สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง
การแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : I. ดินเนื้อหยาบและดินเนื้อปานกลาง

Distribution of Cation Trace Elements in Soils of Northeastern Thailand : I. Coarse- and Medium-textured Soils

T099621

โดย
นางสาว เบญจมาศ วงษ์วาท

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99621.....
วัน,เดือน,ปี.....16 JUN 2009.....

เสนอ
ภาควิชาปฐพีวิทยา
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ.2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ภาควิชาปฐพีวิทยา

เรื่อง

การแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ:

I. ดินเนื้อหยาบและดินเนื้อปานกลาง

Distribution of Cation Trace Elements in Soils of Northeastern Thailand :

I. Coarse - and Medium-textured Soils

โดย

นางสาว เบญจมาศ วงษ์วาท

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิวา กัญยวงศ์หา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

หัวหน้าภาควิชาปฐพีวิทยา

วันที่ 27 เดือน พ.ค. พ.ศ. 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิวา กัญยวงศ์หา ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ช่วยเหลือให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ความรู้ต่างๆ ตลอดระยะเวลาการทำปัญหาพิเศษ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. สุมิตรา ภู่วโรดม ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำปัญหาพิเศษ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา ความรู้ต่างๆ ให้แก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ พ่อ แม่ ที่อบรมเลี้ยงดู สนับสนุนทุนการศึกษา และให้กำลังใจข้าพเจ้าเสมอมา

ขอขอบพระคุณ คุณนุจรี บุญแปลง ,คุณนารี พันธ์จินดาวรรณ ,คุณวรรณิศา พลัดบุญทอง ,คุณสว่าง บุญศรีสุข,คุณสมจิตร มั่งนาค ที่ให้การสนับสนุนการทำงานในห้องปฏิบัติการเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ พี่ น้อง และเพื่อนๆ ที่เป็นกำลังใจให้มาโดยตลอด

เบญจมาศ วงษ์วาท

พฤษภาคม 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ : I.ดินเนื้อหยาบและดินเนื้อปานกลาง

Distribution of Cation Trace Elements in Soils of Northeastern Thailand: I.Coarse- and Medium-textured Soils

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณและการแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกที่เป็นประโยชน์ ในหน้าตัดดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่เป็นดินเนื้อหยาบและเนื้อปานกลาง โดยมีดินทั้งหมด 6 หน้าตัดดิน ประกอบด้วยหน้าตัดดินลึก 2-6 เมตร พบว่าภายในช่วง 0-2 หรือ 3 เมตร ดินมีอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 50 และอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำกว่าร้อยละ 20 แต่ความลึกที่มากกว่านี้ อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มมากขึ้น เนื้อดินจึงละเอียดขึ้น

ทุกหน้าตัดดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด (pH <7) ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าร้อยละ1 ที่ชั้นดินบน และลดลงตามความลึก ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ของความลึก 2-3 เมตร จากผิวหน้าดินต่ำกว่า 10 mg/100 g soil และแจกกระจายสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว

ทุกหน้าตัดดินมีจุลธาตุประจุบวกทุกธาตุสูงในชั้นดินบน เนื่องจากอิทธิพลของอินทรียวัตถุ หลังจากนั้นพบว่า ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pHw) มีอิทธิพลต่อสังกะสีและทองแดงในหน้าตัดดินที่ 1 และอนุภาคขนาดดินเหนียวและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกมีอิทธิพลต่อจุลธาตุประจุบวกทุกธาตุในหน้าตัดดินที่ 4,5 และ 6 สัณฐานวิทยาสนามโดยเฉพาะการมีสารก้อนกลม สารมวลพอก และจุดประสีแดง มีอิทธิพลต่อปริมาณเหล็ก และแมงกานีส ในบางช่วงความลึกของหน้าตัดดินที่ 2,3,4 และ 6

หน้าตัดดินส่วนใหญ่มีเหล็กสูงกว่าแมงกานีสสูงกว่าสังกะสีสูงกว่าทองแดง ตามลำดับ ยกเว้นหน้าตัดดินที่ 2 และ 3 และบางความลึกของหน้าตัดดินที่ 1 ที่แมงกานีสสูงกว่าเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
คำนิยม	I
บทคัดย่อ	II
สารบัญเรื่อง	III
สารบัญตาราง	IV
สารบัญรูปภาพ	V
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
ตรวจเอกสาร	3
วิธีการศึกษา	15
พื้นที่ศึกษา	17
ผลการศึกษาและวิจารณ์	18
สรุปผลการศึกษา	31
เอกสารอ้างอิง	32
ภาคผนวก	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.แสดงรูปของสารอาหารในสารละลายดิน	4
ตารางภาคผนวก	
1.แสดงสมบัติทางกายภาพ และเคมีที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติใน ห้องปฏิบัติการของหน้าตัดดินที่เป็นกรณีศึกษา	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ **หน้า**

1. แสดงวัฏจักรจุลธาตุ 6
2. แสดงปริมาณ เหล็กและแมงกานีส ในข้าวสาลี 8
3. แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรูปต่างๆ ของแมงกานีสในดิน 9
4. แสดงหน้าตัดดินนา และภาพตัดขวางของภูมิประเทศที่พบดินนาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 14
5. แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาภาคตะวันออกเฉียงเหนือและจุดเก็บตัวอย่างดิน 17
6. การแจกกระจายตามความลึกของขนาดอนุภาคดิน 23
7. ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ 24
8. ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและอนุภาคขนาดดินเหนียว 25
9. ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและอินทรียวัตถุ 26
10. ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 27
11. การแจกกระจายตามความลึกของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก 28
12. การแจกกระจายตามความลึกของค่าปฏิกิริยาดินและอินทรียวัตถุ 29
13. การแจกกระจายตามความลึกของจุลธาตุประจุบวก 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

จุลธาตุประจุบวก (เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชซึ่งมีความสำคัญต่อพืชไม่น้อยไปกว่ามหธาตุ แต่เป็นธาตุที่พืชต้องการในปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับมหธาตุ ในธรรมชาติดินมีจุลธาตุน้อยมาก ซึ่งอาจเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินมีธาตุเหล่านี้น้อยอยู่แล้ว หรือเกิดการสูญหายในกระบวนการเกิดดิน ทำให้โดยส่วนใหญ่ดินที่ใช้ในการเกษตรมีจุลธาตุไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช (ยงยุทธและคณะ,2541)

รูปของจุลธาตุประจุบวกที่พบในดิน ได้แก่ เป็นส่วนประกอบของแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิ รูปที่อยู่ในสารละลายดินซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และรูปอินทรีย์ ปัจจัยที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุมีหลายประการ เช่น ปริมาณ อนุภาคขนาดดินเหนียวและอินทรียวัตถุ วัตถุต้นกำเนิดดิน และปฏิกิริยาดิน เป็นต้น (ยงยุทธและคณะ,2541)

จากการศึกษาการแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พัชรินทร์, 2546; พิมลสิริ, 2546; สาวิตรี, 2546) พบว่า จุลธาตุทั้งหมด (total elements) ที่พบในดินมีปริมาณสูงมาก โดยเหล็กมีสูงสุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส ในขณะที่ทองแดงกับสังกะสีมีน้อยมาก ส่วนรูปที่เป็นประโยชน์ (available forms) พบว่าเหล็กมีปริมาณสูงสุดเช่นเดียวกัน ส่วนทองแดงและสังกะสีมีน้อยมากถึงไม่สามารถวิเคราะห์ได้ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าสัณฐานของดินในสนาม เช่น การมีสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีสก็มีผลในเชิงบวกต่อปริมาณเหล็กและแมงกานีสในดินด้วย และหน้าตัดดินที่มีเนื้อดินละเอียดกว่าก็มีปริมาณจุลธาตุสูงกว่าหน้าตัดดินที่มีเนื้อหยาบ

ดินนาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีสัณฐานวิทยาสนามต่างกัน คือมีทั้งดินเนื้อหยาบ ดินเนื้อละเอียด บางหน้าตัดดินพบสารมวลพอกในชั้นดินล่าง ในขณะที่บางหน้าตัดดินพบชั้นศิลาแลง ปฏิกิริยาดินในสนามของหน้าตัดดินเหล่านี้ส่วนใหญ่อยู่ในพิสัย 5-7 อีกทั้งดินนาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือก็พบบนภูมิประเทศหลายแบบ ตั้งแต่ที่ราบน้ำท่วมถึง (floodplain) จนถึงลานตะพักลำน้ำระดับกลาง (middle terrace) สิ่งเหล่านี้อาจทำให้ปริมาณจุลธาตุประจุบวกแตกต่างกัน ดังนั้นจึงสนใจศึกษาการแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาปริมาณและการแจกกระจายของจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ในดินนาที่เนื้อดินหยาบและเนื้อดินปานกลางของแอ่งโคราช ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ
2. หาความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุกับปฏิกิริยาดิน (pH) อินทรียวัตถุ(OM) และความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

เหล็ก (Fe)

ปริมาณจุลธาตุเหล็ก ในดินอยู่ในช่วง 200 ug/g ในดินเนื้อหยาบกว่า 10% (10,000 ug/g) ในดิน ferruginous latosols (tropical soil) ทรายที่ถูกชะละลายทรายที่ถูกชะละลายจะมีปริมาณ เหล็กน้อยที่สุด

รูปของ ferrous (Fe^{2+}) เป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมากที่สุด ในสภาพที่เป็นด่าง Fe^{2+} จะถูก oxidized เป็น Fe^{3+} ซึ่งค่อนข้างไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปฏิกิริยาที่ทำให้ความเป็นประโยชน์ลดลง คือ การตกตะกอนของ $Fe(OH)_3$ เมื่อ (OH^-) เพิ่มขึ้น

ในบางสภาพแวดล้อม availability ของเหล็กเพิ่มขึ้น โดยการที่จุลินทรีย์ผลิต organic chelating agents (ปัทมา,2533)

สังกะสี (Zn)

ระดับปริมาณจุลธาตุที่ปกติของสังกะสี ในดิน คือ 2-50 ug/g แต่ดินบางชนิดมีถึง 200 ug/g เช่นเดียวกันกับจุลธาตุชนิดอื่นๆ ดินทรายจะมีสังกะสีน้อยมาก ดินถือกำเนิดจากหินปูน มีสังกะสีมากกว่าดินจากหิน Gneiss หรือ quartzite

ดินทรายที่มีการชะละลาย ดินที่มีการพังทลาย ดิน peat และ muck มักมี ความเป็นประโยชน์ของธาตุสังกะสีต่ำ (ปัทมา,2533)

แมงกานีส (Mn)

ความเข้มข้นในดินมีช่วงกว้าง 20 ug/g -> 6,000 ug/g ค่าต่ำ พบในดินที่เป็นกรดผ่านการชะละลายอย่างรุนแรง ในทางตรงข้ามแมงกานีสจะมีมากเกินพอจนเกิดความเป็นพิษในดินกรดที่ไม่ถูกชะละลาย และในดินน้ำขัง (waterlogged) (ปัทมา, 2533)

ทองแดง (Cu)

ปริมาณจุลธาตุของทองแดงในดินเกษตร 50-60 ug/g แม้ว่า <2 ug/g - 250 ug/g ก็พบบ่อยๆ ดินที่มีกำเนิดจากหินตะกอนเนื้อหยาบ (sands และ sandstone) และ acid igneous rock มักมี Cu ต่ำ ดินที่ผ่านการ weathering มานานมักมี Cu ต่ำ (ปัทมา,2533)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปของจุลธาตุที่พบในดิน

1. **รูปอนินทรีย์** (Inorganic forms) ได้แก่จุลธาตุที่เป็นองค์ประกอบของหินและแร่ ทั้งที่เป็นแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิ เช่น

เหล็ก	พบมากในแร่	Haematite , Limonite , Pyrite , Siderite
แมงกานีส	พบมากในแร่	Pyrolusite , Rhodonite
ทองแดง	พบมากในแร่	Chalcopyrite , Cuprite
สังกะสี	พบมากในแร่	Sphalerite

นอกจากนี้ยังพบในรูปสารประกอบที่ละลายน้ำ เช่น $FeSO_4$, $ZnSO_4$, $(Zn)(PO_4)_2$, $MnSO_4$ และ $CuSO_4$

2. **รูปอินทรีย์** (Organic forms) ได้แก่ จุลธาตุที่เป็นองค์ประกอบของอินทรียวัตถุ รวมทั้งจุลธาตุที่อยู่ในรูปคีเลตทั้งที่มีในธรรมชาติและสังเคราะห์ขึ้นแล้วใส่ลงไปในดิน เช่น Fe-EDTA, Cu-EDTA, Mn-EDTA, Zn-EDTA

3. **รูปที่อยู่ในสารละลายดิน** (Soil-Solution) ได้แก่ Fe^{2+}, Fe^{3+}, Cu^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, $Fe(OH)^{2+}$, $Fe(OH)^{+}$, $Cu(OH)^{+}$, $Zn(OH)^{+}$, $Mn(OH)^{+}$ (Lindsay,1972)

ตารางที่ 1 แสดงรูปของสารอาหารในสารละลายดิน (Brady,N.C. 2008)

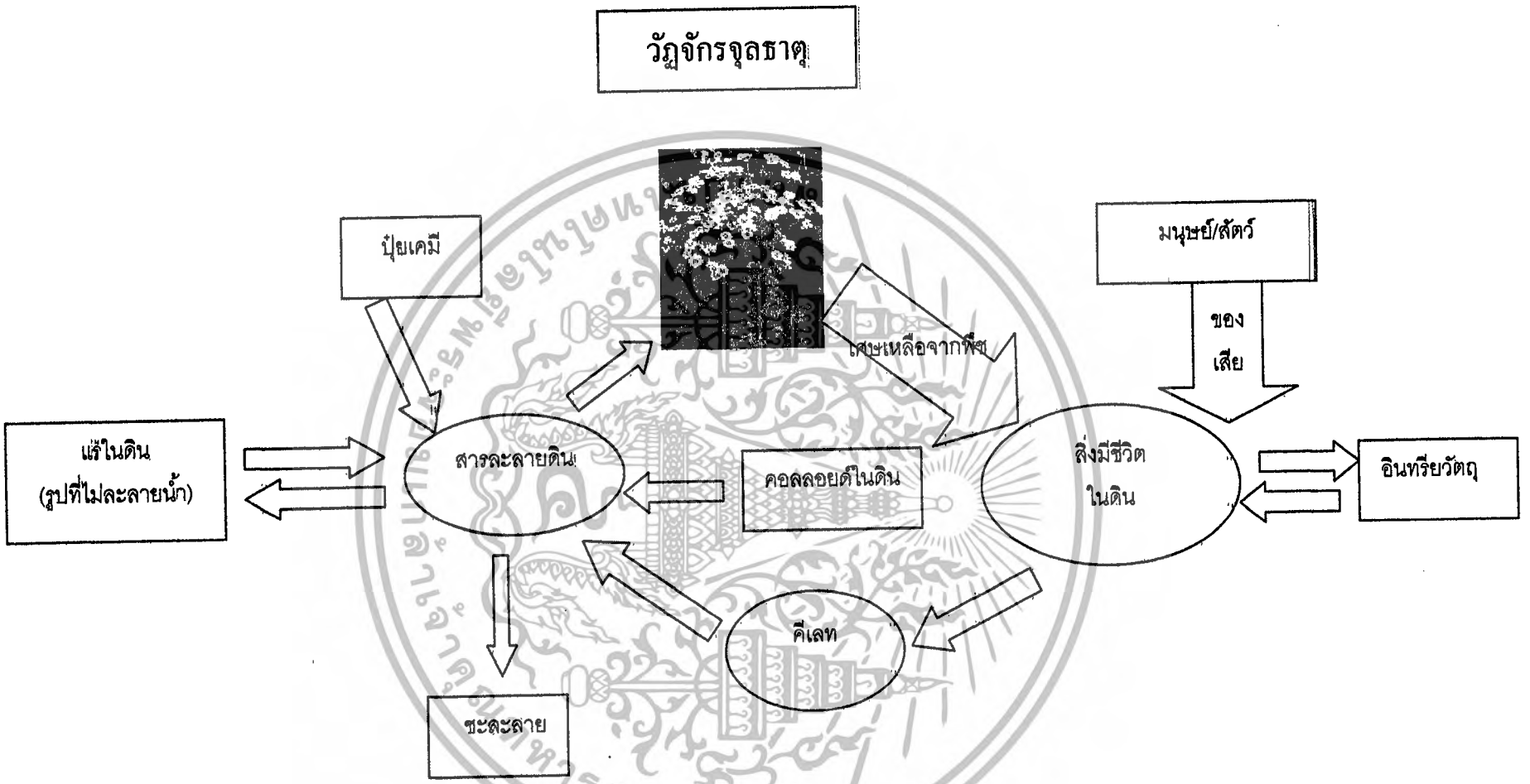
Micronutrient	Dominant Soil Solution forms
Iron	Fe^{2+}, $Fe(OH)_2^{+}$, $Fe(OH)^{2+}$, Fe^{3+}
Manganese	Mn^{2+}
Zine	Zn^{2+}, $Zn(OH)^{+}$
Copper	Cu^{2+}, $Cu(OH)^{+}$
Molybdenum	MoO_4^{2-}, $HMoO_4^{-}$
Boron	H_3BO_3
Cobalt	Co^{2+}
Chlorine	Cl^{-}
Nickel	Ni^{2+} ,Ni^{3+}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่เป็นประโยชน์ของจุลธาตุ (ยงยุทธและคณะ,2541)

เหล็ก	Fe^{2+}, Fe^{3+}, Fe-EDTA
ทองแดง	Cu^{+}, Cu^{2+}, Cu-EDTA
สังกะสี	Zn^{2+}, Zn-EDTA
แมงกานีส	Mn^{2+}, Mn-EDTA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่1 แสดงวัฏจักรจุลธาตุ (Brady ,N.C. 2008)

เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายเศษซากพืชซากสัตว์ กลายเป็นอินทรียวัตถุทำให้มีจุลธาตุอาหารเพิ่มขึ้นจากนั้นจุลธาตุจะจับกับคีเลต คีเลตก็จะค่อยๆปลดปล่อยไอออนในรูปสารละลายดินออกมาส่วนหนึ่งพืชก็จะนำไปใช้ประโยชน์ บางส่วนก็จะตกตะกอนจับกับสารประกอบ SO_4^{2-}, PO_4^{3-} และบางส่วนก็จะถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดินเหนียว

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณและรูปของจุลธาตุประจุบวกในดิน (ยงยุทธและคณะ,2541)

1. **ปฏิกิริยาดิน** (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน พวกจุลธาตุอาหารที่มีประจุบวกละลายน้ำได้ง่าย และพืชสามารถนำไปใช้เป็นประโยชน์ได้ดีภายใต้สภาพของดินที่เป็นกรด ในดินที่เป็นกรดมากๆ มักจะมีจุลธาตุอาหารพวกนี้ละลายอยู่ในดินมาก จนบางครั้งมากเกินไปจนเกิดเป็นพิษกับพืชที่ปลูกได้ โดยเฉพาะเมื่อใช้พันธุ์ที่ไม่ค่อยทนทานต่อสารพิษ การใส่ปูนลงไปในปริมาณที่เหมาะสม จะช่วยรักษาระดับธาตุอาหารต่างๆเหล่านี้ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้ ทั้งนี้เพราะว่าเมื่อ pH สูงขึ้น จุลธาตุอาหารที่อยู่ในสภาพที่มีประจุบวกจะถูกเปลี่ยนไปเป็นไฮดรอกไซด์หรือออกไซด์ที่ละลายน้ำยาและ ตกตะกอนไป ตัวอย่างเช่น

$$Fe^{++} + 2OH^- \longrightarrow \downarrow Fe(OH)_2$$

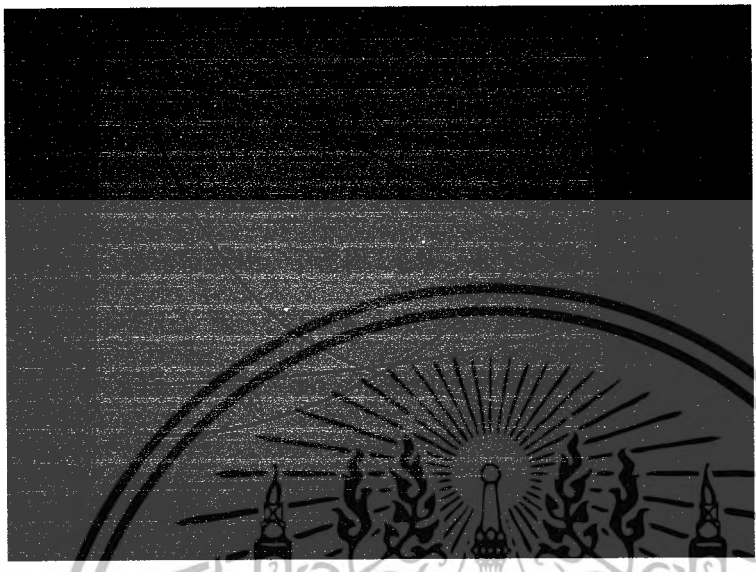
ละลาย — ไม่ละลาย

ไฮดรอกไซด์ของจุลธาตุอาหารแต่ละธาตุจะละลายได้แตกต่างกัน และ pH ที่แน่นอนที่จะทำให้จุลธาตุอาหารแต่ละชนิดตกตะกอนนั้น ผันแปรไปแล้วแต่ชนิดจุลธาตุอาหาร และแล้วแต่สภาวะออกซิเดชัน (oxidation state) ของจุลธาตุอาหารบางธาตุอีกด้วยเช่น เหล็กและแมงกานีสที่อยู่ในสภาวะออกซิเดชันที่สูงกว่าจะละลายได้ยากกว่าพวกที่อยู่ในสภาวะออกซิเดชันที่ต่ำกว่าเป็นต้น อย่างไรก็ตามหลักการทั่วไปก็ยังคงเหมือนกันกล่าวคือเมื่อดินมี pH ต่ำ จุลธาตุอาหารเหล่านี้จะละลายออกมาได้มาก แต่จะละลายได้น้อยลงเมื่อ pH ของดินสูงขึ้น ดังนั้นการรักษาระดับ pH ของดินให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการปลูกพืช อิทธิพลของระดับ pH ของดินกับความเป็นประโยชน์ได้ของธาตุอาหารต่างๆ

นอกจากปฏิกิริยาดินจะมีผลต่อความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุประจุบวกแล้ว ยังมีผลต่อรูปของจุลธาตุประจุบวกที่พบในสารละลายดินด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

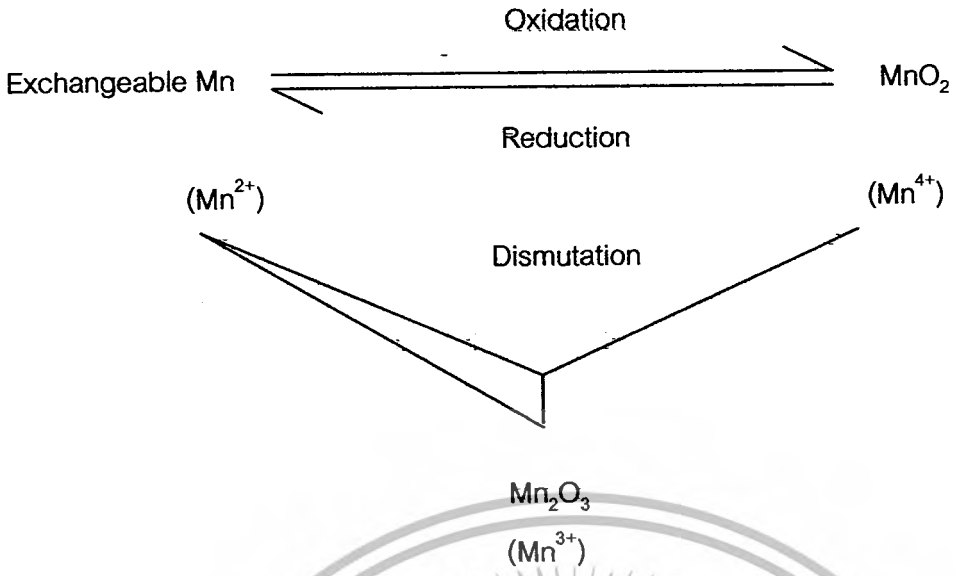
ภาพที่ 2 ปริมาณ เหล็ก แมงกานีส ในข้าวสาลี (Brady,N.C. 2008)



2. **สภาพออกซิเดชั่น- รีดักชั่น**

มีจุลธาตุอาหารที่อยู่ในสภาวะออกซิเดชันที่พบในดินมากกว่าหนึ่งสภาวะอยู่ 3 ธาตุ คือ เหล็ก แมงกานีส และทองแดง ประจุของธาตุเหล่านี้จะมีวาเลนซีต่ำก็ต่อเมื่ออยู่ในสภาพที่ขาดออกซิเจน เช่น ในสภาพที่มีน้ำขังหรือที่เรียกว่าอยู่ในสภาพรีดักชัน จุลธาตุอาหารที่มีวาเลนซีต่ำเหล่านี้และที่เป็นตัวการทำให้ดินชั้นล่างของดินนา หรือดินที่มีการระบายน้ำเลวมากมีสีเทาหรือสีน้ำเงิน ซึ่งตรงกันข้ามกับสีแดงสดหรือเหลืองสดของดินอนินทรีย์ที่มีการระบายน้ำดี ทั้งนี้เพราะพวกสสดเหล่านี้เกิดจากการเพิ่มวาเลนซีของจุลธาตุอาหารเหล่านั้น โดยเฉพาะของเหล็กเมื่อมีออกซิเจนเพียงพอหรือที่เรียกว่าอยู่ในสภาพออกซิเดชันการแปลงรูปของจุลธาตุอาหารจากสภาวะออกซิเดชันหนึ่ง ไปยังอีกสภาวะออกซิเดชันหนึ่งนั้นส่วนมากเกิดขึ้นโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ของอินทรียวัตถุในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างรูปต่างๆของแมงกานีสในดิน (ดัดแปลงจาก Dion and Mann, 1946)

โดยปกติแล้วอินทรีย์สารต่างๆ ซึ่งจุลินทรีย์สร้างขึ้นมาหรือขับออกมา อาจมีส่วนร่วมอยู่กับออกซิเดชั่นและรีดักชั่นมาก โดยทั่วไปๆ ไปแล้ว pH สูงจะช่วยส่งเสริมให้เกิดออกซิเดชั่น ในขณะที่ pH ต่ำ (เมื่อเป็นกรด) มักชักนำให้เกิดรีดักชั่น

สภาพออกซิไดซ์ (oxidation state) ของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง โดยปกติแล้วจะละลายน้ำได้ยากมากโดยเฉพาะในระดับ pH ของดินทั่วไปเมื่อเทียบกับสภาพรีดิวซ์ (reduced state) ไฮดรอกไซด์ (หรือไฮดรัสออกไซด์) ของจุลธาตุอาหารเหล่านี้ที่มีวาเลนซีสูงจะตกตะกอนได้แม้เมื่อมี pH ต่ำ ยกตัวอย่าง เช่น เฟอริกไฮดรอกไซด์ [Fe (OH)$_3$] ตกตะกอนเมื่อ pH ประมาณ 3.0 ในขณะที่เฟอรัสไฮดรอกไซด์ [Fe (OH)$_2$] ไม่ตกตะกอนจนกระทั่งถึง pH 6.0 หรือมากกว่า

ปฏิกิริยาร่วมระหว่างความเป็นกรดเป็นด่างของดินและการถ่ายเทอากาศในดิน เป็นตัวการกำหนดความเป็นประโยชน์ได้ของจุลธาตุอาหารในภาคสนามที่สำคัญยิ่ง เพราะจุลธาตุอาหารที่เป็นประจุบวกและโมลิบดีนัม มีแนวโน้มที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้นในดินที่มีการระบายน้ำไม่ดี กล่าวคือในดินที่มีน้ำขัง เช่น ดินนาน้ำขังโดยทั่วๆ ไปแล้ว จะมีจุลธาตุอาหารละลายได้มากกว่าในดินดอน (upland soil) ที่มีการถ่ายเทอากาศดี และยิ่งถ้าดินนั้นเป็นกรดจัดและการระบายน้ำไม่ค่อยดีด้วยแล้ว มักจะพบว่ามีเหล็กและแมงกานีสละลายออกมาจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชได้อยู่เสมอ ซึ่งความเป็นพิษนั้นจะน้อยลงมากถ้าหากดินกรดนั้นมีการถ่ายเทอากาศและการระบายน้ำดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทำปฏิกิริยากับอนินทรียสารอื่น ๆ

การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตเป็นจำนวนมากๆ ลงไปในดิน อาจมีผลทำให้จุลธาตุอาหารบางชนิดกลายไปอยู่ในรูปที่ยากต่อพืชที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งจะกล่าวให้ละเอียดในท้ายบท ดังนั้น การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดิน จึงควรใส่ไปในปริมาณที่พอเหมาะแก่ความต้องการของพืชเท่านั้น ไม่ควรใส่ลงไปมากโดยคิดว่าไปมากๆ จะไม่สูญหายไปไหนการกระทำเช่นนี้ นอกจากจะทำให้เสียปุ๋ยโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังอาจก่อให้เกิดการขาดจุลธาตุอาหารบางธาตุขึ้นอีกด้วย

ธาตุสังกะสี แมงกานีส และเหล็กนั้น เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในแร่ดินเหนียวด้วย โดยเฉพาะพวก 2:1 type ธาตุเหล่านี้อาจถูกปลดปล่อยออกมาและเป็นประโยชน์ต่อพืชได้เมื่อดินอยู่ในสภาพบางสภาพหรืออาจถูกตรึงกลับเข้าไปอยู่ในโครงสร้างของแร่ดินเหนียวใหม่อีกก็ได้ เมื่อสภาพบางอย่างในดินเปลี่ยนแปลงการตรึงของเหล็กและแมงกานีสด้วยอนุภาคดินเหนียวนี้ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้อยมากเพราะจุลธาตุทั้งสองนี้โดยปกติมีมากอยู่แล้วในดิน แต่การตรึงสังกะสีอาจมีอิทธิพลต่อพืชมาก เพราะธาตุนี้มีอยู่น้อยในดิน

4. Lime-induced chlorosis ใส่ปูนเพื่อปรับ pH จะทำให้ดินขาดธาตุเหล็ก

การใส่ปูนลงไปในดินมากๆ ก็อาจก่อให้เกิดการขาดธาตุเหล็กขึ้นได้ ทั้งนี้เพราะนอกจากเหล็กจะถูกเปลี่ยนให้เป็นรูปไฮดรอกไซด์ซึ่งละลายน้ำยากแล้ว ไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3-) ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพของปูนยังอาจเป็นปฏิปักษ์ (interfere) ต่อเมทาบอลิซึมของเหล็กอีกด้วย

การขาดธาตุเหล็กส่วนใหญ่จะแสดงออกที่ใบพืช คือ เมื่อขาดเหล็กจะขาดคลอโรฟิลล์ ซึ่งเราเรียกว่า คลอโรซีส (chlorosis) โดยเฉพาะจะเกิดที่ใบอ่อน โดยจะมีสีขาวหรือเหลืองซีดๆ ต่อมาก็จะตายจากยอดลงมา (die back) ส่วนใบล่างจะยังมีสีเขียวอยู่ เพราะเหล็กเป็นธาตุที่ไม่เคลื่อนที่ (immobile) พืชจึงชะงักการเจริญเติบโต

5. อินทรียวัตถุ (Organic metter)

อินทรียวัตถุในดินช่วยส่งเสริมให้ความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารในดินเพิ่มมากขึ้น โดยอินทรียสารสามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้กับจุลธาตุ หรือคีเลต จุลธาตุในรูปคีเลตเคลื่อนที่เข้าสู่รากโดยกลไกการไหลแบบกลุ่มก้อนและการแพร่ และมีการแตกตัวปลดปล่อยแคทไอออนในบริเวณรากพืช ซึ่งมีกิจกรรมของจุลินทรีย์อยู่มาก หลังการดูดกินแคท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอออนของราก สารประกอบคีเลตดังกล่าวจะแพร่กระจายห่างออกไปจากราก และเกิดการจับตัวกับจุลธาตุต่อไป เป็นการช่วยป้องกันมิให้จุลธาตุอาหารเกิดการตกตะกอน หรือถูกตรึง และยังอยู่ในรูปที่พืชใช้ประโยชน์ได้ นอกจากนี้อินทรียวัตถุจะช่วยส่งเสริมให้สภาพรีดักชั่น (reduction) มากขึ้น เนื่องจากปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเพิ่มขึ้น ทำให้ระดับออกซิเจนในดินลดลง (วิเชียร,2549)

6. การมี Mycorhizae

เนื่องจากจุลธาตุประจุบวกไม่เคลื่อนที่ในดิน ดังนั้นถ้าดินมี Mycorhizae อยู่ร่วมกับรากพืช จะทำให้จุลธาตุเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น (พรทิวา,2551)

ดินที่ขาดจุลธาตุประจุบวก (ยงยุทธและคณะ,2541)

1. **ดินด่างจัด** ความเป็นกรดเป็นด่างจัดของดินตลอดจนปริมาณของแคลเซียมมีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อความเป็นประโยชน์ได้ของจุลธาตุอาหารยกเว้นคลอรีน เมื่อดินด่างจุลธาตุอาหารส่วนมากจะละลายได้ยากมาก จึงไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช แต่จะละลายได้ดีขึ้นเมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ยกเว้นโมลิบดินัม ซึ่งตรงกันข้าม กล่าวคือละลายได้ดีขึ้นเมื่อความเป็นด่างเพิ่มขึ้น ดังนั้นดินด่างจึงมักเป็นดินที่พืชมักแสดงอาการขาดจุลธาตุอาหารอยู่เสมอ ในสภาพดินด่าง เมื่อ pH สูงขึ้นย่อมทำให้ระดับความเป็นประโยชน์ของจุลธาตุอาหารบางชนิด เช่น สังกะสีละลายตัวออกมาเป็นประโยชน์แก่พืชลดลง

2. **ดินทรายที่เป็นกรด** มีการชะละลายอย่างรุนแรง การที่ดินทรายที่เป็นกรดและมีการชะละลายมากมักจะเป็นดินที่ขาดจุลธาตุอาหารนั้น การขาดธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองในดินทรายเหมือนกัน ดินทรายเกิดจากแร่และหินที่มีธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชน้อยมากการชะละลายในสภาวะที่ดินกรดนั้น ยิ่งช่วยส่งเสริมให้เกิดการสูญเสียจุลธาตุอาหารซึ่งมีน้อยอยู่แล้วให้นิ่งน้อยลงไปอีก เพราะจุลธาตุอาหารส่วนใหญ่ละลายได้ดีในสภาพที่เป็นกรด

3. **ดินที่ทำการเกษตรแบบประณีต** เป็นดินที่มีการปรับแต่งระดับหรือสภาพพื้นผิวหน้าดินเพื่อใช้ประโยชน์ในงานต่างๆ กันเช่นระบบชลประทาน การสร้างคูคลองส่งน้ำ เป็นต้น ดินที่อยู่ในสภาพเช่นนี้จะมีการปรับแต่งเคลื่อนย้ายชั้นหน้าดินให้ออกไปจากบริเวณพื้นที่เดิมเป็นอย่างมาก และย่อมส่งผลกระทบทำให้เกิดการสูญเสียอนุภาคของหินและแร่จุลธาตุชนิดต่างๆ เคลื่อนย้ายตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกไปจากสถานที่เหล่านั้นเป็นปริมาณที่สูง เพิ่มขึ้นด้วยดังนั้นการขาดแคลนจุลธาตุอาหารจึงปรากฏและเกิดขึ้นให้เห็นอยู่เสมอๆ ในบริเวณพื้นที่ดินแห่งนี้

4. **ดินอินทรีย์** ปริมาณของจุลธาตุอาหารในดินอินทรีย์ เช่น muck soil นั้นจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความมากน้อยของจุลธาตุเหล่านั้นที่จะถูกชะ (washing) โดยน้ำไหลบ่า (runoff) หรือถูกชะละลาย (leaching) มากับน้ำไหลซึม (percolation water) จากที่มีระดับสูงกว่ามาสะสมอยู่ในที่ลุ่มน้ำขัง (bog area) ซึ่งเป็นที่เกิดของการสะสมของอินทรียวัตถุจนกลายเป็นดินอินทรีย์ โดยปกติแล้วอัตราของการเคลื่อนย้ายของจุลธาตุอาหารรวมทั้งอินทรียวัตถุด้วยจนก่อให้เกิดการสะสมเป็นดินอินทรีย์ การปรับปรุงดินอินทรีย์ดินอินทรีย์เพื่อใช้ทำการเพาะปลูก จึงมักประสบกับปัญหาการขาดแคลนจุลธาตุอาหารอยู่เสมอ อินทรียวัตถุประกอบด้วยหลายอย่างบางส่วนอินทรียวัตถุนั้นสามารถจะทำปฏิกิริยากับจุลธาตุอาหารหลายธาตุให้โลหะคีเลตที่ละลายน้ำง่ายและเป็นประโยชน์ต่อพืชได้

5. **ดินที่เกิดการกร่อนอย่างรุนแรง** จะเกิดขึ้นเนื่องจากความสามารถในการระบายน้ำของดินมีจำกัด แม้แต่ในดินทรายซึ่งยอมรับว่ามีการระบายน้ำดี อัตตราการระบายน้ำของดโดยทั่วไป จะอยู่ในช่วง 10 – 20 มม. ต่อชั่วโมง ในดินเหนียวก็จะมีอัตราการระบายน้ำต่ำกว่านี้ ดังนั้นในฤดูฝนซึ่งฝนจะตกถึง 50-100 มม.ต่อชั่วโมง หรือหลายๆ ร้อย มม.ต่อวัน น้ำจึงไม่สามารถ ซึมลงไปในดินได้ทัน ก็จะทำให้เกิดการไหลบ่า (runoff) และชะเอาหน้าดินที่อุดมสมบูรณ์ไป ฝนที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้ก็จะเป็นสาเหตุที่สำคัญที่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อดินไม่มีพืชพรรณขึ้นปกคลุมอยู่

การสลายตัวผุผัง และการกัดกร่อน จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันในสภาพดินไร่ ถ้าการกัดกร่อนเกิดรุนแรง ดินบนก็จะหายไปเหลือแต่ดินล่าง ซึ่งยังไม่พัฒนาและไม่เหมาะสมต่อการเกษตร ลักษณะแบบนี้เกิดขึ้นได้ในทุกสภาพอากาศ แต่ในเขตมรสุมร้อน ซึ่งมีอุณหภูมิสูงและฝนตกมากก็จะทำให้เกิดการสลายตัวผุผังและการกัดกร่อนมาก ในสภาพอากาศที่แห้ง

6.วัตถุต้นกำเนิดดินมีจุลธาตุต่ำโดยธรรมชาติอยู่แล้วหรือจุลธาตุสูญหายไปในช่วงกระบวนการเกิดดินและพัฒนาการของหน้าตัดดิน

กระบวนการเกิดดิน สามารถแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ

1. การเพิ่มเติม (additions) วัสดุ คือ การเพิ่มวัสดุอินทรีย์และวัสดุแร่ธาตุลงสู่ดินในลักษณะของแข็ง ของเหลว และก๊าซ

2. การสูญเสีย (losses) วัสดุ เป็นการสูญเสียวัสดุต่างๆไปจากดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเคลื่อนย้าย (tranlocation) วัสดุ เป็นการเคลื่อนย้ายวัสดุต่างๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจัดหนึ่งภายในดิน

4. การเปลี่ยนแปลงรูป (transformations) วัสดุเป็นการเปลี่ยนแปลงรูปของวัสดุแร่ธาตุและวัสดุอินทรีย์จากรูปหนึ่งไปเป็นอีกรูปหนึ่งในดิน

การพัฒนาของหน้าตัดดิน มีการพัฒนาการแบ่งออกเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ

1. การพัฒนาการที่สภาพแวดล้อม และปัจจัยในการเกิดดินส่งเสริมให้เกิดชั้นดินต่างๆ ขึ้นมากมายในหน้าตัดดิน (horizontion)

2. การพัฒนาตัวดิน ที่สภาวะแวดล้อม และปัจจัยในการเกิดดินไม่ส่งเสริมให้เกิดชั้นดินกำเนิดดินขึ้นมากภายในหน้าตัดดิน (haploidization) (เอิบ,2541)

การศึกษาจุลธาตุในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (พิมลสิริ,2548) พบว่า

1. เหล็กและแมงกานีสมีปริมาณสูงกว่าสังกะสีและทองแดงอย่างเห็นได้ชัด
2. การแจกกระจายตามความลึกของทุกธาตุที่เป็น Availble forms เป็นไปตามอินทรียวัตถุ
3. การมีสารมวลพอกหรือก้อนกลมในหน้าตัดดินมีผลในเชิงบวกต่อเหล็กและแมงกานีสในชั้นดินนั้น
4. หน้าตัดดินที่มีเนื้อดินละเอียดว่ามีปริมาณจุลธาตุสูงกว่าดินที่มีเนื้อหยาบกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดินนาในแอ่งโคราช (พรทิวา,2551)

พบในสัณฐานภูมิประเทศตั้งแต่ที่ราบน้ำท่วมถึงจนถึงลานตะพักลำน้ำระดับกลาง

<u>ภาพที่4</u> ตัวอย่างแสดงหน้าตัดดินนา และภาพตัดขวางของภูมิประเทศที่พบดินนาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 3 รูปแรกด้านซ้ายเป็นกลุ่มดินที่มีสีแดง มีทั้งดินตื้นและดินลึกส่วน 3 ภาพขวา เป็นกลุ่มดินที่มีสีออกเหลืองปนน้ำตาล น้ำท่วมขัง ทั้งหมดนี้พบศิลาแลงในหน้าตัดดินทุกหน้าตัดดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมข้อมูล (พรทิวา,2551)

1. ได้แก่ แผนที่ดินมาตราส่วน 1:50,000 ของกรมพัฒนาที่ดิน แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมแผนที่ทหาร แผนที่ธรณีวิทยา มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี ควบคุมพื้นที่ศึกษาคือ แอ่งโคราช ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

2. การศึกษาภาคสนาม (พรทิวา,2551)

1. เลือกพื้นที่ศึกษาซึ่งเป็นดินนา โดยเลือกจากภูมิประเทศที่เป็นที่ราบน้ำท่วมถึงจนถึงลาตะพักน้ำระดับกลาง

2. เลือกจุดที่จะเก็บตัวอย่างดิน เฉพาะบริเวณที่มีหน้าตัดดิน เป็นเนื้อหยาบและเนื้อปานกลาง

3. ขุดหน้าตัดดิน แบ่งชั้นดิน ศึกษาสัณฐานวิทยาสนาม ทำคำบรรยายหน้าตัดดินตามวิธีของ (เอิบ, 2542) เก็บตัวอย่างดิน จากแต่ละชั้นดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3. การเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (พรทิวา,2551)

ผึ่งตัวอย่างดินให้แห้ง ในที่ร่ม เก็บเศษพืชออก ชั่งน้ำหนักดินทั้งหมดแล้วนำมาบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักส่วนที่ค้างอยู่บนตะแกรง เพื่อนำไปคำนวณหาชิ้นส่วนหยาบ

4. การวิเคราะห์ดิน

4.1 การวิเคราะห์ทางกายภาพ (พรทิวา,2551)

4.1.1 หาร้อยละความชื้น (Hygroscpic water) เพื่อนำไปคำนวณหา moisture factor ที่จะแปลงค่าวิเคราะห์อยู่ในรูปของ Oven-dried base (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา ,2537)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 หาร้อยละโดยน้ำหนักของอนุภาคที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 2 มิลลิเมตร (Soil Survey Laboratory Staff,1992)

4.1.3 วิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคดิน (Particle-size distribution) โดยวิธีไปเปต (pipette method) (Gee and Bauder, 1996)

4.1.4 จำแนกชั้นเนื้อดิน (Soil textural classes) ตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกาโดยใช้ไดอะแกรมสามเหลี่ยมมาตรฐาน (Soil Survey Laboratory Staff,1992)

4.2 **การวิเคราะห์ทางเคมี** (พรทิวา,2551)

4.2.1 ปฏิกิริยาทางดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน:น้ำ และดิน : 1N KCl เท่ากับ 1:5 แล้ววัดค่าปฏิกิริยาดินโดย pH Metter (Blakemore *et al.*,1987)

4.2.2 การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity-EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่าง ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 แล้ววัดค่า EC โดย EC Metter (Rhoades,1996)

4.2.3 ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Metter) โดยวิธี Wet Oxidation แล้วหาอินทรีย์คาร์บอนโดยการไตเตรท Walkley – Black Titration (IITA,1979)

4.2.4 วิเคราะห์หาค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity :CEC) โดยใช้ 1 N NH_4OAc pH 7.0 (Blackmore และคณะ, 1987)

4.2.5 วิเคราะห์จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ โดยสกัดดินด้วยสารละลาย DTPA pH 7.3 (ดิน:สารละลาย = 1:2) แล้วนำสิ่งที่สกัดได้ไปวัดหาปริมาณจุลธาตุ (Fe, Mn, Cu และ Zn) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา,2548)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ศึกษา

ภาพที่ 5 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และจุดเก็บตัวอย่างดิน

แผนที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เก็บตัวอย่างดิน และทำคำบรรยายหน้าตัดดิน

โดย (พรทิวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
99621

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การศึกษาจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ ในดินนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้เลือกหน้าตัดดินนาที่มีเนื้อหยาบและเนื้อปานกลาง จำนวน 6 หน้าตัดดิน โดยขุดหลุมดินเพื่อเก็บตัวอย่างดินให้มีความลึกตั้งแต่ 2 เมตร จนถึง 6 เมตร ตารางภาคผนวกที่ 1 แสดงสมบัติบางประการทางกายภาพและทางเคมีที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของหน้าตัดดินที่ศึกษา

สัณฐานวิทยาสนาม

เนื่องจากเป็นดินนา ทำให้ทุกหน้าตัดดิน แสดงลักษณะการขังน้ำในบางช่วงของปีให้เห็น คือ ส่วนใหญ่มีจุดประสีแดง เหลือง น้ำตาล ในชั้นดินล่าง ดินแทบทั้งหมดมีสีน้ำตาล น้ำตาลเหลือง และสีน้ำตาลออกเทาในชั้นดินบน และเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีเทาปนเหลือง และสีเทาในชั้นดินล่าง นอกจากนี้ในบางหน้าตัดดินอาจพบสารมวลพอกและสารก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีส เช่นในหน้าตัดดินที่ 2 (196-245 เซนติเมตร) และหน้าตัดดินที่ 3 (165-230 เซนติเมตร) เป็นต้น (พรทิวา, 2548)

เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายเป็นส่วนใหญ่ โดยเนื้อดินที่ละเอียดกว่านี้พบในตอนล่างของหน้าตัดดินที่ลึกกว่า 2 เมตร ได้แก่ เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนเหนียว ในหน้าตัดดินที่ 4 (370-610+ เซนติเมตร) ดินร่วนและดินร่วนเหนียว ในหน้าตัดดินที่ 5 (310-460 เซนติเมตร) และดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทรายแป้งในหน้าตัดดินที่ 6 (320-600 เซนติเมตร)

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดิน (ภาพที่ 6)

ทุกหน้าตัดดินมีอนุภาคขนาดทรายมากกว่าอนุภาคดินขนาดอื่น คือ ภายในความลึก 2 เมตร มีอนุภาคขนาดทรายมากกว่าร้อยละ 50 ในขณะที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำกว่าร้อยละ 20 เป็นส่วนใหญ่ สำหรับหน้าตัดดินที่ 4, 5 และ 6 ความลึกตั้งแต่ 2 เมตรลงไป มีอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มมากขึ้น ส่วนอนุภาคขนาดทรายลดลง

ค่าปฏิกิริยาดิน (ภาพที่ 12)

ทุกหน้าตัดดินมีค่าปฏิกิริยาดิน (pH) เป็นกรดคือต่ำกว่า 7 โดยหน้าตัดดินที่ 1, 2 และ 3 พบว่าชั้นดินบนมี pH ทุกค่าต่ำกว่าชั้นดินล่าง (pHw 4.7-6.5, 4.73-5.71 และ 4.06-6.04 ตามลำดับ) ในขณะที่หน้าตัดดินที่ 4 และ 5 pH ทุกค่าของชั้นดินบน มีค่าสูงกว่าที่พบในชั้นดินล่าง (pHw 4.8-7.4 และ 4.8-6.2) ส่วนหน้าตัดดินที่ 6 ที่ความลึก 200-300 เซนติเมตร มี pHw ต่ำกว่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช่วงความลึกอื่นอย่างชัดเจน (5.7-6.9,5.3-5.8 และ 6.1-6.5 สำหรับ 0-200,200-300 และ 300-600+ เซนติเมตร ตามลำดับ)

การแจกกระจายตามความลึกของ pH ทุกค่า (pHf ,pHw และ pHk) ของแต่ละหน้าตัดดินเป็นไปในรูปแบบเดียวกัน

อินทรียวัตถุ (ภาพที่ 12)

ทุกหน้าตัดดินมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำกว่าร้อยละ 1 และแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก ทำให้ดินบนมีอินทรียวัตถุสูงกว่าชั้นดินอื่น

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (ภาพที่ 11)

ส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่า 10 meg/100 g soil เพราะเป็นดินเนื้อหยาบและเนื้อปานกลาง และมีการแจกกระจายตามความลึกในรูปแบบเดียวกับที่พบในอนุภาคขนาดดินเหนียว นั่นคือ อนุภาคขนาดดินเหนียวมีอิทธิพลต่อค่านี้ เช่น หน้าตัดดินที่ 2 ความลึก 0-196 เซนติเมตร มีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำกว่าความลึกที่มากกว่านี้ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกก็ต่ำตามไปด้วย (1.38-11.30% clay,0.80-4.49 meg/100 g soil และ 13.11-16.21% clay,6.68-10.06 meg/100 g soil ตามลำดับ)

สำหรับหน้าตัดดินที่ 4, 5 และ 6 ซึ่งอนุภาคขนาดดินเหนียวในความลึกมากกว่า 3 เมตร มีปริมาณสูงขึ้นนั้น พบว่าค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกก็เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย เช่น หน้าตัดดินที่ 6 ระหว่างความลึก 0-300 และตั้งแต่ 300 เซนติเมตรลงไป (0.58-13.58% clay,0.41-5.15 meg/100 g soil และ 19.34-49.48% clay,5.02-30.53 meg/100 g soil ตามลำดับ)

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์ (ภาพที่ 13)

เหล็ก (Fe)

หน้าตัดดินที่ 1,2,3 ที่ชั้นดินบนมีปริมาณเหล็กสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างเห็นได้ชัด (4.405-59.684,3.330-57.087 และ 1.131-145.670 ppm ตามลำดับ)

หน้าตัดดินที่ 4 และ 5 มีปริมาณเหล็กอยู่ในพิสัย 6.706-58.617 ppm และ 1.531-131.148 ppm ตามลำดับ ทั้ง 2 หน้าตัดดินพบว่าชั้นดินบนมีเหล็กสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในหน้าตัดดินที่ 5

การแจกกระจายตามความลึกของเหล็ก ในหน้าตัดดินที่ 4 และ 5 สอดคล้องกับปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วนการพบเหล็กปริมาณสูงที่ความลึก 400-460 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 5 เกิดจากการพบจุดประสีแดงและสารมวลพอกของเหล็กในช่วงความลึกนี้สูงกว่านั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดดินที่ 6 ตลอดหน้าตัดดินมีปริมาณเหล็กสูงกว่าที่พบในหน้าตัดดินอื่นอย่างมาก (13.981-64.173 ppm) แม้ว่าการแจกกระจายของเหล็กตลอดหน้าตัดดินจะไม่ค่อยสม่ำเสมอนัก แต่มีแนวโน้มว่าเป็นไปตามการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วนการที่ความลึก 70-300 เซนติเมตร มีเหล็กสูงกว่าที่พบในความลึก 300-520 เซนติเมตร ทั้งๆที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำกว่า อาจเนื่องจากการมีสารมวลพอกของเหล็กในช่วงความลึกดังกล่าวนี้

แมงกานีส (Mn)

หน้าตัดดินที่ 1 มีแมงกานีสอยู่ในพิสัย 3.060-115.521 ppm โดยแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก และดินบนมีค่าสูงกว่าที่พบในชั้นดินล่างอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบอีกว่าที่ความลึก 0-78 เซนติเมตร ปริมาณแมงกานีสสูงกว่าเหล็กอย่างเห็นได้ชัด

หน้าตัดดินที่ 2 และ 3 แตกต่างจากหน้าตัดดินที่ 1 คือ แมงกานีสที่พบในชั้นดินล่าง มีปริมาณสูงกว่าชั้นดินบนอย่างชัดเจน (4.520-328.152 และ 1.760-86.137 ppm ตามลำดับ) และในหน้าตัดดินดังกล่าวนี้ยังพบด้วยว่า แมงกานีสของชั้นดินล่างมีปริมาณสูงกว่าเหล็กอย่างชัดเจน

หน้าตัดดินที่ 4, 5 และ 6 มีแมงกานีสอยู่ในพิสัย 0.395-9.496, 0.118 -4.187 และ 0.192-15.907 ppm ตามลำดับ และแจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเป็นส่วนใหญ่

ทองแดง (Cu)

หน้าตัดดินที่ 1 และ 2 มีปริมาณทองแดง 0.091-0.294 และ 0.014-0.338 ppm ตามลำดับ โดยแจกกระจายแบบเพิ่มขึ้นตามความลึก

หน้าตัดดินที่ 3 ปริมาณทองแดงที่พบไม่สม่ำเสมอนัก คือ มีตั้งแต่ไม่สามารถตรวจวัดได้จนถึง 0.230 ppm โดยที่ความลึก 134-230 เซนติเมตร เป็นชั้นดินที่พบทองแดงมากที่สุด

หน้าตัดดินที่ 4, 5 และ 6 การแจกกระจายของทองแดงเพิ่มขึ้นตามความลึก สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (0.115-1.260, 0.058-2.160 และ 0.065-5.044 ppm ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าชั้นดินบนของทุกหน้าตัดดินมีทองแดงสูงกว่าชั้นดินล่างที่อยู่ติดกัน ซึ่งอาจเกิดจากการที่ชั้นดินบนมีอินทรียวัตถุสูงกว่า

สังกะสี (Zn)

หน้าตัดดินที่ 1 และ 2 สังกะสีแจกกระจายในรูปแบบเดียวกับทองแดง คือเพิ่มขึ้นตามความลึก (0.059-0.349 และ 0.676-1.488 ppm ตามลำดับ) และใน 2 หน้าตัดดินนี้ มีสังกะสีมากกว่าทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าตัดดินที่ 3 ปริมาณสังกะสีที่พบก็สูงกว่าทองแดงเช่นเดียวกัน (0.678-1.146 ppm) โดยตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 120 เซนติเมตร มีการแจกกระจายลดลงตามความลึก หลังจากนั้นเพิ่มขึ้นตามความลึก

หน้าตัดดินที่ 4,5 และ 6 สังกะสีแจกกระจายตามความลึกในรูปแบบที่สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว และมีปริมาณสูงกว่าทองแดง (0.274-2.240,0.039-5.583 และ 0.111-11.238 ppm ตามลำดับ)

ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุที่เป็นประโยชน์กับสมบัติอื่นของดิน

ความสัมพันธ์กับปฏิกิริยาดิน (pHw) **(ภาพที่** 7)

หน้าตัดดินที่ 1 และ 2 ทองแดงและสังกะสี ค่อนข้างสัมพันธ์กับ pHw ของดินโดยเฉพาะในชั้นดินล่าง โดยจะเห็นว่า เมื่อค่า pHw ลดลงในช่วง 78-210 เซนติเมตร ของหน้าตัดดินที่ 1 ปริมาณทองแดง และสังกะสี จะเพิ่มมากขึ้นกว่าที่พบในชั้นดินที่อยู่ตอนบน

ความสัมพันธ์กับอินทรียวัตถุ (ภาพที่ 9)

ทุกหน้าตัดดินชั้นดินบนที่มีอินทรียวัตถุสูง จะมีจุลธาตุที่เป็นประโยชน์ทุกธาตุสูง ทั้งนี้เนื่องจากอินทรียวัตถุทำตัวเป็นคีเลต (chelate) จับจุลธาตุเอาไว้ให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นการเพิ่มอินทรียวัตถุในดินเนื้อหยาบจึงเป็นการเพิ่มระดับจุลธาตุในดินด้วย

ความสัมพันธ์กับอนุภาคขนาดดินเหนียวและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (ภาพที่ 8 **และ** 10)

จุลธาตุที่เป็นประโยชน์โดยเฉพาะเหล็กและแมงกานีส แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ทำให้ดินที่มีอนุภาคขนาดดินเหนียวปริมาณมากกว่า เช่น ในตอนล่างของหน้าตัดดินที่ 4,5 และ 6 มีจุลธาตุสูงกว่า

เนื่องจากความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก มีการแจกกระจายในรูปแบบเดียวกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ดังนั้นจึงมีอิทธิพลต่อจุลธาตุประจุบวก (Fe , Mn ,Cu และ Zn) ในรูปแบบเดียวกัน

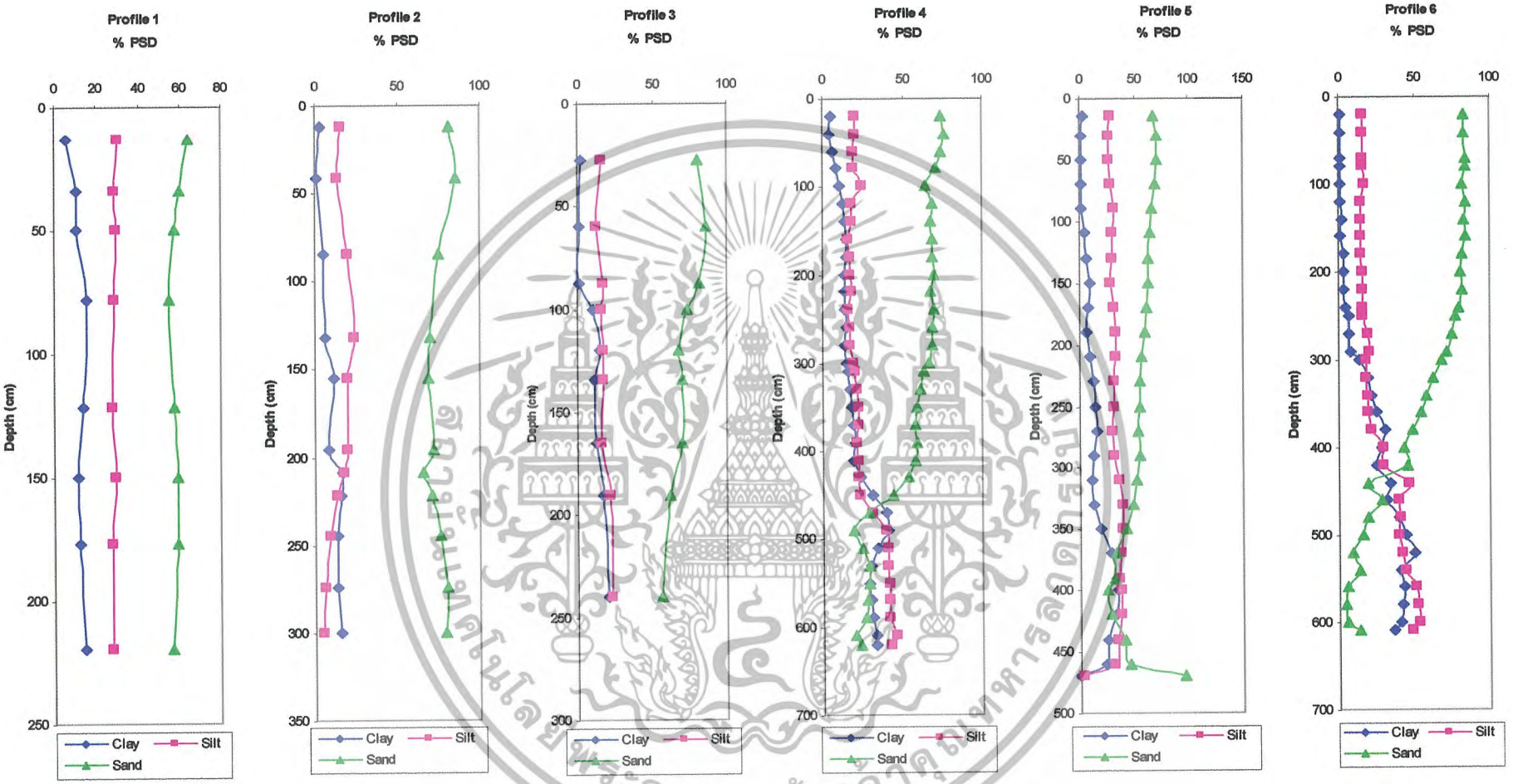
ความสัมพันธ์กับสัณฐานวิทยาสนาม

การมีสารก้อนกลม สารมวลพอก หรือจุดประสีแดง สีเหลือง ในดินอาจทำให้ เหล็กและแมงกานีส ของชั้นดินนั้น สูงกว่าชั้นดินอื่นๆในหน้าตัดดินเดียวกันก็เป็นได้ เช่น ในหน้าตัดดินที่ 2

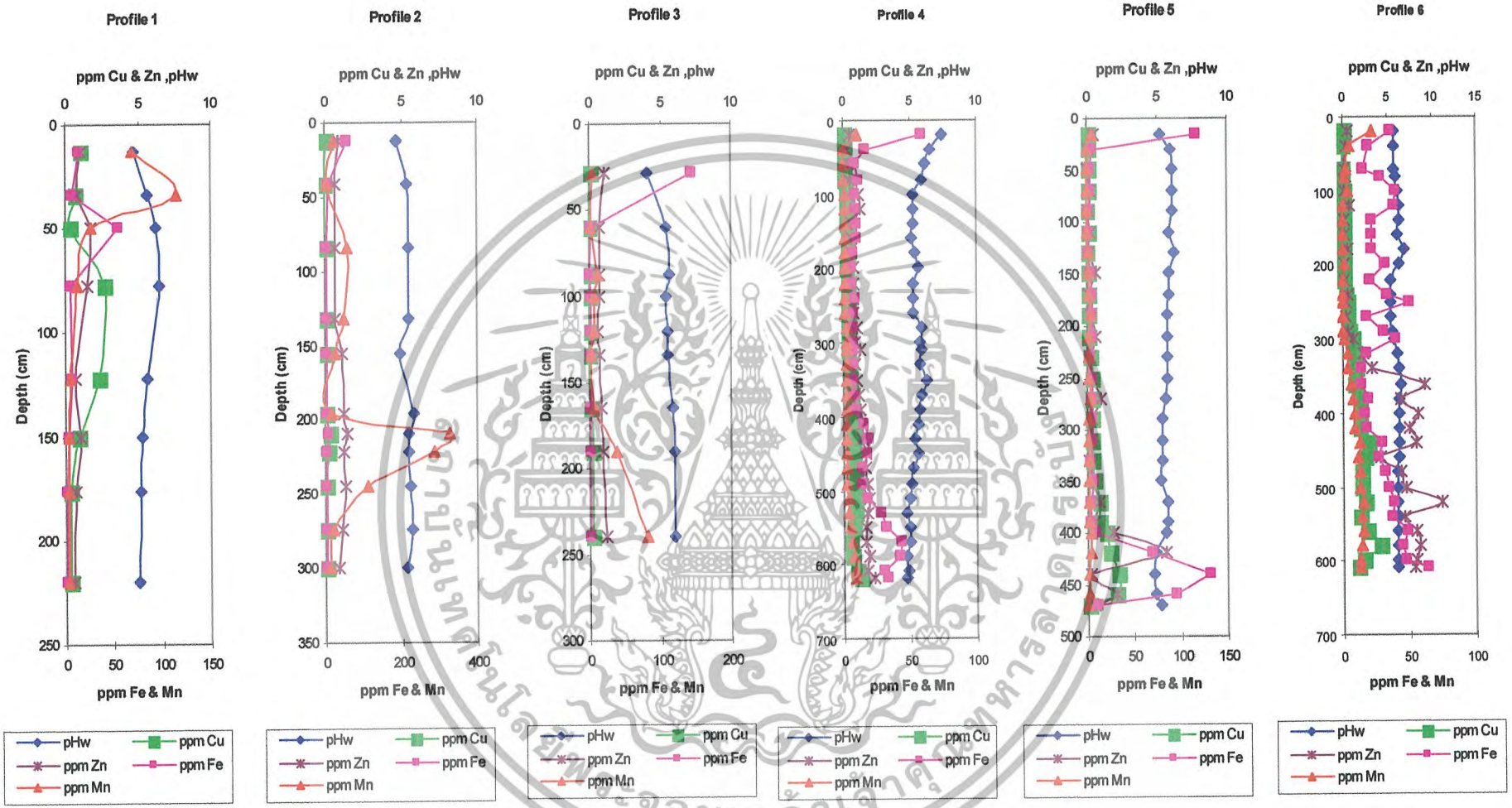
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(196-245 เซนติเมตร) หน้าตัดดินที่ 3 (165-230+ เซนติเมตร) หน้าตัดดินที่ 5 (400-460 เซนติเมตร) และหน้าตัดดินที่ 6 (70-300 เซนติเมตร)

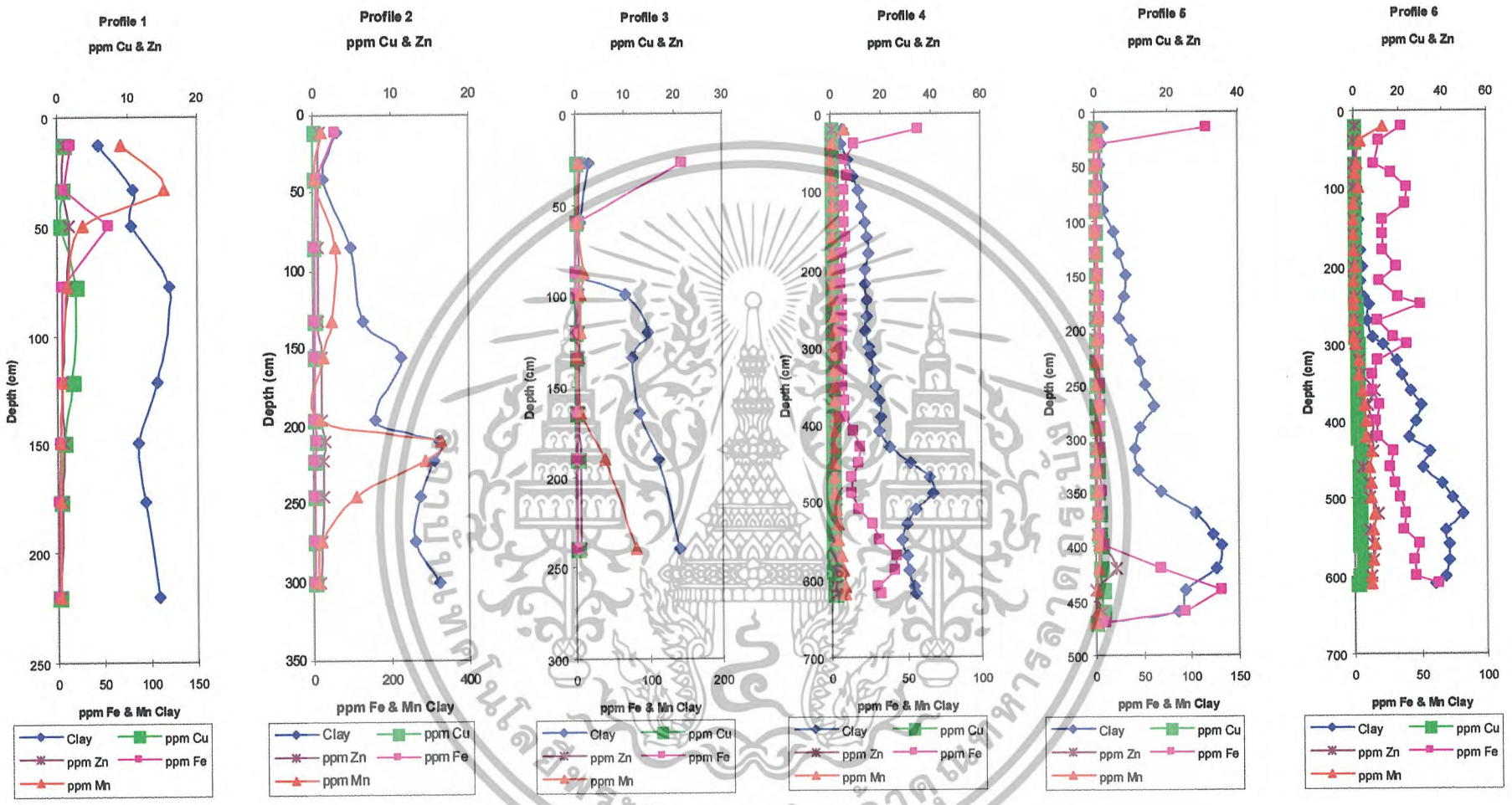
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



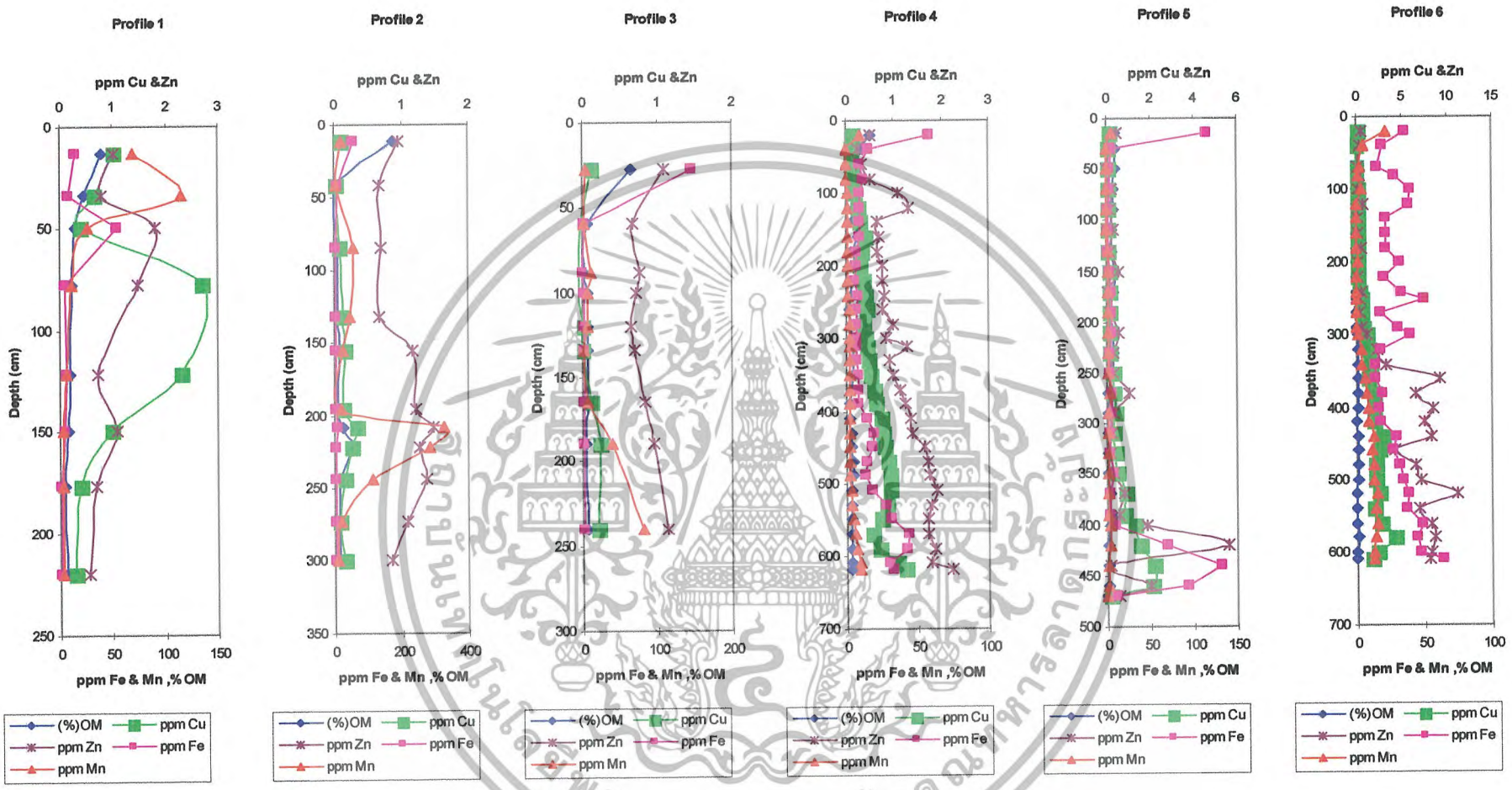
ภาพที่ 6 การแจกกระจายตามความลึกของขนาดอนุภาคดิน



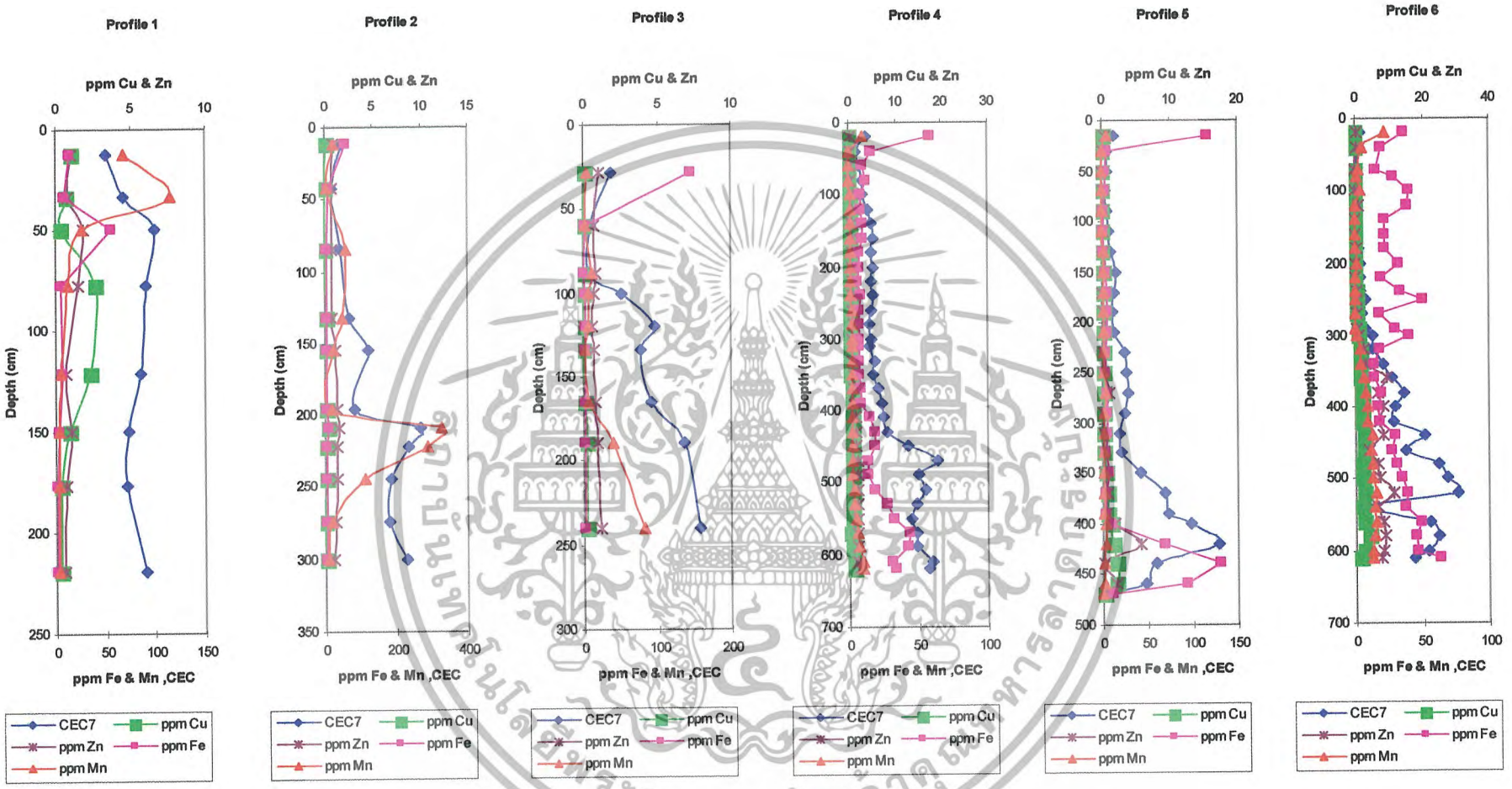
ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ



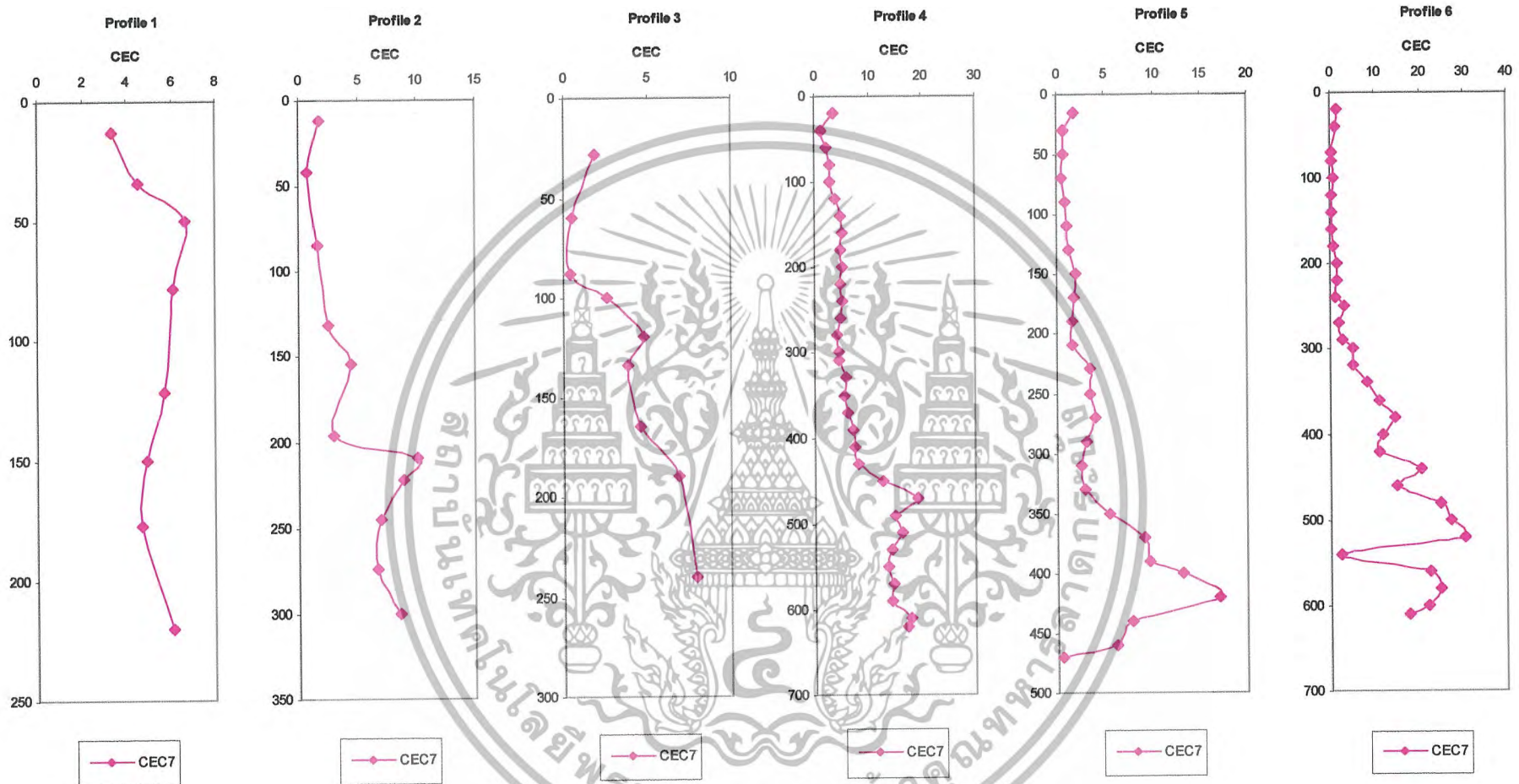
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและอนุภาคขนาดดินเหนียว



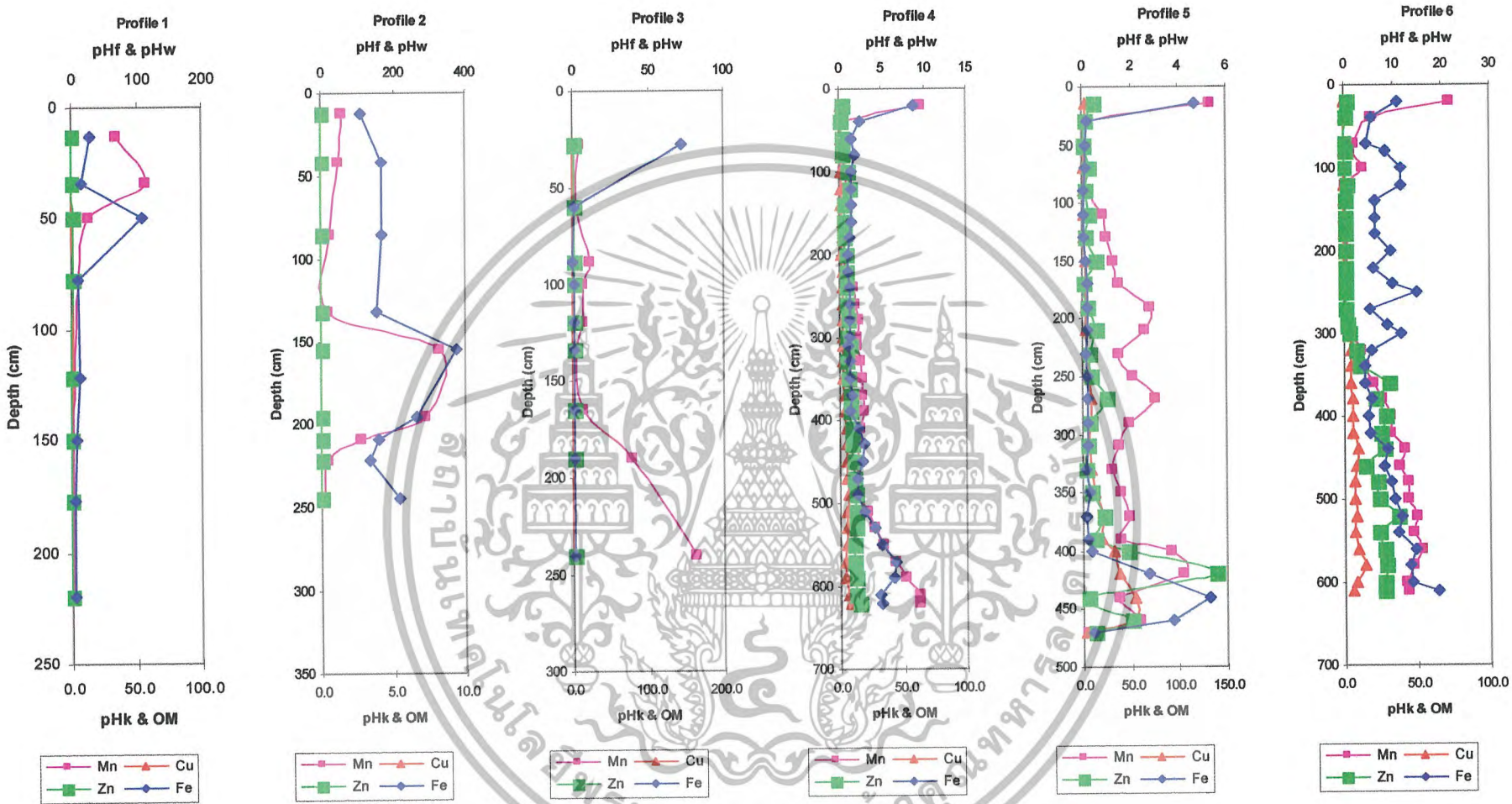
ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและอินทรียวัตถุ



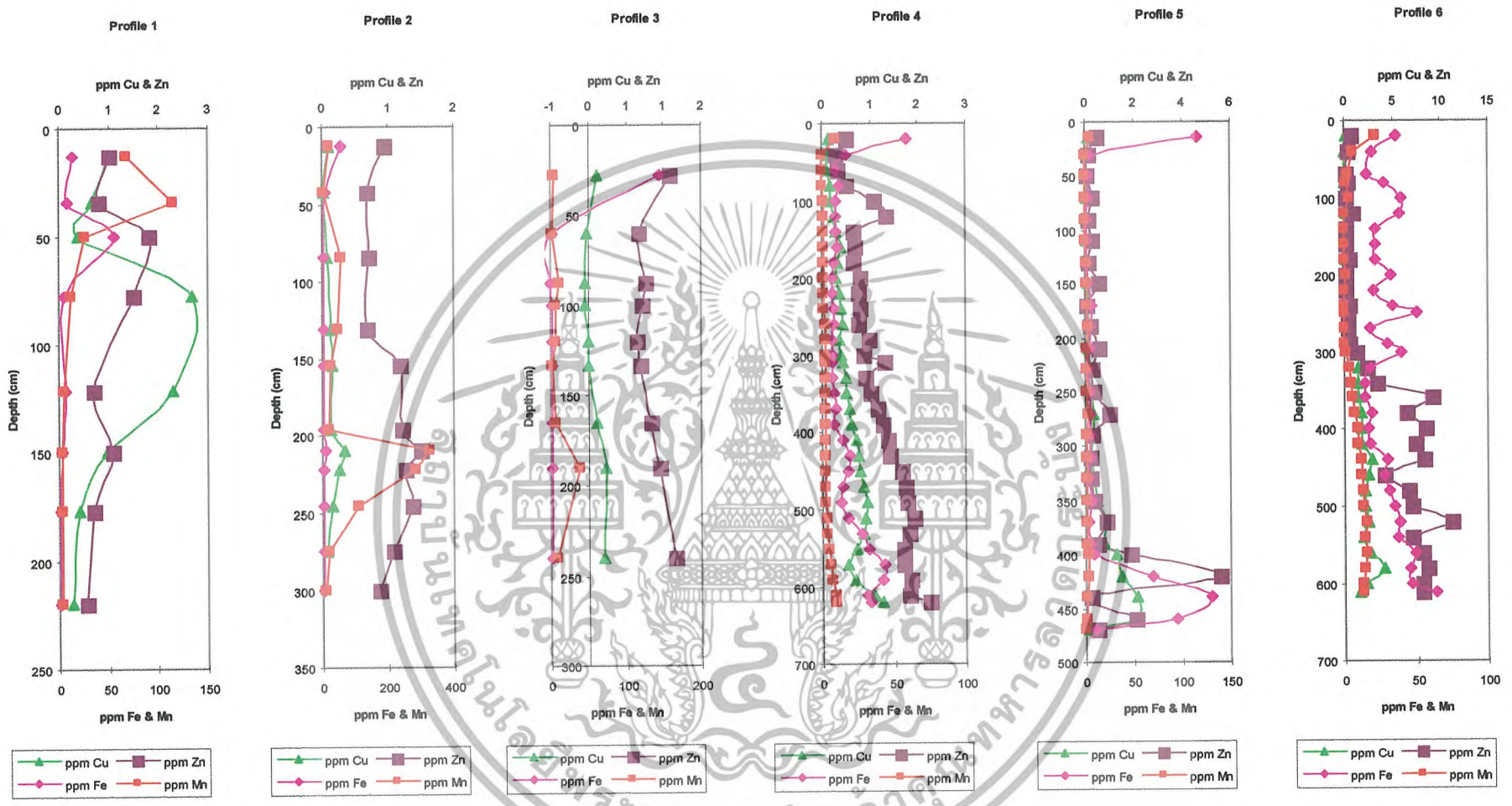
ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างจุลธาตุประจุบวกและความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก



ภาพที่ 11 การแจกกระจายตามความลึกของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก



ภาพที่ 12 การแจกกระจายตามความลึกของค่าปฏิกิริยาดินและอินทรียวัตถุ



ภาพที่ 13 การแจกกระจายตามความลึกของจุลธาตุประจุบวก

สรุปผลการศึกษา

1.ทุกหน้าตัดดินเป็นดินเนื้อหยาบถึงปานกลางโดยเฉพาะ ในความลึก 2 เมตร จากผิวหน้าดิน คือมีอนุภาคขนาดดินเหนียวต่ำกว่าร้อยละ 20 ทำให้จุลธาตุที่พบในแต่ละหน้าตัดดิน มีปริมาณไม่แตกต่างกันมากนัก โดยเฉพาะเหล็ก (น้อยกว่า 10 ppm) เป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นชั้นดินบนที่ได้รับอิทธิพลจากอินทรียวัตถุ และหน้าตัดดินที่ 6 ที่ได้รับอิทธิพลจากสารก้อนกลมและสารมวลพอกของเหล็กและแมงกานีส

2.เมื่อปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มมากขึ้น จุลธาตุประจุบวกจะมีค่าสูงขึ้นตามไปด้วย

3.เมื่ออินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นปริมาณจุลธาตุประจุบวกก็เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเห็นได้ชัดมากในชั้นดินบน

4.ในการศึกษาครั้งนี้ ปฏิกิริยาดิน (pHw) มีผลต่อสังกะสีและทองแดงมากกว่าจุลธาตุอื่น

5.ในหน้าตัดดินที่ 4,5 และ 6 พบว่าปริมาณเหล็กมากกว่าแมงกานีสมากกว่าสังกะสีและทองแดงตามลำดับ แต่หน้าตัดดินที่ 2 และ 3 พบว่าแมงกานีสมากกว่าเหล็กมากกว่าสังกะสีและทองแดงตามลำดับ ส่วนหน้าตัดดินที่ 1 มีเฉพาะความลึก 0-78 เซนติเมตร เท่านั้นที่แมงกานีสสูงกว่าเหล็ก

6.ในทุกหน้าตัดดินพบว่า

- แมงกานีสมีค่าสูงที่สุดในหน้าตัดดินที่ 2 รองลงมาได้แก่ หน้าตัดดินที่ 1,3,4,6 และ 5
- เหล็กมีค่าสูงที่สุดในหน้าตัดดินที่ 6,5,4,1,2 และ 3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. 2531. ดินที่ใช้ปลูกข้าว. ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. ไม่เรียงหน้า.

ปัทมา วิตยากร. 2533. ดิน: แหล่งธาตุอาหารของพืช. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ไม่เรียงหน้า.

ยงยุทธ โอสถสภาและคณะ.2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 329 -352 หน้า.

พิมลสิริ ศุภเสถียรไชย.2548.การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมินั่มในหน้าตัดดินที่มีหินพื้นต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ III: แอ่งสกลนครและแอ่งโคราชด้านตะวันตก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี . สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

วิเชียร จาฏุพจน์.2549. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา. 77 – 86 หน้า

สุนทร พูนพิพัฒน์. 2526. คู่มือการสอน วิชา ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าวิทยาเขตเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ ไม่เรียงหน้า.

สุมิตรา ภู่วโรดม.2551. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. ไม่เรียงหน้า.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2530. การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 531 หน้า

เอิบ เขียวรื่นรมย์.2530. คู่มือปฏิบัติการสำรวจดิน.ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 181 หน้า

Brady N.C.and R.R.Weil. 2008. The Nature and Poperties of Soil .17th Edition. Prentice – Hall International, Inc,New Jersey , USA. 540 – 564 p.

Lindsay W.L. 1972 .Inorganic phase equilibria of Micontrients in soils.pp, 41-58.In Micontrients in agriculture. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางภาคผนวกที่ 1

Depth (cm)	Clay	Silt	Sand	Texture	pHf	pHw	pHk	OM	CEC7	Fe	Mn	Cu	Zn
	(..... % .....)				(.....1:5.....)			(%)	(meq/100g soil)	(.....ppm.....)			
Profile 1													
0-10/13	5.870	30.160	63.970	SL	6.2	4.700	3.900	0.800	3.340	14.706	68.656	1.028	1.021
1/3-17/34	10.930	29.240	59.830	SL	6.5	5.600	4.500	0.460	4.580	7.901	115.521	0.647	0.794
34-50	10.720	29.960	57.320	SL	7.3	6.200	4.800	0.290	6.660	55.132	26.963	0.387	1.806
50-72/78	15.930	29.010	55.060	SL	7.1	6.500	4.800	0.230	6.080	5.217	11.980	2.690	1.492
78-118/122	14.250	27.880	57.870	SL	7.3	5.600	4.300	0.200	5.690	6.368	5.885	2.297	0.710
122/150	11.590	29.880	59.290	SL	6.7	5.300	4.200	0.150	4.930	4.199	3.060	0.979	1.088
150-175/177	12.570	28.390	59.030	SL	6.8	5.200	4.100	0.110	4.720	2.377	3.967	0.402	0.694
177-210+	14.600	28.270	57.130	SL	7.1	5.100	4.100	0.140	6.100	2.458	3.671	0.295	0.561
Profile 2													
0-10/12	3.040	16.110	80.850	LS	5.5	4.730	3.600	0.880	1.840	57.087	22.362	0.096	0.955
12-39/42	1.380	13.390	85.230	LS	5.6	5.390	4.030	0.050	0.800	8.597	4.520	0.014	0.676
42-80/85	4.890	19.630	75.480	SL	5.9	5.530	4.230	0.050	1.600	2.733	57.921	0.083	0.703
85-125/132	6.360	24.300	69.340	SL	5.4	5.470	3.640	0.040	2.470	4.263	48.428	0.126	0.672
132-150/155	11.300	20.240	68.460	SL	5.3	4.900	3.410	0.070	4.490	4.247	25.303	0.153	1.176
155-194/196	7.990	19.960	72.050	SL	5.9	5.880	3.570	0.050	3.020	3.820	19.001	0.125	1.218
196-205/209	16.210	17.810	65.980	SL	6.1	5.490	3.670	0.130	10.060	9.443	328.152	0.338	1.488
209-215/222	15.530	13.940	70.530	SL	6.3	5.460	3.620	0.260	8.870	6.628	286.783	0.255	1.265
222-240/245	13.680	9.890	76.430	SL	6.3	5.610	3.650	0.080	6.970	4.027	112.451	0.152	1.372
245-274	13.110	6.690	80.200	SL	6.4	5.710	3.510	0.090	6.680	3.330	20.623	0.076	1.081
274-290+	16.130	5.110	78.760	SL	6.7	5.390	3.610	0.080	8.540	5.408	11.367	0.146	0.869
Profile 3													
0-28	2.720	16.380	80.900	LS	4.9	4.060	3.430	0.660	1.840	145.670	4.518	0.119	1.093
28-58/60	0.890	13.150	85.960	LS	6.4	5.460	4.450	0.080	0.480	2.969	1.787	-0.021	0.678
60-85/88	0.800	17.280	81.920	LS	6.4	5.680	5.260	0.030	0.400	1.131	10.936	-0.049	0.766
88-100	10.390	16.370	73.240	SL	6.2	5.390	3.750	0.060	2.560	2.227	6.785	-0.035	0.721

ตารางภาคผนวกที่ 1

Depth	Clay	Silt	Sand	Texture	pHf	pHw	pHk	OM	CEC7	Fe	Mn	Cu	Zn
(cm)	(..... % .....)				(.....1:5.....)			(%)	(meq/100g soil)	(.....ppm.....)			
Profile 3 (ต่อ)													
100-115/120	14.850	16.820	68.330	SL	6	5.530	3.690	0.070	4.800	2.989	6.462	0.000	0.641
120-130/134	11.580	17.790	70.630	SL	6.1	5.560	3.760	0.080	3.840	1.896	1.760	0.000	0.686
134-163/165	13.100	16.520	70.380	SL	6.3	5.850	3.930	0.060	4.630	2.028	7.000	0.112	0.827
165-180/190	16.920	21.560	61.520	SL	6.8	6.000	4.370	0.050	6.850	1.906	39.273	0.230	0.947
190-230+	21.110	22.450	56.440	SCL	6.6	6.040	4.560	0.070	7.890	1.936	82.091	0.219	1.146
Profile 4													
0-20	4.960	20.490	74.550	LS	6	7.400	5.200	0.530	3.620	58.617	9.737	0.136	0.506
20-40	4.140	19.920	75.940	LS	5.5	6.600	4.500	0.300	1.410	16.278	0.588	0.118	0.274
40-60	6.560	19.420	74.020	SL	5	6.200	4.300	0.260	2.150	9.451	0.385	0.115	0.327
60-80	8.850	19.810	71.340	SL	4.5	5.900	4.200	0.280	2.910	11.954	0.387	0.174	0.503
80-100	11.030	24.270	64.700	SL	4.5	5.300	4.100	0.220	2.960	9.155	0.668	0.196	1.100
100-120	12.620	18.420	68.960	SL	4.5	5.300	4.100	0.200	4.040	9.373	0.771	0.270	1.331
120-140	13.930	17.910	68.160	SL	4.5	5.200	4.000	0.140	4.810	9.642	0.697	0.290	0.658
140-150/160	14.680	16.530	68.790	SL	4	5.100	3.900	0.260	5.340	10.265	0.669	0.393	0.688
160-180	15.030	16.670	68.300	SL	4.5	5.400	3.900	0.110	4.810	7.881	0.733	0.337	0.653
180-200	13.770	16.850	69.380	SL	4	5.600	3.900	0.240	5.180	6.997	0.680	0.292	0.777
200-220	13.630	18.280	68.090	SL	4.5	5.300	4.000	0.140	4.820	6.706	0.841	0.371	0.762
220-240	14.230	16.380	69.390	SL	4.5	5.300	4.000	0.120	5.180	8.354	1.598	0.404	0.789
240-260	14.620	16.860	68.520	SL	4.5	5.300	4.000	0.090	4.830	7.913	1.919	0.435	0.772
260-280	13.960	17.140	68.900	SL	4.5	5.900	4.100	0.100	4.330	7.537	2.213	0.379	0.977
280-300	14.910	18.850	66.240	SL	4	5.800	4.100	0.110	4.700	7.565	2.017	0.407	0.854
300-310	15.900	20.910	63.190	SL	4.5	5.900	4.200	0.130	4.660	7.369	2.089	0.445	1.296
310-330	17.020	21.570	61.410	SL	4.5	5.800	4.100	0.140	5.720	7.792	2.453	0.491	0.903
330-350	18.210	22.770	59.020	SL	4	6.300	4.200	0.130	5.430	8.012	2.677	0.512	1.004
350-370	19.170	22.560	58.270	SL	4	5.900	4.100	0.100	6.340	9.064	2.719	0.591	1.143
370--390	20.250	21.140	58.610	SCL	4	5.800	3.900	0.080	7.290	8.844	2.909	0.617	1.252
390-410	19.650	22.220	58.130	SL	4	5.700	3.900	0.080	7.460	14.820	2.473	0.740	1.363
410-430	23.230	22.540	54.230	SCL	4	5.400	3.700	0.100	8.220	19.076	2.183	0.767	1.396

ตารางภาคผนวกที่ 1

Depth (cm)	Clay	Silt	Sand	Texture	pHf	pHw	pHk	OM	CEC7	Fe	Mn	Cu	Zn
	(..... % .....)				(.....1:5.....)			(%)	(meq/100g soil)	(.....ppm.....)			
Profile 4 (ต่อ)													
430-450	31.490	23.940	44.570	CL	4	5.600	3.800	0.100	12.660	18.254	2.024	0.794	1.647
450-470	39.610	31.530	28.860	CL	4	5.200	3.700	0.130	19.260	14.243	1.978	0.870	1.721
70-490	40.710	39.720	19.570	C	4.5	5.100	3.700	0.130	14.960	13.500	2.314	0.926	1.774
490-510	34.050	40.880	25.070	CL	4	5.000	3.600	0.110	16.330	18.504	3.287	0.906	1.909
510-530	30.490	40.550	28.960	CL	4	4.800	3.500	0.110	14.460	27.821	4.105	0.856	1.809
530-550	28.600	41.890	29.510	CL	4	5.000	3.500	0.100	13.610	32.220	5.049	0.727	1.709
550-570	30.040	42.030	27.930	CL	4.5	5.000	3.500	0.110	14.660	43.539	6.620	0.557	1.710
570-590	31.210	41.610	27.180	CL	4	4.800	3.500	0.110	14.460	42.661	7.828	0.685	1.859
590-610	33.080	46.770	20.150	CL	4	4.900	3.500	0.110	17.870	30.861	9.496	1.068	1.800
610+	33.590	42.640	23.770	CL	4	4.800	3.600	0.110	17.380	33.333	9.496	1.260	2.248
Profile 5													
0-15	2.490	28.990	68.520	SL	6.5	5.300	4.300	0.380	1.840	116.650	5.364	0.160	0.499
15-25/30	1.970	27.550	70.480	SL	6.5	6.000	4.700	0.410	0.790	5.588	0.308	0.116	0.154
30-50	1.590	26.930	71.480	SL	5.5	6.100	4.800	0.390	0.780	3.898	0.118	0.078	0.039
50-70	2.360	28.120	69.520	SL	5	6.100	4.500	0.330	0.570	3.988	0.198	0.079	0.258
70-90	2.260	31.260	66.480	SL	5.5	6.100	4.700	0.310	0.860	2.288	0.231	0.058	0.135
90-110	5.480	29.590	64.930	SL	5.5	5.900	4.500	0.230	1.130	2.194	0.850	0.079	0.296
10-130	6.530	30.180	63.290	SL	5.5	6.200	4.500	0.220	1.370	1.531	1.001	0.059	0.137
130-150	8.770	28.640	62.590	SL	5.5	5.900	4.300	0.410	2.020	4.216	1.328	0.135	0.597
150-170	8.010	30.960	61.030	SL	5.5	5.800	4.300	0.320	1.850	6.270	1.484	0.137	0.078
170-190	6.830	32.390	60.780	SL	5.5	5.700	4.300	0.270	1.590	5.959	2.843	0.136	0.195
190-210	10.240	32.890	56.870	SL	5	5.700	4.300	0.330	1.700	5.053	2.604	0.154	0.598
210-230	12.520	31.940	55.540	SL	4.5	5.700	4.200	0.310	3.410	4.020	1.529	0.196	0.294
230-250	14.070	31.400	54.530	SL	4.5	5.700	4.200	0.280	3.470	4.663	2.088	0.312	0.351
250-270	16.540	30.520	52.940	SL	4.5	5.600	4.200	0.100	3.950	5.232	3.012	0.328	1.023
270-290	12.700	31.560	55.740	SL	4.5	5.400	4.000	0.090	3.210	5.594	1.923	0.373	0.314
290-310	10.920	36.790	52.290	SL	4.5	5.400	4.100	0.070	2.610	4.882	1.529	0.314	0.235
310-330	12.110	39.060	48.830	L	4.5	5.400	4.100	0.050	2.930	4.334	1.213	0.378	0.179
330-350	18.430	38.810	42.760	L	4	5.300	4.000	0.100	5.520	7.175	1.562	0.501	0.328
350-370	27.890	38.550	33.560	CL	4.5	5.700	4.000	0.180	9.230	3.906	1.953	0.859	0.840

ตารางภาคผนวกที่ 1

Depth	Clay	Silt	Sand	Texture	pHf	pHw	pHk	OM	CEC7	Fe	Mn	Cu	Zn
(cm)	(..... % .....)				(.....1:5.....)			(%)	(meq/100g soil)	(.....ppm.....)			
Profile 5 (ต่อ)													
370-390	32.690	36.390	30.920	CL	4.5	5.700	4.000	0.130	9.810	4.532	1.576	0.808	0.532
390-400	35.320	38.660	26.020	CL	4	5.600	3.900	0.130	13.130	9.320	3.689	1.301	1.845
400-420	33.510	38.500	27.990	CL	4	4.900	3.900	0.080	17.100	69.192	4.187	1.535	5.583
420-440	24.840	34.600	40.560	L	4	4.800	3.900	0.070	7.910	131.148	1.543	2.160	0.193
440-460	23.130	31.800	45.070	L	5	4.900	3.900	0.070	6.330	94.613	2.351	2.096	2.037
460-470	0.760	3.140	96.100	S	4.5	5.200	4.100	0.000	0.560	11.337	0.215	0.176	0.527
Profile 6													
0-20	1.000	16.190	82.810	LS	5.5	5.700	4.100	0.460	1.710	36.399	21.878	0.178	0.639
20-40	0.580	15.940	83.480	LS	6	5.700	4.300	0.110	1.080	19.149	5.609	0.077	0.389
40-60/70	0.720	15.470	83.810	LS	6	5.800	4.400	0.060	0.460	15.505	2.159	0.065	0.147
70-80	0.770	15.620	83.610	LS	6	5.900	4.500	0.040	0.480	28.289	1.583	0.087	0.293
880-100	1.580	16.700	81.720	LS	6.5	6.200	4.500	0.040	0.670	39.805	3.902	0.100	0.111
100-120	1.500	14.480	84.020	LS	6.5	6.400	4.500	0.030	0.410	38.911	0.389	0.099	0.844
120-140	2.610	14.520	82.870	LS	6.5	6.300	4.400	0.040	0.490	21.574	0.389	0.138	0.194
140-160	1.670	14.410	83.920	LS	6.5	6.100	4.400	0.030	0.510	21.518	0.192	0.171	0.184
160-180	2.930	14.760	82.310	LS	5	6.900	4.600	0.040	0.990	21.548	0.196	0.161	0.496
180-200	3.560	15.400	81.040	LS	5	6.300	4.300	0.050	1.480	32.370	0.963	0.137	0.185
200-220	2.930	15.750	81.320	LS	5	5.300	4.300	0.050	1.400	20.000	0.337	0.196	0.208
220-240	4.520	15.520	79.960	LS	4.5	5.400	4.100	0.070	1.370	33.400	0.278	0.328	0.519
240-250	6.800	15.710	77.490	LS	4.5	5.300	4.100	0.070	2.990	50.049	0.430	0.506	0.383
250-270	6.440	19.060	74.500	SL	4.5	5.400	4.100	0.060	1.940	17.561	0.195	0.546	0.400
270-290	8.370	20.070	71.560	SL	4.5	5.600	4.000	0.080	2.900	30.333	0.587	0.798	0.544
290-300	13.580	18.080	68.340	SL	4.5	5.800	3.900	0.110	5.150	39.727	1.363	1.207	1.235
300-320	19.340	18.020	62.640	SL	4	6.100	3.800	0.150	5.020	18.462	3.558	1.365	2.373
320-340	21.860	19.810	58.330	SCL	4.5	6.300	3.800	0.140	8.250	14.035	4.269	1.472	3.349
340-360	25.430	19.860	54.710	SCL	4.5	6.500	3.800	0.120	11.110	13.981	6.117	1.419	9.282
360-380	30.240	21.410	48.350	SCL	4.5	6.400	3.800	0.140	14.720	19.324	7.729	1.874	6.551
380-400	27.860	29.220	42.920	CL	4	6.400	3.800	0.120	12.060	16.813	9.580	1.877	8.485
400-420	25.090	29.100	45.810	L	4.5	6.400	3.800	0.090	11.240	18.004	9.589	1.871	7.456

ตารางภาคผนวกที่ 1

Depth (cm)	Clay	Silt	Sand	Texture	pHf	pHw	pHk	OM	CEC7	Fe	Mn	Cu	Zn
	(..... % .....)				(.....1:5.....)			(%)	(meq/100g soil)	(.....ppm.....)			
Profile 6 (ต่อ)													
420-440	34.350	46.340	19.310	SICL	5	6.300	3.700	0.210	20.580	29.630	12.476	2.838	8.363
440-460	31.480	39.770	28.750	CL	5	6.300	3.700	0.110	15.100	27.122	11.512	2.550	4.195
460-480	39.830	40.470	19.700	SICL	5	6.200	3.700	0.120	24.960	31.589	13.372	2.196	6.628
480-500	44.640	39.520	15.840	CL	4	6.200	3.700	0.120	27.500	34.774	13.360	2.171	7.073
500-520	49.480	41.870	8.650	SIC	4.5	6.100	3.600	0.060	30.530	38.878	15.087	2.480	11.238
520-540	41.290	44.510	14.200	SIC	4.5	6.100	3.600	0.060	2.300	37.016	14.147	1.981	6.977
540-560	43.210	51.540	5.250	SIC	4.5	6.200	3.600	0.070	22.470	49.273	15.907	2.716	8.206
560-580	42.520	52.390	5.090	SIC	4.5	6.100	3.600	0.100	24.830	45.261	14.120	4.197	8.627
580-600	40.920	53.020	6.060	SIC	5	6.100	3.500	0.070	22.060	46.957	12.947	2.390	8.174
610	36.830	49.310	13.860	SIC	5	6.100	3.600	0.050	17.900	64.173	13.189	1.699	8.051