o

Fed/h = Fe-d ทหารด้วย Fe-h

Fe(d-o)/h = Fe-d ลบด้วย Fe-o แล้วหารด้วย Fe-h

Feo-d = Fe-o ทหารด้วย Fe-d

### 3. ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของจุดเก็บตัวอย่าง

หน้าตัดดินที่	หน่วยหินพื้น	ชื่อระวางแผนที่	ระวาง	Co-ordination	Elevation (m, msl)
1	เสาชรวั	บ้านหนองฟ้า	5841 III	1669919	197
2	พระวิหาร	บ้านห้องแซง	5841 I	302033	220
3	พระวิหาร	บ้านห้องแซง	5841 I	399017	165
4	ภูกระดึง	อำเภอเลิงนกทา	5941 III	549877	150
5	ภูกระดึง	อำเภอเลิงนกทา	5941 III	542714	144
6	โคกกรวด	อำเภอภูซุ่ม	5841 II	231709	161
7	โคกกรวด	อำเภอภูซุ่ม	5841 II	233701	156
8	มหาสารคาม	บ้านหนองฟ้า	5841 III	191702	161
9	มหาสารคาม	อำเภอปะทิว	5840 I	242649	148
10	มหาสารคาม	จังหวัดยโสธร	5840 IV	185670	150
11	มหาสารคาม	จังหวัดยโสธร	5840 IV	144602	147
12	มหาสารคาม	อำเภอสุวรรณภูมิ	5740 II	908292	133-134
13	มหาสารคาม	อำเภอสุวรรณภูมิ	5740 II	861263	128-130

หมายเหตุ ใช้แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1: 50,000 ชุด L7017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำนำ

หน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น (*In situ weathering profile*) ประกอบด้วย หินแข็งในตอนล่างสุด และค่อยๆเปลี่ยนสภาพขึ้นมาทางตอนบนของหน้าตัดดิน จนกลายเป็นดินในที่สุด (Geological Society, 1990)

ผลที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น ทั้งทางกายภาพ และทางชีวเคมี นอกจากจะได้แร่ปฐมภูมิที่ทนทานต่อการสลายตัว (เช่น แร่ Quartz และ Anartase) แร่ดินเหนียวซิลิเกต และแร่ธาตุที่สลายได้แล้ว ยังมีผลผลิตสุดท้ายที่ทนทานต่อการสลายตัว เช่น ออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียม อีกด้วย (Brady and Weil, 2002)

หน้าตัดดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ ประกอบด้วยชั้นหินแข็งในตอนล่างสุด และค่อยๆผุพังขึ้นมาเป็นดินในตอนบน ความลึกที่พบชั้นหินแข็งผันแปรไปตามสภาพอากาศ เช่น ลึกกว่า 10 เมตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พรทิวา, 2549) หรือ ลึกเพียง 1-2 เมตร ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พรทิวา, 2543) เป็นต้น

ในชั้นที่เป็นดิน (A-B Horizon) มักได้รับอิทธิพลจากกระบวนการปฐมภูมิมากกว่ากระบวนการธรณีวิทยา สมบัติทางเคมีจึงแตกต่างจากหินที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดอย่างมาก ส่วนสมบัติทางกายภาพอาจเปลี่ยนแปลงไปบ้าง ขึ้นอยู่กับพัฒนาการของดิน (สะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดิน B) ส่วนชั้นวัตถุดิบกำเนิดดินและชั้นหินผู้มีการบวนการทางธรณีวิทยาเด่นกว่ากระบวนการปฐมภูมิ จึงแสดงลักษณะดั้งเดิมของหินพื้นออกมาให้เห็นทั้งทางเคมีและทางกายภาพ (Brady and Weil, 2002)

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

แม้ว่าวัตถุดิบกำเนิดส่วนใหญ่ของดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นพวกที่ถูกพัดพามาทับถมโดยเฉพาะจากอิทธิพลของทางน้ำไหล (Moormann *et al.*, 1964) แต่หน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้นก็พบได้เช่นกัน โดยเฉพาะบริเวณขอบแอ่งโคราชหรือพวกที่เกิดจากหินบะซอลท์

หินพื้นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นหินตะกอน มีอายุในมหายุค Mesozoic จัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช ประกอบด้วยหลายหน่วยหินด้วยกัน จากการศึกษาของพรทิวา (2543) พบว่าพัฒนาการของหน้าตัดดินและความรุนแรงของการสลายตัวแตกต่างกันในแต่ละบริเวณ ซึ่งสิ่งเหล่านี้มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน พัฒนาการของหน้าตัดดิน และธาตุโลหะพวกเหล็ก แมงกานีส รวมทั้งอะลูมิเนียม แต่การศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้มี

น้อย ดังนั้นจึงสนใจที่จะศึกษาการแจกกระจายของเหล็กแมงกานีสและอะลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่มีหิน

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเลือกพื้นที่ภายในแอ่งโคราช ตั้งแต่เทือกเขาภูพานถึงแม่น้ำชีเป็นพื้นที่ศึกษา

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณและรูปแบบการแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่มีหินพื้นต่างกันของแอ่งโคราชระหว่างเทือกเขาภูพานถึงแม่น้ำชี
2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม ภายในหน้าตัดดินเดียวกันระหว่างส่วนที่เป็นดิน หินผุ และ/หรือหินพื้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตรวจเอกสาร

### เหล็ก

เปลือกโลกมีเหล็กในรูปอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 5 และมีมากเป็นอันดับสี่ของธาตุในส่วนที่เป็นธรณีภาค แร่เหล็กปฐมภูมิและทุติยภูมิได้แก่ Olinine [(Mg,Fe)<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>], Siderite (FeCO<sub>3</sub>), Hematite (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Goethite (FeOOH), Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) และ Limonite [FeO(OH).nH<sub>2</sub>O+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.nH<sub>2</sub>O]

ในช่วงพัฒนาการของดิน เหล็กมีทั้งมากขึ้นและลดลงทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในดินผันแปรอย่างมากโดยอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.7-55 แทบทั้งหมดของเหล็กในดินพบในแร่ปฐมภูมิ แร่ดินเหนียว ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ (Havlin et al., 1999)

ความสามารถในการละลายของแร่เหล็กทั่วไปที่พบในดินต่ำมาก คือในสารละลายดินมี Fe<sup>3+</sup> เพียง 10<sup>-6</sup>-10<sup>-24</sup> M ความเข้มข้นของ Fe<sup>3+</sup> ในสารละลายดินเมื่อเปรียบเทียบกับไอออนประจุบวกอื่นๆ ถือว่ามีค่าต่ำมาก

ความเข้มข้นของเหล็กทั้งหมดในดินผันแปรอย่างมาก และอยู่ในพิสัยตั้งแต่ร้อยละ 1 ถึงมากกว่าร้อยละ 20 โดยมีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณร้อยละ 3 เหล็กในดินอาจมีทั้งรูปที่เป็น Fe<sup>2+</sup> หรือ Fe<sup>3+</sup> แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุที่มีมากในแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิที่พบในดิน แต่ความเป็นประโยชน์จะต่ำมากจนจำกัดการเจริญเติบโตของพืช

รูปของเหล็กในดิน มีทั้ง Total หรือ free iron oxide, amorphous หรือ active iron oxide, organically bound Fe, และ exchangeable or solution-phase Fe

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ปัจจัยที่มีผลต่อรูปและปริมาณเหล็กในดิน

1. ความรุนแรงของการสลายตัวผุพัง การเปลี่ยนแปลงของแร่ต่างๆระหว่างกระบวนการเกิดดิน ในช่วงแรกรูปที่ไม่เป็นผลึกของแร่เหล็กและอะลูมิเนียมจะเด่น หลังจากนั้นจะค่อยๆเปลี่ยนเป็นรูปที่เป็นผลึก ถ้าสัดส่วนระหว่าง Feo/d ต่ำกว่า 0.05 แสดงว่าดินสลายตัวอย่างรุนแรง (Smeck *et al.*, 1994)
2. วัตถุประสงค์กำเนิดดิน โดยส่วนใหญ่ดินเนื้อละเอียดจะมีรูปและปริมาณเหล็กทั้งหมดในดินสูงกว่าดินเนื้อหยาบ ถ้าดินที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าเหล็กที่แลกเปลี่ยนได้ก็มีปริมาณมากกว่าที่พบในดินเนื้อหยาบด้วย
3. ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว อนุภาคขนาดดินเหนียวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับเหล็กในดินโดยเฉพาะ Fe-d (อรรถพล, 2546)
4. อินทรีย์วัตถุมีผลในเชิงบวกต่อปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ (Sharma *et al.*, 2004)
5. การระบายน้ำ ดินที่มีการระบายน้ำเลวออกไซด์ของเหล็กจะต่ำกว่าดินที่มีการระบายน้ำดี (กฤตธี และสิรินนรี, 2546)

## แมงกานีส

ค่าเฉลี่ยของอินทรีย์แมงกานีสในเปลือกโลกอยู่ที่ 1,000 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 แมงกานีสในดินพบในรูปออกไซด์และไฮดรอกไซด์หลายชนิดเคลือบอยู่บนอนุภาคดิน ตกตะกอนในรอยแตกและช่องว่างในดิน และผสมอยู่กับเหล็กออกไซด์กับองค์ประกอบอื่นๆของดิน

รูปหลักของแมงกานีสในสารละลายดินคือ  $Mn^{2+}$  สิ่งที่ควบคุมความเข้มข้นของ  $Mn^{2+}$  ในสารละลายดินคือปริมาณแร่  $MnO_2$  ในดินกรดและดินที่เป็นกลางมักพบ  $Mn^{2+}$  ในสารละลายดินเพียง 0.01-1 ppm โดยที่ประมาณร้อยละ 90 ของ  $Mn^{2+}$  ในสารละลายดินเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุ (Havlin *et al.*, 1999) แมงกานีสเป็นจุลธาตุโลหะหนักที่จัดเป็นธาตุอาหารพืช งานด้านวิเคราะห์ดินจึงเน้นไปที่ปัญหาการขาดแมงกานีส แต่ความเป็นพิษของแมงกานีสก็พบได้เมื่อดินมีระดับแมงกานีสสูง ดังนั้นการวิเคราะห์แมงกานีสในดินจึงมุ่งไปทั้งการขาดและเป็นพิษ (Gambrell,

1996) เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แมงกานีสมีพฤติกรรมทางเคมีในดินและวัสดุธรรมชาติเหมือนกับเหล็ก แมงกานีสอาจพบในหลายๆ valence states แต่ภายใต้พื้นผิวโลกจะพบเพียง  $2^+$ ,  $3^+$  และ  $4^+$  อย่างไรก็ตาม  $3^+$  ไม่ใช่รูปที่เสถียรในสารละลาย (Gambrell, 1996)

แมงกานีสทั้งหมดในดินพบในพิสัยที่กว้าง คือตั้งแต่น้อยกว่า  $20 \mu\text{g/g}$  จนถึงมากกว่า  $3,000 \mu\text{g/g}$  โดยมีระดับทั่วไปอยู่ประมาณ  $600 \mu\text{g/g}$  แมงกานีสในรูปที่เคลื่อนที่ได้และรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณต่ำมาก ปฏิกริยาดิน (pH) และค่า redox potential เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของแมงกานีส สภาพน้ำขังและ/หรือระดับ pH ที่ต่ำกว่า 6 ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนเป็นรูปที่เคลื่อนที่ได้มากขึ้นและเป็น  $\text{Mn}^{2+}$  ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มาก ในขณะที่ pH สูงและดินถูกออกซิไดซ์จะทำให้  $\text{Mn}^{2+}$  เปลี่ยนรูปไปเป็น  $\text{Mn}^{4+}$  อันเป็นรูปออกไซด์ในดินที่ไม่ละลายน้ำ (Gambrell, 1996)

### สังกะสี

สังกะสีในส่วนที่เป็นธรณีภาค มีประมาณ 80 ppm และสังกะสีในดินมีค่าพิสัย 10-300 ppm โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 50 ppm หินอัคนีมีสังกะสีประมาณ 70 ppm ในขณะที่หินตะกอน (Shale) มีสังกะสีมากกว่า (95 ppm) หินปูน (20 ppm) หรือหินทราย (16 ppm) แร่ที่มีสังกะสีเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Franklinite ( $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ), Smithsonite ( $\text{ZnCO}_3$ ) และ Willemite ( $\text{Zn}_2\text{SiO}_4$ )

สารละลายดินมีสังกะสีต่ำมากอยู่ในพิสัย 2-70 ppm โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งของ  $\text{Zn}^{2+}$  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

แร่ปฐมภูมิสำคัญที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ Malachite ( $\text{Cu}_2(\text{OH})_2\text{CO}_3$ ) และ Cupric ferrite ( $\text{CuFe}_2\text{O}_4$ ) แร่ทองแดงทุติยภูมิมีทั้ง Oxides, Carbonate, Silicate, Sulfate และ Chlorides แต่มักจะละลายได้มากจนไม่ค่อยพบในดิน

แทบทั้งหมดของทองแดงที่ละลายได้ในผิวหน้าดินมักเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ

อินทรีย์วัตถุและถูกอินทรีย์วัตถุยึดเอาไว้ด้วยแรงที่มากกว่าจุลธาตุอื่นๆ (Havlin *et al.*, 1999) เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะโดยวิธีใดก็ตาม อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมเป็นธาตุที่พบแพร่หลาย (Ubiquitous element) ในระบบดินและธรณีวิทยา และเมื่อมีความเข้มข้นสูงอะลูมิเนียมจะเป็นพิษอย่างแรงต่อพืช แร่ที่มีอะลูมิเนียมสูงได้แก่ aluminosilicates ซึ่งประกอบด้วย feldspar, micas, kaolins, smectites และแร่ phyllosilicate minerals นอกจากนี้ อะลูมิเนียมยังเป็นองค์ประกอบหลักของ nonsilicate minerals ที่พบในดินและวัสดุธรณีรวมทั้งแร่ gibbsite  $[Al(OH)_3]$ , variscite  $(AlPO_4 \cdot 2H_2O)$  และ Al-sulfate พวก alunite หรือ basalunite อีกด้วย

อะลูมิเนียมที่เกิดปฏิกิริยาในดินหรือมีหลากหลายรูปแบบ โดยมี pH และองค์ประกอบเชิงแร่ของระบบ เป็นตัวควบคุมหลัก เช่น อะลูมิเนียมสามารถดูดยึดกับประจุลบของแร่ดินเหนียว ทำให้สามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนประจุบวกพวก  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  หรือ  $Mg^{2+}$  ได้ หรือสามารถดูดยึดกับ functional groups ของอินทรีย์วัตถุได้ และสามารถแลกเปลี่ยนกับไอออนประจุบวกอื่นได้เช่นกัน นอกจากนี้ก็สามารถพบอะลูมิเนียมได้ในรูปแบบที่เป็นไฮดรอกไซด์และออกไซด์ที่ไม่เป็นผลึก (Havlin *et al.*, 1999)

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

## ความสำคัญของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียม

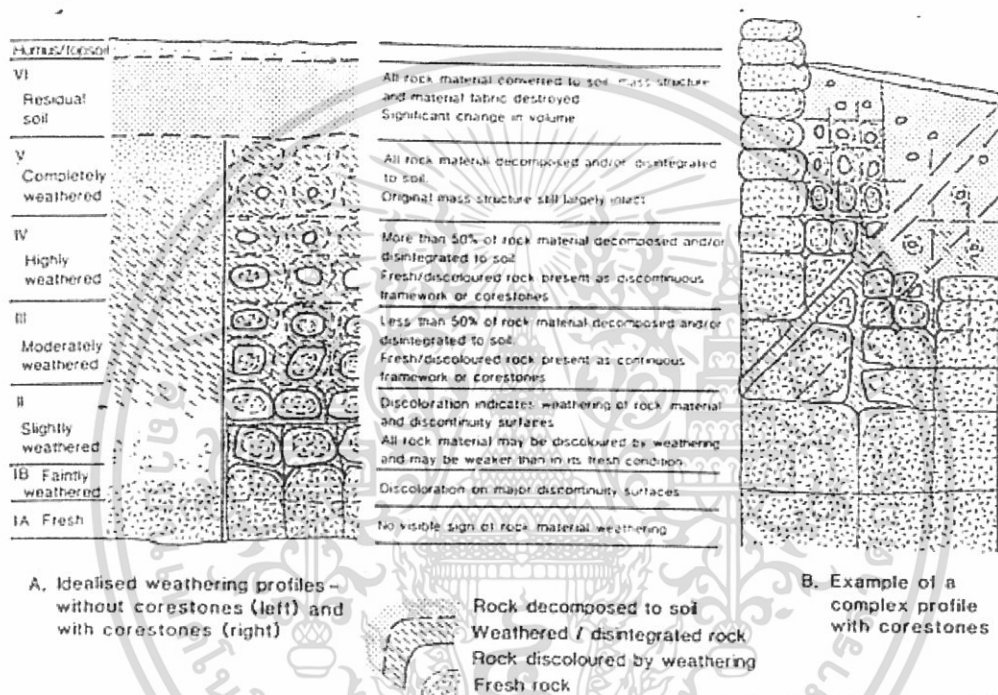
1. ถ้าเหล็กและแมงกานีสทั้งหมด (Total Fe, Total Mn) สูงรูปของเหล็กและแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ (Available Forms) จะสูงตามไปด้วย (Havlin *et al.*, 1999)
2. ดินที่พบสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสจะมีเหล็กและแมงกานีสสูงชันกว่าเดิม
3. ออกไซด์ของเหล็กบอกความรุนแรงในการสลายตัวของดิน ดินที่มีการสลายตัวสูงกว่าออกไซด์ของเหล็กจะมีมากกว่าดินที่มีการสลายตัวต่ำ (Smeck *et al.*, 1994)
4. Fe-d เพิ่มขึ้นเมื่อดินอายุมากขึ้น และ/หรือดินสลายตัวมากขึ้น ถ้า  $Fe-o/Fe-d < 0.05$  ดินสลายตัวอย่างรุนแรง (Smeck *et al.*, 1994)
5. Fe-d ลดลงเมื่อดินมีการระบายน้ำเลวลง (Buol *et al.*, 1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## องค์ประกอบของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่

Geological Society (1990) กล่าวถึงลักษณะของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น โดยเริ่มจากหินพื้นที่อยู่ตอนล่างสุดขึ้นมาถึงผิวน้ำดิน (ภาพที่ 1) ดังนี้

ภาพที่ 1 แสดงลักษณะของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้น และคำบรรยายลักษณะ วิทยาลัยเกษตรศาสตร์สุพรรณบุรี



ที่มา: Geological Society (1990)

Fresh Rock ไม่มีร่องรอยหินผุให้เห็นหรืออาจมีสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ณ ส่วนนอกสุดของหิน ซึ่งเริ่มมีรอยแตก

Slightly Weathered สีเปลี่ยนแปลงให้เห็นหรืออาจมีสีเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย และมีรอยแตกทั้งหมดอาจเปลี่ยนสี เนื่องจากเกิดการผุพังอยู่กับที่

Moderately Weathered น้อยกว่าครึ่งหนึ่งของหินเปลี่ยนไปเป็นดิน หินพื้น หรือหินที่เปลี่ยนสี ยังคงมีให้เห็นแบบต่อเนื่องกันไป หรือเป็นแบบ Corestone ที่ต่อเนื่องกัน

Highly Weathered มากกว่าครึ่งหนึ่งของหินที่เปลี่ยนไปเป็นดิน มีหินพื้นหรือหินผุบ้างแต่ไม่ต่อเนื่องกัน หรือเป็นแบบ Corestone เป็นแห่งๆ

Completely Weathering หินทั้งหมดเปลี่ยนเป็นดิน แต่ลักษณะเดิมทั้งหมด (โครงสร้างเดิมทั้งหมด) ส่วนใหญ่ยังคงไม่บอบสลาย หรืออยู่ครบบริเวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของหินอัคนีมาเป็นชั้นดิน B ในเขตร้อนชื้น (Brady and Weil, 2002) พบว่า Ca, Mg, K, Na กับ P ลดลง ในขณะที่ Si, Al และ Fe เพิ่มขึ้น

### 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, 2547)

ภูมิอากาศของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จำแนกตามระบบของ "Köppen" เป็นแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical savanna, Aw) มี 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ฤดูหนาว และฤดูร้อน ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และตะวันออกเฉียงเหนือ ฤดูฝน เริ่มต้นในช่วงปลายเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม โดยมีการกระจายของฝนเป็นแบบฝนทิ้งช่วงในตอนกลางของฤดู คือมีฝนตกมากที่สุดในเดือนพฤษภาคม-มิถุนายน โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ฝนตกมากที่สุดสองในช่วงเดือนกรกฎาคม-ตุลาคม และปริมาณฝนที่ตกมีมากกว่าช่วงแรก โดยมีปริมาณฝนตกเฉลี่ยตลอดปี 1,370 มิลลิเมตร และตกชุกในเดือนสิงหาคมกับเดือนกันยายน (พรทิวาและนารี, 2547)

อย่างไรก็ตาม พบว่าด้านตะวันออกเฉียงเหนือ (จังหวัดนครพนม และมุกดาหาร) มีปริมาณฝนตกมากกว่าบริเวณอื่น และปริมาณน้ำฝนค่อยๆลดลงมาทางตะวันออกเฉียงใต้ จนกระทั่งตกน้อยที่สุดในเขตจังหวัดนครราชสีมา

ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย (Geological Survey Division, 1987) มีหินพื้นเป็นหินตะกอนที่มีอายุอยู่ในมหายุคเมโซโซอิก และจัดอยู่ในกลุ่มหินโคราช โดยมีอายุตั้งแต่ยุคจูแรสสิกจนถึงเทอร์เชียรี ซึ่งหน่วยหินที่อยู่บนสุดได้แก่ หน่วยหินคาร์บอนิเฟอรัส และหน่วยหินเพอร์เมียน ซึ่งหน่วยหินเหล่านี้เป็นหินที่แข็งและทนทานมาก ไม่ผ่านการผุพังมากนัก และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มหาสารคาม อันพบมากในตอนกลางของแอ่งสกลนครและแอ่งโคราช หน่วยหินนี้มีชั้นเกลือหินเป็นองค์ประกอบด้วย

**แอ่งโคราช** มีหินพื้นส่วนใหญ่เป็นหน่วยหินมหาสารคาม ซึ่งพบมากในตอนกลางของแอ่งและล้อมรอบด้วยหน่วยหินโคกกรวด หน่วยหินภูพาน หน่วยหินเสาชรวั หน่วยหินพระวิหาร และหน่วยหินภูกระดึง ซึ่งหน่วยหินเหล่านี้อยู่ขอบนอกของแอ่งโคราชและพบเป็นภูเขาล้อมรอบแอ่งโคราชและแบ่งพื้นที่ราบสูงโคราชออกเป็นสองแอ่ง ดังที่กล่าวแล้วข้างต้น ส่วนบริเวณที่อยู่สองฝั่งแม่น้ำสายหลัก จะพบตะกอนที่ถูกพัดพามาทับถมโดยลำน้ำ ซึ่งมีอายุอยู่ในยุคควอเทอร์นารี (Quaternary) นอกจากนี้ ในตอนล่างของแอ่งโคราช ก่อนถึงเทือกเขาพนมดงรักยังพบหินบะซอลต์ตั้งแต่จังหวัดนครราชสีมาจนถึงจังหวัดอุบลราชธานี ภาพที่ 2 เป็นแผนที่ธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตารางที่ 2 แสดงองค์ประกอบของหินพื้น



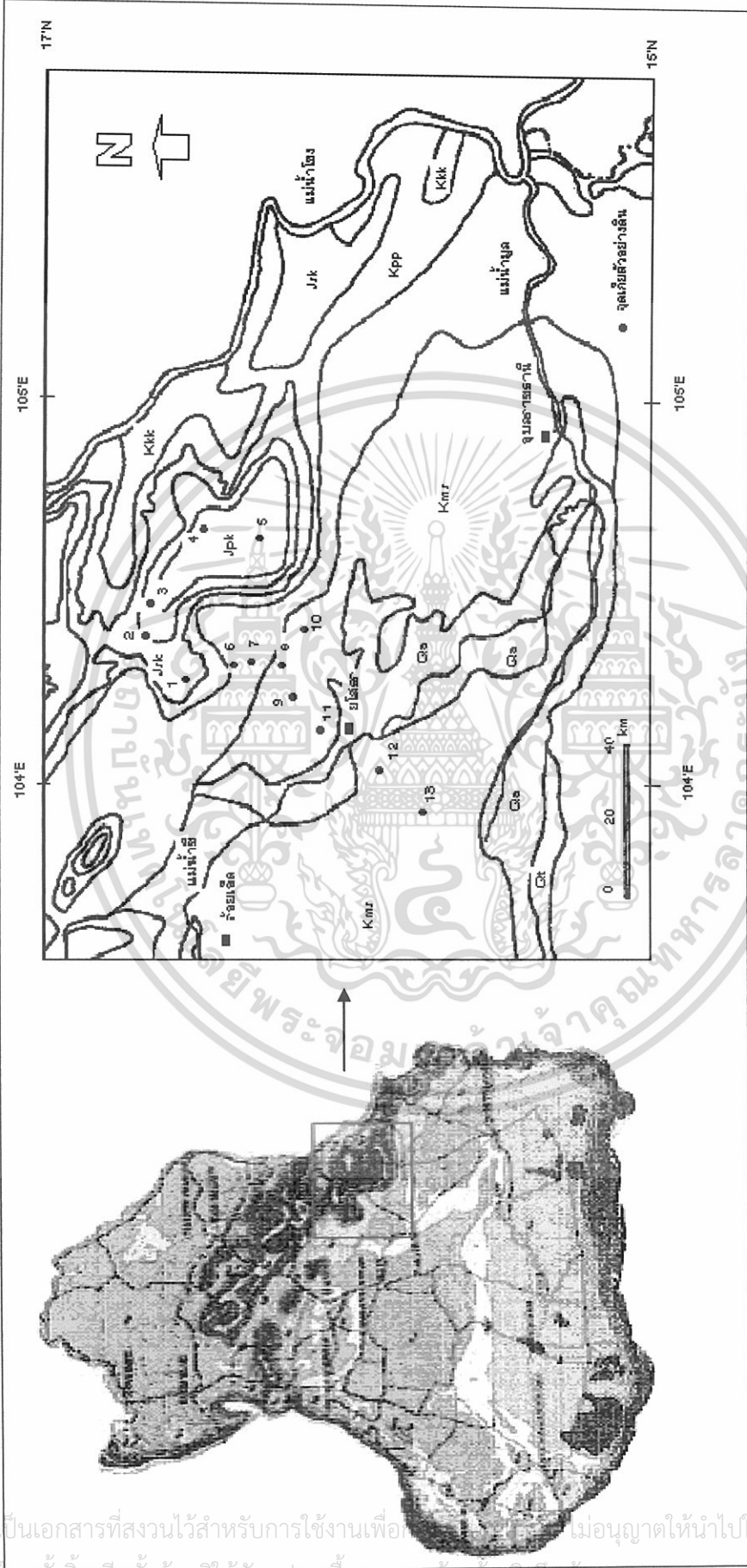
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 คำอธิบายสัญลักษณ์ที่บอกลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย	อายุ
Qa*	กรวดทรายทรายแป้งและดิน รอยชั้นไม่ต่อเนื่อง (unconformity)	-	Quaternary
Qt*	ตะกอนตะกั่วลู่มน้ำ กรวดทรายทรายแป้ง ดินและศิลาแลง	-	Quaternary
<b>รอยผิดปกติ (unconformity)</b>			
KT <sub>MS</sub> *	<b>หินทรายแป้ง หินดินดาน และหินโคลน</b> สีแดงอิฐและแดงแกมม่วง เมื่อมีสีขาวถึงเทา ชั้นหินบางถึงหนา มีเกลือหิน โพแทช ยิปซัม และแอนไฮไดรต์	มหาสารคาม	Cretaceous-tertiary
K <sub>KK</sub> *	<b>หินทราย</b> สีน้ำตาลและสีน้ำตาลแกมแดง มีจุดเขียวแกมเทา เมื่อมีสีน้ำตาลถึงดำแกมเทา เม็ดละเอียดถึงปานกลาง การคัดขนาดไม่ดี <b>หินดินดานและหินทรายแป้ง</b> สีน้ำตาลอ่อน เนื้อปนโมก้า หินกรวดมนเม็ดปูน	โคกกรวด	Middle-Upper Cretaceous
K <sub>PP</sub>	<b>หินทราย</b> สีขาว ส้มอ่อน โดยทั่วไปเป็นกรวดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 5 เซนติเมตร เม็ดกรวดประกอบด้วย ควอร์ตซ์ เบริล หินทรายแป้งสีแดง และหินอัคนีบางชนิดมีหินดินดานและหินกรวดมนแทรกสลับ	ภูพาน	Lower- Middle Cretaceous
J <sub>SK</sub> *	<b>หินทราย</b> สีน้ำตาลแกมแดงและเทา เนื้อปนโมก้า <b>หินทรายแป้ง</b> สีเทาและน้ำตาล <b>หินกรวดมนเม็ดปูน หินดินดาน</b> สีน้ำตาลแกมม่วงและแดงอิฐ	เสาวรี	Middle- Upper Jurassic
J <sub>PW</sub> *	<b>หินทราย</b> สีขาวและชมพู ออร์โทควอร์ตซิก ในขอบบนของชั้นหินมีกรวดปน ชั้นหนามากมีรอยชั้นขวาง พบหินดินดาน และหินกรวดมนสีน้ำตาลแกมแดงและเทาเทกสตัลบ้าง	พระวิหาร	Lower- Middle Jurassic
J <sub>PK</sub> *	<b>หินทรายแป้ง</b> สีน้ำตาลอมแดง สีแดงอมม่วง มักมีหินปูนและแร่เมกาปน มีหินทรายอมเขียวถึงสีน้ำตาลอมเหลืองบ้าง บางส่วน และมีหินกรวดมนที่เป็นฐาน	ภูกระดึง	Lower Jurassic
<b>หินอัคนี (Igneous Rocks)</b>			
bs	หินอัคนี เป็นส่วนใหญ่ บางแห่งพุ่งกลายเป็นศิลาแลงและดินแดง	-	Tertiary

ที่มา: ดัดแปลงจาก Geological Survey Division (1987), หมายถึง \* ส่วนที่พบในพื้นที่ศึกษา

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และส่วนที่เกี่ยวข้องกับจุดที่เก็บตัวอย่างดิน (สีเขียวในภาพคือพื้นที่ศึกษา)



ที่มา : ดัดแปลงจากกรมทรัพยากรธรณี (2527); Geological Survey Division (1987)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ... ไม่อนุญาตให้นำไป... โฆษณาด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วิธีการศึกษา

### การศึกษาในภาคสนาม

ออกสำรวจภาคสนามเพื่อเลือกจุดเก็บตัวอย่างดิน โดยใช้แผนที่ธรณีวิทยาของประเทศไทย (Geological Survey Division, 1982 และ 1987) เป็นแผนที่พื้นฐาน และเลือกจุดเก็บตัวอย่างดิน ภายในพื้นที่ศึกษาซึ่งอยู่ระหว่างเทือกเขาภูพานและแม่น้ำชี (ภาพที่ 2) หลังจากนั้นขุดหน้าตัดดิน แบ่งชั้นดิน ทำคำอธิบายหน้าตัดดิน (เอิบ, 2530) และเก็บตัวอย่างดินจากแต่ละชั้นดินของทุกหน้าตัดดิน เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

หมายเหตุ การศึกษาในภาคสนามทำโดย พรทิวา (2543 และ 2545)

### การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1. การเตรียมตัวอย่างดิน (ทำโดยพรทิวา, 2543 และ 2545) นำดินตัวอย่างมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บส่วนที่ผ่านตะแกรงไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์
2. การวิเคราะห์ดินทางกายภาพ
  - วิเคราะห์การแจกกระจายของขนาดดินโดยวิธีไปเปต (Gee and Bauder, 1985) และ ประเมินชั้นเนื้อดินโดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา (Soil Survey Laboratory Staff, 1992)
3. การวิเคราะห์ดินทางเคมี
  - ปฏิกริยาดิน (pH) โดยใช้สัดส่วนของดินต่อน้ำและดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 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 แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณจุลธาตุประจวบทุกที่เป็นประโยชน์ (Fe, Mn, Cu และ Zn) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา, 2546)
  - สกัดดินด้วยกรด  $\text{HClO}_4$  เข้มข้น แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณเหล็ก (Fe-h), แมงกานีส (Mn-h), ทองแดง (Cu-h), สังกะสี (Zn-h) ด้วยเครื่อง Atomic absorption

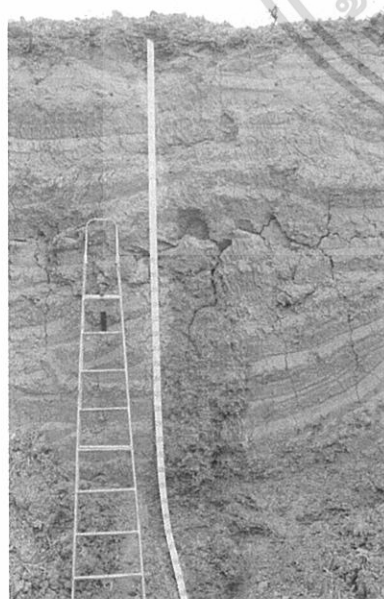
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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) โดยวิธีเดียวกับการวัดสิ่งที่ได้จากการสกัดดินด้วย  $\text{HClO}_4$
- สกัดดินด้วยสารละลาย Dithionite-Citrate-Bicarbonate ซึ่งสิ่งที่ได้จะเป็น total oxide อิสระของเหล็ก (Fe-d), แมงกานีส (Mn-d), อะลูมิเนียม (Al-d) ในรูปที่เป็นผลึกและไม่เป็นผลึก (Crystalline+Non-crystalline forms) (Ross and Wang, 1993) วัดหาปริมาณของธาตุเหล่านี้โดยวิธีเดียวกับการวัดสิ่งที่ได้จากการสกัดดินด้วย  $\text{HClO}_4$
- สกัดดินด้วยสารละลาย  $0.2 \text{ M NH}_4\text{-oxalate}$  pH 3.0 ซึ่งสิ่งที่สกัดได้เป็นออกไซด์อิสระของเหล็ก (Fe-o), แมงกานีส (Mn-o) และอะลูมิเนียม (Al-o) ในรูปที่ไม่เป็นผลึก (Non-crystalline forms) (International Institute of Tropical Agriculture, 1979)

หมายเหตุ \* วิเคราะห์โดยพรทิภา (2543 และ 2545)

ภาพที่ 3 แสดงลักษณะของหน้าตัดดินที่ศึกษา



หน้าตัดดินที่ 1



หน้าตัดดินที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

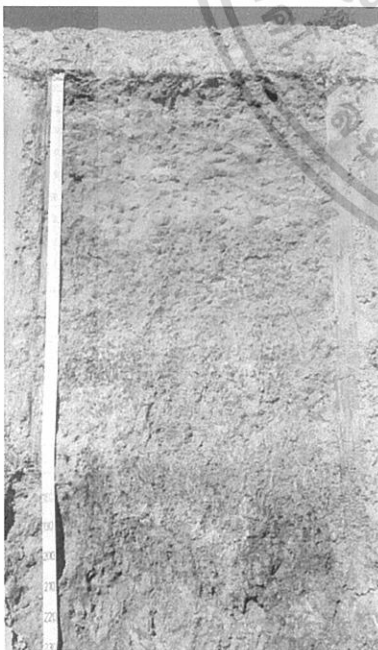
## ภาพที่ 3 (ต่อ)



หน้าตัดดินที่ 3



หน้าตัดดินที่ 4



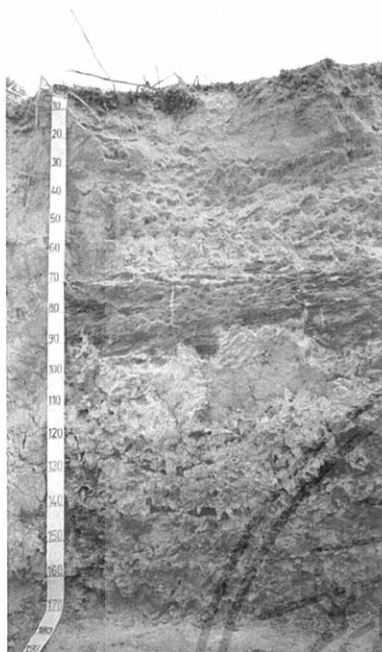
หน้าตัดดินที่ 5



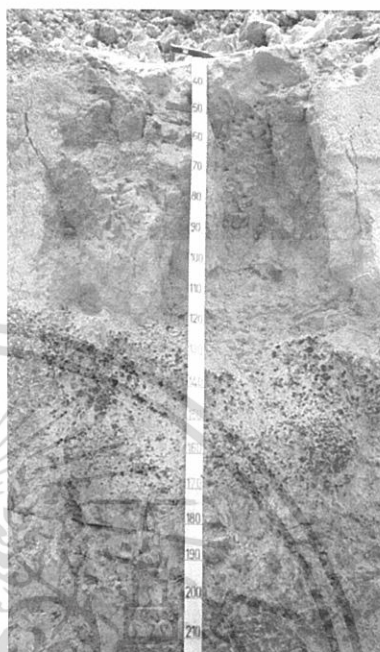
หน้าตัดดินที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

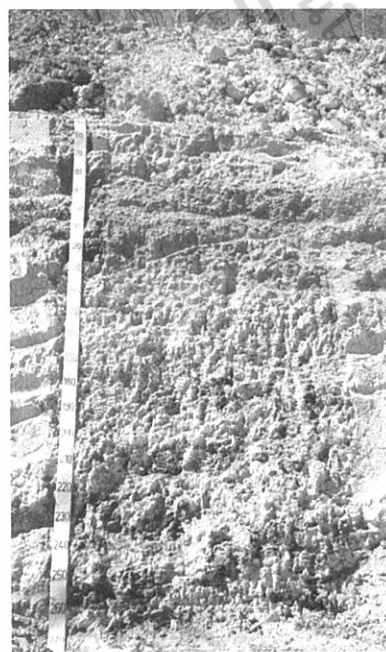
ภาพที่ 3 (ต่อ)



หน้าตัดดินที่ 7



หน้าตัดดินที่ 8



หน้าตัดดินที่ 9



หน้าตัดดินที่ 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3 (ต่อ)



หน้าตัดดินที่ 11



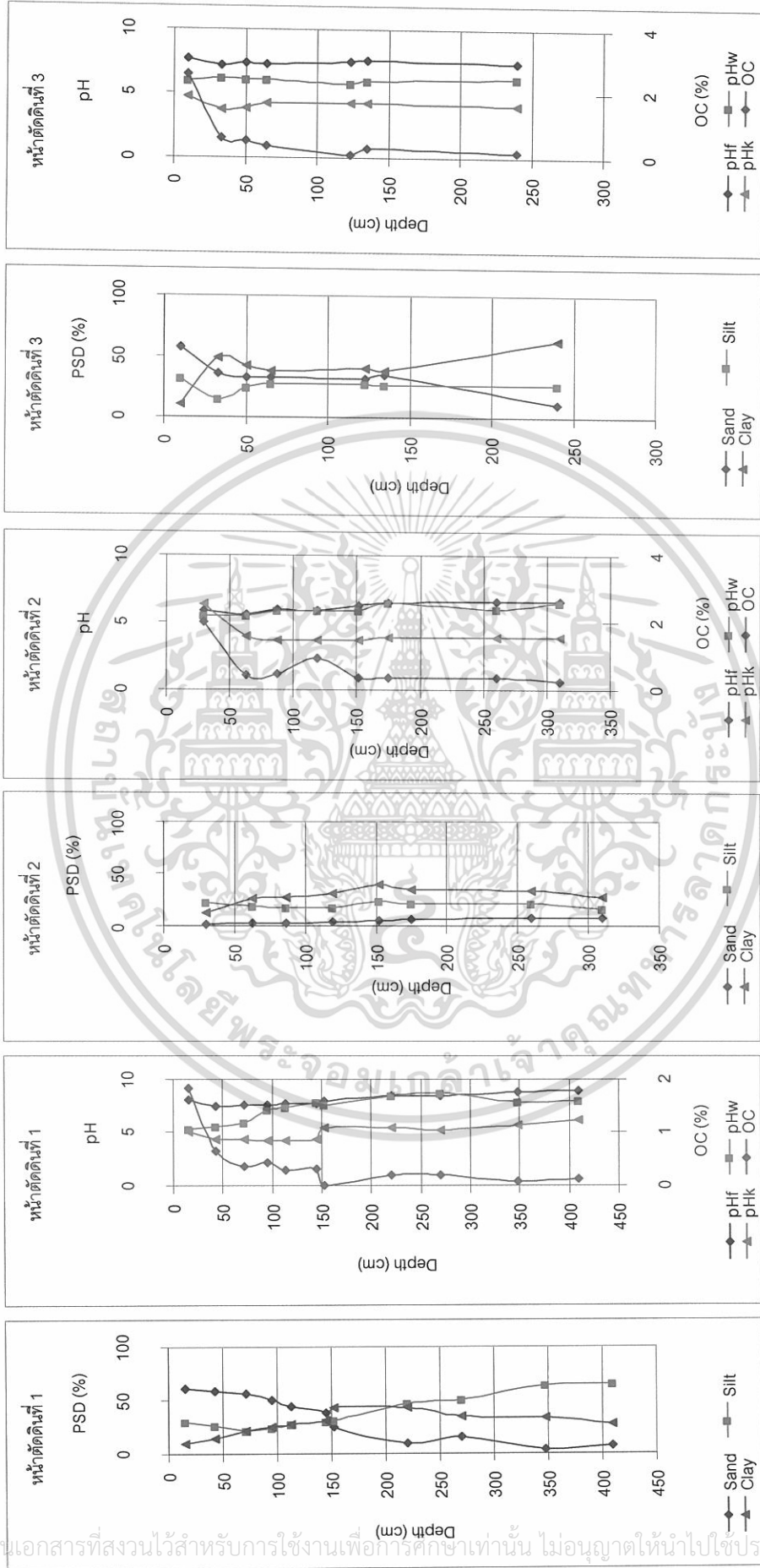
หน้าตัดดินที่ 12



หน้าตัดดินที่ 13

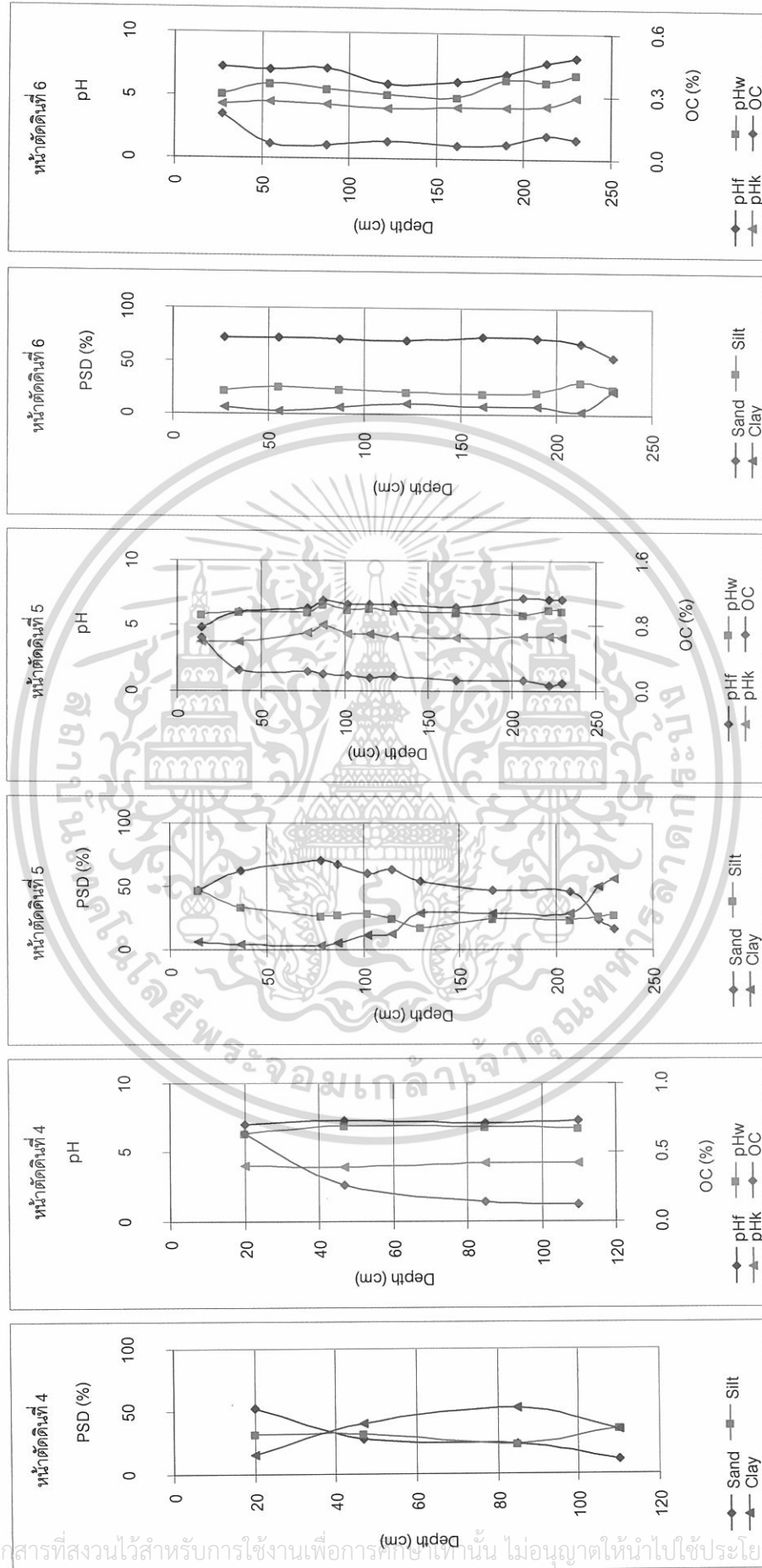
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 แสดงการแจกกระจายตามความลึกของขนาดอนุภาคดิน ปฏิกิริยาดินและอินทรีย์คาร์บอนของทุกหน้าตัดดิน



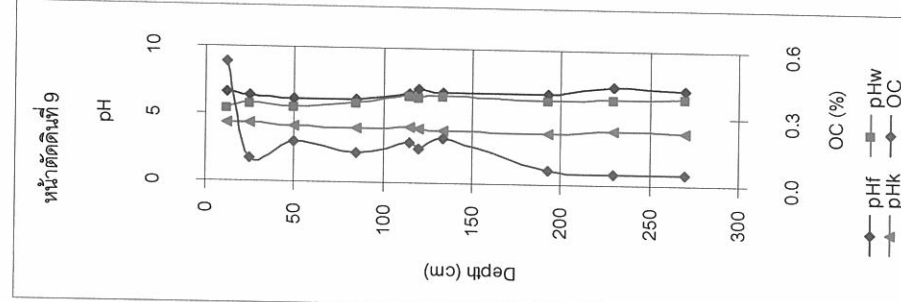
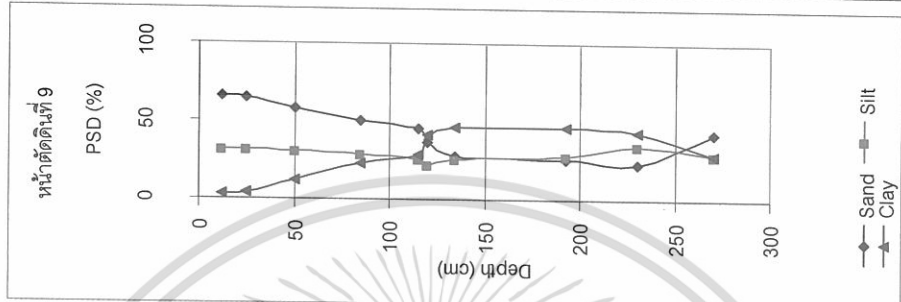
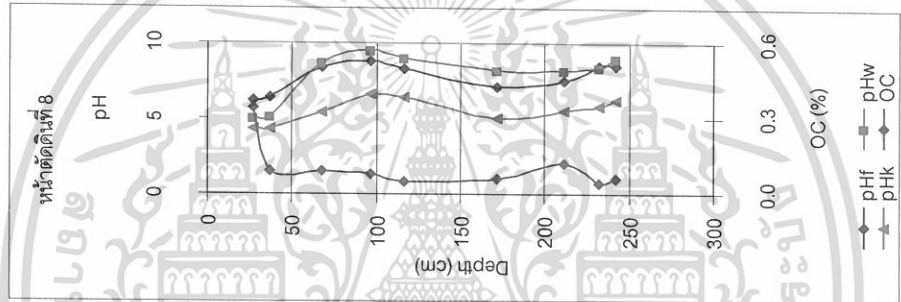
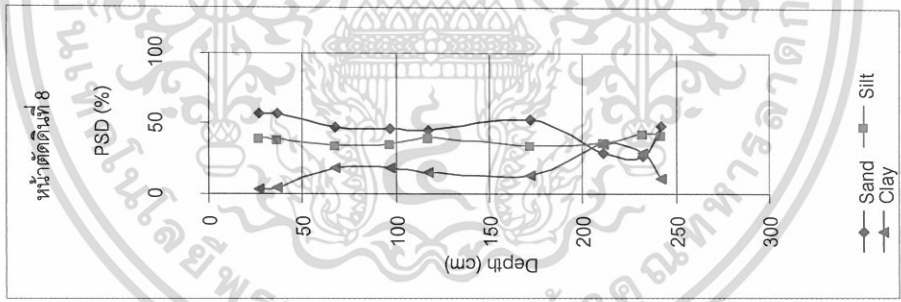
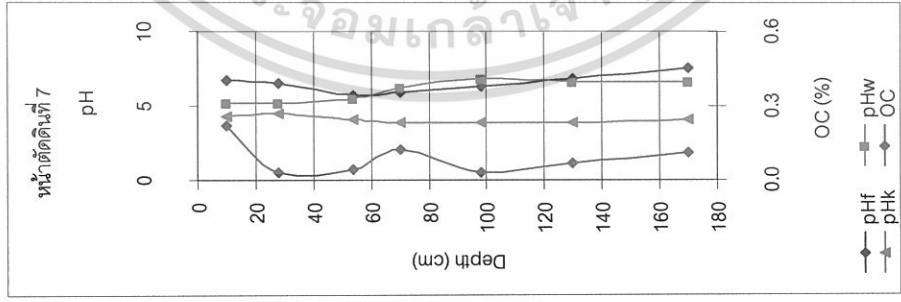
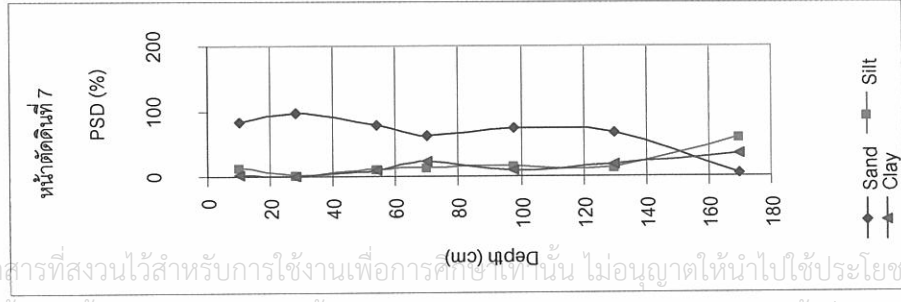
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 (ต่อ)



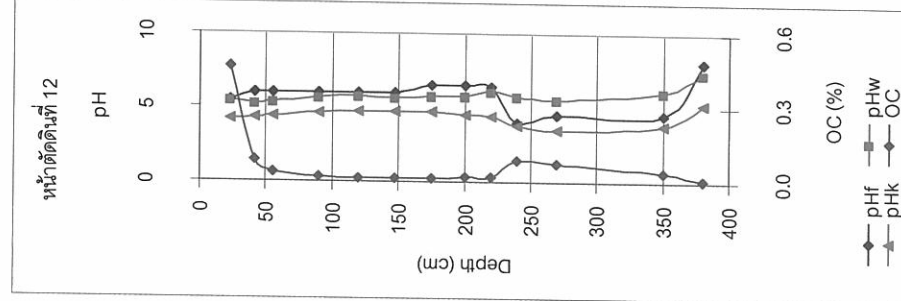
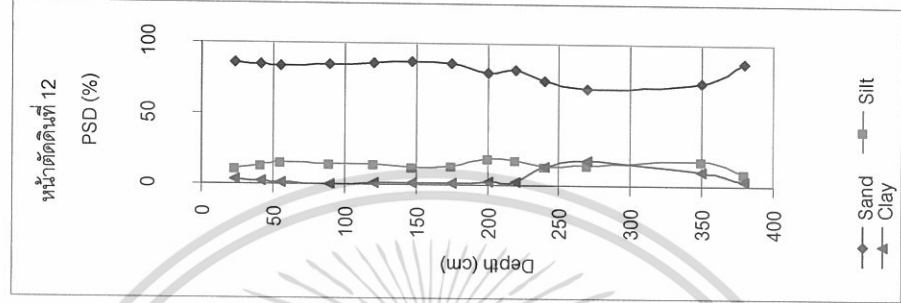
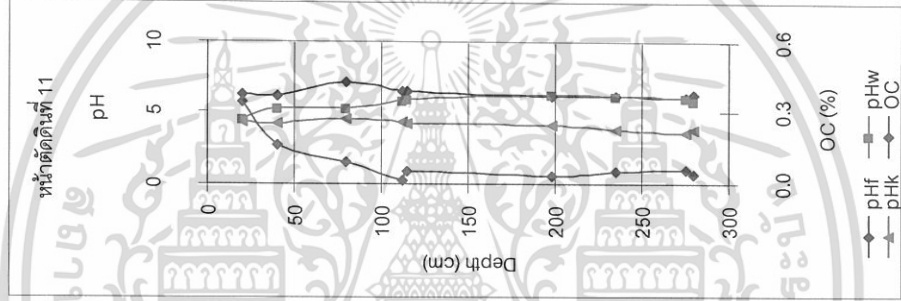
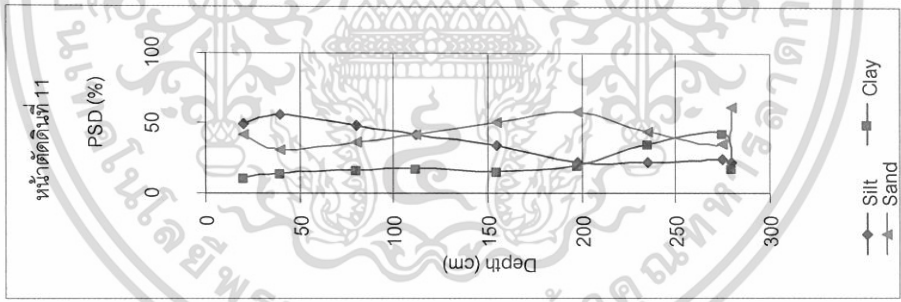
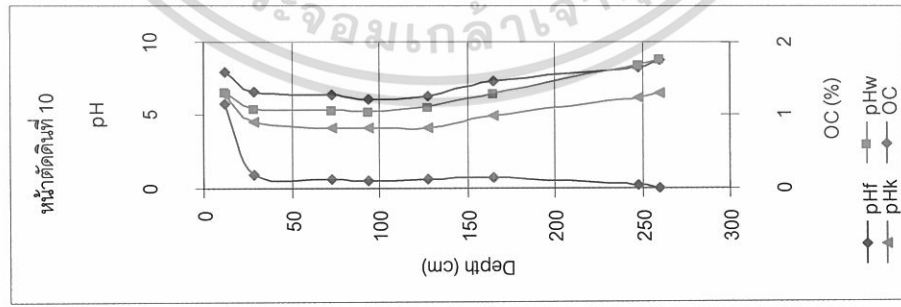
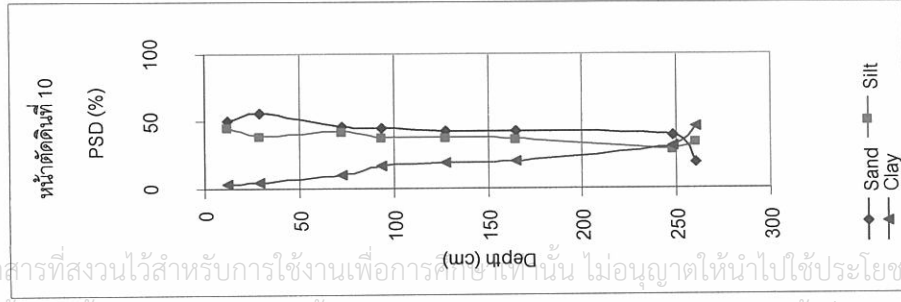
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 (ต่อ)

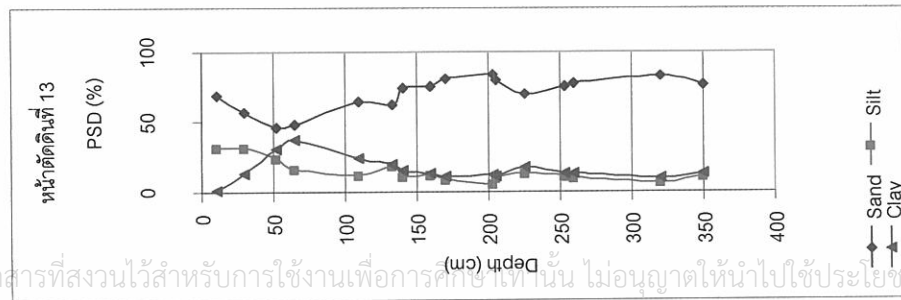
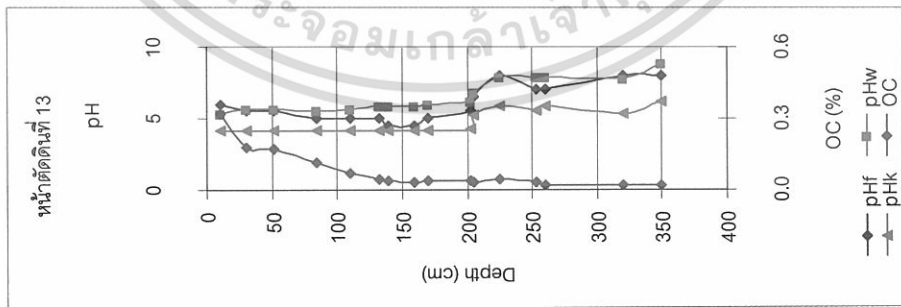


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการศึกษา

ภาพที่ 2 เป็นแผนที่ธรณีวิทยาและจุดเก็บตัวอย่างดินจำนวน 13 หน้าตัดดิน ประกอบด้วย หน้าตัดดินที่มีหินพื้นเป็นหน่วยหินเสาขัว (หมายเลข 1) หน่วยหินพระวิหาร (หมายเลข 2 และ 3) หน่วยหินภูกระดึง (หมายเลข 4 และ 5) หน่วยหินโคกกรวด (หมายเลข 6 และ 7) และหน่วยหินมหาสารคาม (หมายเลข 8 ถึง 13) ภาพที่ 3 แสดงลักษณะหน้าตัดดินที่ศึกษา ภาพผนวกที่ 4 แสดงการแจกกระจายตามความลึกของขนาดอนุภาคดิน ปฏิภานดินและอินทรีย์คาร์บอนของทุกหน้าตัดดิน ตารางผนวกที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเด่นของหินพื้น และลักษณะของดินเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินพื้น ตารางผนวกที่ 2 และ 3 เป็นสมบัติบางประการทางเคมีและกายภาพของดินที่สัมพันธ์กับปริมาณเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม และจุลธาตุประจวบที่ เป็นประโยชน์ต่อพืช

### หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินเสาขัว

#### หน้าตัดดินที่ 1 (ภาพที่ 5)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึงความลึก 113 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาล สีน้ำตาลเหลือง และสีน้ำตาลปนเทาอ่อน พบชิ้นส่วนหยาบ (Coarse grains) บ้างแต่ไม่มาก ที่ความลึก 113-152 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นของชิ้นส่วนหยาบ (Coarse grains) และเศษชิ้นส่วนของเหล็ก (iron fragments) ดินมีสีแดง สีน้ำตาลออกเหลือง และสีเทาอ่อน ที่ความลึก 145-152 เซนติเมตร พบกรวดกลมรูปร่างขนาดต่างๆด้วย ตั้งแต่ความลึก 152 เซนติเมตร ลงไปเป็นชั้นหินผุสีแดงถึงแดงเข้ม เมื่อผุเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลออกเหลือง สีเทาแดง สีเทาปนเขียวอ่อน สีเทาปนเขียวมะกอกอ่อน ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของการสลายตัวผุพัง บางแห่งพบกรวดขนาด 2-5 เซนติเมตร และก้อนปูนทุติยภูมิ (Secondary limes) ด้วย

จะเห็นว่าหน้าตัดดินประกอบด้วยส่วนที่เคลื่อนย้ายมาทับถมใหม่ (0-145 เซนติเมตร) กับส่วนที่เป็นหินผุ (145-410 เซนติเมตร) ดังจะเห็นได้จากการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินแตกต่างกัน นอกจากนี้ระหว่างความลึก 0-145 เซนติเมตร และ 145-152 เซนติเมตร ก็แตกต่างกัน ส่วนที่เป็นหินผุมีอนุภาคขนาดดินทรายแบ่งสูงที่สุด (ร้อยละ 31.4-64.78) มีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำที่สุด (ร้อยละ 27.95-43.58) ในขณะที่ส่วนที่มาทับถมใหม่มีอนุภาคขนาดทรายสูงที่สุด (ร้อยละ 38.47-60.93) และอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มตามความลึก (ร้อยละ 9.46-31.04) นอกจากนี้การพบสารก้อนกลมของเหล็ก (iron pisoliths) ที่ความลึก 95-145 เซนติเมตร ก็พอจะบอกได้ว่าตั้งแต่ความลึกนี้ขึ้นไปเป็นตะกอนใหม่ และจากการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินจะเห็นว่าสามารถแยกช่วงความลึก 0-145 เซนติเมตร ออกได้เป็น 2 ส่วน คือ 0-72 และ 72-145 เซนติเมตร และเป็นไปได้ว่าทั้งสองช่วงความลึกนี้เป็นวัสดุที่มาทับถมต่างเวลากัน ดังจะเห็นได้จาก  $pH_w$  ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับส่วนที่เป็นหินพื้นซึ่งมีอนุภาคขนาดทรายแป้งสูงที่สุดภายในหน้าตัดดิน นอกจากจะพบสารกรวดกลม (gravel) แล้วยังพบก้อนปูนทุติยภูมิ (secondary limes) ด้วยทำให้ปฏิกิริยาดินสูงทั้งค่าที่วัดได้ในสนาม ( $pH_f=8.75-9$ ) และในห้องปฏิบัติการ ( $pH_w=7.8-7.9$ )

**เหล็กที่สกัดได้** ทุกรูปแจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (ภาพผนวกที่ 2) กล่าวคือ เพิ่มขึ้นตามความลึกในชั้นที่เป็นดิน (0-152 เซนติเมตร) ซึ่งในส่วนนี้ที่ความลึก 113-145 เซนติเมตร ที่มีสารก้อนกลมของเหล็กก็มีเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปสูงกว่าความลึกอื่นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ความลึก 152-410 เซนติเมตร มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในขณะที่ความลึก 145-152 เซนติเมตร ซึ่งพบสารมวลพอกของเหล็ก แม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะใกล้เคียงกันที่พบในความลึกที่มากกว่านี้ แต่เหล็กที่สกัดได้ทุกรูปก็มีค่าสูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด

**แมงกานีสที่สกัดได้** Mn-o ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน สำหรับรูปอื่นพบว่าที่ความลึก 145-410 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบนอย่างเห็นได้ชัด สำหรับชั้นที่เป็นดินพบว่าชั้นดินบนมีค่าสูงสุด ในขณะที่ความลึกอื่นไม่แตกต่างกันมากนัก

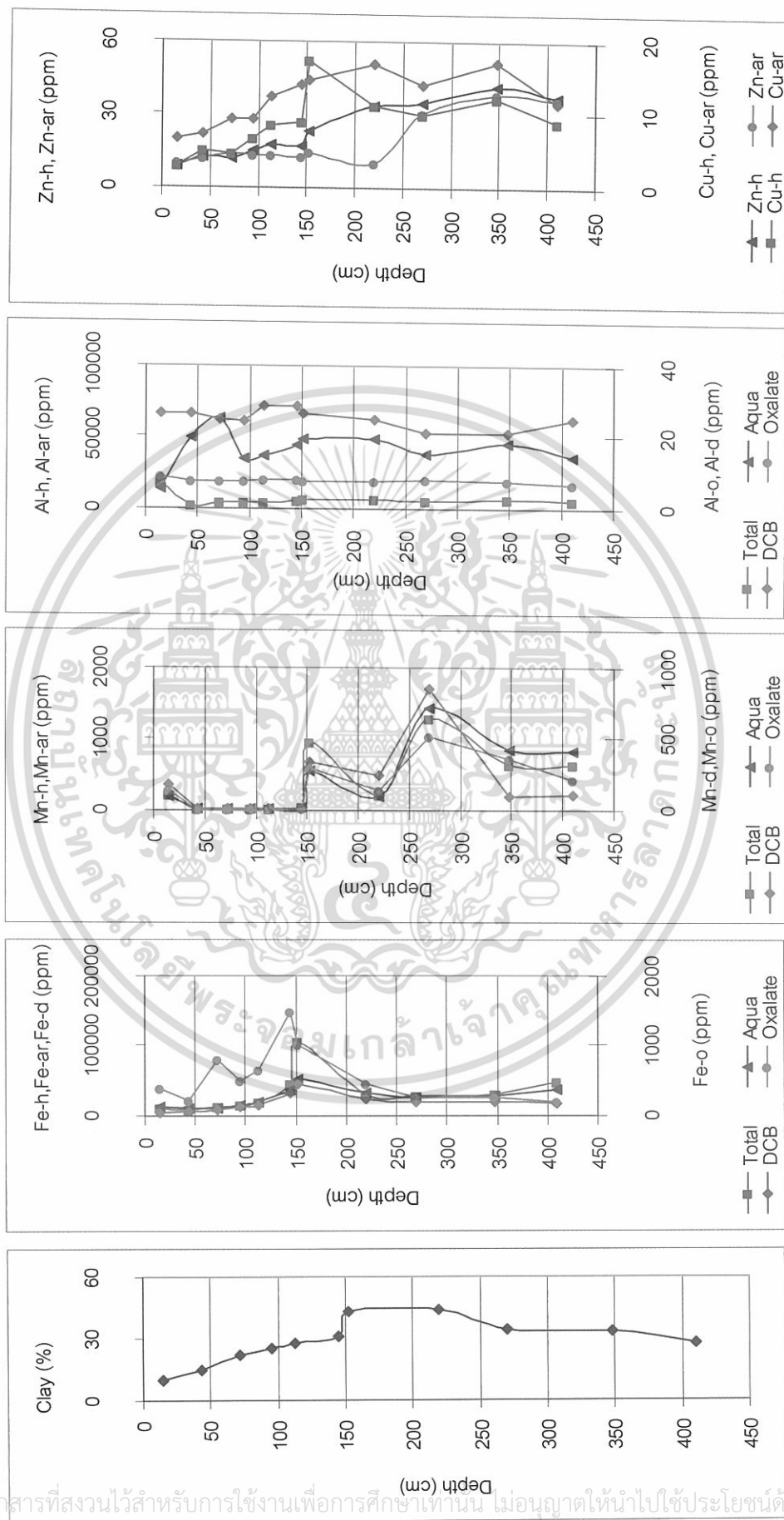
**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-d และ Al-o ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน ในขณะที่ Al-h และ Al-ar แจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว และจะเห็นว่าที่ความลึก 15-72 เซนติเมตร Al-ar มีค่าสูงกว่าในช่วงความลึกอื่นของชั้นที่เป็นดินอย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ความลึก 145-152 เซนติเมตร ที่มีสารมวลพอกของเหล็ก Al-h และ Al-ar ก็ไม่แตกต่างจากความลึกที่มากกว่านี้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวไม่แตกต่างกัน

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ตั้งแต่ความลึก 145 เซนติเมตร ลงไปมีค่าสูงกว่าที่พบในส่วนที่เป็นดินอย่างเห็นได้ชัด สำหรับส่วนที่เป็นดินพบว่ามีความโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr ต่ำมากเช่นเดียวกับ Cu-tr ที่พบว่าตั้งแต่ความลึก 145 เซนติเมตรลงไป มีค่าต่ำกว่าชั้นที่เป็นดินซึ่งตรงกันข้ามกับ Mn-tr ที่มีค่าสูงกว่าชั้นที่เป็นดินอย่างมาก และในชั้นที่เป็นดินก็พบว่าดินบนมี Mn-tr สูงที่สุด และสูงกว่าความลึกอื่นอย่างเห็นได้ชัด ส่วน Fe-tr ซึ่งมีค่าสูงสุดที่ชั้นดินบนก็ลดลงตามความลึกทั้งในชั้นที่เป็นดินและตั้งแต่ความลึก 145 เซนติเมตรลงไป เป็นไปได้ว่าในส่วนที่เป็นดิน Fe-tr และจุลธาตุอื่นได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุ แต่หลังจากนั้นอิทธิพลของปฏิกิริยาดินมีผลอย่างมากต่อการแจกกระจายของจุลธาตุเหล่านี้ (ภาพที่ 18) ยกเว้น Mn-tr ที่มีค่าสูงในส่วนที่เกิดจากหินพื้น

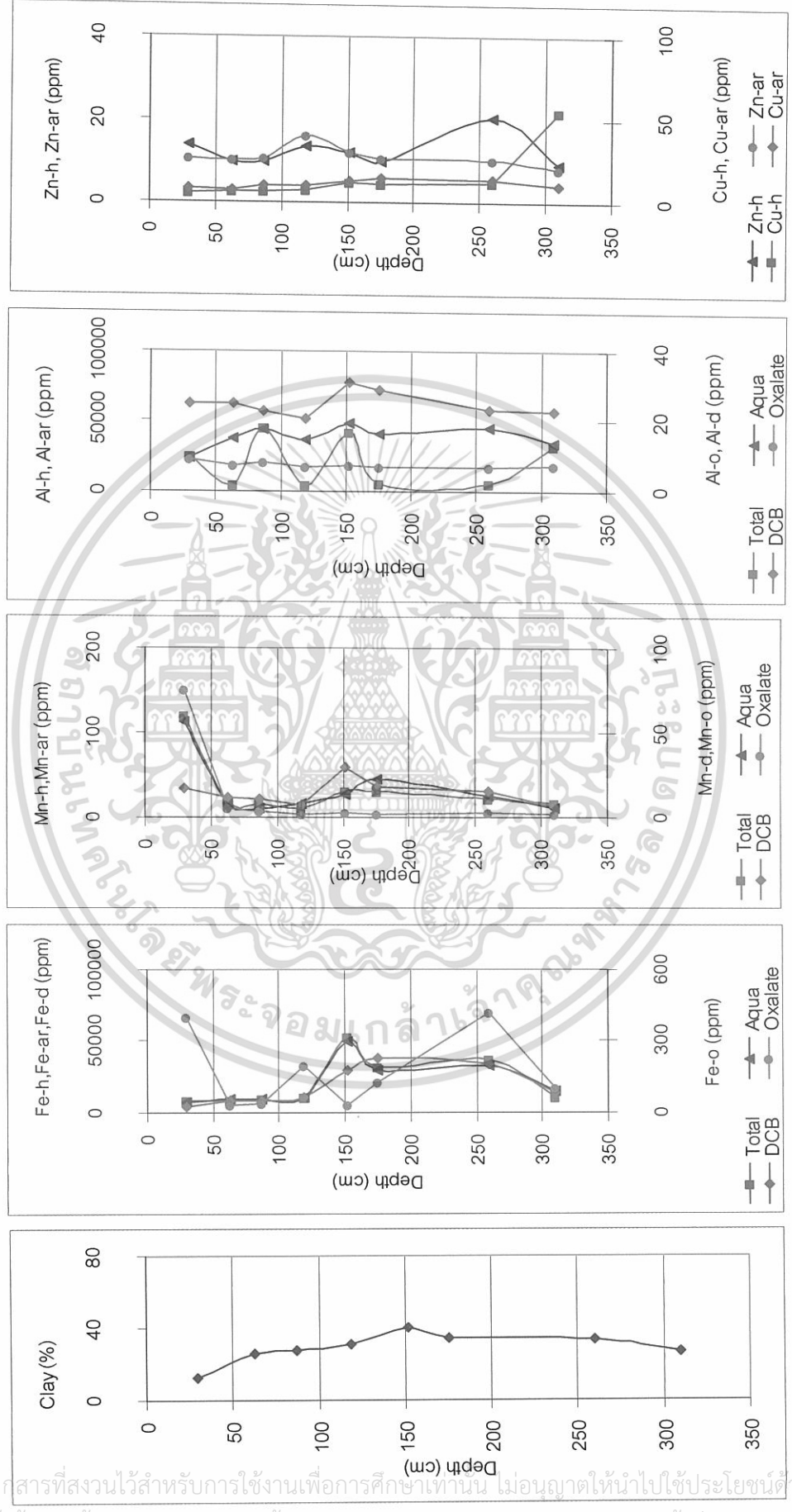
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้จากหน้าตัดดินที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 2



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินพระวิหาร

### หน้าตัดดินที่ 2 (ภาพที่ 6)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ดินมีสีน้ำตาลตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึงความลึก 119 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายที่ชั้นดินบน หลังจากนั้นเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ที่ความลึก 119- 260 เซนติเมตร เป็นชั้นศิลาแลง ส่วนที่เป็นดินมีเนื้อดินร่วนเหนียว สีน้ำตาลและเปลี่ยนเป็นสีส้มเหลืองในความลึกที่เพิ่มมากขึ้น ส่วนตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (260-310 เซนติเมตร) เป็นชั้นหินผุที่มีเนื้อร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งตอนบนมีสีเทาอ่อน สีน้ำตาลออกแดง พบกรวดกลมบ้างเล็กน้อย ส่วนตอนล่างสุดมีสีแดง

จากการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินร่วมกับสัณฐานวิทยาสนามพบว่าตอนบน 119 เซนติเมตร เป็นวัสดุที่เคลื่อนที่มาจากถมบนหินผุของหน่วยหินพระวิหาร ซึ่งเป็นส่วนที่เปลี่ยนสภาพเป็นชั้นศิลาแลงโดยกระบวนการ laterization แล้ว (119-260 เซนติเมตร) ส่วนที่อยู่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดินเป็นชั้นหินผุ ดินในตอนบน 119 เซนติเมตร แบ่งได้เป็น 2 ส่วนโดยอาศัยการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเป็นเกณฑ์คือ 0-30 และ 30-119 เซนติเมตร ซึ่งอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึกบอกถึงพัฒนาการของดิน ส่วนชั้นหินผุมีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 26.83-39.86 และลดลงตามความลึก ในขณะที่มีอนุภาคขนาดทรายแบ่งร้อยละ 16.43-22.91 และอนุภาคขนาดทรายเพิ่มขึ้นตามความลึกร้อยละ 37.24-56.74 pH<sub>t</sub> และ pH<sub>k</sub> ของส่วนที่เป็นวัสดุเคลื่อนย้ายมาทับถมต่ำกว่าชั้นหิน

**เหล็กที่สกัดได้** ในส่วนที่เป็นดิน Fe-h, Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามความลึกสอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วน Fe-o ของชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าชั้นดินอื่น สำหรับชั้นที่พบศิลาแลง (119-260 เซนติเมตร) แม้ว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวจะใกล้เคียงกับที่พบในชั้นดิน B แต่ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d สูงกว่าอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ Fe-o เพิ่มขึ้นตามความลึกของส่วนนี้ ชั้นหินผุมีเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปใกล้เคียงกับที่พบในชั้นดิน B ซึ่งอาจเนื่องจากอนุภาคขนาดดินเหนียวมีปริมาณใกล้เคียงกัน

**แมงกานีสที่สกัดได้** ในชั้นที่เป็นดิน แมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปมีค่าสูงที่สุดในชั้นดินบน และลดลงอย่างมากในช่วงความลึกอื่น ชั้นที่พบศิลาแลง Mn-h, Mn-ar และ Mn-d สูงที่สุดในหน้าตัดดิน และแตกต่างจากชั้นหินผุที่อยู่ตอนล่าง สำหรับ Mn-o ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ระหว่างชั้นดิน B ชั้นที่มีศิลาแลง และชั้นหินผุ

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-o ไม่แตกต่างกันตลอดหน้าตัดดิน เช่นเดียวกับ Al-d แต่ค่า Al-d ของชั้นที่พบศิลาแลงค่อนข้างสูงกว่าที่พบในความลึกอื่น ในขณะที่ Al-h และ Al-ar แจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวอย่างเห็นได้ชัด และการพบศิลาแลงในความลึก 119-260 เซนติเมตร ก็ไม่มีผลต่อปริมาณ Al-h และ Al-ar

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ทุกรูปแจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว และมองเห็นความแตกต่างได้บ้างระหว่างความลึก 0-119 เซนติเมตร ชั้นที่พบศิลาแลง และชั้นหินผุ

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Cu-tr มีค่าต่ำมากและดินบนสูงกว่าดินล่างเล็กน้อย ส่วน Zn-tr พบได้ในบางความลึกเท่านั้น ในขณะที่ Mn-tr มีค่าสูงสุดที่ผิวหน้าดินและสูงกว่าความลึกอื่นอย่างเห็นได้ชัด เช่นเดียวกับ Fe-tr ที่ลดลงอย่างชัดเจนตามความลึก และชั้นดินบนมีค่ามากที่สุด และจะเห็นว่าจุลธาตุที่เป็นประโยชน์มีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุมากกว่าที่เป็นปฏิกริยาติน (ภาพที่ 18)

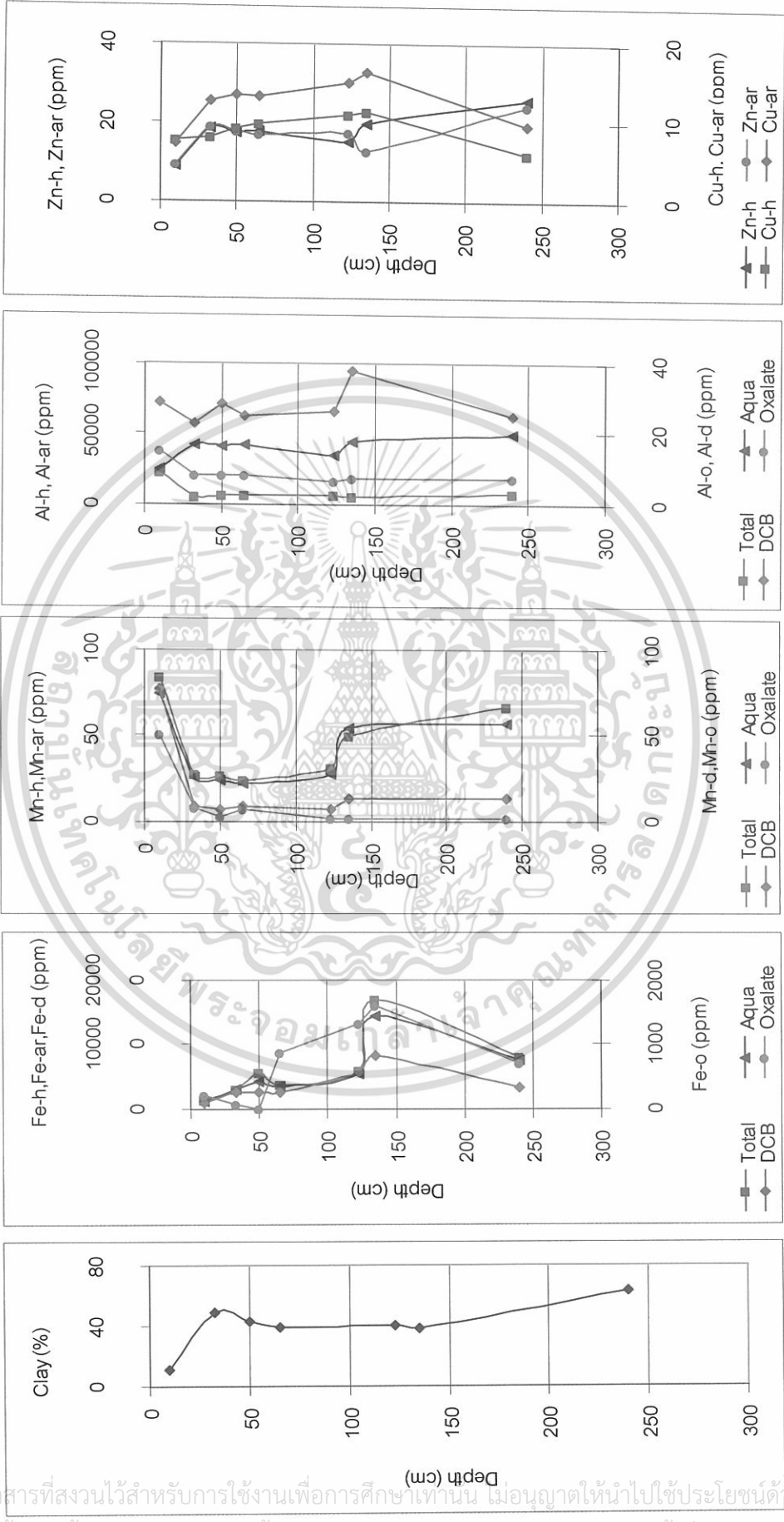
### หน้าตัดดินที่ 3 (ภาพที่ 7)

**ฐานวิทยาศาสตร์นาม** ดินบน (0-10 เซนติเมตร) เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล ที่ความลึก 10-65 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวและร่วนปนเหนียวสีน้ำตาลออกเหลือง สีน้ำตาล และสีน้ำตาลออกแดง พบก้อนกรวดหยาบ (เส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 3 มิลลิเมตร) และสารมวลพอกของเหล็กไม่มาก ในขณะที่ความลึก 65-123 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นที่พบเศษชิ้นส่วนของศิลาแลง เป็นดินเหนียว สีน้ำตาลเหลือง และสีเหลืองส้ม พบสีแดงและสีส้มไม่มากนัก ส่วนที่ความลึก 123-135 เซนติเมตร พบก้อนกรวดกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3-4 เซนติเมตร และมีเศษชิ้นส่วนของศิลาแลง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว สีเทาปนเขียวมะกอกอ่อน และสีแดงเข้ม ในขณะที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (135-240 เซนติเมตร) เป็นดินเหนียว สีเทาปนเขียวมะกอกอ่อน และสีแดงเข้ม มีสีน้ำตาลปนเหลืองเพียงเล็กน้อย

หน้าตัดดินนี้อยู่ในตำแหน่งบนภูมิภาพที่ต่ำกว่าหน้าตัดดินที่ 2 หินพื้นแตกต่างจากหน้าตัดดินที่ 2 ในด้านความละเอียดและความรุนแรงของการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ (ละเอียดกว่าและผุพังมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีที่ว่าหินตะกอนเนื้อละเอียดกว่าจะสลายตัวผุพังมากกว่าและเร็วกว่า หินตะกอนที่เนื้อหยาบกว่า) และพบรอยชั้นขวาง (cross-bedding) ของก้อนกรวดกลมที่ความลึก 70-135 เซนติเมตร ตอนบน 10 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินเป็นวัสดุที่พัดพามาที่บถมใหม่ ดังจะเห็นได้จากการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินแตกต่างจากชั้นดินล่างอย่างชัดเจน และตอนล่างสุด (ความลึก 135-240 เซนติเมตร) ก็ต่างจากตอนบนอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตาม  $pH_f$  และ  $pH_w$  ของดินบนไม่ต่างจากที่พบในช่วงความลึกอื่น ( $pH_f$  และ  $pH_w$  มีค่าประมาณ 7) และหน้าตัดดินนี้มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่าที่พบในหน้าตัดดินที่ 2 แสดงว่าแหล่งของวัสดุดินอยู่ไม่ไกลจากหน้าตัดของดินนี้มากนัก

**เหล็กที่สกัดได้** ในส่วนที่เป็นดิน ที่ความลึก 10-123 เซนติเมตร Fe-h, Fe-ar และ Fe-d สูงกว่าที่พบในชั้นดินบนอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งอาจเกิดจากมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าและเหล็กเหล่านี้เพิ่มขึ้นตามความลึก ชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก (65-135 เซนติเมตร) มีค่าสูงกว่าชั้นดินอื่นอย่างชัดเจน ส่วนชั้นล่างสุดของหน้าตัดดินจากผิวหน้าดินมีค่าต่ำกว่าที่พบในชั้นที่มีเศษส่วนเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้จากหน้าตัดดินที่ 3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของศิลาแลงและสารมวลพอกของเหล็กน้อย Fe-o ของตอนบน 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดินลดลงตามความลึกของส่วนนี้และมีค่าต่ำกว่าที่พบในความลึกอื่นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนที่ความลึกอื่น (50-240 เซนติเมตร) แจกกระจายเหมือนกับเหล็กที่สกัดได้รูปอื่นๆ

**แมงกานีสที่สกัดได้** Mn-o มีค่าสูงที่สุดในชั้นดินบน ส่วนความลึกอื่นไม่ต่างกันมากนัก เช่นเดียวกับ Mn-d ยกเว้นที่ความลึก 123-240 เซนติเมตร ที่มีค่าสูงกว่าที่พบในชั้นดิน 2B เล็กน้อย ส่วน Mn-h และ Mn-ar พบว่ามีค่าสูงสุดที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน และชั้นที่มีเศษชิ้นส่วนศิลาแลงและสารมวลพอกของเหล็กก็มีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบนของหน้าตัดดิน เช่นเดียวกัน

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-o มีค่าสูงที่สุดที่ชั้นดินบนและลดลงตามความลึก ส่วนอะลูมิเนียมรูปอื่นแจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคนาดินเหนียว ดังนั้นจึงมีค่าต่ำที่สุดที่ชั้นดินบน

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ทุกค่าแสดงความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างชั้นดินบน ที่ความลึก 10-135 เซนติเมตร และที่ความลึก 135-240 เซนติเมตร โดยภายในความลึก 0-123 เซนติเมตร การแจกกระจายของสังกะสีและทองแดงทุกรูปสอดคล้องกับอนุภาคนาดินเหนียวอย่างเห็นได้ชัด

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr พบในบางชั้นดินเท่านั้นและมีค่าต่ำมาก Cu-tr ก็มีค่าต่ำ เช่นเดียวกันและลดลงตามความลึก Mn-tr มีค่าสูงสุดในชั้นดินบนและแทบไม่พบในความลึกอื่น เช่นเดียวกับ Fe-tr มีค่าสูงมากในชั้นดินบนและส่วนชั้นดินล่างลดลงอย่างเห็นได้ชัด นั่นคือในตอนบนของหน้าตัดดิน อินทรีย์วัตถุมีอิทธิพลต่อปริมาณจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ ในขณะที่ความลึกอื่นอาจได้รับอิทธิพลจากปฏิกิริยาดินด้วย (ภาพที่ 18)

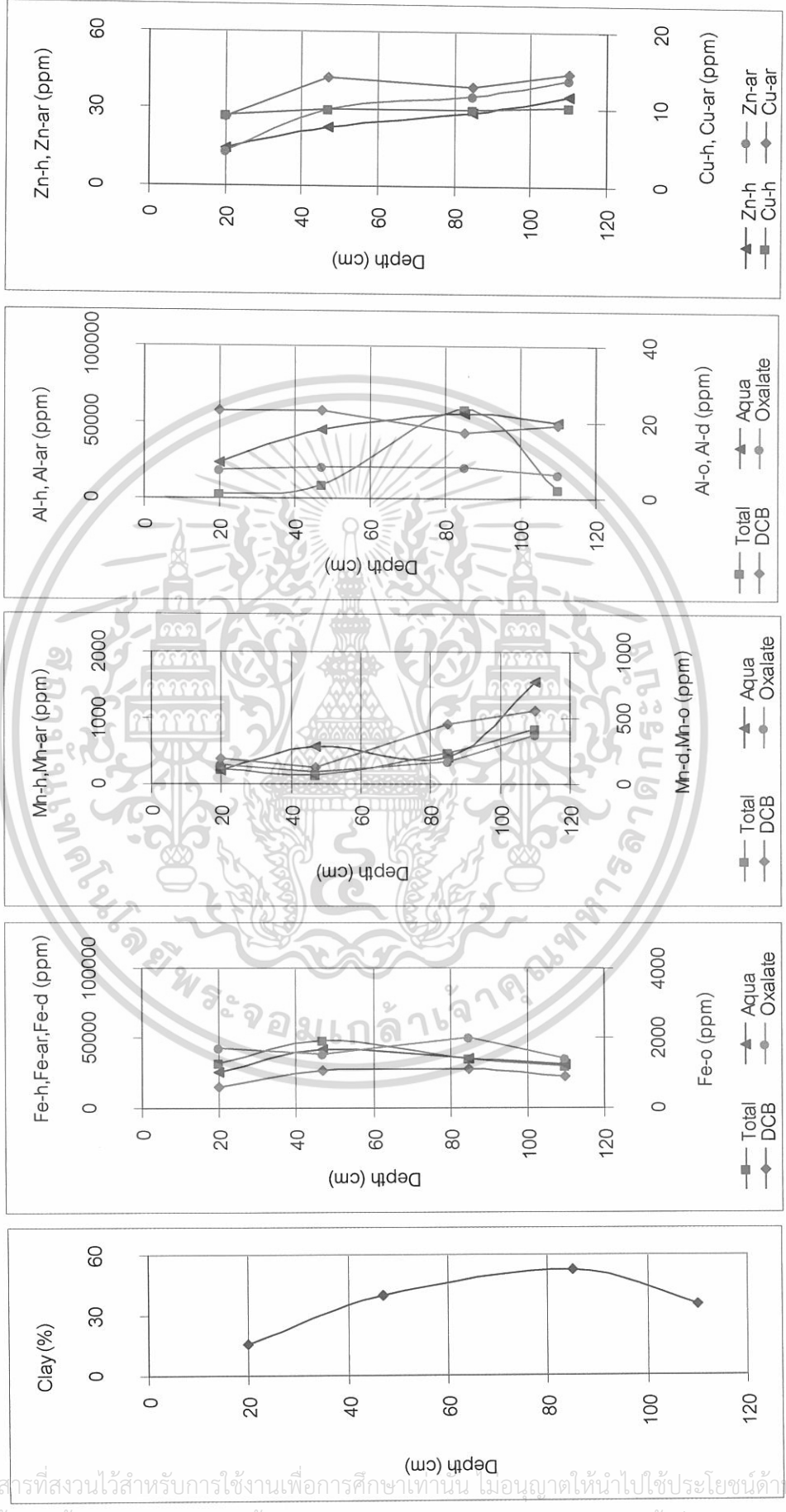
## หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินพระวิหาร

### หน้าตัดดินที่ 4 (ภาพที่ 8)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ชั้นดินบน (0-20 เซนติเมตร) เป็นดินร่วน สีน้ำตาล พบสารมวลพอกของเหล็ก ในขณะที่ความลึก 20-85 เซนติเมตร เป็นชั้นของสารมวลพอกของเหล็ก ส่วนที่เป็นดินมีสีน้ำตาลแดง เนื้อดินเหนียว ที่ความลึก 85-110 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผุสีน้ำตาลออกแดง และสีน้ำตาลออกเหลืองเนื้อดินเหนียว มีอนุภาคนาดินเหนียวและขนาดทรายแบ่งใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 35-36) และมีอนุภาคนาดินทรายต่ำที่สุดที่ผิวหน้าดิน และเพิ่มขึ้นตามความลึกอย่างชัดเจนในดินชั้น B

จากการแจกกระจายของขนาดอนุภาคนาดิน แสดงให้เห็นว่าตอนบน 85 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินนี้เป็นวัสดุที่มาทับถมใหม่บนหินพื้น โดยระหว่างความลึก 0-20 กับ 20-85 เซนติเมตร ก็มีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตามการที่  $pH_f$  และ  $pH_w$  ตลอดหน้าตัดดินไม่มีความแตกต่างกันมากนัก (=7.01-7.26 และ 6.4-6.8 ตามลำดับ) แสดงว่าวัสดุที่มาทับถมใหม่มีแหล่งกำเนิดอยู่ไม่ไกลจากหน้าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้จากหน้าตัดดินที่ 4



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัดดินนี้มากนัก

**เหล็กที่สกัดได้** มี Fe-o เท่านั้นที่แจกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอ ในขณะที่เหล็กรูปอื่นเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว และจะเห็นว่าชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก (20–85 เซนติเมตร) มี Fe-h สูงกว่าชั้นหินผุเล็กน้อย ส่วน Fe-ar ไม่ต่างกันมากนัก

**แมงกานีสที่สกัดได้** ชั้นหินผุมีแมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปสูงกว่าที่พบในความลึกอื่นอย่างเห็นได้ชัด ในขณะที่ชั้นดิน B แมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว และการที่มีปริมาณชั้นดินบนมีค่าสูงทั้งๆที่อนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำ อาจเกิดจากอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุ

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-o ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ในขณะที่ Al-d ของความลึก 0–47 เซนติเมตร สูงกว่าตอนล่างของหน้าตัดดินเล็กน้อย ส่วน Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกในรูปเดียวกับที่พบใน Fe-h และ Fe-ar

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** (ภาพผนวกที่ 5) สังกะสีที่สกัดได้เพิ่มขึ้นตามความลึก ส่วนทองแดงที่สกัดได้มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Fe-tr ของดินบนมีค่าสูงสุดเช่นเดียวกับ Mn-tr ส่วน Cu-tr มีค่าต่ำมากเช่นเดียวกับ Zn-tr ที่พบในบางชั้นดินเท่านั้น สำหรับ Mn-tr และ Cu-tr พบว่าชั้นหินผุที่มีค่าสูงกว่าที่พบในดินชั้น B เป็นไปได้ว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุมีผลเชิงบวกต่อการแจกกระจายของ Fe-tr และ Mn-tr (ภาพที่ 18)

### หน้าตัดดินที่ 5 (ภาพที่ 9)

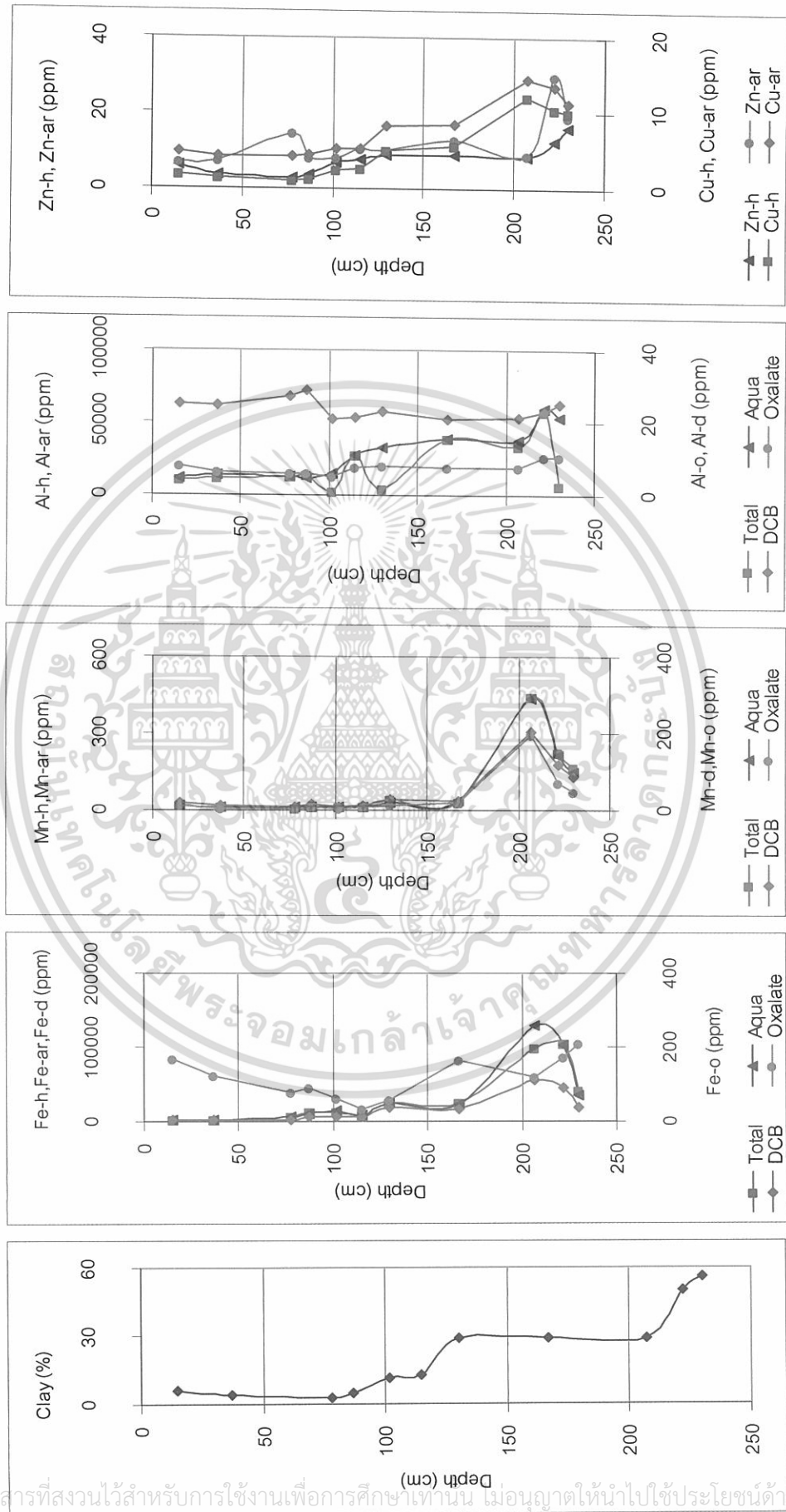
**สัณฐานวิทยาสนาม** ตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึงความลึก 87 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล และสีเทาออกน้ำตาลในดินบน และเปลี่ยนเป็นสีเทาปนน้ำตาล สีเทาออกแดง และสีน้ำตาลในความลึก 15–78 เซนติเมตร ในขณะที่ความลึก 78–87 เซนติเมตร เป็นชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็กลักษณะกึ่งแข็ง ซึ่งเปลี่ยนเป็นสารก้อนกลมที่แข็ง เมื่อนำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งในขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ดินมีสีน้ำตาลออกเหลือง และสีน้ำตาลออกเทา

ที่ความลึก 87–115 เซนติเมตร ก็พบสารมวลพอกกึ่งแข็งของเหล็กเช่นเดียวกัน ดินเป็นดินร่วนปนทราย สีส้ม และสีน้ำตาลออกแดง ในขณะที่ความลึก 115–167 เซนติเมตร เป็นร่วนเหนียวปนทราย สีเทาออกแดงอ่อน พบสารมวลพอกของเหล็กรวมทั้งสารมวลพอกกึ่งแข็งของเหล็กจำนวนมาก ส่วนความลึก 130–167 เซนติเมตร ที่เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายเหมือนกันแต่พบสารมวลพอกของเหล็กน้อยมาก

ที่ความลึก 167–207 เซนติเมตร ชั้นส่วนหยาบที่พบเป็นก้อนหินตะกอนแข็งสีแดง ผิวเกลี้ยงรวมทั้งสารมวลพอกของเหล็ก ดินมีสีเทาปนเขียว และสีเหลืองออกน้ำตาล เนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย ส่วนที่ความลึก 207 เซนติเมตร ลงไปเป็นดินเหนียว สีเทาปนเขียวอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้จากหน้าตัดดินที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเฉพาะดินบนเท่านั้นที่มี  $pH_f$  เท่ากับ 4.82 หลังจากนั้นมีความอยู่ในพิสัย 6.08-7.10 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ในขณะที่  $pH_w$  เพิ่มขึ้นในช่วง 0-87 เซนติเมตร (=5.8-6.6) หลังจากนั้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน (=5.8-6.3)

หน้าตัดดินนี้อยู่ตำแหน่งที่ต่ำกว่าหน้าตัดดินที่ 4 สิ่งที่แตกต่างกันจากหน้าตัดดินที่ 4 คือไม่พบหินปูนภายในความลึก 230 เซนติเมตร และชั้นส่วนหยาบที่พบมีทั้งสารมวลพอกของเหล็ก (Fe-concretions) ในความลึก 68-130 เซนติเมตร ในขณะที่ตอนล่าง (ความลึก 130-230 เซนติเมตร) พบชั้นส่วนหยาบ ซึ่งเป็นก้อนหินตะกอนแข็งสีแดงผิวเกลี้ยง แสดงว่าสิ่งที่ปรากฏภายในความลึก 230 เซนติเมตร เป็นวัสดุที่ถูกพามาทับถมใหม่ ดังจะเห็นได้จากการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินต่างกันในแต่ละช่วงความลึก (ความลึก 0-15, 15-87, 87-102, 102-207 และ 207-230 เซนติเมตร)

**เหล็กที่สกัดได้** ตั้งแต่ผิวหน้าดินจนถึงความลึก 130 เซนติเมตร (ชั้นที่เป็นดิน) Fe-h, Fe-ar และ Fe-d แจกกระจายสอดคล้องตามความลึกกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ในส่วนนี้ชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก (115-130 เซนติเมตร) แม้ว่าจะมีค่าสูงกว่าชั้นดินอื่น แต่ก็ไม่แตกต่างจากที่พบในความลึก 130-167 เซนติเมตร ซึ่งมีอนุภาคขนาดดินเหนียวใกล้เคียงกันแสดงว่าสารก้อนกลมที่พบไม่มีผลต่อปริมาณ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d แต่ชั้นส่วนหยาบที่พบในความลึก 167-207 เซนติเมตร มีผลเชิงบวกต่อปริมาณ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d อย่างเห็นได้ชัด

Fe-o ลดลงอย่างเห็นได้ชัดในความลึก 0-115 เซนติเมตร ส่วนชั้นที่พบสารมวลพอกซึ่งอยู่ตอนล่างสุดของส่วนที่เป็นดิน (115-130 เซนติเมตร) ปริมาณ Fe-o สูงขึ้นเล็กน้อย และที่ความลึกอื่น Fe-o มีค่ามากกว่า

**แมงกานีสที่สกัดได้** ภายในความลึก 0-115 เซนติเมตร แมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปมีค่าสูงในชั้นดินบนและค่อนข้างใกล้เคียงกันในความลึกอื่น หลังจากนั้นมีความเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนที่ความลึก 115-167 และ 167-230 เซนติเมตร โดยในส่วนล่างสุด (167-207 เซนติเมตร) ซึ่งมีสารมวลพอกของเหล็กทำให้แมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปสูงที่สุดในหน้าตัดดิน

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-d และ Al-o ค่อนข้างใกล้เคียงกัน แต่การแจกกระจายตามความลึกก็บอกถึงความแตกต่างของสัณฐานวิทยาที่ปรากฏในแต่ละช่วงได้บ้าง ส่วน Al-h และ Al-ar ค่อนข้างเป็นไปตามการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ทำให้ค่าสูงที่สุดพบที่ความลึก 207-230 เซนติเมตร ในขณะที่ความลึก 115-207 เซนติเมตร มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกัน และมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกในช่วง 0-115 เซนติเมตร

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ทุกรูปแจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Fe-tr ลดลงตามความลึก และจะเห็นชัดว่าที่ความลึก 0-78

เซนติเมตรมีค่าสูงมาก ส่วน Mn-tr ลดลงตามความลึกในช่วงความลึก 0-167 เซนติเมตร และมีค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงชันอย่างชัดเจนในความลึกที่มากกว่านี้ ในขณะที่ Cu-tr ที่ความลึก 167-230 เซนติเมตร มีค่าต่ำกว่าที่พบในตอนบนอย่างเห็นได้ชัด ส่วน Zn-tr พบได้ในบางชั้นดินเท่านั้น และจะเห็นว่าจุลธาตุที่เป็นประโยชน์แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุ (ภาพที่ 18)

### หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินพระวิหาร

#### หน้าตัดดินที่ 6 (ภาพที่ 10)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ที่ช่วงความลึก 0-87 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลและสีส้ม จุดประสีน้ำตาลออกแดง สีน้ำตาล และสีส้มเหลือง ที่ช่วงความลึก 87-190 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล จุดประสีส้ม และสีน้ำตาลปนเหลือง ส่วนความลึก 190-230 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายและร่วนเหนียวปนทราย สีเทาอ่อน สีเทาปนเขียวปนเทาอ่อน สีเทา และสีปนเขียว การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินตั้งแต่ 0-213 เซนติเมตร ส่วนใหญ่อนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 10 อนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 70 ส่วนอนุภาคขนาดขนาดทรายแป้งร้อยละ 20-30 ที่ความลึก 213-230 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 23 อนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 24 และ อนุภาคขนาดขนาดทรายแป้งร้อยละ 53

ที่ความลึก 0-87 เซนติเมตร  $pH_f=7.0-7.2$ ,  $pH_w=5.1-5.9$ ,  $pH_k=4.3-4$  ที่ความลึก 87-190 เซนติเมตร  $pH_f=5.9-6.7$ ,  $pH_w=4.9-6.3$ ,  $pH_k=4.0-4.1$  และที่ความลึก 190-230 เซนติเมตร  $pH_f=7.7-8.1$ ,  $pH_w=6.1-6.7$ ,  $pH_k=4.2-4.9$

**เหล็กที่สกัดได้** ตลอดหน้าตัดดิน Fe-h, Fe-ar และ Fe-d แจกกระจายค่อนข้างสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว คือชั้นที่มีการสะสมดินเหนียว (87-190 เซนติเมตร) มีค่าสูงกว่าความลึกที่อยู่ตอนบน ส่วนที่ความลึก 190-230 เซนติเมตร มีค่าเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียวอย่างชัดเจน สำหรับ Fe-o พบว่ามีการแจกกระจายอย่างไม่สม่ำเสมอในความลึก 0-190 เซนติเมตร (70-364 ppm) และมีค่าใกล้เคียงกัน (202 ppm) ในความลึกที่มากกว่านี้

**แมงกานีสที่สกัดได้** Mn-o มีค่าใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน ในขณะที่แมงกานีสรูปอื่นมีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างความลึก 0-190 เซนติเมตร (มีค่าสูงที่ชั้นดินบน และความลึกอื่นไม่แตกต่างกันมากนัก) กับที่ความลึก 190-230 เซนติเมตร (มีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบนอย่างชัดเจน)

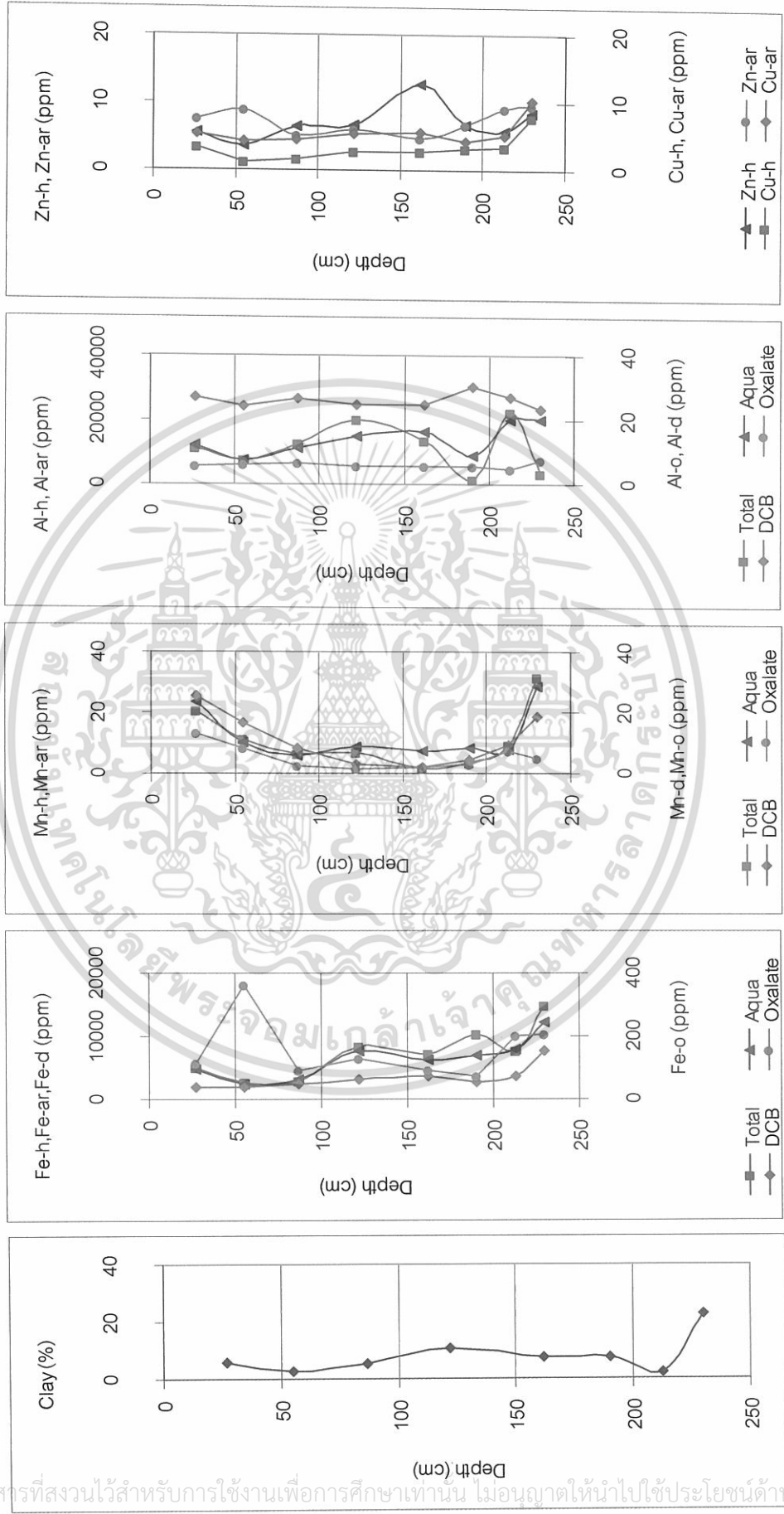
**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** ในขณะที่ Al-d ไม่แตกต่างกันตลอดหน้าตัดดิน แต่พบว่า Al-o แตกต่างกันสามชั้นความลึก คือ 0-87, 87-190 และ 190-230 เซนติเมตร ส่วน Al-h และ Al-ar แจกกระจายค่อนข้างสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** แม้ว่าตลอดหน้าตัดดินจะมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่จะเห็นว่าทุกรูปแจกกระจายค่อนข้างสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** ตลอดหน้าตัดดินแทบไม่พบ Zn-tr ในขณะที่ Cu-tr มีค่าต่ำมาก แต่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้จากของหน้าตัดดินที่ 6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความลึก 190-230 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าที่พบในความลึกอื่น เช่นเดียวกับ Mn-tr และ Fe-tr สำหรับ Fe-tr และ Mn-tr พบว่ามีค่าสูงมากที่ชั้นดินบนและลดลงตามความลึกสอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุ (ภาพที่ 18)

### หน้าตัดดินที่ 7 (ภาพที่ 11)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ชั้นผิวหน้าดิน (0-10 เซนติเมตร) เป็นดินทรายร่วน สีส้ม ที่ความลึก 0-28 เซนติเมตร เป็นดินทราย สีส้ม ทรายที่พบแสดงลักษณะ "sand lamination" ตลอดหน้าตัดดิน ส่วนที่ความลึก 28-54 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีส้ม และสีน้ำตาลออกแดง ในขณะที่ความลึก 54-70 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีเทาปนน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาล และสีเทาอ่อน ตั้งแต่ความลึก 70 เซนติเมตร ลงไปเป็นชั้นหินผุ โดยตอนบนสุดของส่วนนี้ (70-98 เซนติเมตร) มีสีน้ำตาลปนแดง และบางส่วนมีสีเทาอ่อน เนื้อหินปนไมกา ในตอนกลางของส่วนนี้ (98-130 เซนติเมตร) มีสีเทาอ่อน สีเหลืองและสีส้ม เนื้อร่วนปนทรายแข็ง และที่ตอนล่างสุด (130-170 เซนติเมตร) มีเนื้อละเอียดที่สุด สีที่พบได้แก่ สีเทาปนน้ำตาล สีเขียวมะกอกปนเทา และสีน้ำตาลออกแดง

ตลอดหน้าตัดดิน pH, ลดลงตามความลึกในช่วง 0-54 เซนติเมตร (=5.7-6.7) หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นตามความลึก (=5.9-7.6) ส่วน  $pH_w$  ของตอนบน 54 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินมีค่าต่ำกว่าที่พบในความลึกที่มากกว่านี้ (=5.2-5.5 และ 6.2-6.8 ตามลำดับ)

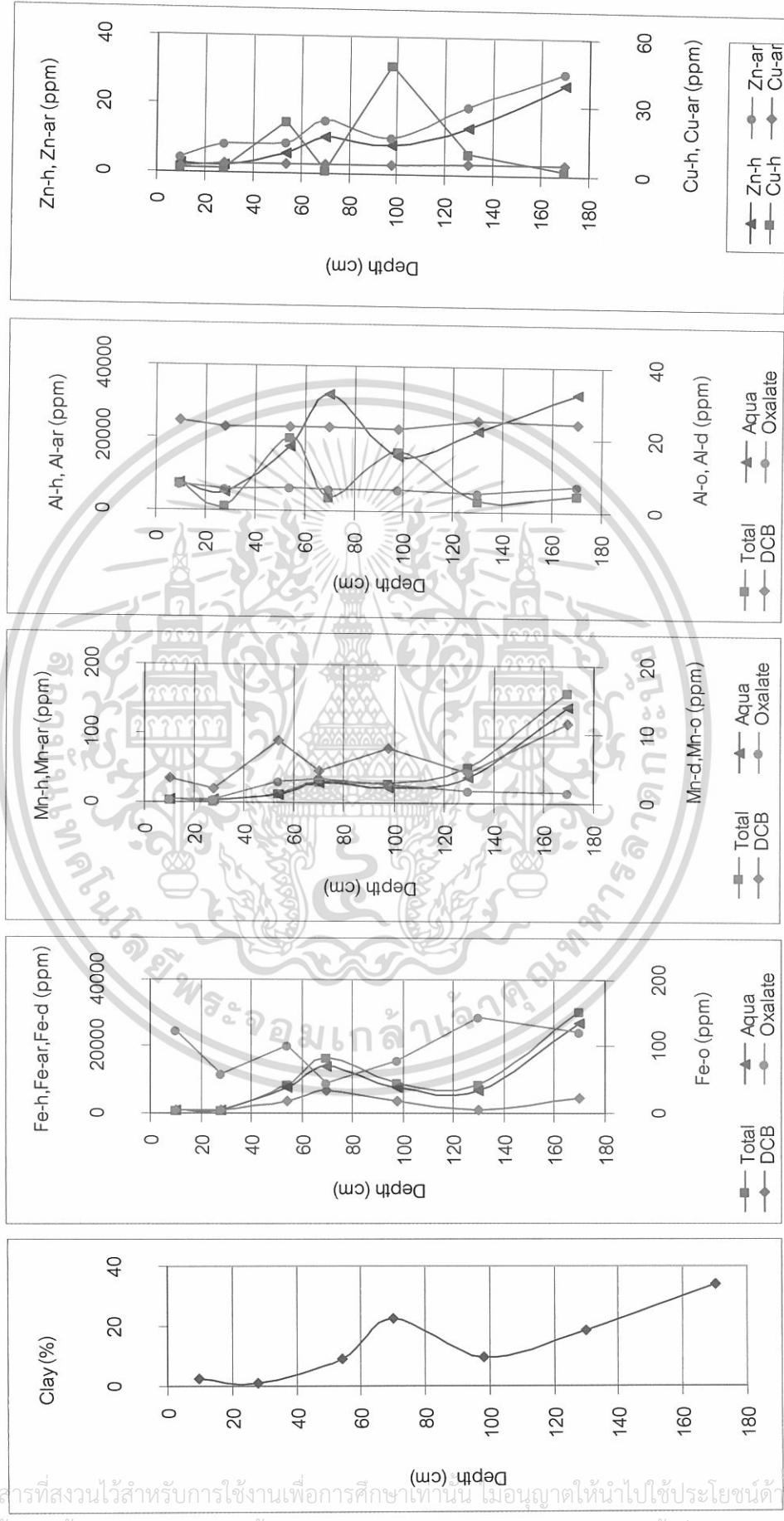
จากสัณฐานวิทยาสนามและผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จะเห็นว่ามีส่วนที่เกิดจากวัสดุเนื้อหยาบตกทับถมบนหินผุ (0-70 และ 70-170 เซนติเมตร ตามลำดับ) และวัสดุเนื้อหยาบเหล่านี้ตกตะกอนในเวลาต่างกัน ดังจะเห็นได้จากการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินต่างกัน (0-10, 10-28, 28-54 และ 54-70 เซนติเมตร)

**เหล็กที่สกัดได้** Fe-h, Fe-ar และ Fe-d แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว คือ เพิ่มขึ้นตามความลึกในช่วงที่เป็นดิน (ความลึก 0-70 เซนติเมตร) หลังจากนั้นมีความใกล้เคียงกันในช่วงความลึก 70-130 เซนติเมตร สำหรับ Fe-h, Fe-ar มีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจนในตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน ส่วน Fe-d ของช่วงความลึกนี้ พบว่ามีค่าต่ำที่สุดในความลึก 130-170 เซนติเมตร สำหรับ Fe-o มีแนวโน้มลดลงตามความลึกในส่วนที่เป็นดิน และเพิ่มขึ้นตามความลึกในชั้นหินผุ

**แมงกานีสที่สกัดได้** Mn-o ไม่แตกต่างกันตลอดหน้าตัดดิน ในขณะที่ Mn-d ของชั้นหินผุ (70-170 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่าสูงกว่าชั้นดินอื่นเล็กน้อย การแจกกระจายสอดคล้องกับ Fe-d ส่วนชั้นที่เป็นดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก สำหรับ Mn-h และ Mn-ar พบว่าตอนบน (0-28 เซนติเมตร) มีค่าต่ำที่สุดในหน้าตัดดิน ซึ่งอาจเกิดจากมีเนื้อดินหยาบที่สุด และมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนที่ความลึก 28-70 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 7



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนติเมตร สำหรับชั้นหินผุพบว่าชั้นล่างสุดซึ่งละเอียดที่สุด มี Mn-h และ Mn-ar สูงกว่าชั้นหินผุที่อยู่ตอนบนอย่างเห็นได้ชัด

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** ตลอดหน้าตัดดิน Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคนาขนาดดินเหนียว ในขณะที่ Al-d ค่อนข้างคงที่ ส่วน Al-o มีค่าต่ำที่สุดที่ความลึก 10-28 เซนติเมตร และที่ชั้นหินผุมีค่าลดลงตามความลึกของส่วนนี้

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** สังกะสีที่สกัดได้แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคนาขนาดดินเหนียว ส่วน Cu-ar มีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน แต่ Cu-h ของส่วนที่เป็นดินมีค่าไม่สม่ำเสมอ แต่มีค่าลดลงตามความลึกในส่วนที่เป็นหินผุซึ่งตรงกันข้ามกับปริมาณอนุภาคนาขนาดดินเหนียวของส่วนนี้

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** ชั้นที่เป็นดิน Fe-tr สูงสุดที่ชั้นดินบน ในขณะที่ความลึกอื่นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วน Mn-tr มีค่าต่ำมากและไม่สม่ำเสมอ Cu-tr มีค่าค่อนข้างสม่ำเสมอและมีค่าต่ำมาก Zn-tr พบเฉพาะชั้นดินบนเท่านั้น สำหรับชั้นหินผุ Fe-tr เพิ่มขึ้นตามความลึกอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับ Mn-tr, Cu-tr และ Zn-tr แม้ว่าในส่วนที่เป็นดินจุลธาตุเหล่านี้จะได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุ แต่เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุต่ำและเป็นเนื้อดินหยาบ ทำให้จุลธาตุที่พบมีปริมาณต่ำมาก (ภาพที่ 18) แต่ในส่วนของชั้นหินผุน่าจะรับอิทธิพลจากหินโดยตรง

#### หน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินมหาสารคาม

##### หน้าตัดดินที่ 8 (ภาพที่ 12)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 37 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล และสีส้ม ส่วนที่ความลึก 37-117 เซนติเมตร เป็นดินร่วน สีเทาปนน้ำตาลอ่อน ในขณะที่ความลึก 117-172 เซนติเมตร เป็นชั้นที่พบสารมวลพอกของแมงกานีสและเหล็ก ดินมีสีเทาปนน้ำตาลอ่อน เป็นดินร่วนปนทราย ตั้งแต่ความลึก 172-232 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวสีเทาอ่อน สีน้ำตาลออกเหลือง สีน้ำตาล และสีเขียวมะกอก ส่วนตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (232-242 เซนติเมตร) เป็นชั้นหินผุ สีเทาอ่อน และสีเทาปนแดง เนื้อดินร่วน

มีเฉพาะตอนบน 37 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินเท่านั้นที่  $pH_t$  ต่ำกว่า 7.0 (=6.2-6.4) หลังจากนั้นมีความค่าอยู่ในพิสัย 7.1-8.8 และ  $pH_w$  ก็มีลักษณะเดียวกันกับ  $pH_t$  (มีค่าเป็น 5.0-5.1 และ 8.2-9.5 สำหรับความลึก 0-37 และ 37-242 เซนติเมตร ตามลำดับ) จากค่าปฏิกิริยาดินสามารถแยกหน้าตัดดินออกได้เป็น 3 ส่วน คือ 0-37, 37-117 และ 117-242 เซนติเมตร

หน้าตัดดินนี้ส่วนที่เกิดจากหินพื้นพบที่ความลึก 172 เซนติเมตรลงไป โดยมีสมบัติทางกายภาพเป็นหินเนื้อละเอียดปานกลางและปฏิกิริยาดินเป็นต่าง ช่วงความลึกที่อยู่ตอนบนมีความแตกต่างจากหินพื้นอย่างชัดเจน ในด้านการแจกกระจายของขนาดอนุภาคนาซึ่งหมายความว่าไม่มีความเอกรสนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเนื่องกับหินพื้นด้านล่าง โดยการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน แบ่งได้เป็น 3 ช่วงคือ 0-37, 37-117, 117 - 172 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นที่พบสารมวลพอกของแมงกานีสและเหล็ก

**เหล็กที่สกัดได้** ในส่วนที่เป็นดิน (0-117 เซนติเมตร) Fe-o ของชั้นดินบนมีค่าต่ำที่สุดในขณะที่ความลึกอื่นมีค่าใกล้เคียงกัน ส่วนเหล็กที่รูปอื่นมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก สอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ชั้นที่พบสารมวลพอกของแมงกานีสและเหล็ก (117-172 เซนติเมตร) มีเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปสูงที่สุดในหน้าตัดดิน ส่วนความลึกที่มากกว่านี้ค่าเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปค่อนข้างใกล้เคียงกันและสูงกว่าที่พบในส่วนที่เป็นดิน

**แมงกานีสที่สกัดได้** ทุกรูปมีค่าต่ำมากในส่วนที่เป็นดิน และมีค่าสูงที่สุดในความลึก 117-172 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นพบสารมวลพอกของแมงกานีสและเหล็ก ส่วนชั้นหินผุที่อยู่ตอนล่างสุดมีแมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปสูงกว่าที่พบในความลึก 172-232 เซนติเมตร อย่างชัดเจน

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ทำให้มีค่าสูงที่สุดที่ความลึก 172-232 เซนติเมตร ส่วน Al-d และ Al-o ค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ส่วนที่เป็นดินมีค่าต่ำกว่าที่พบในความลึกที่มากกว่านี้และชั้นหินผุซึ่งอยู่ล่างสุด มีสังกะสีที่สกัดได้สูงกว่าที่พบในความลึก 172-232 เซนติเมตร

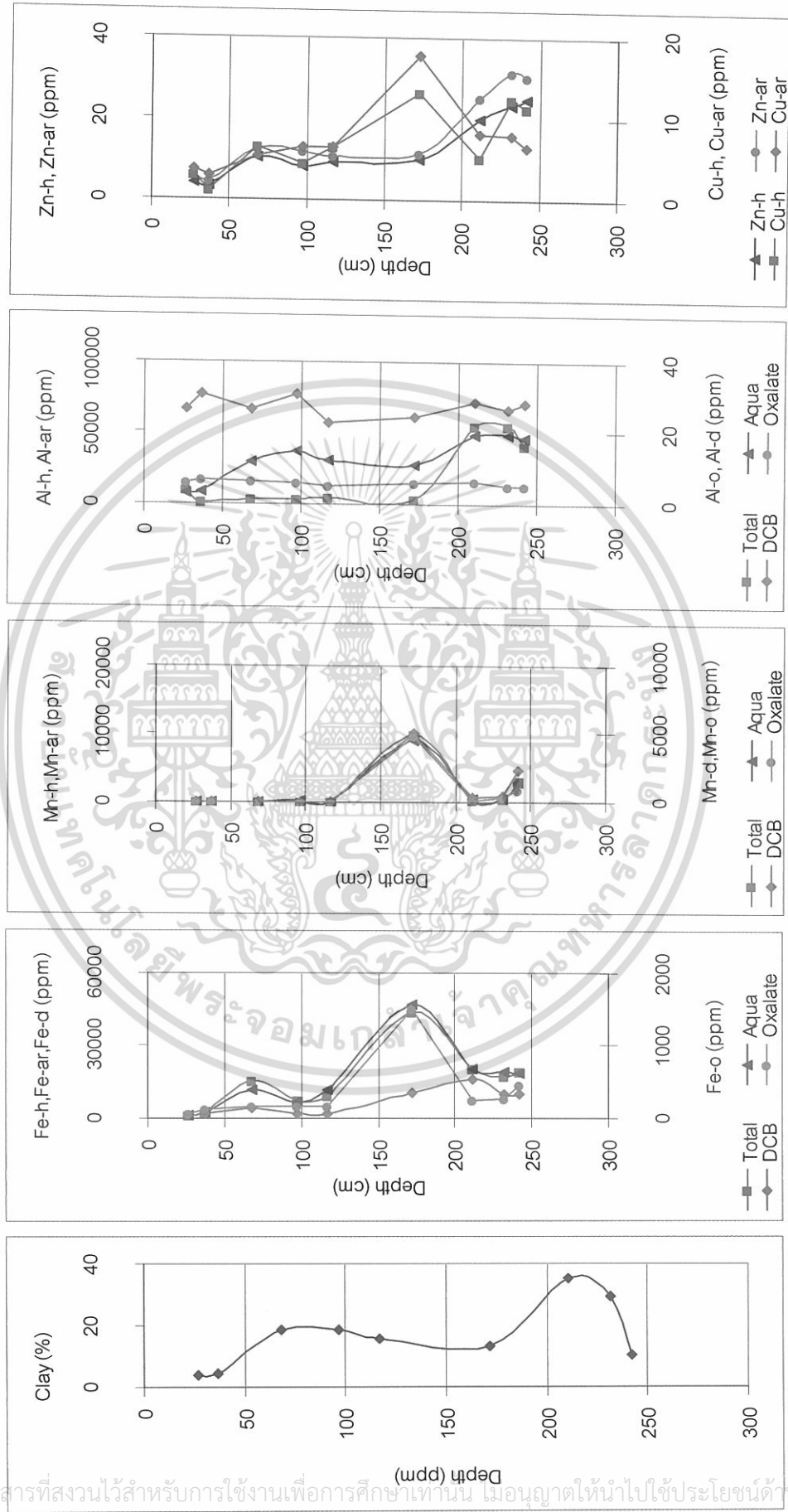
**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr ต่ำมาก ในขณะที่ Cu-tr ต่ำ และมีค่าไม่แตกต่างกันตลอดหน้าตัดดิน ส่วน Fe-tr มีค่าสูงในชั้นดินบนและลดลงตามความลึก ในขณะที่ Mn-tr ของส่วนที่เป็นดินก็มีค่าสูงเฉพาะในชั้นดินบน แต่ที่ความลึก 172 เซนติเมตรลงไปถึงตอนล่างสุดของหน้าตัดดินมีค่าสูงขึ้นอย่างชัดเจน โดยค่าสูงที่สุดพบในชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก ชั้นหินผุอยู่ตอนล่างสุดมี Mn-tr ต่ำกว่าที่พบในความลึก 172-232 เซนติเมตร เห็นได้ชัดว่าในส่วนที่เป็นดิน จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุ (ภาพที่ 18) ส่วนตั้งแต่ความลึก 172 เซนติเมตรลงไปคาดว่าได้รับอิทธิพลจากหินพื้นโดยตรง

### หน้าตัดดินที่ 9 (ภาพที่ 13)

**ชั้นฐานวิทยาศาสตร์นาม** ที่ความลึก 0-85 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายและร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาล สีส้ม จุดประสีน้ำตาล สีส้ม และสีน้ำตาลปนเหลือง ที่ความลึก 85-115 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินเหนียว สีน้ำตาล และสีน้ำตาลออกเหลือง มีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสจำนวนมาก ที่ความลึก 115-230 เซนติเมตร เป็นดินเหนียว สีน้ำตาลแดง สีส้ม สีเทาอ่อน และสีส้มเหลือง ในขณะที่ความลึก 230-270 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผุ เนื้อดินร่วนเหนียว สีเทาอ่อน สีเทาปนน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลออกแดง

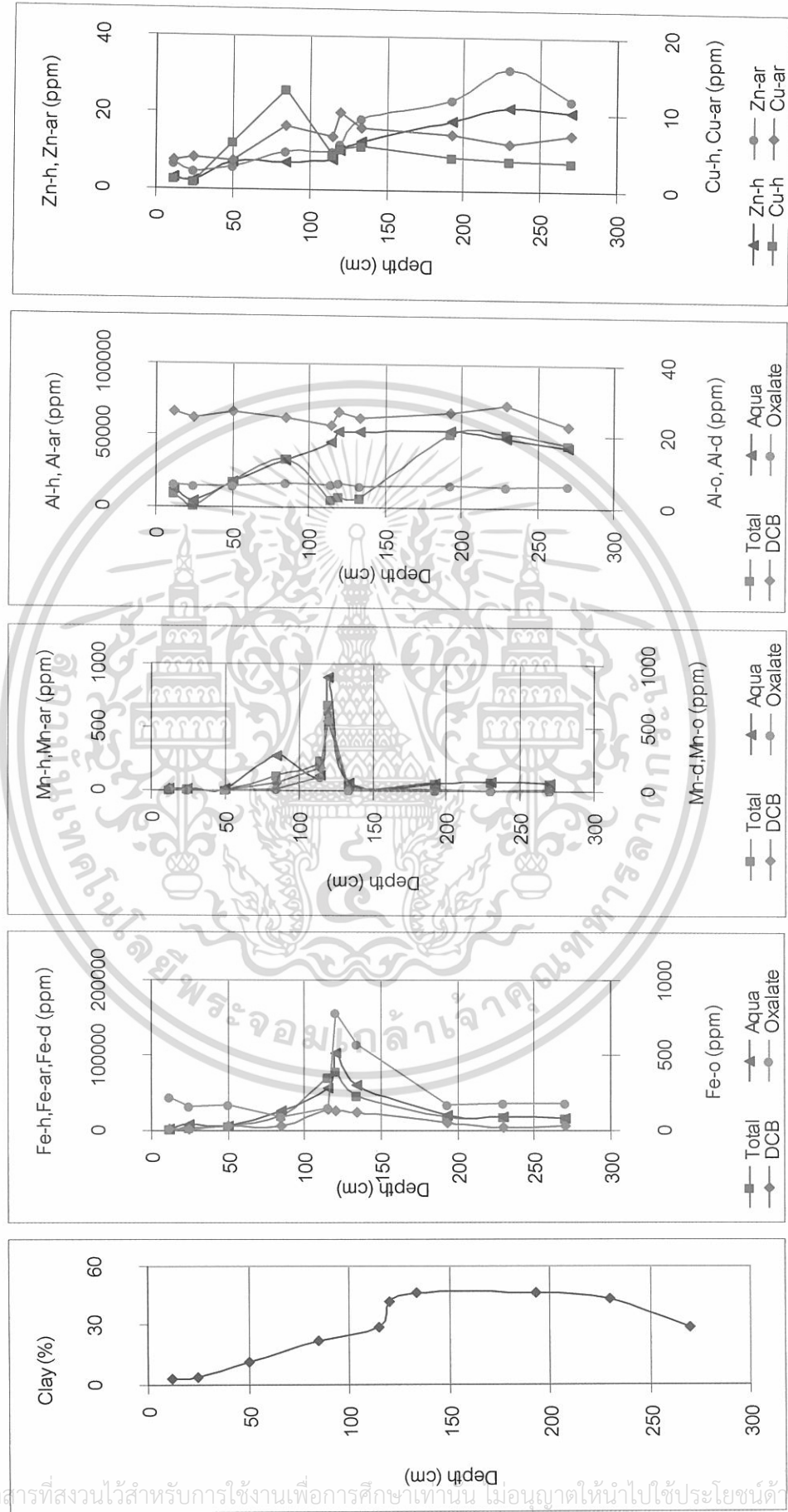
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายของขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 9



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิกิริยาดินในสนามมีค่าอยู่ในพิสัย 6.1-7.3 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ในขณะที่  $pH_w$  มีค่าเป็น 5.5-6.5 โดยตอนล่างตั้งแต่ความลึก 85 เซนติเมตร มีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบนปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวของความลึก 0-25 เซนติเมตร ต่ำกว่าที่ความลึก 25-85 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัดและเฉพาะชั้น 2Cc ก็พบว่าตอนบนและตอนล่าง การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินก็แตกต่างกัน ส่วนชั้นหินผู้ที่อยู่ตอนล่างสุดการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินก็ต่างจากที่พบในความลึก 134-230 เซนติเมตร

**เหล็กที่สกัดได้** ทุกรูปมีค่าสูงที่สุดที่ความลึก 85-115 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีส หลังจากนั้นลดลงตามความลึกแม้ว่าการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวในส่วนนี้ของหน้าตัดดินจะไม่ต่างกันก็ตาม สำหรับส่วนที่เป็นดิน (0-85 เซนติเมตร) พบว่า Fe-o ลดลงตามความลึก ในขณะที่เหล็กที่สกัดได้รูปอื่นเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

**แมงกานีสที่สกัดได้** ทุกรูปมีการแจกกระจายเหมือนกันหมด คือ มีค่าสูงที่สุดที่ความลึก 50-115 เซนติเมตร และมีค่าใกล้เคียงกันในความลึกที่มากกว่านี้ ส่วนตอนบนของหน้าตัดดิน (0-50 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่าต่ำที่สุดนั้นพบว่าชั้นผิวหน้าดินมีค่าสูงกว่าชั้นดินอื่น

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-d และ Al-o ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน ส่วน Al-h กับ Al-ar เพิ่มขึ้นตามความลึกอย่างชัดเจน ในส่วนที่เป็นดินสอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ในชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสก็มี Al-h กับ Al-ar สูงกว่าชั้นดินอื่นเช่นเดียวกัน ส่วนในความลึกที่มากกว่านี้ซึ่ง Al-h กับ Al-ar มีค่าสูงกว่าที่พบในส่วนที่เป็นดินก็มีการแจกกระจายเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียวเช่นเดียวกัน

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ตลอดหน้าตัดดินทองแดงที่สกัดได้มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก แม้ว่าที่ความลึก 115-270 เซนติเมตร จะมีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบนเล็กน้อยก็ตาม ส่วนสังกะสีที่สกัดได้มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตามความลึกในช่วงที่เป็นดิน โดยที่ความลึก 115-270 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกันและสูงกว่าชั้นดินอื่น

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr มีค่าต่ำกว่าเช่นเดียวกับ Cu-tr ส่วน Mn-tr มีค่าสูงที่สุดที่ความลึก 50-115 เซนติเมตร ซึ่งเป็นชั้นที่พบสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสกับที่ผิวหน้าดิน ในขณะที่ความลึกอื่นมีค่าต่ำเช่นเดียวกัน ในขณะที่ Fe-tr ลดลงตามความลึกโดยตอนบน 0-50 เซนติเมตร สูงกว่าที่พบในความลึกอื่นอย่างชัดเจน และที่ความลึก 134-270 เซนติเมตร ก็มีค่าสูงกว่าที่พบในความลึก 25-134 เซนติเมตรเช่นเดียวกัน ในส่วนที่เป็นดินอินทรีย์วัตถุมีผลเชิงบวกต่อปริมาณจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ โดยเฉพาะ ส่วนที่ Fe-tr (ภาพที่ 18) ส่วนที่ความลึกอื่นเป็นไปตามสัดส่วนวิธานนาม (Mn-tr สูงขึ้นในชั้น 2Cc) และสมบัติของหินพื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน้าตัดดินที่ 10 (ภาพที่ 14)

**ลักษณะดิน** 29 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินเป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาล และสีเทาปนน้ำตาลอ่อน ที่ความลึก 29–128 เซนติเมตร เป็นดินร่วน สีเทาอ่อน มีจุดประสีน้ำตาล พบสารมวลพอกของแมงกานีสเพียงเล็กน้อยในความลึก 70–94 เซนติเมตร ที่ความลึก 128–165 เซนติเมตร เป็นดินร่วน สีเทาอ่อน จุดประสีน้ำตาลและสีแดง พบสารมวลพอกของแมงกานีสเป็นจำนวนมากในขณะที่ความลึก 165–248 เซนติเมตร เป็นชั้นที่พบมวลพอกของเหล็กและแมงกานีส เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว สีเทาปนน้ำตาลอ่อน ส่วนตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน (248–260 เซนติเมตร) เป็นดินเหนียว สีขาวออกเทา และสีน้ำตาลปนเหลือง พบก้อนปูนทุติยภูมิขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1–5 เซนติเมตร รูปร่างค่อนข้างกลมและมีสารมวลพอกของเหล็กสีแดงให้เห็นบ้าง

**ปฏิกิริยา** ดินในสนามของตอนบน 29 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินเป็นกลางถึงด่างอ่อน ( $pH_f=6.6-7.9$ ) และที่ความลึก 120–260 เซนติเมตร เป็นกลางถึงด่างแก่ ( $pH_f=7.3-8.8$ ) ส่วนตอนกลางของหน้าตัดดิน (29–120 เซนติเมตร) เป็นกรดเล็กน้อย ( $pH_f=6.1-6.4$ )  $pH_w$  และ  $pH_k$  มีแนวโน้มเช่นเดียวกับที่พบใน  $pH_f$

**การกระจายของขนาดอนุภาคดิน** มีอนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยที่สุด และเพิ่มขึ้นตามความลึกในช่วง 0–165 เซนติเมตร หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นอย่างเห็นชัด ส่วนอนุภาคขนาดทรายแป้งและขนาดทรายลดลงตามความลึกในช่วง 0–248 เซนติเมตร ในขณะที่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดินอนุภาคขนาดทรายแตกต่างจากช่วงความลึกอื่นอย่างชัดเจน

**เหล็กที่สกัดได้** ส่วนที่เป็นดิน (0–165 เซนติเมตร) Fe-h, Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามความลึก เช่นเดียวกับการกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว แต่จะเห็นว่าที่ความลึก 73–165 เซนติเมตร เหล็กทั้งสามรูปมีปริมาณสูงกว่าที่พบในความลึกที่อยู่ตอนบนอย่างชัดเจน ในขณะที่ Fe-o ลดลงตามความลึกในช่วง 0–128 เซนติเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นอีกครั้งหนึ่งที่ความลึก 128–165 เซนติเมตร

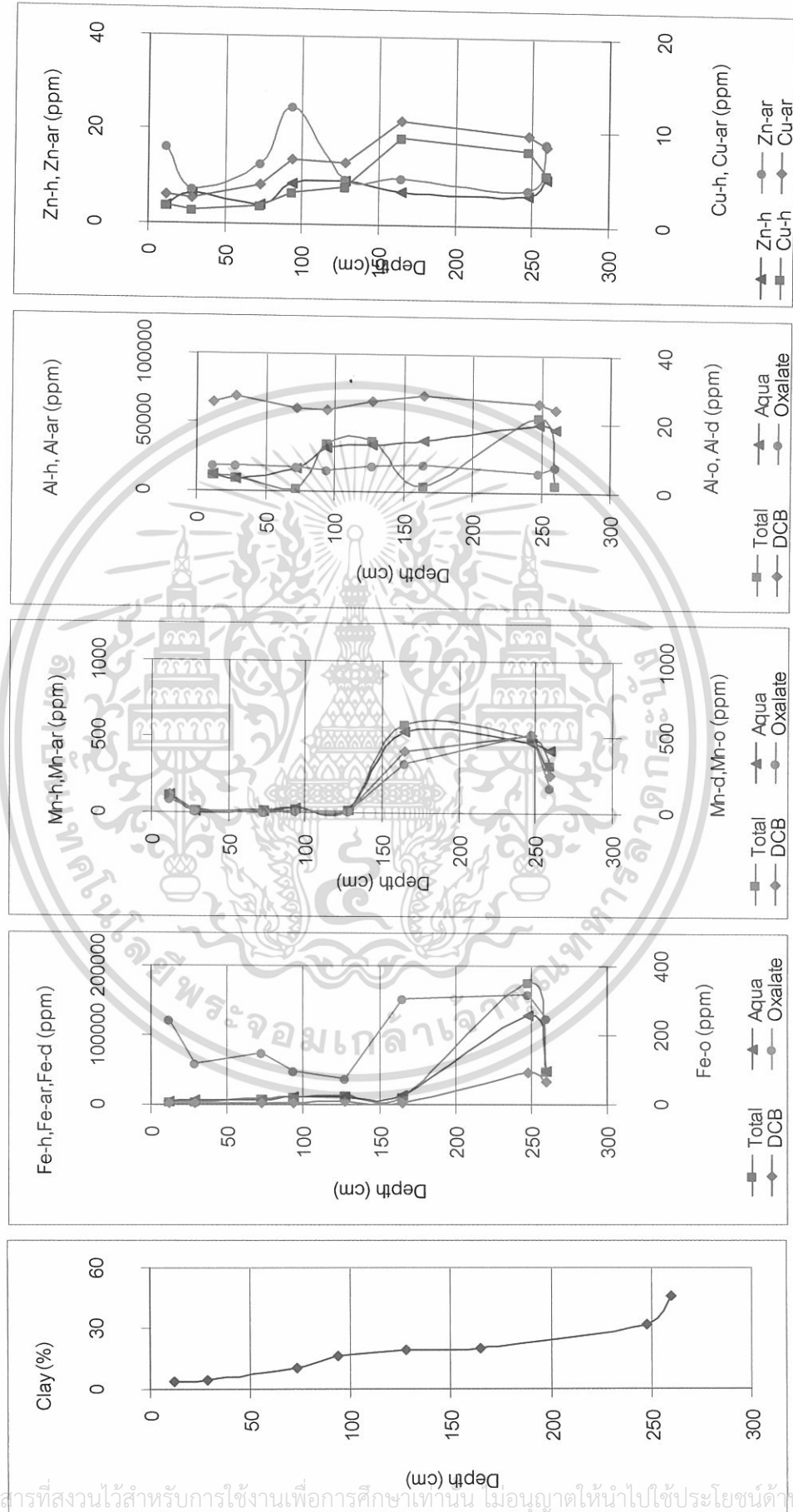
ชั้นที่พบสารมวลพอกของเหล็ก (165–248 เซนติเมตร) มีเหล็กที่สกัดทุกรูปสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ส่วนชั้นล่างสุดของหน้าตัดดินเหล็กที่สกัดทุกรูปลดลงจากที่พบในชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก แต่ก็มีค่าสูงกว่าที่พบในส่วนที่เป็นดิน

**แมงกานีสที่สกัดได้** ตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 128 เซนติเมตร แมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปมีค่าต่ำกว่าที่พบในความลึกที่มากกว่านี้เห็นได้ชัด ในขณะที่ความลึก 128–248 เซนติเมตร มีแมงกานีสทุกรูปใกล้เคียงกัน และสูงกว่าที่พบในชั้นที่อยู่ล่างสุด

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-h และ Al-ar เพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก โดยที่ความลึก 0–73 เซนติเมตร มีค่าต่ำที่สุดในหน้าตัดดิน ส่วนชั้น 3Cg ที่อยู่ล่างสุดมีค่าต่ำกว่าชั้น 2Cc เล็กน้อย แม้ว่าจะมีเนื้อดินละเอียดกว่าก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 10



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** มีค่าไม่แตกต่างกันมากนักตลอดหน้าตัดดิน อย่างไรก็ตาม ตั้งแต่ความลึก 128 เซนติเมตร ลงไปมีปริมาณสูงกว่าความลึกที่อยู่ตอนบนเล็กน้อย

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมากตลอดหน้าตัดดิน ส่วน Mn-tr ของชั้นดินล่างมีค่าต่ำกว่าที่พบในผิวหน้าดินอย่างเห็นได้ชัด ยกเว้นที่ความลึก 128-165 เซนติเมตร ในขณะที่ Fe-tr ลดลงตามความลึก แสดงว่าจุลธาตุเหล่านี้ได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุ ทำให้ชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าที่พบในความลึกอื่น (ภาพที่ 18)

### หน้าตัดดินที่ 11 (ภาพที่ 15)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ตอนบน 40 เซนติเมตร จากผิวหน้าดินเป็นดินร่วนและดินร่วนปนทราย แบ่ง สีเทาปนน้ำตาล จุดประสีน้ำตาลและสีเหลือง ส่วนที่ความลึก 40-112 เซนติเมตร พบสารมวลพอกของแมงกานีสรูปร่างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 3 เซนติเมตร ดินสีเทาออกน้ำตาล จุดประสีส้มและน้ำตาลเข้ม เป็นดินร่วนปนทรายแบ่งและดินร่วน

ที่ความลึก 112-198 เซนติเมตร เป็นดินร่วนและร่วนปนทราย สีเทาออกน้ำตาล จุดประสีส้มและน้ำตาลออกเหลือง ส่วนที่ความลึก 198-235 เซนติเมตร เป็นชั้นที่พบสารก้อนกลมของแมงกานีส ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 3 เซนติเมตร ดินมีสีเทาอ่อนและเทาออกน้ำตาล จุดประสีน้ำตาลแดง เป็นดินเหนียว ตั้งแต่ความลึก 198 เซนติเมตร ลงไปเป็นชั้นหินผุที่ความรุนแรงของการสลายตัวลดลงไปทางตอนล่างของหน้าตัดดิน ส่วนที่มูกมูกมีสีเหลืองอ่อน สีเหลืองและสีเทาอ่อน เนื้อละเอียดกว่าส่วนที่ผุหยาบ ซึ่งมีสีเทาปนเขียวมะกอกอ่อน สีเทาอ่อนและน้ำตาลแดง

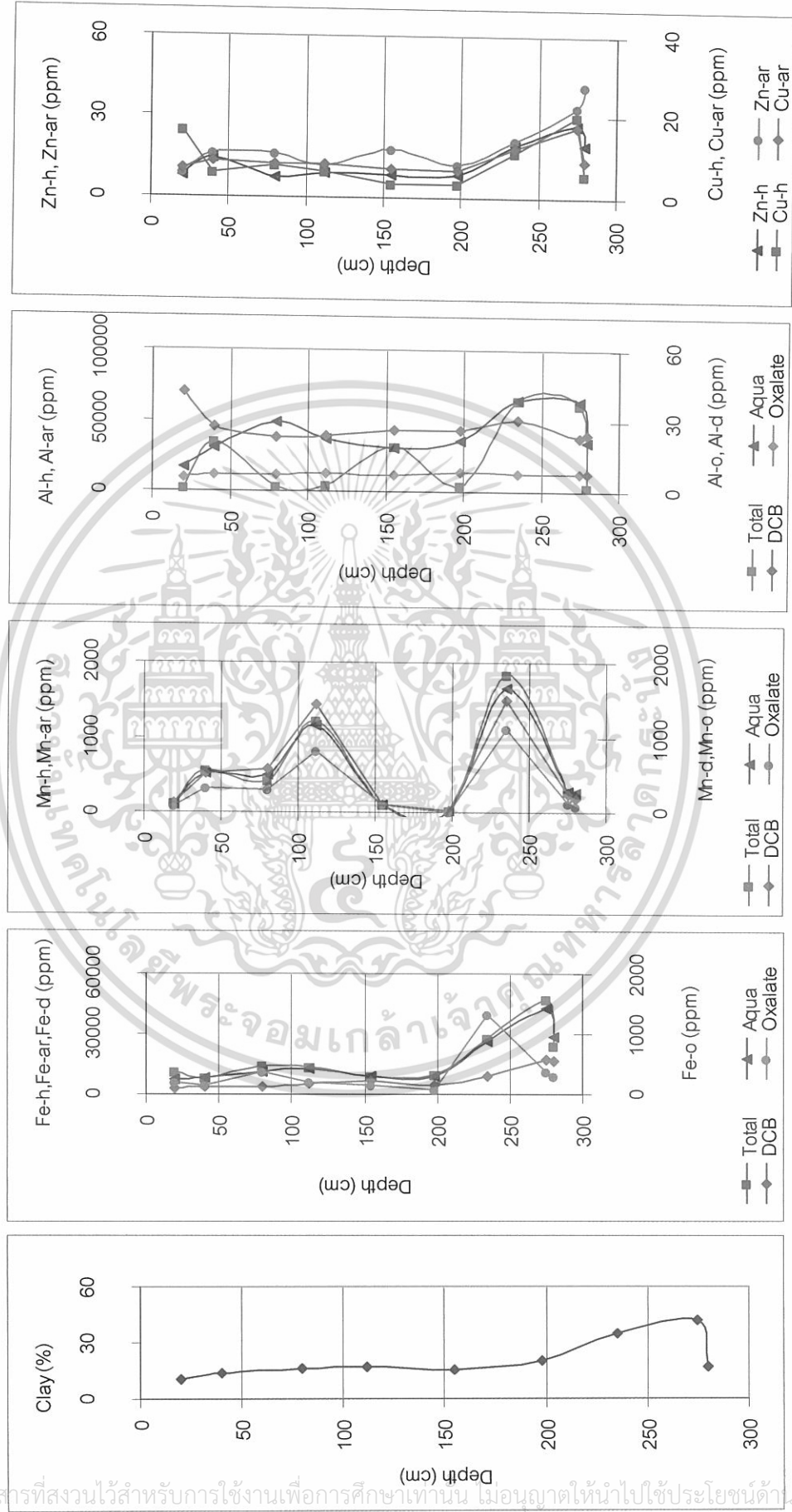
pH<sub>c</sub> ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดหน้าตัดดิน (=6.6-6.5) ยกเว้นที่ความลึก 40-80 เซนติเมตร ที่มีค่าเท่ากับ 7.1 ในขณะที่ pH<sub>w</sub> เพิ่มขึ้นตามความลึก (=4.5-6.2)

ตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 0-235 เซนติเมตร มีแตกต่างจากหินผุในด้านสัณฐานวิทยาสนาม เช่น การแจกกระจายของขนาดอนุภาคขนาดดินเหนียวต่างกัน รวมทั้งการพบสารมวลพอกของแมงกานีสรูปร่างกลมที่ความลึก 235-235 เซนติเมตร กับสารมวลพอกของแมงกานีสรูปร่างก้อนเหลี่ยมมุมมนที่ความลึก 40-112 เซนติเมตร และมีสมบัติทางกายภาพต่างจากหินผุแสดงว่าเกิดความไม่ต่อเนื่องทางด้านธรณีวิทยาขึ้น ทำให้แบ่งหน้าตัดดินออกได้เป็น 4 ส่วน คือ 0-20, 20-112, 112-198 และ 198-235 เซนติเมตร

**เหล็กที่สกัดได้** ตั้งแต่ผิวดินถึงความลึก 198 เซนติเมตร Fe-h, Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามความลึกสอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว และจะเห็นว่าชั้นที่มีสารมวลพอกของแมงกานีส (40-112 เซนติเมตร) มี Fe-h และ Fe-ar สูงกว่าชั้น Bt (112-198 เซนติเมตร) ที่มีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวใกล้เคียงกัน Fe-o มีแนวโน้มลดลงตามความลึก โดยมีค่าสูงในความลึก 40-112 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 11



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ความลึก 198-235 เซนติเมตร ซึ่งพบสารมวลพอกของเหล็กปริมาณเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปมีค่าสูงที่สุดในส่วนที่เป็นดิน ส่วนชั้นหินผุพบว่าที่ช่วงความลึก 235-275 เซนติเมตร ซึ่งละเอียดกว่าและผุมากกว่ามีเหล็กที่สกัดได้ทุกรูปสูงกว่าชั้นหินผุซึ่งอยู่ตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน

**แมงกานีสที่สกัดได้** ชั้นที่มีสารมวลพอกของแมงกานีส (40-112 เซนติเมตร) กับสารมวลพอกของเหล็ก (235-275 เซนติเมตร) มีแมงกานีสสกัดได้ทุกรูปสูงกว่าชั้นดินอื่นอย่างชัดเจน ในขณะที่ชั้นหินผุที่ผุมากกว่าและเนื้อละเอียดกว่ามีแมงกานีสที่สกัดได้ทุกรูปสูงกว่าชั้นหินผุในตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน เช่นเดียวกับที่พบในเหล็กที่สกัดได้

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วน Al-d และ Al-o ค่อนข้างใกล้เคียงกันตลอดความลึก

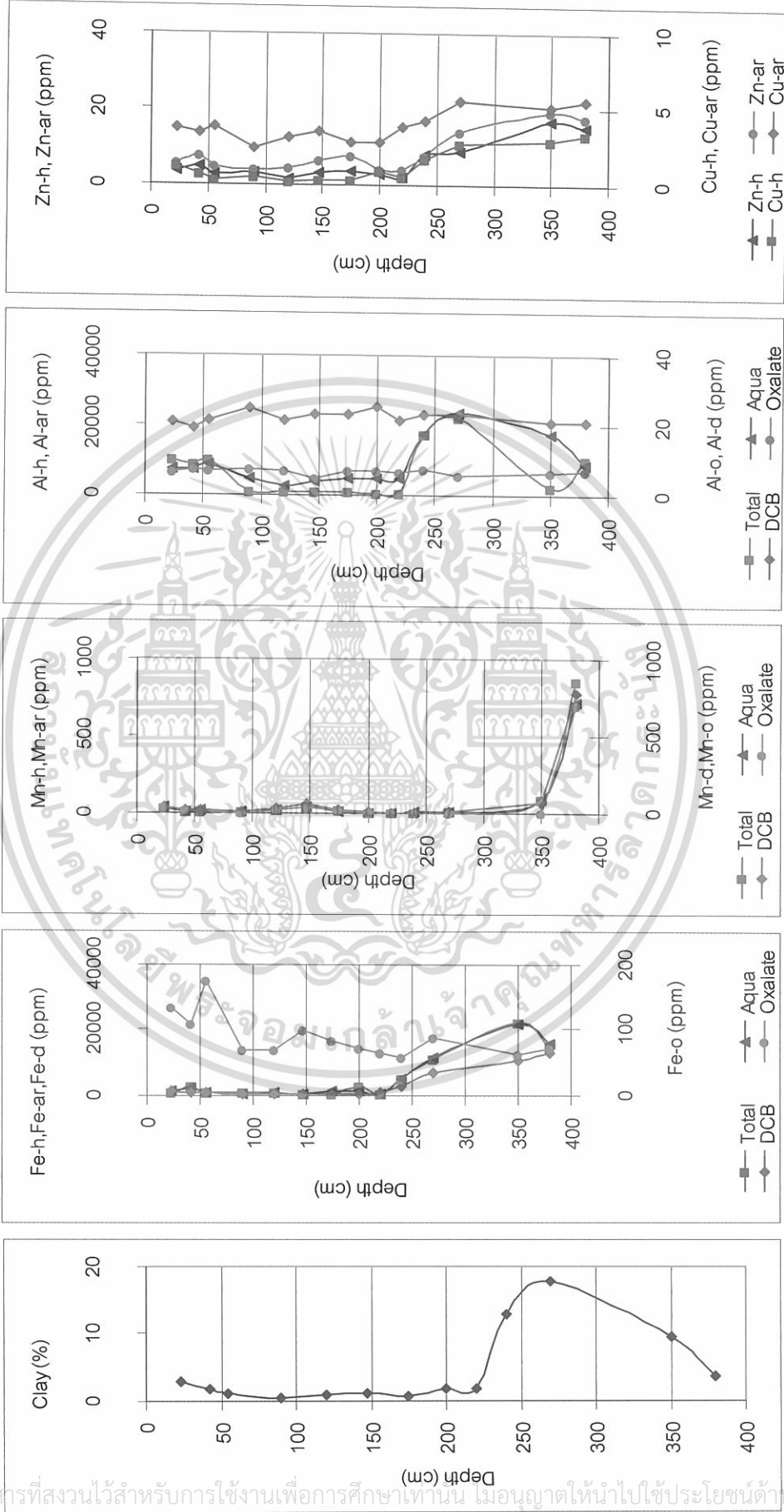
**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** Cu-h ของส่วนที่เป็นดิน (0-235 เซนติเมตร) ลดลงตามความลึก ในขณะที่ Cu-ar ค่อนข้างใกล้เคียงกัน ชั้นหินผุมีทองแดงที่สกัดได้สูงกว่าส่วนที่เป็นดินเล็กน้อย ส่วนสังกะสีที่สกัดได้ในความลึก 0-198 เซนติเมตร มีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ตั้งแต่ความลึก 198-235 เซนติเมตร ลงไปถึงตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr มีน้อยมาก และเพิ่มขึ้นที่ความลึก 198-280 เซนติเมตร มีมากกว่าตอนบนของหน้าตัดดินอย่างเห็นได้ชัด Cu-tr ก็มีปริมาณต่ำเช่นเดียวกันและลดลงตามความลึกในช่วงความลึก 0-198 เซนติเมตร หลังจากนั้นค่าเพิ่มมากขึ้นอย่างชัดเจน Mn-tr เป็นธาตุที่พบมากที่สุด โดยชั้นที่มีสารมวลพอกของแมงกานีสและเหล็ก มี Mn-tr สูงกว่าช่วงความลึกอื่น นอกจากนี้ชั้นหินผุก็มี Mn-tr สูงเช่นเดียวกัน ส่วน Fe-tr ตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 155 - 198 เซนติเมตร Fe-tr มีค่าสูงที่สุดที่ผิวหน้าดิน หลังจากนั้นลดลงตามความลึก ชั้นหินผุมี Fe-tr สูงกว่าที่เป็นดิน และที่ความลึก 198-235 เซนติเมตร ที่มีสารมวลพอกของเหล็กก็มี Fe-tr สูงกว่าชั้นดินที่อยู่ตอนบนอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 18)

### หน้าตัดดินที่ 12 (ภาพที่ 16)

**สัณฐานวิทยาสนาม** ดินบน (0-23 เซนติเมตร) เป็นดินทรายร่วน สีน้ำตาล ที่ความลึก 23-120 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีเทาปนน้ำตาล และสีส้มเหลือง ส่วนที่ความลึก 120-200 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย พบเศษชิ้นส่วนของศิลาแลง (lateritic fragments) ประมาณร้อยละ 15-20 ที่ความลึก 120-147 เซนติเมตร ในขณะที่ 147-200 เซนติเมตร มีเศษชิ้นส่วนของศิลาแลงบ้างเล็กน้อย และที่ความลึก 200-240 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีส้ม สีเทาอ่อน และสีเทาปนน้ำตาล มีก้อนกรวดเล็กน้อยที่ความลึก 220-240 เซนติเมตร ที่ช่วงความลึก 240-270 เซนติเมตร มีก้อนกรวดกับศิลาแลง ดินสีเทาอ่อน ที่ความลึก 270-350 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนแดงเข้ม และสีเทาอ่อน ตอนล่างสุดของหน้าตัดดินเป็นชั้นหินแข็งสีน้ำตาลออกแดง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกจ่ายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ของหน้าตัดดินที่ 12



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหินค่อนข้างหยาบ (ทรายร่วน) ที่ความลึก 0–220 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 5 อนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 80 ที่ความลึก 220–270 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 13–18 ในหินมีอนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 4 อนุภาคขนาดทรายร้อยละ 87

pH<sub>f</sub> ของดินล่าง (23 -220 เซนติเมตร) คงที่และสูงกว่าดินบน (=6–6.5 และ 5.5 ตามลำดับ) ที่ความลึก 220–350 เซนติเมตร มีค่า pH<sub>f</sub>=4–4.5 แต่หินมี pH<sub>f</sub>=8 pH<sub>w</sub> และ pH<sub>k</sub> เพิ่มตามความลึกเล็กน้อย ในช่วง 0–220 เซนติเมตร (=5.3–6.10 และ 4.2–4.7 ตามลำดับ) ที่ความลึก 220 – 350 เซนติเมตร pH<sub>w</sub> มีค่าเป็น 5.8–6.1 และเพิ่มตามความลึกในช่วงนี้

**เหล็กที่สกัดได้** Fe-o ลดลงตามความลึกตลอดหน้าตัดดิน อย่างไรก็ตามสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างระหว่างความลึก 0-120, 120-240 และ 240-380 เซนติเมตรได้บ้าง ส่วนเหล็กรูปอื่นมีค่าต่ำมากในความลึก 0-120 เซนติเมตร ซึ่งอาจเกิดจากมีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำ หลังจากนั้น Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามความลึก ส่วน Fe-h แจกกระจายกันไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว

**แมงกานีสที่สกัดได้** ทุกรูปมีปริมาณสูงที่สุดในชั้นหินแข็งซึ่งอยู่ล่างสุด รองลงมาได้แก่ ชั้นหินผุ ส่วนความลึกอื่นมีค่าต่ำมากเมื่อเทียบกับชั้นหินผุและชั้นหินแข็ง อย่างไรก็ตาม สามารถแยกหน้าตัดดินออกเป็นส่วนๆ ได้ดังนี้ ที่ความลึก 0-90, 90-175 และ 175-270 เซนติเมตร

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-d และ Al-o ไม่แตกต่างกันมากนักตลอดหน้าตัดดิน ในขณะที่ Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกค่อนข้างสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว และสัดส่วนวิทยาศาสตร์นาม และสามารถแยกหน้าตัดดินเป็นส่วนๆ โดยเฉพาะภายในความลึก 0-220 เซนติเมตร ได้ดังนี้ ที่ความลึก 0-120 และ 120-220 เซนติเมตร

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ตั้งแต่ความลึก 220 เซนติเมตร ลงไป ทุกรูปมีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบนอย่างชัดเจน ในขณะที่ตอนบน (0-220 เซนติเมตร) ซึ่งมีค่าต่ำนั้นอาจเกิดจากมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำ

**จุลธาตุที่เป็นประโยชน์** Zn-tr พบในดินชั้นบน และตั้งแต่ความลึก 200 เซนติเมตรลงไป ซึ่งมีค่าสูงกว่าที่พบในดินชั้นบนอย่างชัดเจน เช่นเดียวกับ Cu-tr ที่มีค่าต่ำมากในทุกช่วงความลึก ส่วน Mn-tr มีค่าต่ำที่สุดที่ความลึก 175-240 เซนติเมตร ในขณะที่ตอนบนของหน้าตัดดินมีค่าสูงกว่านี้ และชั้นหินผุกับชั้นหินแข็งก็มีค่าต่างกันอย่างชัดเจน Fe-tr ก็ลดลงตามความลึกในช่วง 0-220 เซนติเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นที่ช่วง 220-350 เซนติเมตร หลังจากนั้นก็มีค่าต่ำลงอีกครั้งหนึ่งในชั้นหินแข็ง นอกจากจุลธาตุจะได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุแล้ว ตั้งแต่ความลึก 220 เซนติเมตรลงไปยังได้รับอิทธิพลจากปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวด้วย (ภาพที่ 18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### หน้าตัดดินที่ 13 (ภาพที่ 17)

**ชั้นฐานวิทยาศาสตร์** ที่ช่วงความลึก 0-30 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายดินสีน้ำตาล พบจุดประสีน้ำตาลเข้ม ที่ช่วงความลึก 30-110 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินสีน้ำตาลปนเทา จุดประสีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลออกแดง และน้ำตาลออกเหลือง พบสารก้อนกลมของเหล็ก (pisoliths) เล็กน้อย ที่ความลึก 110-208 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลออกเทา จุดประสีน้ำตาลเข้ม สีน้ำตาลออกแดง มีสารมวลพอกของเหล็ก (133-160 เซนติเมตร) มีเศษชิ้นส่วนศิลาแลงก้อนกรวดเล็กน้อย (ความลึก 160-175 เซนติเมตร) ที่ความลึก 165 - 203 เซนติเมตร เป็นชั้นของ สารมวลพอกของเหล็กและเศษชิ้นส่วนศิลาแลงกับสารก้อนกลมของเหล็กและกรวด ที่ความลึก 205-260 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผุ สีเทาออกเขียว สีเทาอ่อน สีเหลืองอ่อน และสีเทาออกน้ำตาล (ผุมาก) สีน้ำตาลปนแดงเข้ม สีเทาอ่อนน้ำตาลปนเหลืองเข้ม สีเทาอ่อน สีส้ม สีเหลืองออกส้ม ที่ความลึก 260-320 เซนติเมตร หินผุน้อยจะมีสีแดงเข้ม เป็นดินทรายปนร่วน

ถ้าเป็นหินผุมาก จะมีสีเทาอ่อน เป็นดินร่วนปนทราย ที่ความลึก 0-85 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มอย่างชัดเจน โดยที่ความลึก 30-110 เซนติเมตร มีมากกว่าความลึก 0-30 เซนติเมตร อย่างชัดเจน ที่ความลึก 110-205 เซนติเมตร อนุภาคขนาดทรายลดลง ตามความลึก และมีปริมาณน้อยกว่าตอนบนอย่างชัดเจน (ร้อยละ 11-20) ในขณะที่อนุภาคขนาดทรายเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 62-83) ที่ความลึก 205-260 เซนติเมตร อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 13 - 17 อนุภาคขนาดทรายร้อยละ 70 - 77 ที่ความลึก 260-320 เซนติเมตร การแจกกระจายของขนาดดินต่างกัน ตามความผุ คือส่วนผุมากกว่าจะมีอนุภาคขนาดดินเหนียวมากกว่าส่วนที่ผุน้อย

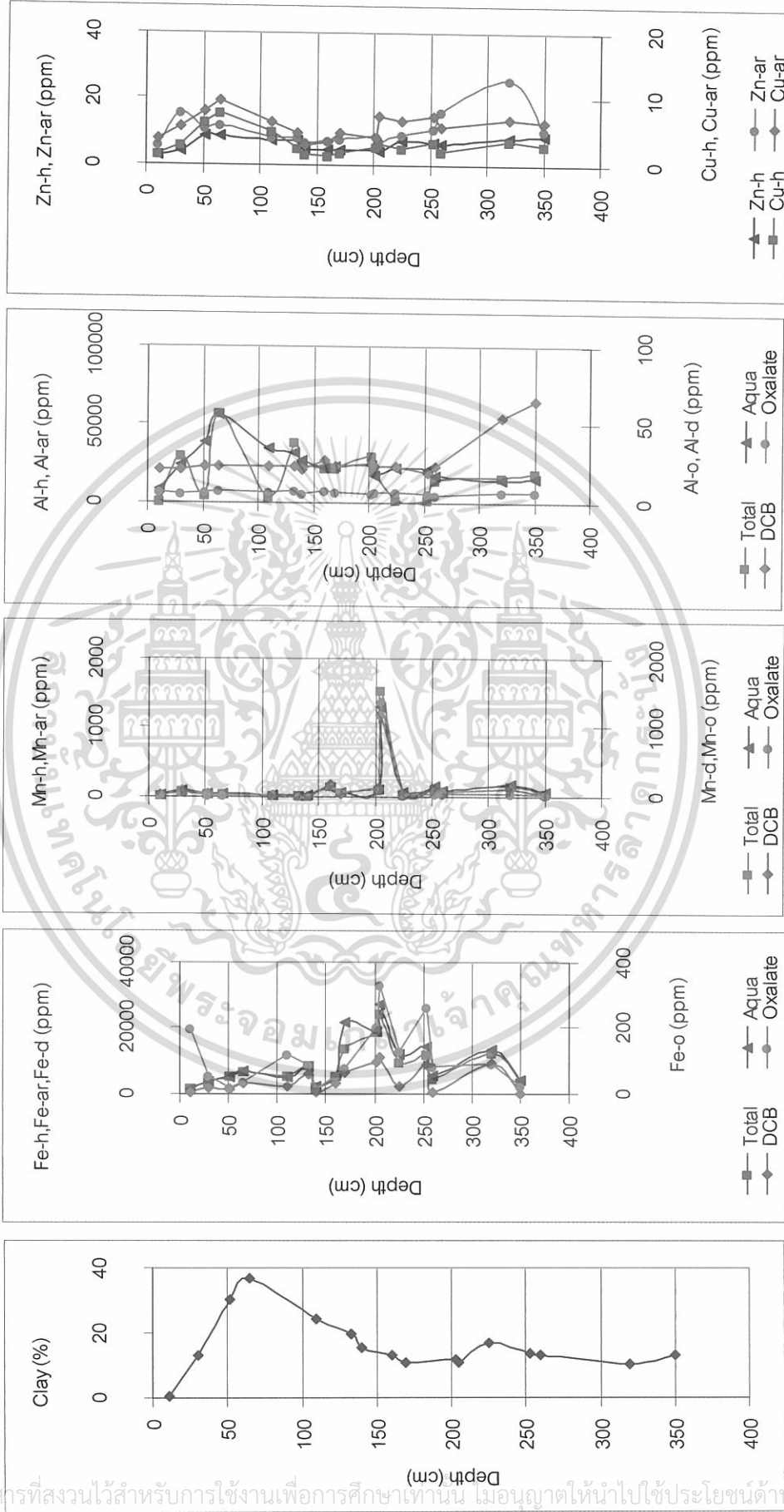
pH<sub>r</sub> ที่ความลึก 0-133 เซนติเมตร ลดลงเล็กน้อย (=5-6) หลังจากนั้นเพิ่มเป็น 4.5-6.5 ที่ความลึก 133 -205 เซนติเมตร และเพิ่มเป็น 7-8 ที่ความลึก 205-320 เซนติเมตร pH<sub>w</sub> เพิ่มขึ้นเล็กน้อยถึงความลึก 203 เซนติเมตร (=5.3-6.2) และเพิ่มอย่างชัดเจน (=6.8-8.8) ที่ความลึก 203-320 เซนติเมตร pH<sub>k</sub> คงที่ถึงความลึก 0-203 เซนติเมตร (=4.1-4.3) หลังจากนั้นเพิ่มเป็น 5.2-6.2 ที่ช่วงความลึก 203-320 เซนติเมตร

**เหล็กที่สกัดได้** ตั้งแต่ผิวหน้าดินผิวหน้าดินจนถึงความลึก 133 เซนติเมตร Fe-h, Fe-ar และ Fe-d เพิ่มขึ้นตามความลึกเช่นเดียวกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ที่ความลึก 133-170 เซนติเมตร ซึ่งอนุภาคขนาดดินเหนียวลดลงแต่เหล็กที่สกัดได้ทุกรูปเพิ่มขึ้นตามความลึก ส่วนชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก (170-225 เซนติเมตร) เหล็กที่สกัดได้ทุกรูปสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดแต่แจกกระจายไม่สม่ำเสมอ สำหรับชั้นหินผุพบว่าส่วนที่ผุมาก (225-253 เซนติเมตร) เหล็กทุกรูปสูงกว่าที่พบในที่อื่น และหินผุที่มีสีขาว (ตอนล่างสุด) มีเหล็กน้อยกว่าส่วนที่มีสีแดง

Fe-o ลดลงตามความลึก ในช่วง 0-85 เซนติเมตร และมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วง 85-133 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างการแจกจ่ายของอนุภาคขนาดดินเหนียวกับเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้จากหน้าตัดดินที่ 13



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นองุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

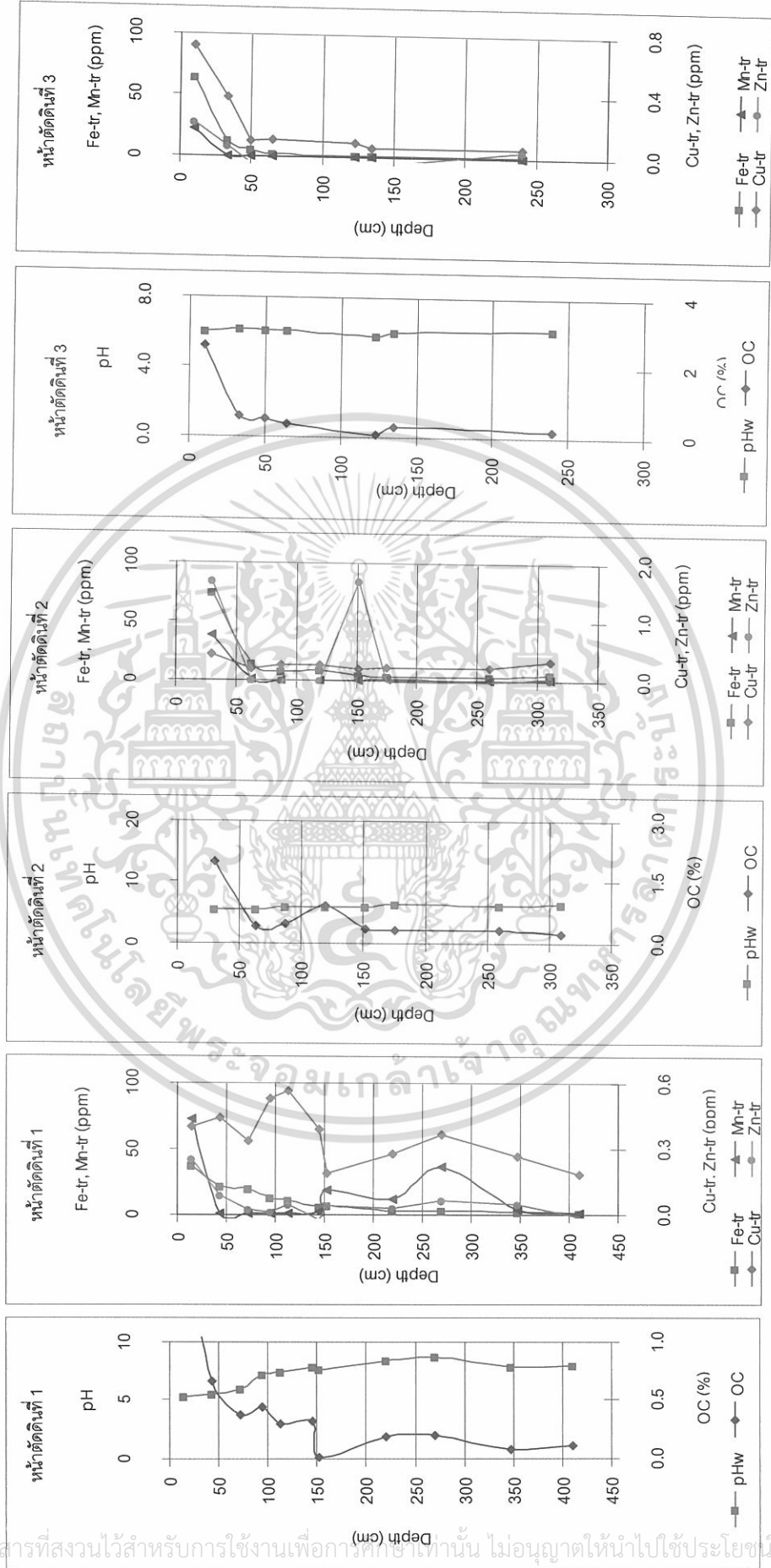
**แมงกานีสที่สกัดได้** ทุกรูปมีค่าแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดระหว่างความลึก 0-133 เซนติเมตร (ชั้นดินล่างต่ำกว่าชั้นดินบนเป็นส่วนใหญ่) ที่ความลึก 133-170 เซนติเมตร (แจกกระจายไม่สม่ำเสมอแต่ส่วนมากมีค่าสูงกว่าที่พบในตอนบน) ที่ความลึก 170-225 เซนติเมตร (ชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็ก มีค่าสูงที่สุดในหน้าตัดดิน) และที่ความลึก 225-350 เซนติเมตร

**อะลูมิเนียมที่สกัดได้** Al-o ค่อนข้างคงที่ตลอดหน้าตัดดิน ในขณะที่ Al-d ใกล้เคียงกันไปจนถึงความลึก 225 เซนติเมตร หลังจากนั้นเพิ่มตามความลึกจนถึงตอนล่างสุดของหน้าตัดดิน ส่วน Al-h และ Al-ar แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องของอนุภาคขนาดดินเหนียว

**ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้** ทุกรูปแจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวและแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างแต่ละช่วงความลึก ซึ่งสอดคล้องกับฐานฐานวิทยาศาสตร์ด้วย

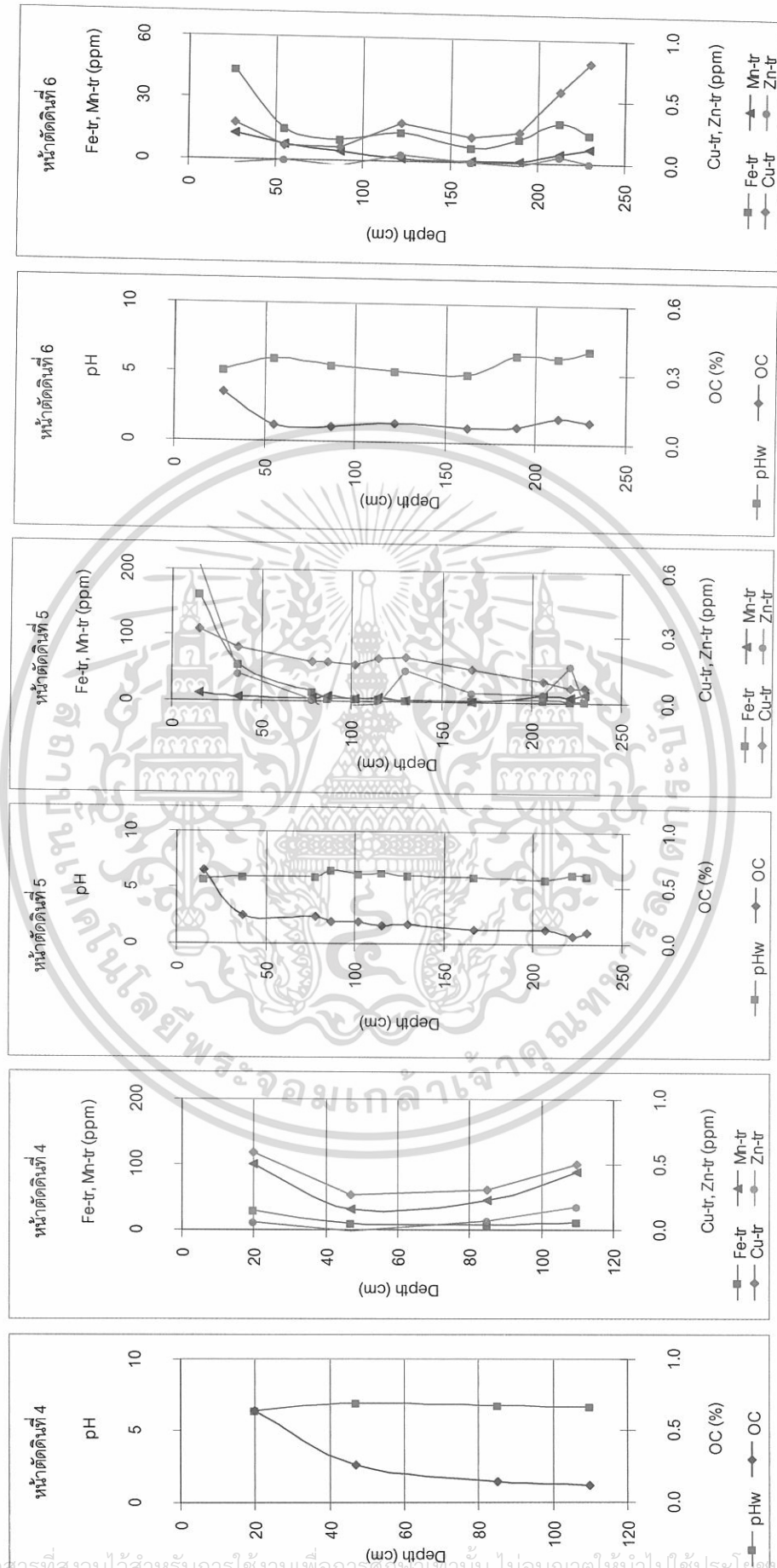
**ธาตุที่เป็นประโยชน์** Fe-tr มีค่าสูงในชั้นดินบน และมีการแจกกระจายที่ต่างกันระหว่างความลึก 30-170 และ 170-225 เซนติเมตร และชั้นหินผุ Mn-tr มีค่าสูงกว่า Fe-tr แต่การแจกกระจายตลอดความลึกค่อนข้างใกล้เคียงกัน และเหมือนกับ Cu-tr ซึ่งมีค่าต่ำมาก ส่วน Zn-tr พบได้บางชั้นดินเท่านั้น และจะเห็นว่าตอนบนของหน้าตัดดินนี้ได้รับอิทธิพลจากอินทรีย์วัตถุ ส่วนในชั้นหินผุได้นับอิทธิพลจากหินโดยตรง (ภาพที่ 18)

ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำและอินทรีย์คาร์บอนกับจุลธาตุที่เป็นประโยชน์



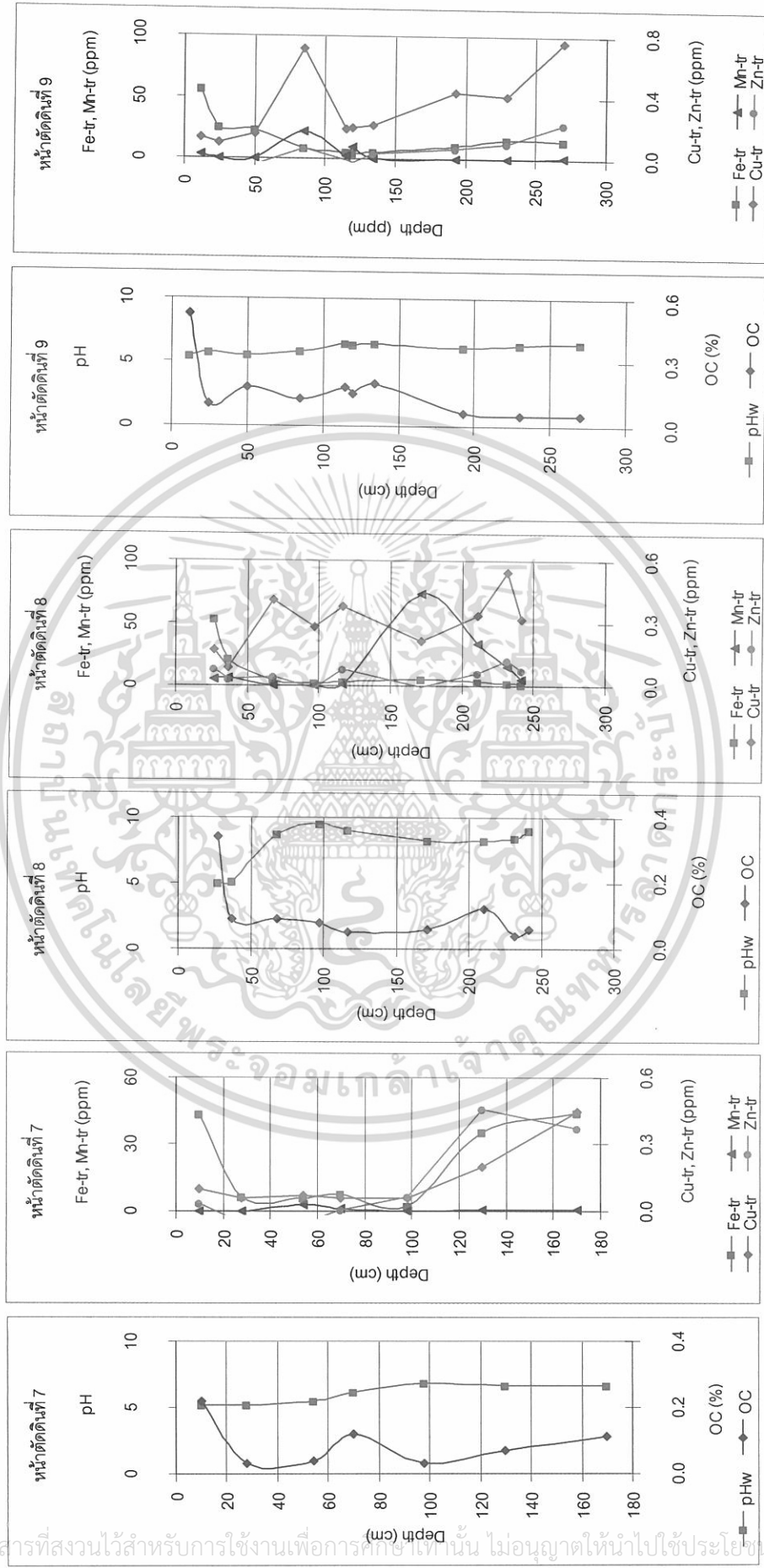
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 18 (ต่อ)



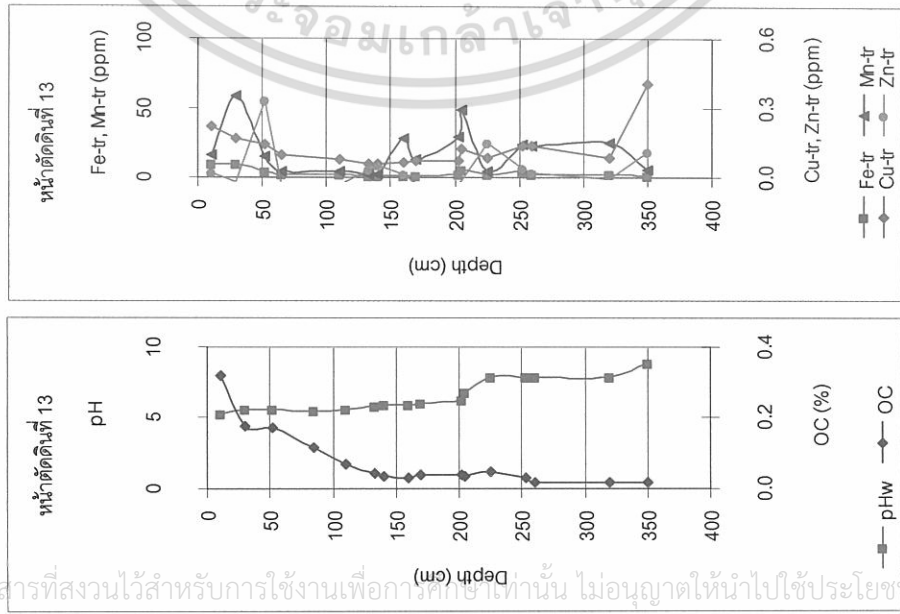
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 18 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 18 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## สรุปและวิจารณ์ผลการศึกษา

1. ทุกหน้าตัดดินมีองค์ประกอบ 2 ส่วนคือ ส่วนที่เกิดจากหินพื้นซึ่งอยู่ตอนล่างของหน้าตัดดิน ในขณะที่ตอนบนเป็นวัสดุที่เคลื่อนที่มาจากชั้นใหม่ มีสมบัติแตกต่างจากหินพื้นในด้านการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน ความหนาของส่วนนี้มีตั้งแต่ประมาณ 10 เซนติเมตร ในหน้าตัดดินที่ 2 จนถึงประมาณ 2 เมตร ในหน้าตัดดินที่ 13 การที่หน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินพื้นในพื้นที่ศึกษาเป็นเช่นนี้ เป็นสิ่งที่พบได้ทั่วไปในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พรทิวา, 2543; พิมลสิริ, 2548) และเขตร้อน (Geological Society, 1990)

2. สันฐานวิทยาสนามและการแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินของทุกหน้าตัดดิน ทั้งส่วนที่มาทับถมใหม่และส่วนที่เกิดจากหินพื้นแตกต่างกัน อาจทำให้ปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมที่สกัดได้แตกต่างกัน โดยเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินพื้นเดียวกัน เช่นหน่วยหินพระวิหาร (หน้าตัดดินที่ 2 เนื้อหยาบกว่าหน้าตัดดินที่ 3) หน้าตัดดินที่ 4 และ 5 (ไม่พบชั้นหินผุในหน้าตัดดินที่ 5) หรือหน้าตัดดินที่อยู่บนหน่วยหินมหาสารคาม นั่นคือธรรมชาติของวัสดุที่มาเกิดเป็นหินตะกอน และความรุนแรงในการสลายตัวผุพังของหินพื้นรวมทั้งสันฐานวิทยาสนามที่ปรากฏให้เห็น อาจมีผลต่อปริมาณเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมที่สกัดได้

3. ปริมาณเหล็ก แมงกานีส อะลูมิเนียม รวมทั้งทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ ระหว่างส่วนที่มาทับถมใหม่และส่วนที่เกิดจากหินพื้น แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด (ภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 17) ซึ่งแสดงถึงความไม่ต่อเนื่องภายในหน้าตัดดิน และโดยส่วนใหญ่ส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหินพื้นมีค่าวิเคราะห์เหล่านี้สูงกว่าส่วนที่มาทับถมใหม่

4. จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ (Fe-tr, Mn-tr, Zn-tr และ Cu-tr) ทุกหน้าตัดดินมี Zn-tr และ Cu-tr ต่ำมากเนื่องจาก สังกะสีและทองแดงที่สกัดด้วย  $\text{HClO}_4$  และ Aqua regia ต่ำ ส่วน Fe-tr และ Mn-tr มีค่าสูงที่ตอนบนของหน้าตัดดินและลดลงในชั้นดินล่างเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นไปตามการแจกกระจายของอินทรีย์วัตถุ (=อินทรีย์คาร์บอน  $\times$  1.724) มากกว่าที่จะแปรผกผันกับค่าปฏิกิริยาดิน ( $\text{pH}_w$ ) (ภาพที่ 18) สำหรับ Mn-tr พบว่าหน้าตัดดินที่มีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีส (เช่นหน้าตัดดินที่ 11 และ 13) จะมี Mn-tr สูงกว่าชั้นดินที่ไม่มีสารมวลพอก

5. การแจกกระจายของเหล็กที่สกัดได้ โดยเฉพาะ Fe-h, Fe-ar และ Fe-d ของส่วนที่มาทับถมใหม่หรือส่วนที่เป็นดิน (Soil solum) เป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว นั่นคือเพิ่มขึ้นตามความลึกซึ่งบอกถึงพัฒนาการของหน้าตัดดิน และจะพบว่าชั้นที่มีสารมวลพอกของเหล็กหรือชั้นศิลาแลงมีเหล็กสูงกว่าชั้นดินอื่นอย่างเห็นได้ชัด (เช่นที่ความลึก 145-152 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 1, 119-120 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 13 และ 14) นอกจากนี้ยังพบว่าการค้าไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

260 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 3 เป็นต้น) สำหรับส่วนที่เกิดจากหินพื้นปริมาณเหล็กแตกต่างกันไป ตามองค์ประกอบและธรรมชาติของหน่วยหิน ซึ่งจะเห็นว่าส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินพระวิหารที่มีเนื้อละเอียด (หน้าตัดดินที่ 3 : ความลึก 123-260 เซนติเมตร) มีเหล็กสูงที่สุด ในขณะที่ส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินมหาสารคามและหน่วยหินโคกกรวดมีเหล็กที่สกัดได้ต่ำกว่าหน่วยหินอื่น และเฉพาะหน่วยหินพระวิหารเองก็พบว่าหินเนื้อหยาบ (หน้าตัดดินที่ 2) มีเหล็กน้อยกว่าเนื้อละเอียด (หน้าตัดดินที่ 3) ซึ่งลักษณะเช่นนี้ก็พบในส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหน่วยหินมหาสารคามเช่นเดียวกัน (ตารางผนวกที่ 3)

6. แมงกานีสที่สกัดได้มีค่าต่ำกว่าเหล็กที่สกัดได้อย่างเห็นได้ชัด และการแจกกระจายไม่สอดคล้องกับอนุภาคนาขนาดดินเหนียว และชั้นดินที่มีสารมวลพอกของเหล็กหรือแมงกานีสก็จะมีปริมาณแมงกานีสเพิ่มมากกว่าชั้นดินที่ไม่มีสารเหล่านี้ ในส่วนที่เกิดจากหินพื้น จะเห็นว่าหน้าตัดดินที่ 8 ซึ่งเป็นหน่วยหินมหาสารคามมีแมงกานีสที่สกัดสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ หน้าตัดดินที่ 4 (หน่วยหินภูกระดึง) และในส่วนของหน้าตัดดินที่มีหินพื้นเป็นหน่วยหินมหาสารคามเหมือนกัน ก็พบว่าปริมาณแมงกานีสที่สกัดได้แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด

7. อะลูมินัมของทุกหน้าตัดดิน โดยเฉพาะ Al-h และ Al-ar แจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคนาขนาดดินเหนียว เนื่องจากอะลูมินัมเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของโครงสร้างแร่ดินเหนียว ส่วน Al-d และ Al-o มีค่าต่ำมากและค่อนข้างคงที่ในทุกหน้าตัดดิน

8. ในช่วงของการเกิดดิน เหล็กจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นผลึกและจะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่เป็นผลึกเมื่อดินมีพัฒนาการมากขึ้น (ค่า Fe-d สูงขึ้นในขณะที่ Fe-o ลดลง) จากผลการศึกษาจะเห็นว่าเหล็กในรูปที่เป็นผลึก (Fed-o) สอดคล้องกับการแจกกระจายของอนุภาคนาขนาดดินเหนียว (ตารางผนวกที่ 3 และภาพที่ 9)

9. เมื่อใช้สัดส่วน Feo/d เพื่อบอกความรุนแรงในการสลายตัวของหน้าตัดดิน (Smeck *et al*, 1994) พบว่าหน้าตัดดินแทบทั้งหมดสลายตัวอย่างรุนแรง (ค่า Feo/d ต่ำกว่า 0.05) ยกเว้นหน้าตัดดินที่ 12 นอกจากนั้นสัดส่วน Feo/d ยังแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างส่วนที่เกิดจากหินพื้นและส่วนที่มาทับถมใหม่ (ภาพที่ 19 และตารางผนวกที่ 3) ในส่วนของหน้าตัดดินที่เกิดจากหินพื้น ส่วนใหญ่สลายตัวในระดับใกล้เคียงกัน (Feo/d อยู่ที่ระดับ 0.01-0.02 เป็นส่วนมาก) อย่างไรก็ตามชั้นหินแข็งของหน้าตัดดินที่ 12 ก็มีสัดส่วน Feo/d = 0.01 เช่นกันทั้งๆที่ยังไม่สลายตัว ในขณะที่ความลึก 253-260 เซนติเมตร และส่วนที่มีสีขาวในความลึก 260-320 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 13 กลับมีค่า Feo/d สูงมากทั้งๆที่เป็นหินที่มีการสลายตัวมากแล้ว

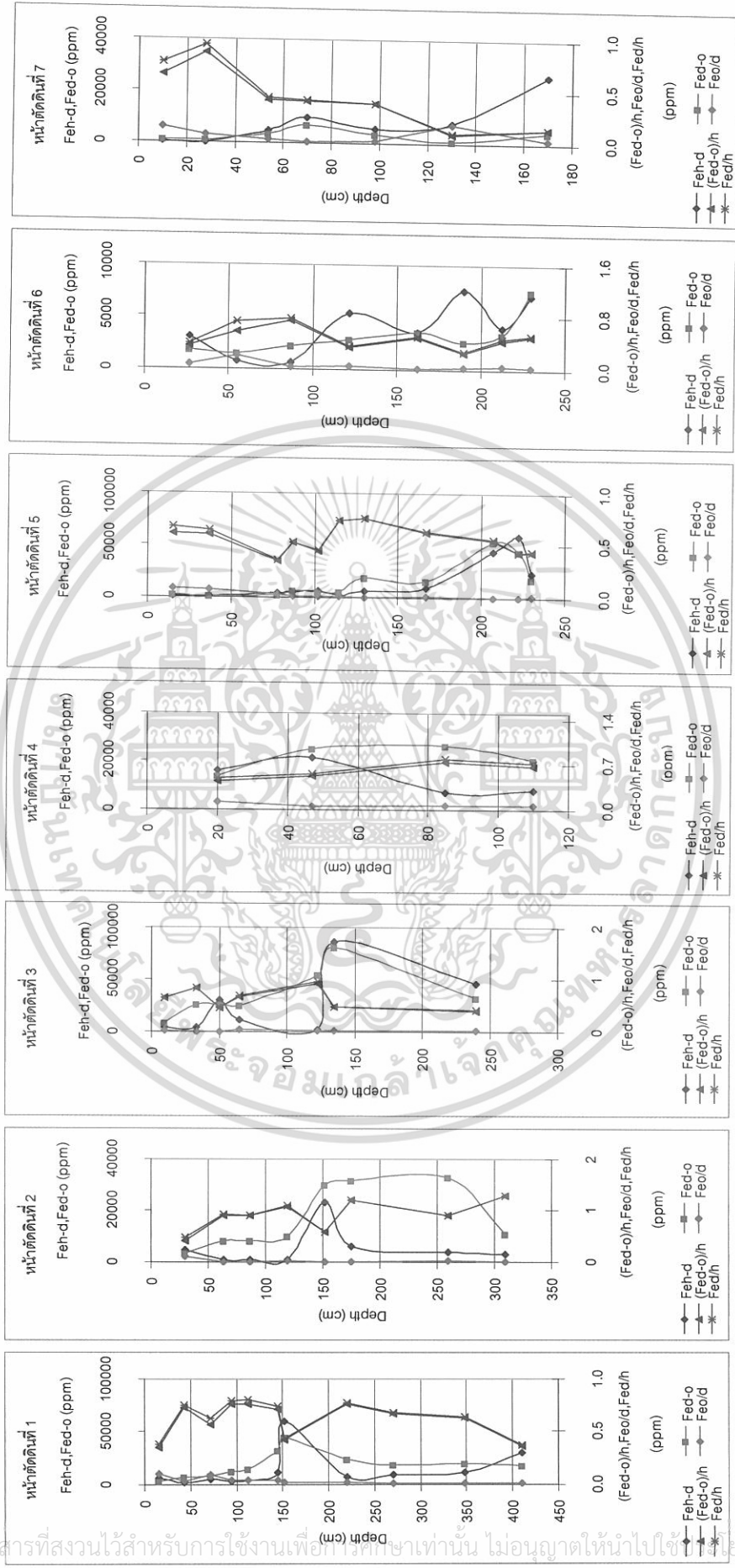
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. สัดส่วน  $Fed/h$  และค่า Crystallinity index ( $Fe(d-o)/h$ ) ซึ่งบอกความรุนแรงในการสลายตัวของหน้าตัดดิน (ค่าสูงหมายถึงสลายตัวผู้พั้งรุนแรงกว่า) (Tulaphitak *et al*, 1996) มีลักษณะแปรผกผันกับค่า  $Feo/d$  (ภาพที่ 19 และตารางผนวกที่ 3) นั่นคือหน้าตัดดินส่วนใหญ่ในพื้นที่ศึกษามีการสลายตัวผู้พั้งรุนแรงทั้งในส่วนที่เป็นวัสดุมาทับถมใหม่และส่วนที่เกิดจากหินพื้น



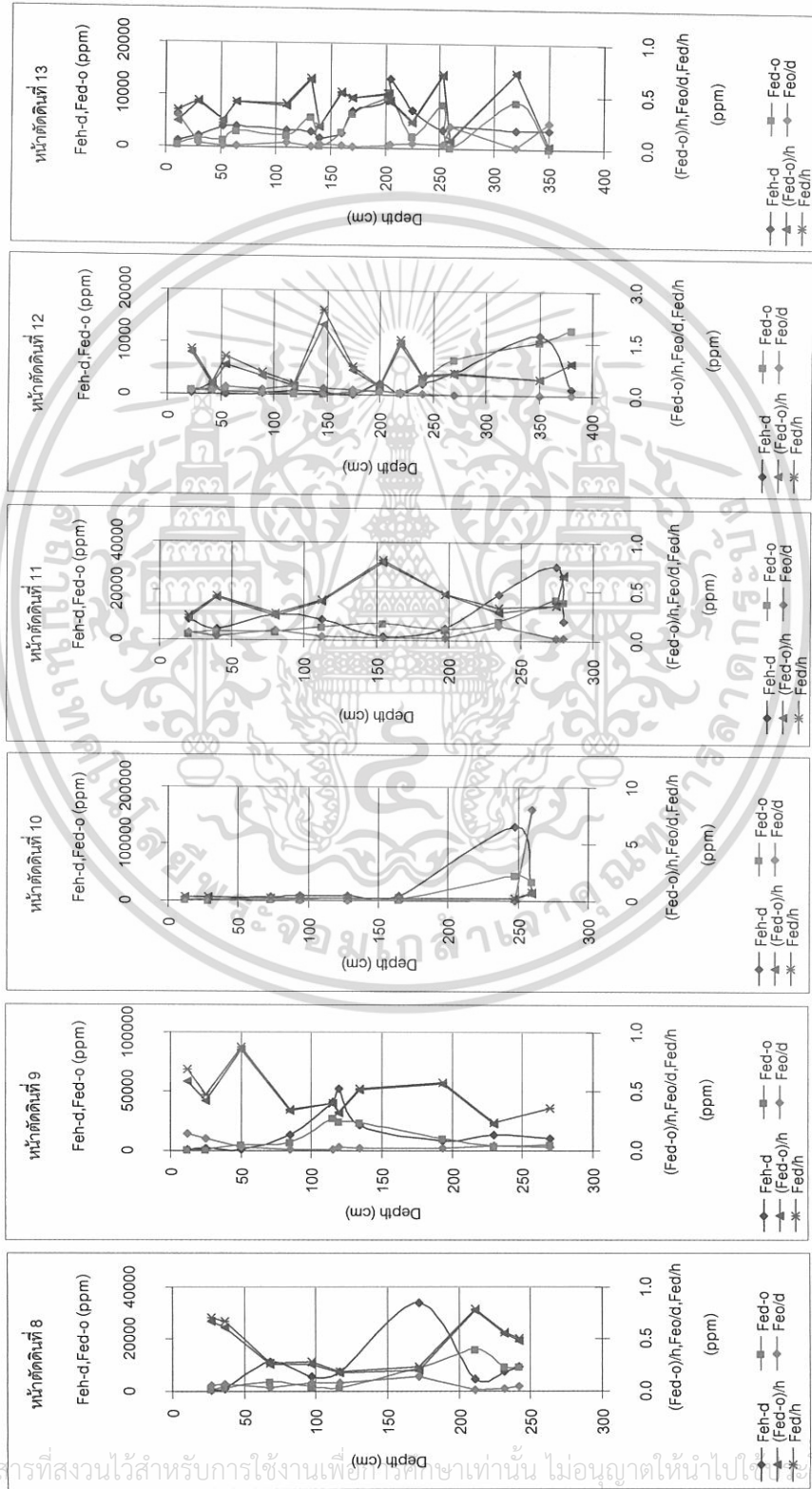
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 19 แสดงความเข้มข้นระหว่างเหล็กในรูปต่าง ๆ และสัดส่วนของเหล็กในรูปต่าง ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 19 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ไปใช้โดยไม่ขออนุญาต  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรธรณี. 2527. แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1: 250,000 ระวัง NE 48-14 (จังหวัดร้อยเอ็ด) และ ND 48-2 (จังหวัดอุบลราชธานี). กรมทรัพยากรธรณี, กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 2 แผ่น.
- กฤตธี โสมะเกษตรินทร์ และ สิริพนธ์ คุ่มเมือง. 2546. การแจกกระจายของเหล็กที่สกัดด้วยไดโครโอไนต์-ซีเตรต-โบคาร์บอเนตในดินนาบริเวณลุ่มแม่น้ำชี. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- พรทิวา กัญญวงค์หา. 2543. การแจกกระจายของฟอสฟอรัสในหน้าตัดดินที่มีหินพื้นต่างกัน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 18(3): 10-20.
- พรทิวา กัญญวงค์หา และ นารี พันธุ์จันทรวรรณ. 2547. สมบัติและความอุดมสมบูรณ์ของดินบริเวณขอบแอ่งโคราชด้านตะวันออก. รายงานผลการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2545. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- พรทิวา กัญญวงค์หา. 2549. สมบัติของหน้าตัดดินที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ในจังหวัดจันทบุรีภาคชายฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 24: 1(20-35).
- พิมลสิริ ศุภเสถียรไชย. 2548. แจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอลูมิเนียมในหน้าตัดดินที่มีหินพื้นแตกต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ II: แอ่งสกลนครและแอ่งโคราชด้านตะวันตก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. 2546. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. ไม่เรียงเลขหน้า.
- อรรถพล บุญช่วย. 2546. "ปริมาณเหล็กที่สกัดด้วยไดโครโอไนต์-ซีเตรต-โบคาร์บอเนตในหน้าตัดดินจากลานตะพักลำน้ำระดับสูงของแอ่งโคราช". ปัญหาพิเศษปริญญาตรี สาขาปฐพีวิทยา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียววีรธรรมย์. 2530. คู่มือปฏิบัติการสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 181 หน้า.
- 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. The Nature and Properties of Soil. 13<sup>th</sup> Edition. Prentice-Hall International of Soil, Inc., New Jersey, USA. 960 p.
- Buol, S. W., F. d. Hole and R. J. McCracken. 1997. Soil Genesis and Classification. 4<sup>th</sup> Edition. Iowa State University Press., Iowa. USA. 527 p.
- Grambrell, R. P. 1996. Iron. pp 669-682. 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.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-Size Analysis pp. 383-411. In A Klute (ed). Method of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods. 2<sup>nd</sup> Edition, No 9 in Agron. Soil Sci. Soc. Amer., Inc. Mandison, 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 sheet.
- Geological Survey Division. 1987. Geological Map of Thailand, Scale 1:2,500,000. Geological Survey Division, Department of Mineral Resources, Ministry of Industry, Bangkok, Thailand. 1 sheet.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale and W. L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizer: An Introduction to Nutrient Management. 6<sup>th</sup> 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 W.P. Inskeep. 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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- McGrath, S. P., and C. H. Caroline. 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.
- Moorman, F. R., Sorot Montrekun and Sumarn Panichapong. 1964. Soil of Northeast Thailand, A Key to Their Identification and Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand. 34 p.
- Sharma, B. D., Arora-Harsh., Kumar-Raj., 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.
- Smeck, N. E., Torrent, J., and Barron, V. 1994. Genesis and Native Phosphorus Distribution in some Paleixeralfs 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. pp 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. Plateau Soil and Their Materials in the Khon Kean Area, Northeast Thailand II: Soil Material Characterization and Classification. *Japanese Journal of Tropical Agriculture.* 40(2): 84-88.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะเด่นของหินปูน และลักษณะของดินเฉพาะส่วนที่เกิดจากหินปูน

หน่วยหิน	ลักษณะเด่นของหินปูน <sup>1</sup>	ลักษณะที่พบในดิน <sup>2</sup>
เสาหัว (J <sub>SK</sub> )	มีลักษณะเป็นหินทราย สีน้ำตาลแกมแดงและเทา เนื้อปนเมกา หินทรายแข็ง สีเทาน้ำตาล หินกรวดมนเม็ดคูน หินดินดาน สีน้ำตาลแกมม่วงและแดงจืด	หน้าตัดดินที่ 1 ความลึก 145-410 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายและดินเหนียวปนทรายแข็ง สีแดง น้ำตาลปนเทา พบหินสุตัสแดงเข้ม และแดงปนเทา เนื้อละเอียด และพบกรวดกลมกับสามารถพอกของปฐพีวิทยา
พระวิหาร (J <sub>PK</sub> )	หินทรายสีขาวและชมพู ในตอนบนของชั้นหิน มีมากกวรดปนชั้นหนา มีรอยชั้นขวาง พบหินดินดานสีน้ำตาลปนแดง และสีเทาสดอยู่บ้าง	หน้าตัดดินที่ 2 ความลึก 152-260 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนเหนียว สีแดงปนน้ำตาล ที่ความลึก 260-310 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายสีแดงเข้ม เนื้อปนเมกา หน้าตัดดินที่ 3 ความลึก 33-123 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวและดินร่วนเหนียว สีน้ำตาล สีแดงปนน้ำตาล และมีจุดประสีแดงปนน้ำตาล พบหินกรวดกลมที่ความลึก 65-123 เซนติเมตร ส่วนที่ความลึก 123-240 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวสีเทาและสีแดงเข้ม
ภูกระดึง (J <sub>PK</sub> )	หินดินดานสีน้ำตาล น้ำตาลปนแดงและแกมม่วง เนื้อปนเมกา หินทรายแข็งและหินทรายสีน้ำตาลและเทา เนื้อปนเมกา	หน้าตัดดินที่ 4 ความลึก 47-110 เซนติเมตร เป็นดินเหนียวสีแดงปนน้ำตาล และสีเทียวปนเทา เนื้อละเอียด หน้าตัดดินที่ 5 ความลึก 130-207 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาล และแดงปนเทา ส่วนที่ความลึก 207-230 เซนติเมตร เป็นดินเหนียว สีเทียวปนเทา
โคกกรวด (J <sub>KK</sub> )	หินทราย สีน้ำตาลและน้ำตาลแกมแดง มีสีน้ำตาลถึงปนเทา เม็ดละเอียดปานกลาง การคูดขนาดไม่ตี หินดินดานและหินทรายแข็งสีน้ำตาลอ่อน เนื้อปนเมกา	หน้าตัดดินที่ 6 ความลึก 87-230 เซนติเมตร เป็นดินร่วนปนทรายและร่วนเหนียวปนทราย สีน้ำตาล เทาอ่อน และสีเทียวออกเทา หน้าตัดดินที่ 7 ความลึก 70-170 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและร่วนปนทราย สีแดงปนน้ำตาล สีส้ม สีน้ำตาลปนเทา และสีเทา เนื้อปนเมกา

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

หน่วยเงิน	ลักษณะเด่นของทรัพย์สิน <sup>1</sup>	ลักษณะที่พบในดิน <sup>2</sup>
มหาสารคาม (J <sub>MS</sub> )	<p><b>หินทรายแป้ง หินดินดาน</b> สีแดงอิฐและแดงแกมม่วง เมื่อผู้สีขาวถึงเทา</p>	<p><b>หน้าตัดดินที่ 8</b> ความลึก 172-232 เซนติเมตร เป็นดินร่วนเหนียว สีเทาอ่อน สีน้ำตาลออกเหลือง สีน้ำตาล และสีเขียวอมเทา ที่ความลึก 232-242 เซนติเมตรเป็นชั้นหินผู้ เนื้อดินร่วน สีเทาอ่อน และสีเทาปนแดง</p> <p><b>หน้าตัดดินที่ 9</b> ความลึก 115-230 เซนติเมตร เป็นดินเหนียว สีน้ำตาลแดง สีส้ม สีเทาอ่อน และสีส้มเหลือง ที่ความลึก 230-270 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผู้ เนื้อดินร่วนเหนียว สีเทาอ่อน สีเทาปนน้ำตาลอ่อน และสีน้ำตาลออกแดง</p> <p><b>หน้าตัดดินที่ 10</b> ความลึก 248-260 เซนติเมตร เป็นดินเหนียว สีขาวออกเทา และน้ำตาลปนเหลือง พบก้อนปูนหุติยภูมิ</p> <p><b>หน้าตัดดินที่ 11</b> ความลึก 235-280 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผู้ที่ความแรงของการสลายตัวลดลงตามความลึก ส่วนที่ผู้มาก สีเหลืองอ่อน สีเหลือง และสีเทาอ่อน เนื้อดินเหนียว ส่วนที่ผู้พียงน้อยกว่ามีสีเทาปนเขียวอมเทาอ่อน สีเทาอ่อนปน และน้ำตาลแดง เนื้อดินร่วนปนทราย</p> <p><b>หน้าตัดดินที่ 12</b> ความลึก 220-270 เซนติเมตร เป็นร่วนปนทราย สีส้ม สีเทาอ่อน และสีเทาปนน้ำตาล ที่ความลึก 270-350 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผู้ สีน้ำตาลปนแดงเข้ม และเทาอ่อน เนื้อดินร่วนปนทราย ความลึกที่มากกว่า 350 เซนติเมตร เป็นชั้นหินแข็ง สีน้ำตาลออกแดง เนื้อทรายร่วน</p> <p><b>หน้าตัดดินที่ 13</b> ความลึก 205-260 เซนติเมตร เป็นชั้นหินผู้ สีเทาออกเขียว สีเทาอ่อน และสีเทาออกน้ำตาล เนื้อร่วนปนทราย ที่ความลึก 260-320 เซนติเมตร หินผู้น้อยกว่าที่พบในความลึก 205-260 เซนติเมตร สีแดงเข้ม และสีเหลืองออกส้ม เนื้อทรายร่วน และร่วนปนทราย</p>

<sup>1</sup>ได้แปลลงจากกรมทรัพยากรธรณี (2527)

<sup>2</sup>จากคำบรรยายหน้าตัดดินในสนาม

ตารางผนวกที่ 2 แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินที่สัมพันธ์ต่อจุลธาตุที่เป็นประโยชน์

Depth (cm)	Horizon	pH <sub>i</sub>	pH <sub>w</sub> (.....1:5.....)	pH <sub>k</sub>	O.C (%)	Cu-h (.....ppm.....)	Cu-ar	Zn-h	Zn-ar	Fe-tr	Mn-tr	Cu-tr	Zn-tr
<b>หน่วยหินเสาขัว</b>													
<b>หน้าตัดดินที่ 1</b>													
0-15	Ap	8.10	5.30	5.10	1.84	2.95	6.51	8.64	10.06	37.43	72.36	0.40	0.25
15-43	Bt1	7.43	5.50	4.30	0.66	4.85	7.22	12.60	11.68	21.91	0.69	0.44	0.09
43-72	Bt2	7.54	5.90	4.30	0.37	4.62	9.26	11.48	13.54	19.99	0.64	0.34	0.02
72-95	Bt3	7.55	7.10	4.20	0.44	6.51	9.25	15.06	13.12	12.67	0.54	0.53	0.01
95-113	Bt4	7.70	7.40	4.20	0.30	8.40	12.30	17.24	13.00	10.39	0.56	0.57	0.05
113-145	Btc	7.72	7.80	4.30	0.32	8.87	13.98	16.66	12.31	5.82	1.77	0.39	ND
145-152	2Cc	7.90	7.60	5.40	0.01	17.27	14.56	22.63	14.07	6.93	18.74	0.19	0.04
152-220	2C1	8.40	8.40	5.40	0.19	11.19	16.81	33.16	10.15	3.08	11.33	0.27	0.03
220-270	2C2	8.38	8.70	5.20	0.20	9.96	14.08	34.55	30.33	2.94	36.51	0.37	0.07
270-348	2Cr1	8.75	7.80	5.70	0.08	12.15	17.05	41.56	38.45	1.60	4.40	0.27	0.05
348-410	2Cr2	8.90	7.90	6.20	0.11	8.90	11.56	36.88	36.05	1.46	1.38	0.18	ND
<b>หน่วยหินพระวิหาร</b>													
<b>หน้าตัดดินที่ 2</b>													
0-30	Ap	5.91	5.50	6.30	1.99	5.52	7.95	13.71	10.63	74.73	38.03	0.44	1.70
30-63	Bt1	5.57	5.50	3.90	0.41	6.54	7.52	9.73	10.10	13.93	0.88	0.20	ND
63-87	Bt2	6.00	5.90	3.70	0.48	6.50	9.59	9.73	10.58	7.71	0.08	0.26	ND
87-119	Bt3	5.87	5.90	3.70	0.92	7.23	9.96	13.46	15.93	8.64	0.31	0.27	ND
119-152	Cc1	6.22	5.90	3.70	0.34	11.71	12.96	12.16	12.17	3.90	0.48	0.20	1.70
152-175	Cc2	6.42	6.40	3.80	0.33	10.68	14.38	9.73	10.71	3.60	0.63	0.22	ND
175-260	Cc3	6.52	6.00	3.80	0.33	12.16	13.44	20.31	10.06	3.32	0.28	0.23	ND
260-310	Cr	6.57	6.40	3.80	0.22	54.41	9.91	9.12	8.03	5.80	0.69	0.33	0.03
<b>หน้าตัดดินที่ 3</b>													
0-10	Ap	7.70	6.00	4.70	2.60	7.74	7.25	8.79	9.33	64.15	22.10	0.72	0.22
10-33	2Bt1	7.13	6.20	3.70	0.59	8.03	12.77	18.29	18.96	12.13	0.41	0.39	0.07
33-50	2Bt2	7.35	6.10	3.80	0.52	9.23	13.39	17.28	17.56	5.00	ND	0.10	ND
50-65	2Bt3	7.28	6.10	4.20	0.36	9.78	13.24	17.82	17.07	2.52	ND	0.11	ND
65-123	2Btc	7.47	5.80	4.20	0.08	10.92	14.94	15.17	17.40	1.04	ND	0.10	ND
123-135	2Cc	7.53	6.00	4.20	0.28	11.33	16.38	19.53	12.63	1.20	0.05	0.06	ND
135-240	2Cg	7.41	6.20	4.00	0.18	6.02	9.65	25.67	24.28	0.82	0.13	0.06	0.05
<b>หน่วยหินภูกระดึง</b>													
<b>หน้าตัดดินที่ 4</b>													
0-20	Ap	7.01	6.40	4.00	0.64	9.11	8.87	14.39	13.11	29.82	101.52	0.60	0.06

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH <sub>f</sub>	pH <sub>w</sub>	pH <sub>k</sub>	O.C (%)	Cu-h (.....ppm.....)	Cu-ar	Zn-h	Zn-ar	Fe-tr	Mn-tr	Cu-tr	Zn-tr
<u>หน้าตัดดินที่ 4 (ต่อ)</u>													
20-47	Btc1	7.25	6.90	3.90	0.26	9.96	13.94	22.70	29.64	9.54	32.19	0.27	ND
47-85	Btc2	7.09	6.80	4.20	0.14	9.99	12.75	28.43	34.76	8.89	44.83	0.30	0.07
85-110	2Cr	7.26	6.70	4.20	0.12	10.28	14.47	34.97	41.31	11.23	89.88	0.51	0.18
<u>หน้าตัดดินที่ 5</u>													
0-15	Apg	4.82	5.80	3.80	0.65	1.74	4.81	5.87	6.68	162.68	12.71	0.33	0.62
15-37	BAg	6.08	6.00	3.80	0.25	1.39	4.19	3.64	7.38	55.75	6.84	0.24	0.12
37-78	Btg1	6.33	6.00	4.50	0.24	1.04	4.14	2.92	14.50	14.69	3.86	0.18	ND
78-87	Btg2	6.95	6.60	5.00	0.20	1.19	4.47	3.62	7.85	3.36	7.61	0.18	ND
87-102	Btg3	6.62	6.20	4.40	0.19	2.43	5.19	6.70	8.08	3.50	3.26	0.16	ND
102-115	Btg4	6.64	6.30	4.40	0.16	2.60	5.17	7.44	10.35	4.50	5.91	0.20	ND
115-130	Btcg	6.60	6.10	4.20	0.17	4.96	8.26	8.97	10.05	1.54	1.64	0.20	0.14
130-167	Cg1	6.44	6.00	4.10	0.13	5.52	8.47	8.86	12.80	1.86	0.22	0.15	0.04
167-207	Cgc	7.10	5.80	4.20	0.13	11.99	14.45	8.51	8.77	3.06	9.98	0.10	0.03
207-222	C'g2	7.05	6.20	4.20	0.07	10.46	13.38	12.25	29.45	2.16	8.82	0.06	0.16
222-230	C'g3	7.05	6.10	4.10	0.10	9.96	11.29	15.84	18.92	2.80	12.77	0.06	ND
<u>หน่วยหินโคกกรวด</u>													
<u>หน้าตัดดินที่ 6</u>													
0-27	Ap	7.20	5.10	4.30	0.21	3.44	5.42	5.64	7.48	43.67	12.48	0.30	ND
27-55	Bw1	7.00	5.90	4.50	0.07	1.05	4.18	3.54	8.96	15.39	7.86	0.12	ND
55-87	Bw2	7.10	5.50	4.30	0.06	1.55	4.44	6.50	5.03	10.18	4.71	0.11	ND
87-122	Bt1	5.90	5.10	4.00	0.08	2.74	5.41	6.68	5.90	13.71	0.95	0.30	0.06
122-162	Bt2	6.10	4.90	4.10	0.06	2.73	5.45	12.68	4.76	7.13	0.39	0.20	ND
162-190	Bt3	6.70	6.30	4.10	0.07	3.09	4.15	6.62	6.72	11.13	0.60	0.24	ND
190-213	BCg1	7.70	6.10	4.20	0.11	3.28	5.14	5.71	9.10	19.49	4.13	0.58	0.06
213-230	BCg2	8.10	6.70	4.90	0.09	7.70	10.33	8.49	9.63	13.83	6.65	0.82	ND
<u>หน้าตัดดินที่ 7</u>													
0-10	Ap	6.70	5.20	4.30	0.22	2.09	2.59	2.79	4.18	43.02	0.16	0.10	0.03
10-28	BA	6.50	5.20	4.50	0.03	2.25	3.80	2.35	8.20	6.58	0.16	0.06	ND
28-54	Bw	5.70	5.50	4.10	0.04	22.57	3.76	5.74	9.01	5.86	2.64	0.07	ND
54-70	BC	5.90	6.20	3.90	0.12	1.34	4.14	10.59	15.20	7.32	0.99	0.06	0.01
70-98	2Cr1	6.30	6.80	3.90	0.03	47.41	3.78	8.20	10.65	2.18	0.17	0.06	0.06
98-130	2Cr2	6.80	6.60	3.90	0.07	9.46	4.42	13.64	19.67	35.17	0.48	0.20	0.46
130-170	2Cr3	7.60	6.60	4.10	0.11	2.24	4.90	26.17	29.99	43.98	0.77	0.44	0.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH <sub>r</sub>	pH <sub>w</sub>	pH <sub>k</sub>	O.C (%)	Cu-h (.....ppm.....)	Cu-ar	Zn-h	Zn-ar	Fe-tr	Mn-tr	Cu-tr	Zn-tr
<u>หน่วยหินมหาสารคาม</u>													
<u>หน้าตัดดินที่ 8</u>													
0-27	Ap	6.20	5.00	4.30	0.34	2.94	3.75	4.19	6.02	52.93	4.60	0.17	0.08
27-37	BA	6.40	5.10	4.30	0.09	1.19	3.04	3.38	4.42	21.02	6.57	0.09	0.03
37-68	Bt1	8.40	8.70	5.40	0.09	6.55	5.39	10.55	12.45	3.84	0.32	0.41	0.04
68-97	Bt2	8.80	9.50	6.60	0.08	4.46	6.52	8.33	11.75	2.14	0.04	0.28	ND
97-117	Bt3	8.30	9.00	6.40	0.05	6.54	6.56	9.43	10.73	2.76	1.00	0.38	0.08
117-172	2Cc	7.10	8.20	5.00	0.06	13.07	17.80	10.13	11.63	4.74	73.68	0.21	ND
172-211	3C1	7.50	8.20	5.50	0.12	5.15	8.17	19.92	25.29	2.64	33.63	0.34	0.06
211-232	3C2	8.50	8.40	5.80	0.04	12.35	7.90	23.40	31.61	2.38	15.53	0.54	0.12
232-242	3Cr	8.50	9.00	6.20	0.06	11.33	6.56	24.75	30.41	1.16	5.22	0.32	0.07
<u>หน้าตัดดินที่ 9</u>													
0-12	Ap	6.60	5.50	4.30	0.53	1.40	3.76	3.15	6.64	56.63	3.14	0.13	ND
12-25	BA	6.40	5.80	4.30	0.10	0.90	4.13	2.44	4.81	24.78	0.10	0.10	ND
25-50	Bt1	6.10	5.60	4.10	0.18	6.02	3.78	7.21	6.07	22.78	0.47	0.16	ND
50-85	Bt2	6.10	5.90	4.00	0.13	12.90	8.29	7.07	9.99	8.54	21.85	0.71	0.07
85-115	2Cc U*	6.60	6.50	4.10	0.18	4.48	6.79	7.77	9.84	5.14	1.68	0.19	ND
85-115	2Cc L*	6.90	6.40	4.00	0.15	5.30	9.96	10.11	11.65	4.08	9.81	0.20	ND
115-134	2C1	6.70	6.50	3.90	0.20	5.65	7.95	12.70	18.28	5.40	0.04	0.22	0.03
134-193	3C2	6.70	6.20	3.80	0.06	4.27	7.23	18.11	23.69	10.50	0.49	0.44	0.07
193-230	3C3	7.30	6.40	4.00	0.05	4.00	6.18	21.74	31.77	15.62	0.52	0.41	0.10
230-270	3Cr	7.10	6.50	3.90	0.05	3.77	7.21	20.46	23.51	14.61	0.65	0.76	0.22
<u>หน้าตัดดินที่ 10</u>													
0-12	Ap	7.90	6.60	6.40	1.16	1.90	3.07	3.99	16.33	27.74	37.23	0.30	0.27
12-29	AB	6.60	5.50	4.50	0.18	1.39	2.77	6.25	7.43	30.05	6.63	0.13	0.02
29-73	Bt1	6.40	5.40	4.10	0.13	1.90	4.14	4.05	12.83	19.36	4.62	0.19	0.05
73-94	Bt2	6.10	5.30	4.10	0.11	3.43	6.87	8.65	24.90	11.42	5.10	0.47	0.21
94-128	Bt3	6.30	5.60	4.10	0.13	3.98	6.49	9.15	9.73	7.60	3.14	0.57	0.16
128-165	Bt4	7.30	6.50	4.90	0.14	9.24	10.96	7.05	9.88	4.00	33.72	1.98	0.23
165-248	2Cc	8.20	8.50	6.20	0.05	8.07	9.64	6.28	7.55	2.58	3.12	0.39	0.20
248-260	3Cg	8.80	8.90	6.50	0.01	5.52	8.51	9.79	17.51	2.78	0.96	0.11	0.05
<u>หน้าตัดดินที่ 11</u>													
0-20	Ap1	6.20	4.50	4.30	0.34	16.37	7.16	7.89	8.93	56.51	61.40	0.60	0.15
20-40	Ap2	6.10	5.30	4.20	0.16	5.81	8.83	14.39	16.39	5.84	85.45	0.45	0.01
40-80	Btcg1	7.10	5.30	4.50	0.09	7.89	8.26	7.15	16.41	5.56	95.77	0.44	ND

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH <sub>i</sub>	pH <sub>w</sub> (.....1:5.....)	pH <sub>k</sub>	O.C (%)	Cu-h (.....ppm.....)	Cu-ar	Zn-h	Zn-ar	Fe-tr	Mn-tr	Cu-tr	Zn-tr
<u>หน้าตัดดินที่ 11 (ต่อ)</u>													
80-112	Btcg2	6.50	5.80	4.30	0.01	6.49	8.16	8.77	11.70	3.20	225.94	0.18	ND
112-115	Bt1	6.40	5.90	4.20	0.05	3.28	7.28	8.69	17.75	1.28	29.63	0.18	0.05
115-198	Bt2	6.10	6.20	4.10	0.03	3.28	6.80	8.44	12.61	1.34	3.44	0.19	0.13
198-235	2Btcg3	6.10	6.10	3.80	0.05	11.31	12.22	19.75	21.10	16.05	152.47	1.24	0.86
235-275	3Crg1	6.00	6.00	3.50	0.06	20.33	17.48	26.88	33.57	28.38	129.76	2.52	1.26
275-280	3Crg2	6.20	5.80	3.80	0.04	5.53	8.91	19.49	41.76	22.79	79.18	1.09	1.03
<u>หน้าตัดดินที่ 12</u>													
0-23	Ap	5.5	5.5	4.2	0.46	1.20	3.75	3.79	5.72	61.92	20.70	0.14	0.19
23-42	AB	6.0	5.3	4.3	0.09	0.70	3.44	4.97	7.77	20.86	8.81	0.07	ND
42-55	AC1	6.0	5.4	4.4	0.04	0.35	3.77	2.92	4.77	12.87	6.64	0.06	ND
55-90	AC2	6.0	5.7	4.6	0.02	0.54	2.39	3.32	3.88	7.69	5.28	0.04	0.01
90-120	AC3	6.0	5.8	4.7	0.01	0.20	3.06	1.78	4.54	2.68	10.16	0.05	0.01
120-147	BC1	6.0	5.7	4.7	0.02	0.35	3.45	3.33	6.41	4.50	16.11	0.06	0.07
147-175	BC2	6.5	5.8	4.7	0.01	0.35	2.75	3.42	7.77	3.46	8.43	0.05	0.04
175-200	BC3	6.5	5.8	4.5	0.02	0.90	2.77	2.84	3.95	5.50	0.22	0.06	ND
200-220	BC4	6.4	6.1	4.4	0.02	0.54	3.75	2.08	4.05	5.70	0.26	0.07	ND
220-240	BC5	4.1	5.8	3.8	0.09	1.73	4.17	7.92	7.75	25.11	0.46	0.27	0.12
240-270	C	4.5	5.6	3.5	0.07	2.73	5.46	8.77	14.18	34.55	1.46	0.40	0.21
270-350	Cr	4.5	6.1	3.8	0.04	2.94	5.12	16.85	19.09	13.60	2.14	0.23	0.16
350-380	R	8.0	7.3	5.3	0.01	3.28	5.48	15.26	17.54	1.88	18.71	0.10	0.28
<u>หน้าตัดดินที่ 13</u>													
0-11	Apg	6.0	5.3	4.1	0.32	1.55	3.79	2.89	5.99	9.52	16.12	0.22	0.02
11-30	Abg	5.5	5.6	4.2	0.18	2.93	5.83	4.23	15.80	9.50	59.08	0.17	ND
30-52	Btg1	5.5	5.6	4.1	0.17	6.50	7.97	8.63	11.16	4.58	15.05	0.14	0.33
52-85	Btg2	5.0	5.5	4.1	0.12	7.93	9.65	8.83	11.73	1.82	4.62	0.10	ND
85-110	Btg3	5.0	5.6	4.1	0.07	4.97	6.53	7.40	8.32	2.06	4.36	0.08	ND
110-133	Btg4	5.0	5.8	4.1	0.04	2.59	4.83	7.52	8.08	1.32	1.76	0.06	0.03
133-140	BCg1	4.5	5.9	4.1	0.04	1.54	3.06	5.12	6.82	0.70	2.06	0.06	0.05
140-160	BCg2	4.5	5.9	4.1	0.03	1.39	3.48	4.72	7.16	1.08	28.57	0.06	0.02
160-170	BCg3	5.0	6.0	4.2	0.04	1.89	4.89	4.56	7.98	1.44	12.95	0.07	ND
170-203	Cgc1	5.5	6.2	4.3	0.04	2.75	4.15	4.75	8.90	2.24	29.68	0.07	ND
203-205	Cgc2	6.5	6.8	5.2	0.03	3.29	7.27	4.29	7.57	5.60	49.11	0.13	ND
205-225	Cgc3	8.0	7.9	5.8	0.05	2.59	6.58	7.53	9.27	2.56	4.86	0.09	0.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH <sub>i</sub>	pH <sub>w</sub>	pH <sub>k</sub>	O.C (%)	Cu-h (.....ppm.....)	Cu-ar	Zn-h	Zn-ar	Fe-tr	Mn-tr	Cu-tr	Zn-tr
หน้าตัดดินที่ 13 (ต่อ)													
225-253	Cr1	7.0	7.9	5.5	0.03	3.44	7.26	7.03	11.23	4.30	24.43	0.13	0.04
253-260	Cr2	7.0	7.9	5.8	0.02	2.09	5.79	6.61	15.89	2.30	22.66	0.13	0.02
260-320	Cr3(สีแดง)	8.0	7.8	5.3	0.02	3.63	6.81	8.10	25.67	2.32	25.07	0.09	ND
260-320	Cr3(สีขาว)	8.0	8.8	6.2	0.02	3.07	6.49	8.57	10.42	0.92	5.12	0.40	0.11

หมายเหตุ \* U=Upper, L= Lower



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 แสดงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินที่สัมพันธ์กับเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมที่สกัดได้

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)					Extractable-Fe (ppm)					Extractable-Mn (ppm)					Extractable-Al (ppm)					Fed-o	Feh-d	Fed-o	$\frac{Fe^{d-o}}{h}$	$\frac{Fe^o}{d}$	$\frac{Fe^d}{h}$
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o	Al-o	Feh-d	Fed-o	$\frac{Fe^{d-o}}{h}$						
หน่วยหินเตาขี้วัว																											
หน้าตัดดินที่ 1																											
0-15	Ap	60.93	29.60	9.46	SL	9788	13760	3777	380	215	191	183	136	17479	13563	26.5	8.68	6011	3397	0.35	0.10	0.39					
15-43	Bt1	59.52	26.17	14.32	SL	9447	9697	7143	217	18.5	16.3	10.3	0.78	24993	49476	26.6	7.50	2304	6926	0.73	0.03	0.76					
43-72	Bt2	56.89	21.55	21.56	SCL	13762	11701	8604	793	20.9	19.9	6.94	2.11	37262	63483	24.9	7.51	5158	7811	0.57	0.09	0.63					
72-95	Bt3	50.19	24.68	25.13	SCL	15953	14168	12609	492	28.8	20.9	7.90	2.97	42242	34798	24.4	7.51	3343	12118	0.76	0.04	0.79					
95-113	Bt4	44.11	27.95	27.65	CL	18537	18502	14816	642	24.8	21.8	6.14	0.89	45970	37202	28.5	8.10	3721	14174	0.76	0.04	0.80					
113-145	Btc	38.47	30.48	31.04	CL	44661	36277	33110	1474	37.7	36.9	13.3	6.02	50808	44300	28.5	8.10	11551	31636	0.71	0.04	0.74					
145-152	2Cc	25.44	31.48	43.09	CL	105271	51358	45078	1001	941	543	336	290	67004	47963	26.6	7.51	60193	44077	0.42	0.02	0.43					
152-220	2C1	9.92	46.51	43.58	SIC	30766	31579	23808	442	205	195	245	142	58685	48488	24.7	7.50	6958	23366	0.76	0.02	0.77					
220-270	2C2	15.40	50.22	34.37	SICL	28226	26418	19204	260	1288	1431	851	511	53515	38412	21.0	8.08	9022	18944	0.67	0.01	0.68					
270-348	2Cr1	3.25	63.34	33.41	SICL	30949	28884	19754	261	622	851	92.6	354	58278	45593	20.9	7.51	11195	19494	0.63	0.01	0.64					
348-410	2Cr2	7.27	64.78	27.95	SICL	47068	35905	17352	184	628	830	107	208	57157	35806	24.9	6.92	29716	17168	0.36	0.01	0.37					
หน่วยหินพระวิหาร																											
หน้าตัดดินที่ 2																											
0-30	Ap	65.49	22.15	12.36	SL	8497	7007	3919	398	120	112	16.9	74.8	24846	23604	25.0	9.23	4579	3521	0.41	0.10	0.46					
30-63	Bt1	55.83	18.64	25.53	SCL	8831	8959	7998	30.0	18.0	15.8	11.2	5.33	46153	37121	25.1	7.52	833	7968	0.90	0.004	0.91					
63-87	Bt2	54.97	17.43	27.60	SCL	9085	9988	8171	35.5	15.9	11.4	11.1	3.66	44678	44502	22.7	8.08	913	8136	0.90	0.004	0.90					
87-119	Bt3	52.58	16.93	30.50	SCL	11004	10255	10072	195	11.0	16.9	7.57	1.83	44874	36091	20.8	6.92	932	10809	1.07	0.02	1.09					

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)				Extractable-Fe (ppm)				Extractable-Mn (ppm)				Extractable-Al (ppm)				Fed-o	Feh-d	Fed-o	$\frac{Fe-d-o}{h}$	$\frac{Fe-o}{d}$	$\frac{Fe-d}{h}$
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o						
<b>หน้าตัดดินที่ 2</b>																							
119-152	Cc1	37.24	22.91	39.86	CL	53059	49456	29970	31.1	30.9	27.2	29.3	3.08	42348	48220	30.8	7.52	23089	29939	0.56	0.001	0.56	
152-175	Cc2	45.23	20.77	34.01	CL	37588	29857	31431	128	29.9	45.1	17.6	2.11	51137	40915	28.8	6.94	6157	37461	1.19	0.003	1.20	
175-260	Cc3	45.24	21.15	33.61	CL	37140	32507	33357	415	21.8	25.9	15.6	2.64	54618	44803	23.0	6.94	3783	32941	0.89	0.01	0.90	
260-310	Cr	56.74	16.43	26.83	SCL	13514	14823	10564	98.7	15.4	10.8	6.20	1.88	32390	34702	23.0	7.51	2950	13416	1.27	0.01	1.28	
<b>หน้าตัดดินที่ 3</b>																							
0-10	Ap	57.01	32.04	10.94	SL	13778	12458	9084	209	84.4	74.4	77.4	50.3	22464	24816	28.9	15.0	4694	8875	0.64	0.02	0.66	
10-33	2Bt1	36.29	14.71	49.00	C	30479	31687	25901	68.7	27.8	25.4	9.20	8.01	56993	42415	23.0	8.08	4578	25832	0.85	0.003	0.85	
33-50	2Bt2	33.21	24.11	42.69	C	56697	43047	28187	5.55	26.8	23.8	7.21	2.55	62059	40915	28.3	8.09	30510	26182	0.46	0.000	0.46	
50-65	2Bt3	33.22	28.09	38.69	CL	38473	34334	26443	880	23.8	22.6	9.17	7.15	60812	41691	24.8	8.08	12030	25563	0.66	0.03	0.69	
65-123	2Bt4	32.01	27.52	40.47	C	57955	54856	55583	1325	31.1	27.0	7.16	1.41	61759	34408	26.2	6.35	2372	54257	0.94	0.02	0.96	
123-135	2Cc	35.07	26.42	38.21	CL	169085	142716	82857	1609	49.7	53.8	12.9	1.78	58400	44414	38.1	7.52	86229	81248	0.48	0.02	0.49	
135-240	2Cg	10.44	26.68	62.87	C	79701	75622	33419	716	66.7	56.2	13.4	1.61	74627	49751	24.8	7.52	46282	32703	0.41	0.02	0.42	
<b>หน้าตัดดินที่ 4</b>																							
0-20	Ap	52.29	32.19	15.52	L	31816	25823	15499	1719	220	209	192	148	33609	23408	23.0	7.50	16317	13781	0.43	0.11	0.49	
20-47	Bt1	27.96	32.17	39.87	C	48247	41569	26764	1544	147	565	122	87	85889	45397	23.0	8.09	21484	25220	0.52	0.06	0.55	
47-85	Bt2	23.85	24.01	52.14	C	35575	35309	28415	2024	487	403	457	167	58709	56026	17.2	8.07	7160	26391	0.74	0.07	0.80	
85-110	2Cr	10.98	35.77	35.25	C	30347	30682	22141	1439	847	1552	560	376	57117	49890	19.3	6.36	8206	20702	0.68	0.07	0.73	

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)				Extractable-Fe (ppm)				Extractable-Mn (ppm)				Extractable-Al (ppm)				Fed-o	Feh-d	Fe $\frac{d-o}{h}$	Fe $\frac{o}{d}$	Fe $\frac{d}{h}$
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o					
หน้าตัดดินที่ 5																						
0-15	Ap <sub>g</sub>	47.28	47.13	5.89	SL	2834	2946	1910	168	18.4	17.7	21.2	10.4	99433	11047	24.9	8.08	924	1742	0.61	0.09	0.67
15-37	BAG	62.15	33.60	4.25	SL	2441	2095	1574	122	9.46	13.8	11.6	4.89	11209	13714	24.7	6.36	867	1452	0.59	0.08	0.64
37-78	Btg1	70.41	26.94	2.65	SL	6047	5377	2176	78.7	3.47	10.2	7.83	3.10	12391	12332	27.0	5.77	3870	2098	0.35	0.04	0.36
78-87	Btg2	67.77	27.27	4.96	SL	11953	10087	6341	89.8	13.4	12.4	17.1	9.21	13640	11181	28.7	5.78	5612	6251	0.52	0.01	0.53
87-102	Btg3	60.20	28.34	11.46	SL	11515	14219	5156	62.1	9.93	9.48	9.23	4.43	24816	14967	21.0	5.20	6359	5094	0.44	0.01	0.45
102-115	Btg4	62.87	24.67	12.46	SL	7845	7511	5767	32.2	14.5	13.9	12.8	7.78	27481	27358	21.1	7.52	2057	5755	0.73	0.01	0.74
115-130	Bt <sub>cg</sub>	54.13	17.51	28.37	SCL	25337	24587	19183	56.5	43.6	31.4	26.4	11.2	45865	32351	23.0	8.08	6154	19126	0.75	0.003	0.76
130-167	Cg1	47.16	24.31	28.53	SCL	25381	21609	16035	164	31.35	36.4	24.4	21.2	36569	38147	21.0	7.52	9345	15871	0.63	0.01	0.63
167-207	Cg <sub>c</sub>	46.17	22.99	28.83	SCL	98229	127566	54305	117	438	435	204	197	33589	37373	21.1	7.50	43924	54187	0.55	0.002	0.55
207-222	C'g2	23.76	26.20	50.04	C	103706	102915	44496	170	222	211	119	71.7	57282	59488	23.0	10.40	59210	44327	0.43	0.004	0.43
222-230	C'g3	16.54	27.50	55.96	C	41339	35318	18267	210	166	145	86.0	46.8	67238	53249	24.9	10.41	23072	18057	0.44	0.01	0.44
หน่วยเป็นมิลลิกรัม																						
หน้าตัดดินที่ 6																						
0-27	Ap	72.09	22.08	5.83	SL	5038	4776	1940	115	21.0	23.6	25.8	13.5	11224	12308	27.0	5.78	3099	1824	0.36	0.06	0.39
27-55	Bw1	71.79	25.41	2.80	SL	2595	2488	1860	364	11.5	10.4	16.7	8.51	7485	7464	24.3	6.17	735	1495	0.58	0.20	0.72
55-87	Bw2	70.90	23.59	5.51	SL	2948	3159	2279	90.8	6.50	5.92	8.35	2.66	12493	11106	26.6	6.35	670	2188	0.74	0.04	0.77
87-122	Bt1	69.10	20.60	10.30	SL	8422	7620	3022	131	6.98	8.95	3.14	1.44	19934	14749	24.6	5.77	5401	2891	0.34	0.04	0.36
122-162	Bt2	72.63	19.95	7.42	SL	7259	6198	3638	91.1	1.49	7.34	1.84	1.75	13673	16115	24.7	5.78	3622	3547	0.49	0.03	0.50

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)				Extractable-Fe (ppm)				Extractable-Mn (ppm)				Extractable-Al (ppm)				Fed-o	Feh-d	Fed-o h	Fe <sup>o</sup> d	Fe <sup>d</sup> h
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o					
<b>หน้าตัดดินที่ 6 (ต่อ)</b>																						
162-190	Bt3	72.34	20.38	7.28	SL	10357	6913	2729	69.8	3.49	8.20	4.60	2.77	14937	8641	30.4	5.77	7627	2660	0.26	0.03	0.26
190-213	BCg1	67.56	30.33	2.21	SL	7547	7964	3569	202	9.43	7.91	9.57	7.43	22344	19786	26.8	4.62	3978	3367	0.45	0.06	0.47
213-230	BCg2	53.44	24.06	22.50	SCL	14703	12068	7690	203	31.8	28.8	18.8	5.05	32287	19865	23.0	7.51	7013	7487	0.51	0.03	0.52
<b>หน้าตัดดินที่ 7</b>																						
0-10	Ap	82.73	15.02	2.25	LS	1045	946	810	124	3.58	4.28	3.57	0.44	7467	7469	24.8	6.93	235	686	0.66	0.15	0.77
10-28	BA	97.21	1.63	1.16	S	799	800	756	57.8	1.35	3.40	1.93	0.47	12478	4999	22.9	5.78	43	698	0.87	0.08	0.95
28-54	Bw	78.99	11.98	9.03	SL	8389	7621	3618	102	14.0	11.9	8.82	3.10	19974	17320	22.9	6.35	4771	3516	0.42	0.03	0.43
54-70	BC	63.31	14.33	22.36	SCL	16779	13815	6914	45.4	30.7	27.6	4.62	3.46	3955	32070	22.9	5.77	9865	6868	0.41	0.01	0.41
70-98	2Cr1	75.05	15.22	9.73	SL	8796	7512	3406	79.7	27.3	20.9	7.85	2.66	16151	14925	22.4	5.77	5390	3327	0.38	0.02	0.39
98-130	2Cr2	68.22	13.34	18.44	SCL	8362	6686	813	143	52.8	36.4	4.26	1.66	29866	22124	24.9	5.20	7549	670	0.08	0.18	0.10
130-170	2Cr3	5.77	60.11	34.12	SCL	30508	26945	4342	121	162	139	11.53	1.55	46112	32494	24.2	6.92	26166	4222	0.14	0.03	0.14
<b>หน่วยที่มหาสารคาม</b>																						
<b>หน้าตัดดินที่ 8</b>																						
0-27	Ap	56.63	39.67	3.70	SL	1396	1381	989	58.85	5.48	4.44	11.1	1.78	9968	7398	26.6	5.78	406	930	0.67	0.06	0.71
27-37	BA	56.57	38.89	4.54	SL	2487	2355	1655	126	14.4	11.3	15.7	33.9	12433	8585	30.7	6.94	831	1530	0.62	0.08	0.67
37-68	Bt1	46.98	34.29	18.73	L	15395	12012	4148	157	22.0	21.6	12.9	3.22	34990	29418	26.7	6.36	11248	3991	0.26	0.04	0.27
68-97	Bt2	46.25	35.10	18.56	L	7588	7060	2098	165	68.4	125	26.4	13.7	32236	37026	30.8	5.77	5489	1933	0.25	0.08	0.28
97-117	Bt3	44.65	39.95	15.40	L	9480	11822	1791	157	48.4	52.7	18.0	12.1	38669	31045	22.6	5.19	7689	1633	0.17	0.09	0.19

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)			Extractable-Fe (ppm)					Extractable-Mn (ppm)					Extractable-Al (ppm)					Fed-o	Feh-d	Fe $\frac{d-o}{h}$	Fe $\frac{o}{d}$	Fe $\frac{d}{h}$
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o							
117-172	2Cc	52.60	34.02	13.38	L	43999	47127	10310	1496	9792	8960	5100	4791	33673	27341	24.6	5.78	33689	8814	0.20	0.15	0.23		
172-211	3C1	28.60	36.09	35.01	CL	20619	20714	16131	237	236	487	306	123	54520	47973	28.5	6.36	4487	15894	0.77	0.01	0.78		
211-232	3C2	27.32	43.53	29.12	CL	17375	19311	9848	262	409	444	395	281	54765	48153	26.7	5.19	7528	9585	0.55	0.03	0.57		
232-242	3Cr	48.31	41.42	10.27	L	19430	18535	9882	451	3111	2922	2306	921	40996	45965	28.1	5.19	9548	9431	0.49	0.05	0.51		
หน้าตัดดินที่ 8 (ต่อ)																								
0-12	Ap	66.01	31.00	2.99	SL	2297	2476	1586	225	499	990	990	643	9999	12381	26.6	6.35	712	1361	0.59	0.14	0.69		
12-25	BA	65.06	31.02	3.92	SL	3136	8499	1489	168	831	933	355	299	9956	3684	24.7	5.77	1647	1330	0.42	0.11	0.47		
25-50	Bt1	58.00	30.43	11.57	SL	6119	6763	5388	167	547	647	295	150	17413	17406	26.7	5.79	731	5221	0.85	0.03	0.88		
50-85	Bt2	49.71	28.11	22.18	SCL	20018	26573	6952	8969	116	275	59.5	8.74	33612	32468	24.8	6.92	13066	6862	0.34	0.01	0.35		
85-115	2Cc U*	45.32	25.88	28.80	SCL	69388	55118	27753	149	242	116	179	102	52265	45522	22.9	6.36	41635	27604	0.40	0.01	0.40		
85-115	2Cc L*	36.72	21.68	41.60	C	78048	101594	25636	776	681	893	552	622	69376	52291	26.6	6.94	52412	24860	0.32	0.03	0.33		
115-134	2C1	27.92	25.93	46.15	C	45833	59408	23966	571	59.0	64.1	8.85	2.16	58284	52156	24.9	5.77	21847	23415	0.51	0.02	0.52		
134-198	3C2	25.93	27.89	46.18	C	18502	20317	10663	169	59.5	58.5	6.82	3.02	52083	53271	26.4	6.36	7839	10495	0.57	0.02	0.58		
198-230	3C3	22.54	34.05	43.41	C	17391	17430	4173	183	68.5	73.2	5.79	1.97	58284	48556	28.8	5.78	13218	3990	0.23	0.04	0.24		
230-270	3Cr	42.58	28.57	28.85	CL	15346	15360	5496	175	63.6	62.2	11.0	1.50	44696	41979	22.7	6.35	9850	5320	0.35	0.03	0.36		
หน้าตัดดินที่ 10																								
0-12	Ap	50.25	46.12	3.63	SL	4493	4799	1564	245	121	120	120	86.3	12480	12369	25.9	7.50	2929	1319	0.29	0.16	0.35		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับควาใช้ในการเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ใช้เพื่อประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะลดค่าหรือเพิ่มค่าและข้อมูลนี้จะต้องอ้างอิงและขอเอกสารประกอบจากกรมป่าไม้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)			Extractable-Fe (ppm)					Extractable-Mn (ppm)					Extractable-Al (ppm)					Fed-o	Feh-d	Fe <sup>d-o</sup> / <sub>h</sub>	Fe <sup>o</sup> / <sub>d</sub>	Fe <sup>d</sup> / <sub>h</sub>
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o							
12-29	AB	56.21	39.46	4.33	SL	3472	7130	1113	120	17.4	12.4	13.4	6.20	9921	8665	27.6	7.49	2359	994	0.29	0.11	0.32		
29-73	Bt1	46.46	43.15	10.39	L	7891	6069	1418	149	16.0	13.3	10.0	4.77	22475	16035	24.1	6.93	6474	1269	0.16	0.10	0.18		
73-94	Bt2	45.19	38.29	16.52	L	9996	10605	2387	94.1	32.8	27.4	13.5	12.5	34812	32364	23.9	6.34	7609	2293	0.23	0.04	0.24		
94-128	Bt3	42.35	38.24	19.41	L	13026	10957	3455	74.4	19.4	17.2	10.1	6.61	37287	34395	26.3	7.52	9571	3381	0.26	0.02	0.27		
128-165	Bt4	43.09	36.57	20.34	L	11123	12199	2731	305	589	531	408	328	42209	37041	28.0	8.09	8392	2426	0.22	0.11	0.25		
165-248	2Cc	39.48	28.77	31.75	CL	175152	127808	45758	318	500	465	516	525	54797	49692	26.2	5.77	129394	45440	0.26	0.01	0.26		
248-260	3Cg	19.31	34.61	46.08	L	48270	46894	33624	249	321	417	249	169	57168	45756	24.3	7.50	14646	33375	0.69	0.01	0.70		
0-20	Ap1	41.14	48.46	10.40	L	11181	7357	2746	199	115	105	111	74.7	24958	17167	42.0	5.77	8435	2546	0.23	0.07	0.25		
20-40	Ap2	30.25	55.87	13.88	SiL	8486	8196	3800	161	569	520	514	310	34739	30673	27.2	6.93	4686	3640	0.43	0.04	0.45		
40-80	Btcg1	35.68	47.89	16.43	SiL	14291	11488	3828	363	428	494	587	307	32255	48488	22.7	6.92	10463	3465	0.24	0.09	0.27		
80-112	Btcg2	41.81	40.97	17.22	L	13779	12389	5570	201	1225	1167	1433	813	42129	36873	23.6	7.52	8209	5369	0.39	0.04	0.40		
112-155	Bt1	50.31	34.13	15.56	L	8741	8975	7086	139	100	107	105	92.6	32280	31163	26.1	6.93	1655	6947	0.79	0.02	0.81		
155-198	Bt2	57.97	22.10	19.93	SL	9436	9013	4477	84.4	15.9	16.3	14.1	7.11	45938	35707	26.0	8.10	4959	4392	0.47	0.02	0.47		
198-235	2Btcg3	43.58	21.79	34.62	C	27982	26222	9337	1327	1837	1660	1495	1121	64497	65310	30.7	7.51	18644	8011	0.29	0.14	0.33		
235-275	3Crg1	34.35	23.60	42.05	C	47357	43008	17077	374	271	288	230	116	61986	63319	22.7	7.51	30280	16703	0.35	0.02	0.36		
275-280	3Crg2	60.70	22.13	17.17	SL	24071	28448	16148	312	221	265	176	78.4	28655	34633	24.0	7.51	7922	15837	0.66	0.02	0.67		

หน้าตัดดินที่ 10 (ต่อ)

หน้าตัดดินที่ 11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่วางไว้สำหรับการใช้ภายในของกรมวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ผู้ใช้ไปเผยแพร่ข้อมูลด้านการค้า  
ไม่ว่าการกระทำที่ใดก็ตามที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อชื่อเสียงของกรมวิชาการไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)				Extractable-Fe (ppm)					Extractable-Mn (ppm)					Extractable-Al (ppm)					Fed-o	Feh-d	Fe <sup>d-o</sup> / <sub>h</sub>	Fe <sup>o</sup> / <sub>d</sub>	Fe <sup>d</sup> / <sub>h</sub>		
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d	Al-o										
หน้าตัดดินที่ 12																											
0-23	Ap	85.62	11.40	2.98	LS	1371	1232	1046	134	31.4	36.5	43.2	40.9	9962	7394	21.1	6.35	325	1237	1.18	0.10	1.31					
23-42	AB	85.13	13.00	1.87	LS	2884	2261	968	108	9.45	10.3	18.5	15.4	8703	7373	19.2	7.49	1917	859	0.30	0.11	0.34					
42-55	AC1	83.73	15.13	1.14	LS	806	943	743	175	12.9	19.9	16.8	13.1	9913	8687	21.2	6.93	63	631	0.85	0.22	1.08					
55-90	AC2	84.90	14.63	0.47	LS	743	547	461	68.7	5.94	8.0	13.7	3.55	7429	4972	24.9	7.50	282	392	0.53	0.15	0.62					
90-120	AC3	85.59	13.62	0.79	LS	942	888	300	69.9	16.4	15.8	24.7	20.8	7436	2468	21.2	6.94	642	230	0.24	0.23	0.32					
120-147	BC1	86.60	12.23	1.17	LS	603	296	248	98.7	38.8	39.9	54.0	36.4	9938	3697	23.0	4.62	355	504	2.03	0.16	2.43					
147-175	BC2	85.83	13.41	0.76	LS	645	1180	532	83.3	16.4	14.3	22.5	14.9	7445	4915	23.0	6.94	113	449	0.70	0.16	0.83					
175-200	BC3	79.26	18.92	1.82	LS	2793	1532	682	72.0	1.90	2.27	5.82	1.97	3740	4943	25.1	6.93	2111	610	0.22	0.11	0.24					
200-220	BC4	81.18	17.06	1.76	LS	783	494	495	64.4	1.88	2.08	2.35	2.00	3715	4941	21.1	6.36	288	719	1.45	0.08	1.58					
220-240	BC5	73.88	13.33	12.79	SL	4903	5116	2696	56.5	2.97	8.34	2.91	2.00	17335	17385	23.1	7.51	2207	2640	0.54	0.02	0.55					
240-270	C	68.06	14.29	17.65	SL	11252	11307	6950	87.4	5.45	7.93	6.37	3.49	22306	23557	23.1	5.76	4302	6863	0.61	0.01	0.62					
270-350	Cr	72.65	17.93	9.42	SL	21991	21801	10354	62.1	87.3	90.6	72.9	2.86	22439	17224	21.0	6.35	11637	10292	0.47	0.01	0.47					
350-380	R	87.15	9.19	3.66	LS	14070	15494	12860	71.9	852	713	776	693	9943	8719	21.1	6.91	1210	12788	0.91	0.01	0.91					
หน้าตัดดินที่ 13																											
0-11	Apg	68.30	31.13	0.57	SL	1895	1397	665	199	25.4	32.9	24.7	21.8	13712	8734	21.1	6.92	1230	466	0.25	0.30	0.35					
11-30	Abg	56.09	31.05	12.86	SL	3679	3604	1643	53.3	96.0	90.3	92.6	76.1	29830	24684	21.1	5.78	2036	1590	0.43	0.03	0.45					
30-52	Btg1	46.02	23.89	30.09	SCL	5357	4983	1377	16.6	50.6	49.8	33.5	24.9	45878	38619	23.0	6.36	3980	1360	0.25	0.01	0.26					
52-85	Btg2	47.30	15.85	36.85	SC	7083	7110	3060	38.2	33.4	33.3	19.1	12.1	57362	55937	23.0	7.50	4023	3022	0.43	0.01	0.43					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆก็ตาม หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการของกรมการกักกันพืช โทร. 0-2320-6100

ตารางผนวกที่ 3 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	PSD (%)			Extractable-Fe (ppm)				Extractable-Mn (ppm)				Extractable-Al (ppm)				Fed-o	Feh-d	Fe <sup>d-o</sup> / <sub>h</sub>	Fe <sup>o</sup> / <sub>d</sub>	Fe <sup>d</sup> / <sub>h</sub>	
		Sand	Silt	Clay	Texture	Fe-h	Fe-ar	Fe-d	Fe-o	Mn-h	Mn-ar	Mn-d	Mn-o	Al-h	Al-ar	Al-d						Al-o
85-110	Btg3	63.99	11.74	24.27	SCL	5615	5000	2343	120	25.8	19.8	18.4	14.9	42238	34653	23.1	6.92	3272	2224	0.40	0.05	0.42
110-133	Btg4	62.06	18.20	19.74	SL	8811	8182	5864	85.3	11.9	9.86	7.94	5.1	36580	32039	23.0	7.50	2947	5779	0.66	0.01	0.67
133-140	BCg1	73.67	10.83	15.50	SL	2237	2074	446	13.0	8.95	13.3	5.19	3.2	24858	27163	21.2	5.77	1791	433	0.19	0.03	0.20
140-160	BCg2	75.46	11.67	12.87	SL	5713	5720	3025	54.2	155	130	186	145	22355	22384	26.8	7.49	2687	2971	0.52	0.02	0.53
160-170	BCg3	80.34	8.88	10.78	SL	13595	21702	6518	76.7	62.0	69.8	54.6	61.7	22328	23698	23.0	6.37	7077	6441	0.47	0.01	0.48
170-203	Cgc1	83.22	5.31	11.47	SL	18989	18778	9658	200	111	102	137	99.2	29982	24708	25.0	5.77	9131	9657	0.51	0.02	0.52
203-205	Cgc2	79.84	9.34	10.82	SL	24332	27102	11029	331	1546	1306	1354	1185	21191	17437	23.1	6.36	13303	10698	0.44	0.03	0.45
205-225	Cgc3	69.88	13.24	16.88	SL	9726	12109	2456	127	52.4	60.8	35.2	15.3	16209	22424	23.1	6.36	7269	2330	0.24	0.05	0.25
225-253	Cr1	75.49	10.98	13.53	SL	11962	14115	8544	263	126	148	98.2	35.8	16198	21123	19.2	5.79	3417	8281	0.69	0.03	0.71
253-260	Cr2	76.66	10.20	13.14	SL	4669	5444	396	83.1	90.9	96.6	63.7	50.7	14902	17167	23.0	5.19	4274	312	0.07	0.21	0.08
260-320	Cr3(สีแดง)	82.74	7.05	10.21	LS	12418	13231	9009	94.2	160	178	120	42.6	16143	14810	53.9	6.93	3409	8915	0.72	0.01	0.73
260-320	Cr3(สีเทา)	76.30	10.49	13.21	SL	3618	4179	87	21.1	53.0	59.5	22.2	15.3	19826	15978	65.4	6.35	3531	66	0.02	0.24	0.02

หมายเหตุ: U=Upper, L= Lower