



การแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบ
ในแปลงนาลาดชันของพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม
อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

Distributions of Cadmium and Cationic Micronutrients in
Slope Terrain Paddy Field of Cadmium-Contaminated Area,
Mae Sot District, Tak Province

หลักสูตรปฐพีวิทยา
สาขาวิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะเทคโนโลยีการเกษตร

Program in Soil Science

Department of Plant Production Technology

Faculty of Agricultural Technology

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

King Mongkut's Institute of Technology

เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

Chaokhunta-harn Ladkrabang

กรุงเทพฯ 10520

Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปัญหาพิเศษปริญญาตรี
หลักสูตรปริญญาโท

เรื่อง

การแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบ
ในแปลงนาลาดชันของพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก
Distributions of Cadmium and Cationic Micronutrients in Slope Terrain Paddy Field of
Cadmium-Contaminated Area, Mae Sot District, Tak Province

โดย

นางสาวเบญจมาศ ช่วยเรือง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิวา กัญญาวงศ์หา)

อาจารย์ที่ปรึกษา

หลักสูตรรับรองแล้ว

(รศ.ดร.สุมิตรา ภู่วโรดม)

ประธานบริการหลักสูตรปริญญาโท

2 / ม.ค. / 2555

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบ
 ในแปลงนาลาดชันของพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก
 Distributions of Cadmium and Cationic Micronutrients in Slope Terrain Paddy Field of
 Cadmium-Contaminated Area, Mae Sot District, Tak Province



เลขหมู่.....
 เลขทะเบียน.....123779
 วัน, เดือน, ปี.....29 ๗๑. 2554

b.....
 i.....

เสนอ

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสาขานเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
 เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
 พ.ศ. 2554

บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง การแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบทุก ในแปลงนาลาด
ชั้นของพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ Distributions of Cadmium and Cationic Micronutrients in Slope
Terrain Paddy Field of Cadmium-Contaminated Area, Mae Sot
District, Tak Province

โดย นางสาวเบญจมาศ ช้วยเรือง

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

สาขาวิชา เทคโนโลยีการผลิตพืช

หลักสูตร ปริญญาตรี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ พรทิศา กัญญวงศ์หา

การศึกษาการแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบทุกในแปลงนาลาดชั้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม ขนาดแปลงประมาณ 10 ไร่ ของหมู่บ้านพะเต๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีสภาพภูมิประเทศเป็นที่สูงทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง และขอบแปลงด้านบน ส่วนด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลงแม้จะสูงกว่าตอนล่างของแปลง แต่ก็ต่ำกว่าด้านตะวันออกเฉียงใต้ น้ำจากระบบชลประทานพื้นบ้านระบายเข้าสู่แปลงที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน และระบายออกจากแปลงที่ขอบแปลงด้านล่าง ผลการศึกษาพบว่า แคดเมียมและจุลธาตุประจวบทุกอื่นมีปริมาณแตกต่างกันตลอดทั้งแปลงในทุกระดับความลึก ปริมาณที่พบเป็นดังนี้ แคดเมียม : 0.0024-22.81 ppm สังกะสี : 0.54-294.41 ppm เหล็ก : 5.98-225.24 ppm แมงกานีส : 10.95-139.01 ppm ทองแดง : 0.97-30.49 ppm และฟอสฟอรัส : 2.19-44.01 ppm ค่าวิเคราะห์ส่วนใหญ่มีปริมาณสูงที่ขอบแปลงด้านบนกับด้านตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นที่สูงกว่าบริเวณอื่น และส่วนใหญ่การแจกกระจายในรูปแบบที่ตามความลึก โดยตอนบน 10 เซนติเมตร จากผิวน้ำดินมีปริมาณสูงกว่าที่พบในความลึก 10-30 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด บริเวณที่มีน้ำขังมีค่าวิเคราะห์ที่กล่าวมาข้างต้นสูงกว่าบริเวณที่อยู่รอบ

ยกเว้น ฟอสฟอรัส เท่านั้นที่มีค่าต่ำกว่า ในขณะที่ เหล็ก แมงกานีส และทองแดง ของบริเวณดังกล่าว เพิ่มขึ้นตามความลึกหรือไม่แตกต่างกันมากนักตลอดช่วงความลึก 30 เซนติเมตร

สมบัติอื่นของดินพบว่า ปฏิริยาดินภาคสนาม (pH_f) ส่วนใหญ่อยู่ในพิสัย 7-8 และไม่ต่างกันมากนักในทุกระดับความลึก ในขณะที่ปฏิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) และปฏิริยาดินที่วัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ (pH_k) อยู่ในพิสัย 5.32-7.86 และ 4.79-6.89 ตามลำดับ และลดลงตามความลึก บริเวณที่มีน้ำขังมี pH_w และ pH_k ต่ำกว่าบริเวณอื่น โดยรวมการนำไฟฟ้า (EC) ของบริเวณน้ำขังมีค่าสูงกว่าบริเวณอื่นเป็นส่วนใหญ่ ตลอดพื้นที่ EC มีปริมาณอยู่ในพิสัย 35.7-2270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และลดลงตามความลึก แคลเมียมมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวกอย่างชัดเจนกับสังกะสี ($R^2 = 0.515$) และมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ pH_w ซึ่งตรงกันข้ามจากปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับเหล็ก และแคลเมียมมีปฏิสัมพันธ์ค่อนข้างน้อยกับฟอสฟอรัส

ผลการศึกษาสรุปว่าที่สูงด้านตะวันออกเฉียงใต้และด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนกับขอบแปลงด้านบนมีแคลเมียม จุลธาตุประจุบวก ฟอสฟอรัส ตลอดจนปฏิริยาดิน และการนำไฟฟ้า สูงกว่าบริเวณอื่นของแปลง บริเวณน้ำขังพบว่ามีธาตุเหล่านี้มากกว่าบริเวณอื่นโดยรวมเช่นกัน ยกเว้นธาตุฟอสฟอรัสและปฏิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w)

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปัญหาพิเศษของข้าพเจ้าในครั้งนี้บรรลุผลสำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์พรทิศา กัญญวงศ์หา อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ ที่ได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำ ชี้แจง และช่วยเหลือตั้งแต่ขั้นตอนในห้องปฏิบัติการจนถึงการจัดทำรูปเล่ม อีกทั้งช่วยแก้ไขในสิ่ง ที่ผิดพลาดให้ถูกต้องและสมบูรณ์แบบยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์หลักสูตรปริญญาทุกท่าน ที่ให้ความรู้ ให้คำปรึกษา และให้กำลังใจ

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรปริญญาทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ คำปรึกษา ในการทดลอง และอำนวยความสะดวกด้านวัสดุ อุปกรณ์ ในการทดลอง

ขอขอบคุณคุณคุณอนงนาฏ ศรีประโชติ ที่เป็นผู้ให้แนวความคิดและแนะนำพื้นที่ศึกษา

ขอขอบคุณคุณสุภารัตน์ บันพุ่มโพธิ์ ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือให้การจัดทำรูปเล่ม และให้กำลังใจมาโดยตลอด

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ปริญญาโทรุ่นที่ 24 ที่คอยช่วยเหลือในทุกเรื่อง อีกทั้งคอยถามไถ่ และเป็นกำลังใจห่วงใยกันมาโดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และคนครอบครัวทุกท่าน ที่ให้กำลังใจและสนับสนุน ในทุกเรื่องที่ผ่านมา

เบญจมาศ ช่วยเรื่อง

มีนาคม 2555

สารบัญเรื่อง

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	iii
กิตติกรรมประกาศ	v
สารบัญเรื่อง	vi
สารบัญตาราง	vii
สารบัญภาพ	viii
สารบัญตารางผนวก	ix
สารบัญภาพผนวก	x
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
ตรวจเอกสาร	4
วิธีศึกษา	21
ผลการศึกษา	23
วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา	46
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก	54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	เรื่อง	หน้า
1	ปริมาณของธาตุโลหะหนักบางธาตุที่พบในสารปรับปรุงดินทางการเกษตร	5
2	รูปของแคดเมียมที่มีศักยภาพว่าจะพบในดินและในน้ำ	6
3	องค์ประกอบทางเคมีของธาตุโลหะหนักในสารละลายดินที่เป็นกรดและด่าง	8
4	ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (relative mobility) ของโลหะบางธาตุกับค่า Eh และปฏิกิริยาดิน (pH)	9
5	ความเข้มข้นของ Cd และ Zn ที่พบในดิน	9
6	สรุปการดูดซับธาตุโลหะหนักบางธาตุในดิน	11
7	แสดงสถิติภูมิอากาศ ของจังหวัดอำเภอมะนัง จังหวัดตากในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2541 - 2543)	16
8	เปรียบเทียบค่าวิเคราะห์เฉลี่ยตลอดหน้าตัดดินและแต่ละช่วงความลึกระหว่างการศึกษาคั้งนี้และผลการศึกษาของสุภารัตน์ (2553)	50

สารบัญภาพ

ภาพที่	เรื่อง	หน้า
1	แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง	13
2	แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก	14
3	กราฟแสดงสถิติภูมิอากาศของ อำเภอแม่สอด จังหวัดตากในคาบ 30 ปี	17
4	แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง	18
5	แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่	19
6	ภาพจำลองแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ Transect ของพื้นที่ศึกษา	20
7	แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับจุลธาตุประจุบวก	40
8	แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดิน (pH_w) กับจุลธาตุประจุบวกและแคดเมียม	42
9	แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับฟอสฟอรัส	45

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่	เรื่อง	หน้า
1	แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (UTM) ของจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา	55
2	แสดงค่าวิเคราะห์ทางเคมีบางประการของดินที่เป็นกรณีศึกษา	56



สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
1ก	แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษา	66
1ข	ภาพจำลองตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ Transect ของพื้นที่ศึกษา	67
2	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_p)	68
3 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_p ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	70
3ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_p ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	70
3 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_p ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	71
3 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_p ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	71
4	แสดงความผันแปรแนวตั้งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w)	72
5 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	74
5 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	74
5 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	75
5 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	75
6	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ (pH_k)	76
7 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	78
7 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	78
7 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	79
7 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	79

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
8	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของการนำไฟฟ้าของดิน (EC)	80
9 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	82
9 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	82
9 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	83
9 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	83
10	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	84
11 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	86
11 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	86
11 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	87
11 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	87
12	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของแคดเมียม	88
13 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	90
13 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	90
13 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	91

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
13 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	91
14	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของสังกะสี	92
15 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	94
15 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	94
15 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	95
15 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	95
16	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของเหล็ก	96
17 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	98
17 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	98
17 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	99
17 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	99
18	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของแมงกานีส	100
19 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีส ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	102
19 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีส ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	102
19 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีส ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	103
19 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีส ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	103

สารบัญภาพภาคผนวก (ต่อ)

ภาพผนวกที่	เรื่อง	หน้า
20	แสดงความผันแปรในแนวตั้งของทองแดง	104
21 ก	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร	106
21 ข	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร	106
21 ค	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร	107
21 ง	แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	107



คำนำ

การปนเปื้อนแคดเมียมในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย พบได้ที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก โดยพบใน 3 ตำบล คือ ตำบลพระธาตุผาแดง ตำบลแม่ดาว ตำบลแม่กุ สาเหตุส่วนหนึ่งมาจากพื้นที่ดังกล่าวมีสินแร่สังกะสี จึงมีธาตุแคดเมียมซึ่งมักอยู่ร่วมกับแร่สังกะสีในปริมาณสูงตามมามากด้วย พื้นที่ส่วนใหญ่ในบริเวณนี้ใช้ทำนา ทำให้เมล็ดข้าวมีปริมาณแคดเมียมสูง บริเวณนี้นอกจากจะอาศัยน้ำฝนเพื่อทำนาแล้วยังมีระบบชลประทานพื้นบ้าน โดยผันน้ำจากลำน้ำแม่ดาวเข้าสู่ลำธารขนาดเล็กผ่านไปตามแปลงนาต่างๆ ลำน้ำแม่ดาวไหลจากด้านตะวันตกผ่านพื้นที่แห่งนี้และไหลลงสู่ลำน้ำเมย ซึ่งเป็นเส้นกั้นพรมแดนธรรมชาติระหว่างประเทศไทยกับสังคมนิยมแห่งสหภาพพม่า

มาตรฐานของสหภาพยุโรป (European Economic Community; EEC) ยอมรับให้มีแคดเมียมในดิน (ในรูปแคดเมียมทั้งหมด: Total from) ไม่เกิน 3 ppm ส่วนค่ามาตรฐานสำหรับเมล็ดข้าวมาตรฐานประเทศไทยคือไม่เกิน 0.4 ppm ในขณะที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Codex Committee on Food Additive and Contaminants; CCFAC) ยอมรับให้มีได้ไม่เกิน 0.2 ppm

ผลการศึกษาของสถาบันการจัดการนํ้านานาชาติ (International Water Management Institute; IWMI) ในระยะแรก (2541-2543) พบว่าแคดเมียมในดินจากแปลงนาหมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง มีปริมาณสูงกว่าที่มาตรฐานของสหภาพยุโรปกำหนดถึง 1,800 เท่า และกว่าร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวที่สุ่มตัวอย่างมาวิเคราะห์ มีแคดเมียมมากกว่าที่พบในเมล็ดข้าวที่ปลูกบริเวณอื่นถึง 100 เท่า และเป็นปริมาณแคดเมียมใกล้เคียงกับที่พบในเมล็ดข้าวของประเทศญี่ปุ่นแล้ว ทำให้เกิด โรคอิโต-อิโต และในระยะที่ 2 (2544-2546) ได้ศึกษาตามลำห้วยแม่ดาวที่ตำบลแม่ดาว (ทำยนํ้า) พบว่าดินมีแคดเมียมสูงกว่ามาตรฐานของสหภาพยุโรปถึง 72 เท่า ในขณะที่เมล็ดข้าวที่มีแคดเมียมสูงกว่ามาตรฐานถึงกว่าร้อยละ 80 ของตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ (ฐิตินันท์ และอวยพร, 2547)

สุภารัตน์ (2553) วิเคราะห์ปริมาณแคดเมียมและจุลธาตุประจวบกันในแปลงนาหมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ขนาด 12 ไร่ ที่มีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ ถึงลูกคลื่นลอนลาด พบความผันแปรของแคดเมียมทั้งในแนวตั้งและในแนวราบ โดยทั่วทั้งแปลงมีแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.02-2.26 ppm และดินบน 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร มีปริมาณสูงกว่าที่พบใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 10-30 เซนติเมตรอย่างชัดเจน และบริเวณขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือถึงตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งมีทางระบายน้ำเข้ามาจากลำธารขนาดเล็กที่ผันน้ำโดยระบบชลประทานพื้นบ้านจากลำน้ำแม่ดาว มีปริมาณแคดเมียมรวมทั้งจุลธาตุประจวบกับอื่น (เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี) สูงกว่าที่พบในบริเวณอื่น นอกจากนี้ยังพบปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวกระหว่าง แคดเมียมกับปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) และปฏิสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างแคดเมียมกับจุลธาตุประจวบกับโดยเฉพาะสังกะสีอีกด้วย

แปลงนาในบริเวณนี้ มีสภาพภูมิประเทศหลากหลาย เช่น พื้นที่ราบเรียบ เป็นที่นาขั้นบันได เป็นแอ่งกระทะ และเป็นที่นาในหุบเขา เป็นต้น การระบายน้ำจากลำธารขนาดเล็กในระบบชลประทานพื้นบ้านก็แตกต่างกันในแต่ละแปลง ปัจจัยเหล่านี้อาจทำให้มีแคดเมียมและจุลธาตุประจวบกับแตกต่างกันไป จากผลการศึกษาของสุภารัตน์ (2553)

ดังนั้นจึงสนใจศึกษาการแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบกับในแปลงนาของพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม โดยเลือกแปลงนาลาดชันเป็นกรณีศึกษา



วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณและการแจกกระจายของแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกในแปลงนาลาดชันของพื้นที่ปนเปื้อนแคดเมียม
2. เพื่อศึกษาปฏิสัมพันธ์สัมพันธ์ระหว่าง แคดเมียมกับจุลธาตุประจุบวก จุลธาตุประจุบวกและแคดเมียมกับปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ และแคดเมียมกับฟอสฟอรัส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

แคดเมียม

แคดเมียมเป็นหนึ่งในธาตุโลหะหนักที่พบน้อยมาก เมื่อเทียบกับธาตุโลหะหนักอื่นในดิน คือในเปลือกโลกแคดเมียมพบเพียงหนึ่งร้อยส่วนในหนึ่งพันล้านส่วน (100 ppm) ในขณะที่มีเหล็ก 4.32%, แมงกานีส 716 ppm, สังกะสี 65 ppm และทองแดง 25 ppm (van der Perk, 2006) ซึ่งจะเห็นว่าแคดเมียมมีปริมาณต่ำกว่าสังกะสีมากกว่าหนึ่งพันล้านเท่า

แคดเมียมในดิน พบในบริเวณที่เกิดจากการฝังอยู่กับที่ของหินที่มีธาตุนี้เป็นองค์ประกอบ โดยส่วนใหญ่หินอัคนีจะมีแคดเมียมมากกว่าหินตะกอน และหินอัคนีสีเข้มจะมีแคดเมียมมากกว่าหินอัคนีสีจาง (Ross, 1994) สารประกอบแคดเมียมที่พบในธรรมชาติ เช่นแคดเมียมคลอไรด์ (CdCl_2) และแคดเมียมซัลเฟต (CdSO_4)

แคดเมียมมีสมบัติทางเคมีบางประการคล้ายสังกะสี รูปที่พบในสภาพออกซิเดชันคือ Cd^{+2} ส่วนใหญ่แคดเมียมมักจะอยู่ร่วมกับสังกะสีในรูปสารประกอบเชิงซ้อนของซัลไฟด์และคาร์บอเนต โดยแคดเมียมจะอยู่ร่วมกับแร่ซิงค์ซัลไฟด์ (ZnS) ในรูปแคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) และพบอยู่ร่วมกับแร่ซิงค์ซิลิเกต (Zn_2SiO_4) และซิงค์คาร์บอเนต (ZnCO_3) (van der Perk, 2006)

แคดเมียมในดินเกิดจากการสลายตัวฝังของหินที่มีธาตุนี้เป็นองค์ประกอบ และโดยกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร ในบางเวลาอาจทำให้น้ำดินไหล กระจุนให้เกิดการกร่อนดิน ทำให้อนุภาคดินถูกเคลื่อนย้ายไปทับถมที่อื่น แคดเมียมในดินจึงไปปนเปื้อนในบริเวณอื่นด้วย นอกจากนี้กิจกรรมอื่นๆ ของมนุษย์ก็ทำให้มีแคดเมียมปนเปื้อนสู่สภาพแวดล้อมได้ด้วย เช่น การถลุงแร่โลหะ อุตสาหกรรมพลาสติกและไมโครอิเล็กทรอนิกส์ การเกษตร ตลอดจนการกำจัดของจากบ้านเรือน Ross (1994) รายงานว่าในแต่ละปีทั่วทั้งโลกมีแคดเมียมจากแหล่งต่างๆ ลงสู่ดินมากถึง $5.6\text{--}38 \times 10^6$ กิโลกรัม

การใช้สารปรับปรุงดินด้านการเกษตรก็ทำให้แคดเมียมปนเปื้อนในดินได้เช่นเดียวกัน (ตารางที่

1) การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตจะมีแคดเมียมลงสู่พื้นที่เกษตรมากกว่าใส่ปุ๋ยไนเตรตและใส่ปูน นอกจากนี้การใช้

น้ำชลประทานที่มีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบติดต่อกันเป็นเวลานาน ก็อาจทำให้มีแคดเมียมสะสมในดินจนถึงระดับที่เป็นพิษต่อพืชที่ปลูก (Ross, 1994)

ตารางที่ 1 ปริมาณของธาตุโลหะหนักบางธาตุที่พบในสารปรับปรุงดินทางการเกษตร (หน่วย $\mu\text{g g}^{-1}$)

ธาตุ	Sewage sludge	Composted refuse	Farmyard manure	ปุ๋ย ฟอสเฟต	ปุ๋ย ไนเตรต	ปุ๋ย ปูน	สารกำจัดศัตรูพืช	น้ำชลประทาน
Mn	60-3900	-	30-969	40-2000	-	40-1200	-	-
Cu	50-8000	13-3580	2-172	1-300	-	2-125	-	-
Zn	91-49000	82-5894	15-560	50-1450	1-42	10-450	-	-
Cd	< 1-3410	0.01-100	0.1-0.8	0.1-190	0.05-8.5	0.04-0.1	-	<0.05

ที่มา ดัดแปลงจาก Ross (1994)

รูปของแคดเมียมในดิน

1. แคดเมียมที่อยู่ในแร่ปฐมภูมิ อยู่ในรูปแร่ต่างๆ เช่น ซิงค์ซัลไฟด์ (ZnS) แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) นอกจากนี้ยังอยู่ร่วมกับแร่ซิงค์ซิลิเกต (Zn_2SiO_4) และ ซิงค์คาร์บอเนต (ZnCO_3)
2. แคดเมียมในรูปสารละลายดิน ได้แก่ Cd^{2+} พืชพืชสามารถดูดขึ้นไปสะสมจนอาจเป็นพิษแก่คนหรือสัตว์ที่บริโภคพืชนั้นติดต่อกันเป็นเวลานาน
3. แคดเมียมในรูปอินทรีย์อยู่ในเศษซากพืชซากสัตว์ เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ได้รับแคดเมียมเข้าไป เมื่อตายลงจะยังคงมีแคดเมียมเป็นองค์ประกอบ
4. แคดเมียมในรูปที่ถูกดูดซับที่ผิวของอนุภาคดินเหนียวและฮิวมัส ซึ่งสามารถออกสู่สารละลายดินได้โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange reaction)

รูปของแคดเมียมที่มีศักยภาพว่าจะพบในดิน ได้แก่ แคดเมียมที่อยู่ในรูปสารประกอบแคดเมียมออกไซด์ (CdO) แคดเมียมคาร์บอเนต (CdCO_3) แคดเมียมฟอสเฟต แคดเมียมซัลไฟด์ (CdS) และแคดเมียมคลอไรด์ โดยจะดูดซับอยู่กับแร่ดินเหนียวพวกออกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมกับฮิวมัสในดิน และถ้าเกิดการตกตะกอนก็จะเป็นแคดเมียมคาร์บอเนตเมื่อดินมีปฏิกิริยาดิน (pH) สูง ในขณะที่น้ำมีศักยภาพที่จะพบแคดเมียมในรูปไอออนอิสระ (Cd^{+2}) แคดเมียมที่เป็นคีเลตกับสารอินทรีย์ รวมทั้งแคดเมียมที่ดูดซับกับแร่ดินเหนียวที่แขวนลอยในน้ำ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 รูปของแคดเมียมที่มีศักยภาพว่าจะพบในดินและในน้ำ

ดิน				น้ำ		
ธาตุ	สารประกอบ	การดูดซับ	กระบวนการ	สารประกอบ	ขนาด (mm)	สภาพ
Cd	CdO, CdCO ₃ ,	Al/Fe	การ	Cd ²⁺ ไอออนอิสระ	<1	ละลาย
	CdS (reducing),	oxide	ตกตะกอน	Cd fulvate : อินทรีย์		
	Cd(PO ₄) ₂ oxic,	clays	ของ CdCO ₃	คิเลทน้ำหนักโมเลกุล	1-10	
	CdCl ₂	SOM ^a	ที่ pH สูง	ต่ำ		
				Cd-clay : ถูกดูดยึด	>1000	

a : SOM = soil organic matter

ที่มา ดัดแปลงจาก Ross (1994)

จุลธาตุประจุบวก (Cationic micronutrients)

เหล็ก (Iron; Fe)

เปลือกโลกมีเหล็กในรูปอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 5 และมีมากเป็นอันดับสี่ของธาตุในส่วนที่เป็นธรณีภาค ในช่วงพัฒนาการของดิน เหล็กมีทั้งมากขึ้นและลดลงทำให้ความเข้มข้นของเหล็กในดินผันแปรอย่างมากโดยอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.7-55 แทบทั้งหมดของเหล็กในดินพบในแร่ปฐมภูมิ แร่ดินเหนียว ออกไซด์ และไฮดรอกไซด์ (Havlin *et al.*, 1999)

รูปที่เป็นประโยชน์ของเหล็กในดินคือ Fe²⁺, Fe³⁺ และ Fe-chelate แม้ว่าเหล็กเป็นธาตุที่มีมากในแร่ปฐมภูมิและแร่ทุติยภูมิที่พบในดิน แต่ความเป็นประโยชน์จะต่ำมากจนจำกัดการเจริญเติบโตของพืช

แมงกานีส (Manganese, Mn)

แมงกานีสทั้งหมดในดินอยู่ในพิสัย 20-3,000 ppm (เฉลี่ย 600 ppm) แมงกานีสในดินพบในรูปออกไซด์และไฮดรอกไซด์หลายชนิดเคลือบอยู่บนอนุภาคดิน ตกตะกอนในรอยแตกและช่องว่างในดิน และผลมอยู่กับเหล็กออกไซด์กับองค์ประกอบอื่นๆของดิน รูปที่เป็นประโยชน์ที่พบในสารละลายดิน คือ Mn²⁺ และ Mn-chelate

รูปหลักของแมงกานีสในสารละลายดินคือ Mn^{2+} สิ่งที่ควบคุมความเข้มข้นของ Mn^{2+} ในสารละลายดินคือปริมาณแร่ MnO_2 ในดินกรดและดินที่เป็นกลางมักพบ Mn^{2+} ในสารละลายดินเพียง 0.01-1 ppm โดยที่ปริมาณร้อยละ 90 ของ Mn^{2+} ในสารละลายดินเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุ (Havlin *et al.*, 1999) แมงกานีสในรูปที่เคลื่อนที่ได้และรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณต่ำมาก ปฏิกริยาดิน (pH) และค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (redox potential, Eh) เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อความเป็นประโยชน์ของแมงกานีส สภาพน้ำขังและ/หรือระดับ pH ที่ต่ำกว่า 6 ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยารีดักชันเปลี่ยนเป็นรูปที่เคลื่อนที่ได้มากขึ้นและเป็น Mn^{2+} ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มาก ในขณะที่ pH สูงและดินถูกออกซิไดซ์จะทำให้ Mn^{2+} เปลี่ยนรูปไปเป็น Mn^{4+} อันเป็นรูปออกไซด์ในดินที่ไม่ละลายน้ำ (Gambrell, 1996)

สังกะสี (Zinc, Zn)

สังกะสีในดินมีปริมาณอยู่ในพิสัย 10-300 ppm (เฉลี่ย 50 ppm) รูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่พบได้ในสารละลายดิน คือ Zn^{2+} และ Zn-chelate สารละลายดินมีสังกะสีต่ำมากอยู่ในพิสัย 2-70 ppm โดยมากกว่าครึ่งหนึ่งของ Zn^{2+} ในสารละลายดินเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุ (Havlin *et al.*, 1999)

ทองแดง (Copper, Cu)

ความเข้มข้นของทองแดงในดินอยู่ในพิสัย 1-40 ppm (เฉลี่ย 9 ppm) ในดินที่ขาดทองแดงอาจมีทองแดงทั้งหมดเพียง 1-2 ppm เท่านั้น ความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายดินมักต่ำมาก รูปที่เป็นประโยชน์ของทองแดงคือ Cu^{+2} และ Cu-chelate แทบทั้งหมดของทองแดงที่ละลายได้ในผิวหน้าดินมักเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับอินทรีย์วัตถุและถูกอินทรีย์วัตถุดูดยึดเอาไว้ด้วยแรงที่มากกว่าจุลธาตุอื่นๆ (Havlin *et al.*, 1999)

องค์ประกอบทางเคมีของโลหะหนักในสารละลายดิน

ตารางที่ 3 แสดงองค์ประกอบทางเคมีของธาตุโลหะหนักในสารละลายดิน จะเห็นว่าไม่ว่าดินจะเป็นกรดหรือด่างก็ตามสามารถพบแมงกานีส แคดเมียมและสังกะสีได้ในรูป Mn^{2+} , Cd^{2+} และ Zn^{2+}

ตามลำดับเสมอ ในขณะที่โลหะหนักธาตุอื่นจะเปลี่ยนรูปไปจากเดิม เช่น เปลี่ยนจาก Fe^{2+} (ดินต่าง) ไปเป็น Fe^{3+} (ดินกรด) เป็นต้น

ตารางที่ 3 องค์ประกอบทางเคมีของธาตุโลหะหนักในสารละลายดินที่เป็นกรดและต่าง (สภาพออกซิเดชัน)

โลหะ	ชนิดหลัก	
	ดินต่าง	ดินกรด
Mn	Mn^{2+} , $MnSO_4$, organic complexes	Mn^{2+} , $MnSO_4^0$, $MnCO_3^0$, $MnHCO_3^+$, $MnB(OH)_4^+$
Fe	Fe^{2+} , $FeSO_4^0$, $FeH_2PO_4^+$	$FeCO_3^0$, Fe^{3+} , $FeHCO_3^+$, $FeSO_4$
Cu	Cu^{2+} , organic complexes	$CuCO_3^0$, organic complexes, $CuB(OH)_4^+$, $Cu(B(OH)_4)_2^0$
Cd	Cd^{2+} , $CdSO_4^0$, $CdCl^+$	Cd^{2+} , $CdCl^+$, $CdSO_4^0$, $CdHCO_3^+$
Zn	Zn^{2+} , $ZnSO_4^0$	$ZnHCO_3^+$, $ZnCO_3^0$, Zn^{2+} , $ZnSO_4^0$, $ZnB(OH)_4^+$

ที่มา ดัดแปลงจาก Ross (1994)

ความสัมพันธ์ระหว่างค่าศักย์รีดอกซ์ (Eh) และปฏิกิริยาดิน (pH) กับการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (Relative mobility) ของธาตุโลหะหนักในดิน

โลหะหนัก (สังกะสี, ทองแดง, แคดเมียม, แมงกานีส และเหล็ก) ค่อนข้างเคลื่อนที่ได้ดีเมื่อดินเป็นกรด และมีการระบายอากาศ มีแคดเมียมเท่านั้นที่เคลื่อนที่ได้ปานกลางในดินที่เป็นกรดถึงเป็นต่าง และในสภาพขาดออกซิเจนทั้งแคดเมียมและสังกะสีจะเคลื่อนที่ได้ช้ามากถึงเคลื่อนที่ไม่ได้ (ตารางที่ 4) ซึ่งสิ่งนี้อาจนำมาประยุกต์ใช้เพื่อควบคุมปริมาณแคดเมียมที่พืชจะดูดขึ้นไปสะสมในสวนเหนือดินได้

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (relative mobility) ของโลหะบางธาตุกับค่า Eh และ
ปฏิกิริยาดิน (pH)

Relative mobility	Soil condition			
	Oxidizing	Acid	Neutral-alkaline	Reducing
Very High	-	-	-	-
High	Zn	Zn	-	-
Medium	Cu, Cd	Cd	Cd	-
Low	-	-	-	-
Very low to immobile	Fe, Mn	-	Zn	Zn, Cd

ที่มา ดัดแปลงจาก Ross (1994)

ความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีที่พบในดิน

ตารางที่ 5 แสดงความเข้มข้นของแคดเมียมและสังกะสีที่พบในดิน จะเห็นว่า ค่าที่เป็นพิษของแคดเมียม (Total form) คือมากกว่า $3-8 \mu\text{g g}^{-1}$ dry wt ส่วนค่าเฉลี่ยที่พบในสารละลายดินคือ $0.06 \mu\text{g g}^{-1}$ และค่าที่ถือว่าเป็นพิษคือ มากกว่า 0.001 mg l^{-1} นั่นคือ ถ้ามีแคดเมียมในสารละลายดินไม่ว่าจะปริมาณน้อยเพียงใดก็ตาม แสดงว่าพืชสามารถดูดขึ้นไปสะสมและอาจส่งผลเสียต่อมนุษย์และสัตว์ที่บริโภคพืชนี้ติดต่อกันเป็นเวลานาน

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของ Cd และ Zn ที่พบในดิน

ธาตุ	ในดิน (Total form)		ในสารละลายดิน	
	ค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g g}^{-1}$ dry wt)	ค่าที่ถือว่าเป็นพิษ	ค่าเฉลี่ย ($\mu\text{g g}^{-1}$)	ค่าที่ถือว่าเป็นพิษ (mg l^{-1})
Cd	0.01-7	3-8	0.06	0.001
Zn	10-300	70-400	50	< 0.005

ที่มา ดัดแปลงจาก Ross (1994)

ความเป็นพิษของแคดเมียม

ปริมาณแคดเมียมในดินเป็นพิษที่ว่า (Total form) คือ 3 ppm ขึ้นไป (European Economic Community; EEC) ในเมล็ดข้าวเปลือกตามมาตรฐานสากลมีปริมาณ 0.2 ppm (Codex Committee on Food Additive and Contaminants; CCFA) ส่วนในเมล็ดข้าวเปลือกตามมาตรฐานประเทศไทยมีปริมาณ 0.4 ppm แคดเมียมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยการหายใจ หรือการรับประทานอาหารที่ปนเปื้อนแคดเมียม การหายใจในอากาศที่มีแคดเมียมปนอยู่สูงจะเป็นอันตรายต่อปอดและเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ การรับประทานอาหารและดื่มน้ำที่มีแคดเมียมปนเปื้อนอยู่ในปริมาณสูงมากจะกัดกร่อนกระเพาะ ทำให้อาเจียน และท้องเสีย การได้รับแคดเมียมทีละน้อยจากอากาศ น้ำ และอาหาร เป็นเวลานาน ทำให้เกิดการสะสมแคดเมียมในไต ทำให้เกิดการทํางานผิดปกติของอวัยวะภายใน เช่น ตับและไต การเจริญเติบโตที่ผิดปกติของกระดูก ภาวะกระดูกพรุน และถึงขั้นร้ายแรงที่ป่วยด้วยโรค "อิต-อิต" (Ragan และ Mast, 1990)

ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมและจุลธาตุประจวบในดิน

1. วัตถุประสงค์กำเนิดดิน มีอิทธิพลในกรณีที่ดินมีพัฒนาการต่ำ วัตถุประสงค์กำเนิดที่มีแคดเมียมและจุลธาตุประจวบสูง เมื่อสลายตัวผุพังเป็นดินก็จะให้ธาตุเหล่านี้สูงตามไปด้วย นั่นคือ ดินที่เกิดจากหินอัคนี ให้โลหะหนักเหล่านี้สูงกว่าดินที่เกิดจากหินตะกอน
2. ปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวและความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจวบ (CEC) โดยทั่วไปดินเนื้อละเอียดมักมีประจวบสูงกว่าดินเนื้อหยาบ เนื่องจากมีแร่ดินเหนียวในปริมาณมากจึงมีประจวบที่สามารถดูดซับไอออนประจวบได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ (มี CEC สูงกว่า) รูปที่พบมากของโลหะหนักและจุลธาตุประจวบ คือ รูปที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Exchangeable forms)
3. ปฏิกริยาดิน (pH) เมื่อ pH เป็นกรด สารละลายดินจะมีจุลธาตุประจวบและแคดเมียมสูงกว่า เมื่อ pH เป็นด่าง ถ้า pH ของดินลดลง สารละลายดินก็จะมีโลหะหนักเหล่านี้มากขึ้นด้วย
4. อินทรีย์วัตถุ อินทรีย์วัตถุเป็นทั้งแหล่งของโลหะหนัก (ในรูปอินทรีย์) และสามารถดูดซับโลหะหนักเอาไว้ โดยการแตกตัวของหมู่ functional groups นั่นคือ ถ้าดินมีอินทรีย์วัตถุสูง โลหะหนักก็สูงตามไปด้วย

ตารางที่ 6 สรุปการดูดซับธาตุโลหะหนักบางธาตุในดิน

ธาตุโลหะหนัก	ลักษณะการดูดซับ
แคดเมียม (Cd)	<p><u>ปัจจัยที่มีอิทธิพล :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. pH : เพิ่ม pH = เพิ่มการดูดซับแคดเมียม 2. CEC : CEC เพิ่มขึ้น = การดูดซับแคดเมียมมากขึ้น 3. O.M. : O.M. เพิ่มขึ้น = การดูดซับแคดเมียมมากขึ้น 4. CaCO₃ : CaCO₃ เพิ่มขึ้น = การดูดซับแคดเมียมมากขึ้น <p><u>ไอออนประจุบวกที่แข่งขันกับแคดเมียม :</u></p> <p>Ca²⁺, CO²⁺, Cr²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺ และ Pb²⁺ สามารถแข่งขันกับ Cd²⁺ ในการดูดซับบนประจุลบของแร่ดินเหนียว</p> <p><u>สารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์แคดเมียม :</u></p> <p>สารประกอบเชิงซ้อน Cd-humic acid เสถียรน้อยกว่าที่พบใน Pb หรือ Cu</p>
ทองแดง	<p><u>ปัจจัยที่มีอิทธิพล :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ความเข้มข้นต่ำมีผลต่อการดูดซับ ทองแดง น้อยกว่าที่พบในโลหะหนักธาตุอื่น 2. อินทรีย์วัตถุและออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส มีความสำคัญมากในการควบคุมการดูดซับ Cu <p>แร่ดินเหนียวและ CEC มีความสำคัญน้อยต่อการดูดซับ Cu</p> <p><u>ไอออนประจุบวกที่แข่งขันกับ Cu :</u></p> <p>เมื่อเปรียบเทียบกับ Cd²⁺ พบว่า Ca²⁺ มีผลน้อยมากต่อการปลดปล่อย Cu²⁺ ออกสู่สารละลายดิน</p> <p><u>สารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ทองแดง :</u></p> <p>Humid acid และ fulvic acid ยึด Cu²⁺ ด้วยแรงที่สูงมาก Cu-chelate ที่ละลายได้</p> <p>เป็นรูปของ Cu ที่สำคัญในสารละลายดิน</p>

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ธาตุโลหะหนัก	ลักษณะการดูดซับ
สังกะสี	<p><u>ปัจจัยที่มีอิทธิพล :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การเปลี่ยนแปลงค่า pH ที่ความเข้มข้นต่ำมีผลต่อการดูดซับ Cu น้อยกว่าที่พบในโลหะหนักธาตุอื่น 2. อินทรีย์วัตถุและออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส มีความสำคัญมากในการควบคุมการดูดซับ Cu 3. แร่ดินเหนียวและ CEC มีความสำคัญน้อยต่อการดูดซับ Cu <p><u>ไอออนประจุบวกที่แข่งขันกับ Cu :</u></p> <p>เมื่อเปรียบเทียบกับ Cd^{2+} พบว่า Ca^{2+} มีผลน้อยมากต่อการปลดปล่อย Cu^{2+} ออกสู่สารละลายดิน</p> <p><u>สารประกอบเชิงซ้อนอินทรีย์ทองแดง :</u></p> <p>Humic acid และ fulvic acid ยึด Cu^{2+} ด้วยแรงที่สูงมาก Cu-chelate ที่ละลายได้เป็นรูปของ Cu ที่สำคัญในสารละลายดิน</p>

ที่มา: ดัดแปลงจาก Ross (1994)

อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ภูมิประเทศ

อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มีภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นเนินเขาและภูเขา (ภาพที่ 1) โดยที่ด้านตะวันตกของพื้นที่เป็นที่ต่ำกว่าบริเวณอื่นและลาดลงสู่แม่น้ำเมยซึ่งไหลจากทิศใต้ไปยังทิศเหนือ ตั้งแต่ตอนกลางของพื้นที่ไปจนถึงด้านตะวันตกเป็นเนินเขาและเทือกเขาสูง ทำให้ลำน้ำต่างๆ ไหลจากตะวันออกไปยังตะวันตกลงสู่แม่น้ำเมย ลำน้ำที่สำคัญได้แก่ ห้วยแม่สอด ห้วยแม่ตาว และห้วยแม่กุหลอง เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง

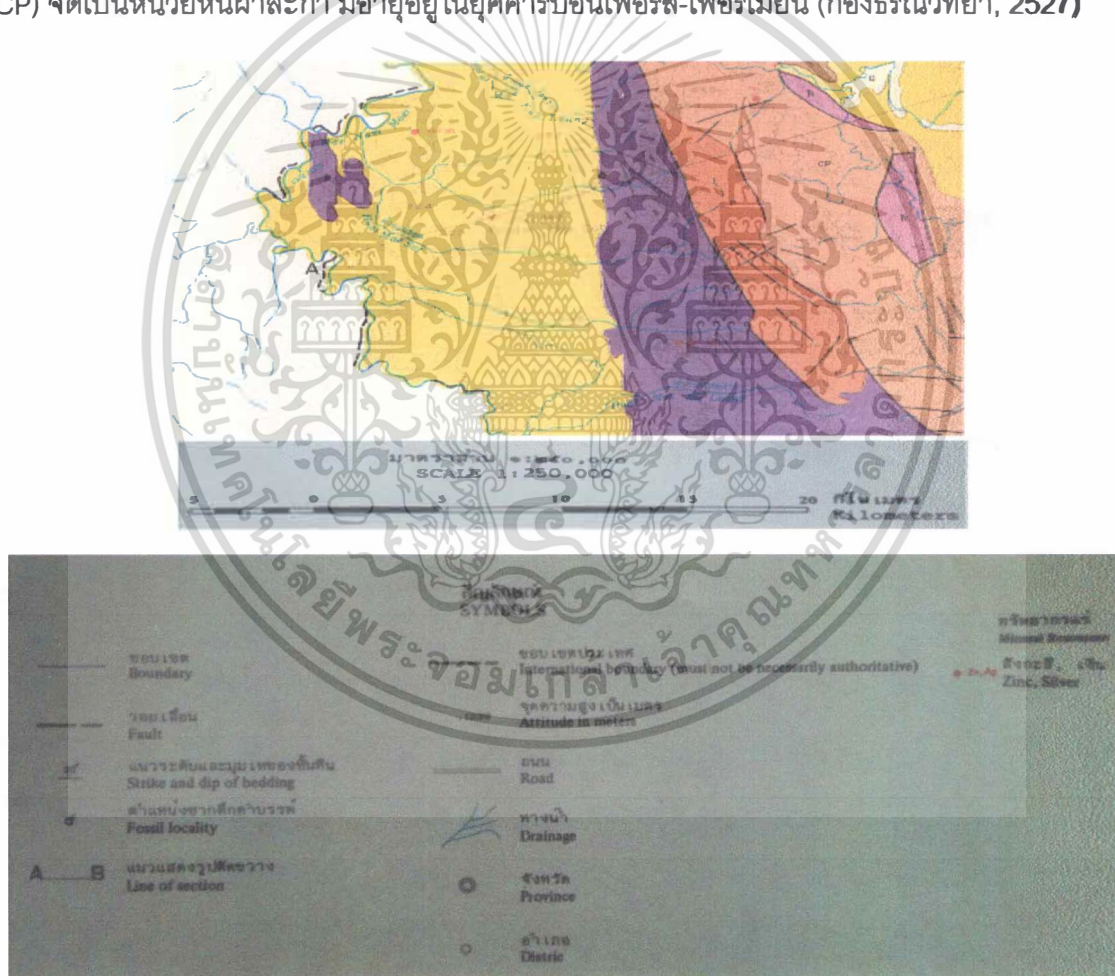
ที่มา ดัดแปลงจาก แผนที่ประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000 ลำดับชุด 1501S ระวัง NE47-14 (มาตราเล็ก) กรมแผนที่ทหาร (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธรณีวิทยา

ภาพที่ 2 แสดงลักษณะธรณีวิทยาของอำเภอแม่สอด จะเห็นว่าด้านตะวันตกของอำเภอแม่สอด ส่วนใหญ่เป็นหินดินดานและหินน้ำมัน (T) จัดอยู่ในหน่วยหินแม่สอดมีอายุอยู่ในยุคเทอร์เชียรี ที่ตอนกลางของพื้นที่เป็นหินปูนสีเทาถึงสีเทาดำ (R₁) และหินปูนสีเทาอ่อนที่วางเรียงตัวกัน จัดเป็นหน่วยหินห้วยหินฝน มีอายุอยู่ในยุค ไทรแอสสิกตอนบนจูแรสสิก สิ้นแร่สังกะสีและเงินก็พบในบริเวณนี้จึงมีความเป็นไปได้ที่จะมีธาตุแคดเมียมอยู่ร่วมด้วย

หน่วยหินอื่นๆที่พบได้แก่ หินปูนเนื้อสมานแน่นปนโคลไรต์ (P) จัดเป็นหน่วยหินดอยพระวอมีอายุอยู่ในยุคเพอร์เมียน และหินปูนแบบชั้นมีก้อนเชิร์ต หินดินดานสีเทา หินทรายและหินดินดานเนื้อถ่าน (CP) จัดเป็นหน่วยหินผาละกา มีอายุอยู่ในยุคคาร์บอนิเฟอรัส-เพอร์เมียน (กองธรณีวิทยา, 2527)



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะทางธรณีวิทยาของ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ที่มา ดัดแปลงจาก แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตรฐาน 1:250,000 ราวาง NE 47-14 (เมาะลำเลิง) กองธรณีวิทยา (2527)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์ที่พบในภาพที่ 2

	ชั้นหินและหินแปร	หน่วย	อายุ
	SEDIMENTARY AND METAMORPHIC ROCKS	FORMATION	AGE
T	หินดินดานและหินน้ำมามีซากสัตว์ดึกดำบรรพ์ของพวกปลา แมลงและใบไม้ต่างๆ หินกรวด หินทราย และหินปูนสีเทาถึงสีเทาอ่อน พบซากสัตว์ของพวกหอยขม ถ่านหินและดินสอพอง	แม่สอด MAESOT	เทอร์เชียรี TERTIARY
R ₁	หินปูนสีเทาถึงสีเทาดำ และหินปูนสีเทาอ่อนที่เป็นชั้นๆวางเรียงตัวกัน พบซากดึกดำบรรพ์ของแอมโมไนท์ - แบคทีเรียและคอรัลรีฟ สลับด้วยหินดินดาน หินทรายและหินกรวดมนเนื้อหินปูน สีเทาถึงสีน้ำตาลแดง	ห้วยหินฝน HUAI HIN FON	ไทรแอสซิกตอนบน-จูแรสซิก Upper TRIASSIC-JURASSIC
P	หินปูนเนื้อสमानแน่นปนโดโลไมต์ ไม่มีซากบรรพ์ ชีวิน หินปูนสีเทา หินดินดานและหินทราย	ดอยพระวอ DOI PHAWAR	เพอร์เมียน PERMAIN
CP	หินปูนแบบชั้นมีก้อนเชิร์ต และหินดินดานเนื้อดำ	ผาละกา PHARAKA	คาร์บอนิเฟอรัส - เพอร์เมียน CARBONIFEROUS - PERMAIN

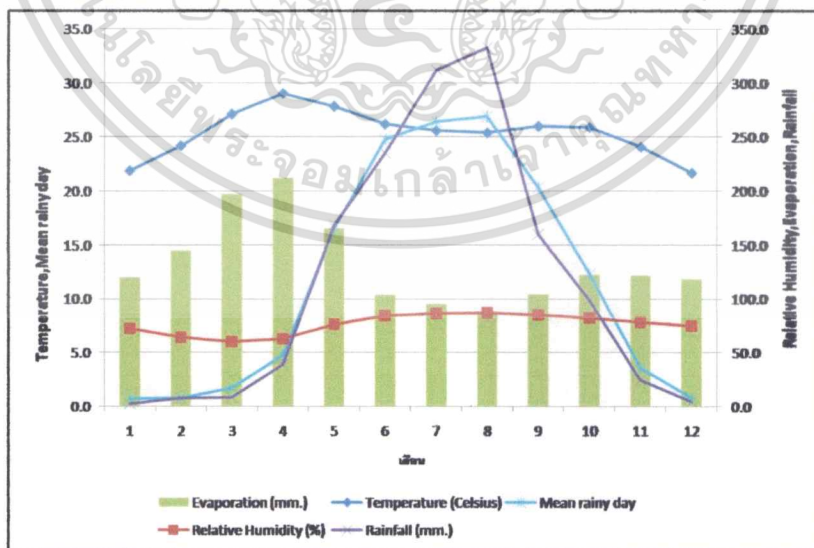
ตารางที่ 7 แสดงสถิติภูมิอากาศ ของจังหวัดอำนาจเจริญตลอด จังหวัดตากในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2541 - 2543)

	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	ANNUAL
Temperature (Celsius)													
Mean	21.9	24.2	27.1	29.0	27.8	26.2	25.6	25.4	26.0	25.9	24.1	21.7	25.4
Mean max	31.0	33.4	35.6	36.5	33.9	31.1	30.1	29.8	31.2	31.8	30.9	30.0	32.1
Mean min	14.6	16.2	19.6	22.9	23.9	23.5	23.1	23.0	23.1	22.2	19.0	15.1	20.5
Relative Humidity (%)													
Mean	72	64	60	63	76	84	86	87	85	82	78	75	76
Mean max	94	90	85	84	90	95	95	96	96	95	95	95	93
Mean min	40	34	34	40	56	69	72	73	67	62	52	45	54
Evaporation (mm.)													
Mean - pan	119.8	144.8	196.9	212.0	164.9	103.6	95.0	88.1	103.8	122.3	121.4	118.3	1590.9
Rainfall (mm.)													
Mean	2.3	8.0	8.7	38.9	168.8	235.3	312.4	333.3	159.9	98.8	24.7	4.2	1395.3
Mean rainy day	0.7	0.8	1.7	4.8	16.6	24.8	26.4	26.9	20.3	12.3	3.6	0.8	139.7
Daily maximum	14.4	73.0	22.6	58.7	96.2	89.3	207.4	118.8	79.0	67.9	51.0	61.7	207.4

ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา (2546)

ภูมิอากาศ

อำเภอแม่สอดมีภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน (Tropical savanna: Aw) จากข้อมูลภูมิอากาศในคาบ 30 ปี ของอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก (พ.ศ. 2514-2543) (ตารางที่ 7 และภาพที่ 3) พบว่ามีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 1395.3 มิลลิเมตร ฝนตกมากในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน โดยเฉพาะในเดือนสิงหาคม มีปริมาณสูงถึง 333.3 มิลลิเมตร ส่วนเดือนตุลาคมถึงเดือนเมษายน ปริมาณฝนเฉลี่ยลดลงอย่างมาก ปริมาณฝนเฉลี่ยน้อยที่สุดในเดือนมกราคม 2.3 มิลลิเมตร จำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยตลอดปี 139.7 วัน เดือนมิถุนายนถึงสิงหาคมมีจำนวนวันที่ฝนตกมากเดือนอื่น และไม่ต่างกันมากนัก (24.5-26.9 วัน) ในขณะที่เดือนธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์มีจำนวนวันที่ฝนตกน้อยกว่า 1 วัน ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีร้อยละ 76 (เฉลี่ยสูงสุดร้อยละ 93 และเฉลี่ยต่ำสุดร้อยละ 54) อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 25.4 °C (เฉลี่ยสูงสุด 32.1 °C และเฉลี่ยต่ำสุด 20.5 °C) ตลอดปีการระเหยของน้ำมากกว่าปริมาณน้ำฝนถึง 7 เดือน คือตั้งแต่เดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม และเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน ในขณะที่พฤษภาคมหรือเดือนตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนสูงกว่าการระเหยของน้ำ จากการที่สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดเอียง ถ้าหากช่วงที่มีฝนตกมากและไม่มีสิ่งปกคลุมพื้นดินก็อาจเกิดน้ำไหลบ่าหน้าดินอย่างรุนแรง น้ำที่ไหลลงสู่ที่ต่ำจึงพัดพาตะกอนมาด้วย จึงมีความเป็นไปได้สูงที่แคดเมียมจะถูกพัดพามาพร้อมกับตะกอนเหล่านั้น



ภาพที่ 3 กราฟแสดงสถิติภูมิอากาศของ อำเภอแม่สอด จังหวัดตากในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543) ที่มา กรมอุตุนิยมวิทยา (2546)

หมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก



ภาพที่ 4 แผนที่แสดงภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาและบริเวณข้างเคียง
ที่มา ดัดแปลงจาก แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ชุดที่ L7018 ราวัง 4742 III
(อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก) กรมแผนที่ทหาร (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์)

บ้านพะเด๊ะ ตั้งอยู่บนเนินเขา (ภาพที่ 4) อยู่ระหว่างเมืองผาแดงทางตะวันออกและตัวอำเภอแม่สอดทางตะวันตก ภูมิประเทศโดยรอบเป็นเนินเขาและไหล่เขาในส่วนของตัวหมู่บ้านและคอกยาลาดลงไปทางด้านตะวันตกและทิศใต้ แปลงนาของเกษตรกร จึงมีสภาพภูมิประเทศตั้งแต่ไหล่เขา หุบเขา ลูกคลื่นลวดลวด จนถึงสภาพราบเรียบ ลำห้วยแม่ดาวไหลจากด้านตะวันตกของหมู่บ้านและเป็นสายน้ำหลักในการผลิตข้าว ซึ่งเกษตรกรของหมู่บ้านจะมีการชลประทานพื้นบ้านเพื่อระบายน้ำจากลำห้วยแม่ดาวไปตามพื้นที่ปลูกข้าวทุกแปลง

เนื่องจากหินพื้นของบริเวณนี้ มีสินแร่สังกะสีเป็นองค์ประกอบซึ่งอาจมีธาตุแคดเมียมอยู่รวมด้วย อีกทั้งพื้นที่บนภูเขาที่มีการปลูกข้าวโพดและถั่ว ในฤดูที่ไม่มีการเพาะปลูก พื้นที่ดังกล่าวจะมีดินคุดมดินน้อย จึงมีโอกาสสูงที่ผิวหน้าดินจะเกิดการกร่อนโดยน้ำฝนที่ตกในช่วงแรกของฤดูฝน

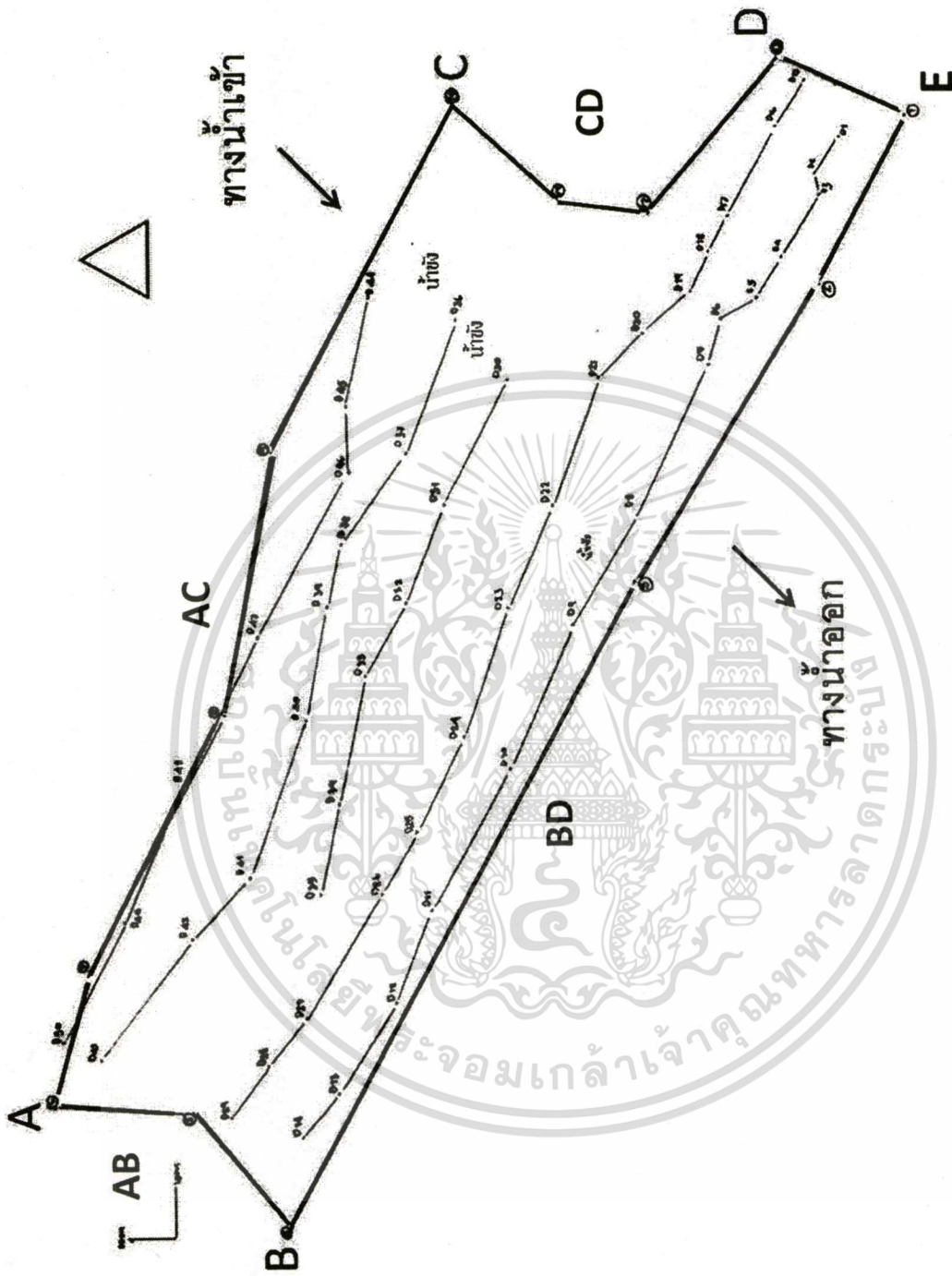
พื้นที่ศึกษา

เป็นแปลงนาของเกษตรกรหมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง มีเนื้อที่ประมาณ 9 – 10 ไร่ อยู่ระหว่างลำห้วยแม่ดาวทางทิศใต้และอยู่ติดกับหมู่บ้านพะเด๊ะทางทิศเหนือ (ภาพที่ 4 และ 5) แปลงนามีรูปร่างยาวไปในตะวันตกเฉียงเหนือ – ตะวันออกเฉียงใต้ ด้านตะวันออกเฉียงใต้ติดกับถนนเข้าสู่หมู่บ้านพะเด๊ะเป็นที่สูง และต่ำลงไปทางตอนกลางของแปลงนาจึงมีน้ำขังในบางบริเวณในช่วงที่เก็บตัวอย่างดิน (เดือนพฤษภาคม) ส่วนของด้านตะวันตกเฉียงเหนือแม้จะสูงกว่าบริเวณตอนกลางของแปลงแต่ก็ยังคงต่ำกว่าขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ที่ติดกับแปลงทางทิศเหนือปลูกยางพาราส่วนทางด้านทิศใต้ก่อนถึงลำห้วยแม่ดาวปลูกอ้อยและข้าวโพด



ภาพที่ 5 แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ภาพจำลองแสดงตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินของพื้นที่ศึกษา

วิถีศึกษา

1. เลือกพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นแปลงนาที่มีการปนเปื้อนแคดเมียม มีพื้นที่ประมาณ 9-10 ไร่ สภาพภูมิประเทศลาดชัน อยู่ระหว่างลำห้วยแม่ดาวทางทิศใต้และอยู่ติดกับหมู่บ้านพะเด๊ะทางทิศเหนือ แปลงนามีรูปร่างยาวไปในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ ด้านตะวันออกเฉียงใต้ติดกับถนนเข้าสู่หมู่บ้านพะเด๊ะเป็นที่สูง และต่ำลงไปทางตอนกลางของแปลงนาทำให้น้ำขังในบางบริเวณในช่วงที่เก็บตัวอย่างดิน ส่วนของด้านตะวันตกเฉียงเหนือแม้จะสูงกว่าบริเวณตอนกลางของแปลงแต่ก็ยังคงต่ำกว่าขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ พื้นที่ที่ติดกับแปลงทางทิศเหนือปลูกยางพาราส่วนทางด้านทิศใต้ก่อนถึงลำห้วยแม่ดาวปลูกอ้อยและข้าวโพด น้ำระบายเข้าสู่พื้นที่จากด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบนที่ติดกับแปลงยางพาราและหมู่บ้าน และน้ำระบายออกจากแปลงนาที่ตอนกลางของแปลง

2. การเก็บตัวอย่างดิน

- 2.1 เก็บตัวอย่างดินกระจายทั่วทั้งพื้นที่ทั้งหมด 5 transect แต่ละ transect ห่างกันประมาณ 8-30 เมตร ในกรณีที่แปลงนาย่อยของพื้นที่มีความต่างระดับกันชัดเจน โดยเฉพาะทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลงจะแยกเก็บแปลงย่อยละ 1 จุด
- 2.2 การเก็บตัวอย่างในแต่ละ Transect เป็นการเก็บอย่างเป็นระบบทั้งหมด (Systematic sampling) 4 ความลึก คือ 0-5, 5-10, 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร
- 2.3 จำนวนจุดที่เก็บตัวอย่างตลอดทั่วทั้งพื้นที่คือ 50 จุด (ภาพที่ 6)

3. การเตรียมตัวอย่างดิน

ผึ่งตัวอย่างดินให้แห้งในที่ร่ม แยกชิ้นส่วนหยาบ บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

4. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

- 4.1 ปฏิกริยาทางดิน (pH) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน : น้ำ และ : 1 N KCl เท่ากับ 1:5 แล้ววัดค่าปฏิกริยาดินโดย pH Meter (Blackmore, *et al.* , 1987)
- 4.2 การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical conductivity-EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน : น้ำ เท่ากับ 1:5 แล้ววัดค่า EC โดย EC Meter (Rhoades, 1996)
- 4.3 แคดเมียมและจุลธาตุประจุบวก (Cd, Fe, Mn, Cu, Zn) โดยใช้น้ำยาสกัด 0.5 N DTPA pH 7.3 แล้ววัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (สุมิตรา, 2549 Blackmore,*et al.* , 1987)
- 4.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II แล้ววัดค่าด้วยเครื่อง Spectrophotometer ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร (Blackmore, *et al.*, 1987)



ผลการศึกษา

การศึกษาการแจกกระจายของจุลธาตุประจุบวกในแปลงนาลาดชัน ได้เก็บตัวอย่างดินจากแปลงนาของเกษตรกร หมู่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พื้นที่ศึกษาอยู่ในจัตุรัส 1000 x 1000 เมตร ที่ 5943 และ 6043 ของแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ชุด L7018 ระวัง 4742III (อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก, กรมแผนที่ทหาร) บนแผนที่ดินจังหวัดตาก กำหนดให้พื้นที่บริเวณนี้เป็น Alluvial Complexes (Soil Survey and Classification Division, 1985)

แปลงนามีรูปร่างยาวไปในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างซึ่งติดกับถนนทางเข้าหมู่บ้านพะเด๊ะเป็นที่สูง เกษตรกรจึงทำเป็นแปลงย่อยตามความสูงของพื้นที่เป็นจำนวนหลายแปลงย่อย ความสูงของแปลงนาลาดต่ำลงไปทางตอนกลางของพื้นที่ ทำให้มีน้ำขังในบางบริเวณในช่วงที่เก็บตัวอย่างดิน ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง แม้ว่าจะสูงกว่าตอนกลางของแปลงแต่ยังคงต่ำกว่าขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ขอบแปลงทางตอนบนค่อนข้างสูงกว่าขอบแปลงด้านล่างและอยู่ติดกับแปลงปลูกยางพารา ในขณะที่ขอบแปลงด้านล่างก่อนถึงลำห้วยแม่ดาวเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยและข้าวโพด

น้ำจากลำธารขนาดเล็กระบายเข้าสู่แปลงทางขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ส่วนทางระบายน้ำออกจากพื้นที่อยู่ทางด้านล่างของแปลง

ภาพที่ 6 และภาพผนวกที่ 1 แสดงจุดเก็บตัวอย่างดิน โดยมีทั้งหมด 50 จุด ทั่วทั้งพื้นที่ 9-10 ไร่ โดยมีทั้งหมด 5 Transect บริเวณของแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง (ตอนต้นของ Transect ที่ 1 และ 2) แต่ละจุดที่เก็บตัวอย่างค่อนข้างอยู่ใกล้กัน เนื่องจากแปลงนาแยกมีความต่างระดับกันชัดเจนจึงเก็บแปลงย่อยละ 1 จุด ตารางผนวกที่ 1 แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (UTM) ของจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา

เพื่อความสะดวกและง่ายแก่การอธิบาย จึงกำหนดให้แต่ละมุมของพื้นที่ศึกษาเป็นดังนี้

มุม A : ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน

มุม B : ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่าง

มุม C : ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน

มุม E : ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง

ในขณะที่ขอบแปลงแต่ละด้าน จะเรียกว่า ขอบแปลงด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (AB)

ด้านบนเหนือ (AC) ด้านตะวันออกเฉียงใต้ (CD) และด้านล่างใต้ (BD)

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าวิเคราะห์ทางเคมีบางประการของดินที่เป็นกรณีศึกษา ภาพผนวกที่ 2-21 แสดงการแจกกระจายตามความลึกและพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของค่าวิเคราะห์ทางเคมีต่างๆ ที่ปรากฏในตารางผนวกที่ 1

จากผลการศึกษาพบว่าดินมีความผันแปรทั้งในแนวดิ่ง (Horizontal variability) และในแนวระนาบ (Spatial variability) ดังละเอียดต่อไปนี้

ปฏิกิริยาดินในสนาม (pH_r)

ทุกระดับความลึกมี pH_r อยู่ในพิสัย 4.5-8.0 (ภาพผนวกที่ 2) แต่โดยส่วนใหญ่พบว่า pH_r มีค่าอยู่ที่ 7.0-8.0 และไม่ต่างกันมากนักในทุกระดับความลึก มีเพียงบางจุดเท่านั้นที่มี pH_r ลดลงตามความลึก หรือดินบนมี pH_r สูงกว่าดินล่าง ได้แก่ D-6, D-20, D-29, D-30, และ D-45 และจุดที่ pH_r ของชั้นดินบนต่ำกว่าที่พบในชั้นดินล่าง ได้แก่ D-22, D-26, D-34, D-38, D-39, D-40, และ D-50

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_r เป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 3 ก) pH_r อยู่ในพิสัย 6.5-8.0 โดยพบจุดที่มี pH_r 7.0 มากที่สุด รองลงมาได้แก่ pH_r 8.0 และ 6.5 ตามลำดับ บริเวณที่พบ pH_r 6.5 ได้แก่ ตอนกลางของแปลงด้านทิศใต้กับบางจุดก่อนถึงขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ (D-27 และ D-42) และตอนกลางแปลงด้านทิศเหนือ (D-38 และ D-39) ส่วนบริเวณที่มี pH_r 7.0 พบที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ตอนล่าง และตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างกับช่วงกลางแปลงที่อยู่ถัดจาก pH_r 6.5 เข้ามาด้านใน นอกจากนี้ยังพบเป็นจุดๆ ซึ่งอยู่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ และที่มุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนของแปลงตามลำดับ (D-27, D-30 และ D-50) ในขณะที่บริเวณที่มี pH_r 8.0 อยู่ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ และขอบแปลงด้านทิศเหนือแทบทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบในบริเวณตอนกลางของแปลงในแนวตะวันออกเฉียงเหนือ-ตะวันตกเฉียงใต้ (D-23, D-31 และ D-37)

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 3 ข) pH_r อยู่ในพิสัย 6.0-8.0 โดยจุดที่มี pH_r 8.0 พบมากที่สุด รองลงมาได้แก่ pH_r 7.0 ในขณะที่ pH_r 6.0 มีเพียงจุดเดียวคือ D-20 ซึ่งอยู่ทางด้าน

ตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง บริเวณที่พบ pH, 8.0 คือขอบแปลงตอนบนด้านทิศเหนือโดยเป็นแนวขอบตั้งแต่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนถึงด้านตะวันออกเฉียงใต้ ตลอดจนถึงขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นที่สูง ยกเว้นด้านล่างของขอบแปลงฝั่งนี้ที่ pH, 7.0 และ 6.5 ในขณะ
ที่บริเวณที่ pH, 7.0 คือ มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง และพบเป็นแนวจากมุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนทอดยาวมาทางตะวันออกเฉียงใต้ตอนกลางของแปลง กับบริเวณตอนกลางค่อนข้างไปทางด้านล่างของ แปลงส่วนจุดที่ pH, 6.5 มีไม่มากนัก อยู่ระหว่างบริเวณที่มี pH, 7.0 กับ pH, 8.0 ที่ตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลงกับขอบด้านล่างทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง และอยู่ระหว่างบริเวณที่มี pH, 7.0 ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างกับขอบล่างของแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 3 ค) pH, มีอยู่ในพิสัย 6.0-8.0 โดย pH, 8.0 และ 7.0 พบมากกว่า pH, 6.5 และ 6.0 อย่างเห็นได้ชัด บริเวณที่ pH, 8.0 พบกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ ในขณะที่ pH, 7.0 พบที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง และพบเป็นหย่อมๆ 2 บริเวณอยู่ตอนกลางค่อนข้างมาทางตอนล่างของแปลง กับตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลง 1 บริเวณ ส่วน pH, 6.0 และ 6.5 พบที่ขอบแปลงด้านล่างเป็นส่วนใหญ่

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 3 ง) pH, ส่วนใหญ่ของพื้นที่คือ 7.0 ซึ่งพบกระจายอยู่ทั่วทั้งแปลง ในขณะที่ pH, 8.0 พบมากที่สุดตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลงและพบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างกับมุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน ส่วน pH, 6.5 และ pH, 6.0 พบกระจายอยู่ด้านล่างของแปลง ตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือ จนถึงตะวันออกเฉียงใต้ และ pH, 4.5 พบเพียงจุดเดียวคือ D-30

ปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w: ดิน:น้ำ = 1:5)

ทุกระดับความลึก pH_w มีค่าอยู่ในพิสัย 5.30-7.86 (ภาพผนวกที่ 4) โดยมีการแจกกระจายตามความลึกแบ่งเป็น 3 ลักษณะคือ ค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกระดับความลึก ได้แก่ D-1, D-10, D-13 และ D-37 ค่อนข้างเพิ่มขึ้นตามความลึกหรือดินล่างมีค่า pH_w สูงกว่าดินบนเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นลักษณะส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา ได้แก่ D-2, D-5, D-12, D-22, D-23, D-24, D-31, D-34, D-38,

D-42 และ D-46 เป็นต้น ค่า pH_w ที่ค่อนข้างลดลงตามความลึก หรือส่วนใหญ่ดินล่างมีค่า pH_w ต่ำกว่าดินบน ได้แก่ D-6, D-19, D-30, D-36 และ D-47 เป็นต้น

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w เป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 5 ก) pH_w มีค่าอยู่ในพิสัย 5.54-7.70 ซึ่งเป็นกรดจัดถึงเป็นด่างเล็กน้อย โดย pH_w ที่ต่ำกว่า 6.0 มีเพียง 2 จุด คือ D-11 ทางขอบล่างค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือใน Transect ที่ 1 (5.97) และ D-20 ซึ่งอยู่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือใน Transect ที่ 2 (5.54) ค่า pH_w ส่วนใหญ่ของพื้นที่อยู่ในพิสัย 6.1-6.5 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อย โดยพบในบริเวณตั้งแต่ตอนกลางของแปลงไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ และพบที่ขอบแปลงด้านล่างทางด้านตะวันออกเฉียงใต้เพียงจุดเดียวเท่านั้น (D-5) ในขณะที่ pH_w ที่มีพิสัย 5.6-6.0 ที่พบเพียง 2 จุด คือบริเวณตอนกลางของขอบแปลงด้านล่าง โดยอยู่ถัดจากขอบเขตของ pH_w 6.1-6.5 ลงมา (D-21 และ D-25) ส่วน pH_w ในพิสัย 6.6-7.3 ซึ่งเป็นกลาง พบที่ขอบแปลงด้านล่างค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ โดยอยู่ถัดจากขอบเขตของ pH_w 6.1-6.5 ออกไป และพบบริเวณตอนกลางของแปลงโดยอยู่ระหว่างขอบเขตแปลงตอนบนของ pH_w 6.1-6.5 กับขอบแปลงด้านบนบน pH_w 7.4-7.8 ซึ่งเป็นด่างเล็กน้อย พบเป็นบางจุดของขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือแยกตอนกลางของขอบแปลงด้านบน และขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 5 ข) pH_w อยู่ในพิสัย 5.38-7.79 ซึ่งถือเป็นกรดจัดถึงด่างปานกลาง pH_w ที่อยู่ในพิสัย 5.1-5.5 มีเพียงจุดเดียวคือ D-11 (5.38) ทั่วทั้งพื้นที่ pH_w ที่พบมากที่สุดคือ 6.6-7.3 ซึ่งเป็นกลาง โดยพบที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ตอนกลางของแปลงในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ และมุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ในขณะที่ pH_w 6.1-6.5 ซึ่งเป็นกรดเล็กน้อยพบที่บริเวณใกล้เคียงกับ pH_w 7.4-7.8 คือพบบริเวณขอบแปลง ด้านตะวันออกเฉียงใต้โดยอยู่ถัดจากบริเวณที่มี pH_w เป็นกลางและเป็นด่างเล็กน้อย (6.6-7.3) เข้ามาด้านใน และบริเวณตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง และพบน้อยที่ตอนกลางของขอบแปลงด้านล่างส่วน pH_w 5.6-6.0 ซึ่งเป็นกรดปานกลางพบเพียง 3 จุด คือ D-20, D-28 และ D-30

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 5 ค) pH_w อยู่ในพิสัย 5.30-7.79 ซึ่งถือว่าเป็นกรดจัดถึงด่างปานกลาง พิสัยของ pH_w ส่วนใหญ่ของพื้นที่คือ 6.6-7.3 ซึ่งเป็นกลาง โดยพบที่ขอบแปลง

ด้านตะวันออกเฉียงใต้ และตอนกลางของแปลงไปจนถึงขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ในขณะที่ pH_w 7.4-7.8 ส่วนใหญ่พบที่ด้านบนแปลงตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือลงมาทางตะวันออกเฉียงใต้ ตอนบน และพบขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ส่วน pH_w ที่ต่ำกว่า 6.6 พบไม่มากนักทางขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตั้งแต่มุมแปลงด้านบนขวาลงไป

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 5 ง) pH_w อยู่ในพิสัย 5.32-7.86 ซึ่งถือเป็นกรดจัดถึงด่างเล็กน้อย โดย pH_w ที่เป็นกรดจัดมีเพียงจุดเดียวคือ D-20 (5.32) และ pH_w ที่เป็นกรดปานกลางพบเพียง 3 จุดคือ D-6 (6.22), D-10 (6.20) และ D-22 (6.70) โดยส่วนใหญ่ pH_w ของแปลงเป็นกลาง (6.6-7.3) ซึ่งพบส่วนใหญ่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลงจนถึงด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ในขณะที่ pH_w เป็นด่างเล็กน้อย (7.44-7.86) พบที่ขอบแปลงด้านล่างฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือ ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ด้านบนสุดของแปลงฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือและตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลง

ปฏิกิริยาดินที่วัด 1 N KCl (pH_k : ดิน: 1N KCl = 1:5)

ทุกระดับความลึก pH_k มีค่าอยู่ในพิสัย 4.79-6.96 (ภาพผนวกที่ 6) และค่าที่วัดได้ต่ำกว่า pH_w การแจกกระจายตามความลึกค่อนข้างเหมือนกับที่พบ pH_w คือ pH_k ค่อนข้างใกล้เคียงกันในทุกระดับ ได้แก่ D-5, D-25, D-28, D-34 และ D-46 pH_k ค่อนข้างเพิ่มขึ้นตามความลึก เช่น D-1, D-9, D-12, D-15, D-22, D-23, D-31, D-37 และ D-45 เป็นต้น ส่วน pH_k ที่ลดลงตามความลึกซึ่งพบเป็นส่วนใหญ่ของพื้นที่ ได้แก่ D-3, D-10, D-16, D-29, D-30, D-43 และ D-50 เป็นต้น

ความผันแปรเชิงพื้นที่ pH_k ในทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 7 ก) pH_k อยู่ในพิสัย 5.11-6.89 pH_k ที่ต่ำกว่า 5.6 (5.11-5.58) มีเพียง 4 จุดคือ D-12 (5.57), D-20 (5.11), D-21 (5.57) และ D-22 (5.58) ในขณะที่ pH_k 5.6-6.0 พบเป็นแถบยาวในแนวตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันออกเฉียงใต้ของขอบแปลงด้านล่าง ส่วน pH_k 6.1-6.5 ซึ่งพบเป็นส่วนใหญ่ของพื้นที่ พบที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือและเป็นแนวยาวไปทางตะวันออกเฉียงใต้ โดยอยู่ถัดจากบริเวณที่เป็น pH_k 5.6-6.0 ขึ้นไป ในขณะที่ pH_k 6.6-7.3 พบในบริเวณขอบแปลงตอนบนตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือลงมาเกือบถึงขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนและพบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 7 ข) pH_k อยู่ในพิสัย 5.33-6.90 ซึ่งถือเป็นกรดจัดถึงเป็นกลางโดย pH_k ที่ต่ำกว่า 5.6 (5.33-5.55) มีเพียง 2 จุด คือ D-1 (5.55) และ D-11 (5.33) ส่วน pH_k 6.0-6.5 พบที่ตอนกลางของแปลงโดยเป็นแนวยาวตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือ เข้ามาถึงตอนกลางของแปลง และพบที่ขอบแปลงด้านล่างฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ส่วน pH_k ที่มากกว่า 6.5 พบเป็นแนวยาวทางด้านบนของแปลงตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน จนถึงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน และพบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างโดยอยู่ถัดจากบริเวณที่มี pH_k 5.6-6.0 ขึ้นไปด้านบนของแปลง

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 7 ค) pH_k อยู่ในพิสัย 4.79-6.96 ค่า pH_k ที่ต่ำกว่า 5.6 (5.16-5.59) พบเพียง 3 จุด คือ D-1 (6.59), D-11 (5.38), และ D-20 (5.16) ส่วนค่า pH_k ที่ต่ำกว่า 5.1 พบเพียง 2 จุด คือ D-19 (4.79) และ D-30 (5.00) pH_k ที่พิสัย 5.6-6.0 พบบริเวณด้านล่างขอบแปลง เป็นแนวยาวตั้งแต่ตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างถึงตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ในขณะที่ pH_k 6.0-6.5 พบบริเวณขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือและเป็นแนวยาวมาทางตะวันออกเฉียงใต้ โดยอยู่ถัดจากบริเวณที่เป็น pH_k 5.6-6.0 เข้าไปด้านใน ส่วน pH_k 6.5-7.8 พบบริเวณขอบแปลงด้านบนเป็นแนวยาวตั้งแต่ตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันออกเฉียงใต้

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 7 ง) pH_k อยู่ในพิสัย 4.98-6.88 จุดที่ pH_k ส่วนใหญ่ต่ำกว่า 5.0 มีเพียงจุดเดียวคือ D-20 (4.98) ส่วนจุด D-30 มี pH_k เท่ากับ 5.14 pH_k ส่วนใหญ่ของพื้นที่ คือ 5.6-6.0 ซึ่งพบเป็นแถบยาวทางด้านล่างของแปลง ในแนวด้านตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันออกเฉียงใต้ ส่วน pH_k 6.6-7.3 พบที่ด้านบนของแปลงตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันออก - เฉียงใต้ ในขณะที่ pH_k 6.1-6.5 พบบริเวณของแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ และเป็นแนวยาวบริเวณตอนกลางแปลงโดยอยู่ระหว่าง pH_k 5.6-6.0 กับ pH_k 6.6-7.3

การนำไฟฟ้าของดิน (EC ดิน:น้ำ = 1:5)

ตลอดช่วงความลึก 30 เซนติเมตร ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในพิสัย 35.7-2270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ภาพผนวกที่ 8) โดยชั้นดินบน 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร มีการนำไฟฟ้าสูงกว่าที่พบในความลึก 10-20 และ 20-30 เซนติเมตร อย่างเห็นได้ชัด การนำไฟฟ้าของชั้นดินบนส่วนใหญ่สูงกว่า 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ จุดที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่านี้ได้แก่ D-34 และ D-35

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 9 ก) ค่าการนำไฟฟ้าของดินอยู่ในพิสัย 59.9 -2270 $\mu\text{S/cm}$ บริเวณที่มีค่า E.C. ต่ำกว่า 200 $\mu\text{S/cm}$ ส่วนใหญ่พบทางด้านตอนกลางค่อนข้างไปทางถึงด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง ส่วน E.C. 200-400 $\mu\text{S/cm}$ พบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือตอน ในขณะที่ EC 400-600 $\mu\text{S/cm}$ พบที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง เป็นพื้นที่ไม่มากนัก และพบเป็นบางจุดที่ด้านล่างของแปลง ตอนกลางของแปลงและด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างเช่นเดียวกับ E.C. 600-800 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งพบ เป็นจุดๆ ตรงขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างและตอนกลางค่อนข้างมาทางด้านล่างของแปลง ส่วน E.C. 800-1000 $\mu\text{S/cm}$ ส่วนใหญ่พบเป็นจุดๆ ทางด้านบนของแปลงและขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ในขณะที่ E.C. มากกว่า 1000 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งเป็นค่าที่พบเป็นส่วนใหญ่ของแปลง พบตั้งแต่ขอบแปลงบนด้านตะวันตกเฉียงเหนือมาทางด้านตะวันออกเฉียงใต้และพบมากทางที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 9 ข) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในพิสัย 85.4-1031 $\mu\text{S/cm}$ ค่า EC ส่วนใหญ่ของแปลงคือ 400-600 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งพบทั่วทั้งพื้นที่ตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือจนถึงตะวันออกเฉียงใต้ โดยพบมากบริเวณตอนกลางของแปลง ส่วน EC 600-800 $\mu\text{S/cm}$ พบตั้งแต่ขอบแปลงตะวันออกเฉียงใต้ พบเป็นบางบริเวณที่ตอนบนของแปลง เช่นเดียวกับ E.C. 800-1000 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งพบมากที่ตอนบนขอบแปลงค่อนข้างมาทางตะวันออกเฉียงใต้ ค่า EC 200-400 $\mu\text{S/cm}$ พบที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างของแปลง ส่วนค่า EC ที่ต่ำกว่า 200 $\mu\text{S/cm}$ พบเป็นจุดๆ ในช่วงกลางแปลงในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 9 ค) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในพิสัย 66-820 $\mu\text{S/cm}$ ค่า EC ที่พบมากที่สุดคือ 200-400 $\mu\text{S/cm}$ ซึ่งพบที่ขอบแปลงด้านล่างเป็นแนวยาวตั้งแต่ตะวันตกเฉียงเหนือถึงตะวันออกเฉียงใต้ และพบเป็นจุดๆ ที่ด้านบนของแปลง ส่วน EC ที่น้อยกว่า 200 $\mu\text{S/cm}$ พบอยู่ถัดจาก EC 200-400 $\mu\text{S/cm}$ เข้าไปด้านใน โดยพบเป็นแนวด้านตะวันตกเฉียงเหนือ - ตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ค่า EC ในพิสัย 400-600 $\mu\text{S/cm}$ พบที่ตอนกลางของขอบแปลงด้านบนและด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง ในขณะที่ EC 800-1000 $\mu\text{S/cm}$ พบเพียงจุดเดียวที่ขอบแปลงด้านบน (D-44) โดยอยู่ถัดจากบริเวณที่พบ EC 400-600 $\mu\text{S/cm}$ ไปทางตะวันออก

ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 9 ง) ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในพิสัย 35.7-1186 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ค่า EC ส่วนใหญ่ของพื้นที่คือ ต่ำกว่า 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ โดยพบกระจายอยู่ทั่วทั้งแปลง ในขณะที่ EC 200-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ พบที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้และบริเวณตอนกลางของขอบแปลงด้านบน ส่วน EC มากกว่า 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ พบเพียงจุดเดียวคือ D-15 ซึ่งอยู่มุมบนของขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง เช่นเดียวกับ EC ที่มีค่า 600-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ซึ่งพบที่ตอนล่างของแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ และค่า EC 400-600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ พบเพียงเล็กน้อยที่ตอนกลางด้านบนของขอบแปลง

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus : Avail P)

ตลอดความลึก 30 เซนติเมตร ฟอสฟอรัสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 2.19-45.19 ppm (ภาพผนวกที่ 10) โดยส่วนใหญ่แจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึกอย่างเห็นได้ชัด จุดที่ฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้นตามความลึกได้แก่ D-15, D-36 และ D-50

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในทุกความระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 11 ก) ปริมาณฟอสฟอรัส อยู่ในพิสัย 9.42-44.00 ppm โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่มีฟอสฟอรัสอยู่ที่ 15-30 ppm ซึ่งพบมากที่ตอนกลางของพื้นที่ตั้งแต่ขอบล่างของแปลงจนถึงขอบบน ด้านตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วนบริเวณที่ฟอสฟอรัสสูงที่สุด (34-44 ppm) พบที่มุมล่างทางตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง ในขณะที่บริเวณที่มีฟอสฟอรัส 4-15 ppm ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำที่สุดของพื้นที่พบอยู่ที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่าง มุมบนของขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง และด้านล่างทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง โดยอยู่ถัดจากส่วนที่มี 15-30 ppm เข้ามาด้านในและพบบริเวณตอนกลางของแปลงโดยอยู่ระหว่างบริเวณที่มีฟอสฟอรัส 15-30 ppm ทั้ง 2 ด้าน และพบที่ด้านบนค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 11 ข) ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัย 4.34-45.19 ppm พื้นที่ส่วนใหญ่มีฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัย 4-15 ppm โดยกระจายอยู่ทั้งพื้นที่ตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือจนถึงตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่มีฟอสฟอรัสสูงที่สุดของระดับความลึกนี้ (30-60 ppm)

ยังคงเป็นมุมล่างด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง เช่นเดียวกับที่พบในความลึก 0-5 เซนติเมตร ส่วนบริเวณที่มีฟอสฟอรัส 15-30 ppm พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนของแปลงและพบบ้างที่ตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลง

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 11 ค) ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัย 2.418-21.79 ppm โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่ทั้งแปลงมีฟอสฟอรัส 4-15 ppm บริเวณที่ฟอสฟอรัสสูงกว่านี้ (15-30 ppm) พบที่ขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง ส่วนบริเวณที่มีฟอสฟอรัสต่ำที่สุด (น้อยกว่า 4 ppm) พบเพียงจุดเดียวคือตอนบนด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง (D-49)

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 11 ง) ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัย 2.18-24.78 ppm โดยฟอสฟอรัสส่วนใหญ่ของพื้นที่คือ 4-15 ppm โดยพบกระจายอยู่ทั่วทั้งแปลง ในขณะที่บริเวณที่มีฟอสฟอรัสต่ำกว่านี้ (น้อยกว่า 4 ppm) พบที่ตอนบนค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือกับตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ในขณะที่บริเวณที่ฟอสฟอรัสสูงกว่านี้ (15-30 ppm) พบไม่มากนักที่มุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน ขอบแปลงด้านล่างค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือและขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ

แคดเมียม (Cadmium: Cd)

ตลอดความลึก 30 เซนติเมตร มีปริมาณแคดเมียมในพิสัย 0.0184-367 ppm (ภาพผนวกที่ 12) โดยส่วนใหญ่ที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตร มีปริมาณแคดเมียมสูงที่สุด บริเวณที่มีแคดเมียมต่ำกว่า 2 ppm ได้แก่ D-10, D-11, D-12, D-13, D-24 และ D-25 จุดที่แคดเมียมค่อนข้างเพิ่มขึ้นตามความลึกคือ D-16, D-21, D-29 และ D-44

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียมในทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 13 ก) แคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.637-22.809 ppm บริเวณที่มีแคดเมียมต่ำกว่า 2 ppm พบที่ขอบแปลงด้านล่างตั้งแต่ตอนกลางของแปลงเป็นแนวยาวขึ้นไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ ส่วนที่มีแคดเมียม 2-4 ppm พบไม่มากนักที่ตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง และพบเพียงจุดเดียวที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง (D-18) บริเวณที่มีแคดเมียม 4-6 ppm ก็พบเป็นจุดๆ ทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลง และด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างของแปลง บริเวณที่มีแคดเมียม 6-8 ppm อยู่ด้านล่าง

ฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนและพบเป็นจุดที่ตอนกลางแปลงค่อนข้างไปทางเหนือ ส่วนบริเวณที่มีแคดเมียม 8-10 ppm พบที่ตอนกลางค่อนข้างมาทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลงเป็นส่วนใหญ่ พื้นที่แปลงที่มีแคดเมียม 10-15 ppm พบเป็นแนวยาวจากตอนบนด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลงลงมาทางตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่มีแคดเมียมสูงกว่า 15 ppm พบที่ตอนบนของแปลงตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือลงมาถึงตอนกลางของขอบแปลงด้านบนและมุมแปลงตอนล่างด้านตะวันออกเฉียงใต้ ในพิสัยนี้ของแคดเมียมยังพบอีกว่าค่าที่มากกว่า 15 ppm พบที่ขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้สุดของแปลง ในขณะที่ค่าที่มากกว่า 20 ppm พบที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนของแปลง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 13 ข) แคดเมียมมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.113-21.414 ppm บริเวณที่มี แคดเมียมต่ำกว่า 2 ppm พบที่ขอบแปลงด้านล่างตั้งแต่มุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่าง ลงไปทางตะวันออกเฉียงใต้ถึงตอนกลางของแปลง ส่วนบริเวณที่มีแคดเมียม 2-4 ppm มีอยู่น้อยมาก อยู่ทางด้านตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง ในขณะที่แคดเมียม 4-6 ppm พบที่ขอบแปลงด้านล่างทางตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่ และพบบ้างที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือกับตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลง บริเวณที่มีแคดเมียม 6-8 ppm พบไม่มากนักที่ตอนกลางของแปลงและด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง ส่วนบริเวณที่มีแคดเมียม 8-10 ppm พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลงกับพบบ้างที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือและมุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน บริเวณที่มีแคดเมียม 10-15 ppm, 15-20 ppm และมากกว่า 20 ppm พบที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ ด้านบนตั้งแต่มุมตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนจนถึงตอนกลางด้านบนของแปลง โดยบริเวณที่ แคดเมียมมากกว่า 15 ppm พบมากด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างกับขอบแปลงด้านบนฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 13 ค) ปริมาณแคดเมียมอยู่ในพิสัย 0.0184-36.702 ppm โดยปริมาณแคดเมียมส่วนใหญ่ของช่วงความลึกนี้คือน้อยกว่า 2 ppm ซึ่งพบตั้งแต่ตอนกลางของแปลงลงมาด้านล่างเป็นแนวยาวจากด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างลงมาถึงตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ในขณะที่ปริมาณแคดเมียม 2-4 ppm พบอยู่ถัดจากบริเวณนี้ขึ้นไปด้านบนและมีพื้นที่ไม่มากนัก และพบที่มุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนกับขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ส่วนบริเวณแคดเมียม 6-8 ppm พบเพียง 3 บริเวณ คือมุมด้าน

ตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน ตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลงและด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง บริเวณที่แคดเมียม 8-10 ppm พบทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ตั้งแต่ขอบแปลงด้านบนลงมาทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่แคดเมียม 10-15 ppm ส่วนมากอยู่ที่ขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้ ตอนล่างของแปลงและพบเป็นบางจุดที่ขอบแปลงด้านบนตั้งแต่ตะวันตกเฉียงเหนือมาทางตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งในความลึกนี้พบว่า จุด D-7 มีค่าแคดเมียมสูงที่สุด (36.702 ppm)

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 13 ง) ปริมาณแคดเมียม อยู่ในพิสัย 0.0024-13.649 ppm โดยแคดเมียม ส่วนใหญ่ของแปลงมีปริมาณต่ำกว่า 2 ppm ส่วนบริเวณที่มีแคดเมียม 2-4 ppm พบที่ขอบบนค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือของแปลงกับตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือ ส่วนแคดเมียม 4-6 ppm พบเพียงจุดเดียวที่ขอบบนด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง (D-15) บริเวณที่มีแคดเมียม 6-8 ppm ซึ่งพบที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่าง (D-14) และขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ (D-20) ส่วนบริเวณที่แคดเมียม 10-15 ppm ได้แก่จุด D-15 ซึ่งอยู่มุมบนด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง

สังกะสี (Zinc : Zn)

ในช่วงความลึก 30 เซนติเมตร ปริมาณสังกะสีอยู่ในพิสัย 0.53-291.41 ppm (ภาพผนวกที่ 14) โดยส่วนใหญ่ชั้นดินบน 0-5 เซนติเมตร มีสังกะสีสูงที่สุด ทั่วทั้งพื้นที่สังกะสีแจกกระจายแบบลดลงตามความลึก จุดที่สังกะสีเพิ่มขึ้นตามความลึก ได้แก่ D-1, D-19, D-36 และ D-44 จุดที่สังกะสีต่ำกว่า 50 ppm คือ D-13, D-26, D-28 และ D-29

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสีในทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 15 ก) สังกะสีมีปริมาณอยู่ในพิสัย 8.311-260.632 ppm โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่มีสังกะสี 50-100 ppm ซึ่งพบบริเวณตอนกลางของแปลงในแนวตะวันตก-ตะวันออก และพบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างกับพบบ้างที่มุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน บริเวณที่มีสังกะสีสูงกว่านี้ (100-150 ppm) พบที่ขอบแปลงด้านบนค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้และพบบ้างที่ขอบแปลงด้านล่างตั้งแต่ตอนกลางไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ส่วนบริเวณที่มีสังกะสี 150- 200 ppm พบที่ขอบแปลงด้านบนค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือกับขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง เช่นเดียวกับบริเวณที่มีสังกะสีมากกว่า 200 ppm ซึ่งพบที่ตอนด้าน

ตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ในขณะที่ปริมาณสังกะสีที่ต่ำมาก (น้อยกว่า 10 ppm) พบที่มุมล่างด้าน ตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง ส่วนสังกะสี 100-150 ppm พบที่ตอนกลางของขอบแปลงด้านบนกับ ด้านล่างฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 15 ข) สังกะสีมีปริมาณอยู่ในพิสัย 15.024-291.410 ppm ส่วนใหญ่ของพื้นที่มี สังกะสี 50-100 ppm ซึ่งพบที่ตอนกลางของพื้นที่เป็นส่วนมาก และพบบ้าง ที่มุมบนด้านตะวันตกเฉียงเหนือกับขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ส่วนบริเวณสังกะสีที่มี ค่าต่ำกว่านี้ (10-50 ppm) ส่วนใหญ่พบที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างของแปลง ในขณะที่บริเวณ ที่มีสังกะสี 100-150 ppm พบมากที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง พบบ้างที่ขอบบนของ แปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือมาทางตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณที่มีมีสังกะสี 150-200 ppm พบที่ขอบ บนของแปลงค่อนไปทางตะวันตกเฉียงเหนือกับขอบบนด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง และส่วน บริเวณที่มีสังกะสีสูงสุด (มากกว่า 200 ppm) พบที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้เช่นเดียวกัน

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 15 ค) สังกะสีมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.5397- 229.446 ppm ปริมาณที่มี สังกะสีมากที่สุดของแปลง (มากกว่า 200 ppm) พบที่ขอบแปลงด้าน ตะวันออกเฉียงใต้ เช่นเดียวกับปริมาณที่พบสังกะสี 150-200 ppm ซึ่งอยู่ขอบแปลงทางตะวันออก เียงใต้ตอนล่าง ส่วนบริเวณที่มีสังกะสี 50-100 ppm พบที่ขอบแปลงด้านบนตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียง เหนือมาทางตะวันออกเฉียงใต้และพบที่มุมด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง บริเวณที่มี สังกะสี 10-50 ppm ซึ่งพบมากที่สุดในพื้นที่ พบกระจายทั่วพื้นที่ตั้งแต่มุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ตอนบนลงมาถึงมุมด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างและบริเวณที่มีสังกะสีต่ำที่สุด (น้อยกว่า 10 ppm) พบตั้งแต่ตอนกลางของแปลงลงมาทางด้านล่างของแปลง

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 15 ง) ปริมาณสังกะสีอยู่ในพิสัย 0.683-247.197 ppm โดยส่วนใหญ่มีสังกะสีต่ำกว่า 10 ppm กระจายตั้งแต่ตอนกลางค่อนไปทางเหนือของแปลงจนถึง ตอนล่างด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วนบริเวณที่มีสังกะสีสูงสุด (มากกว่า 200 ppm) พบ เพียง 2 จุด ที่มุมแปลงด้านฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่าง (D-14) กับมุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ ตอนบน (D-16) ในขณะที่บริเวณที่มีสังกะสี 10-50 ppm พบมากที่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของแปลง ขอบบนด้านตะวันออกเฉียงใต้กับมุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ส่วนบริเวณที่มีสังกะสี 50-

100 ppm และ 150-200 ppm พบน้อยมากที่ด้านล่างฝั่งตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง (D-15 : 83.45 ppm และ D-14 : 181.39 ppm, ตามลำดับ)

เหล็ก (Iron : Fe)

ตลอดความลึก 30 เซนติเมตร ปริมาณเหล็กอยู่ในพิสัย 6.71-255.24 ppm (ภาพผนวกที่ 16) จุดที่มีเหล็กสูงที่สุดทุกระดับความลึก คือ D-20 โดยส่วนใหญ่ปริมาณเหล็กลดลงตามความลึก จุดที่การแจกกระจายของเหล็กแตกต่างจากที่กล่าวมาคือ D-6 (ไม่สม่ำเสมอ) D-10 (ค่อนข้างใกล้เคียงกัน) D-19, D-28, D-27, D-36 และ D-44 เพิ่มขึ้นตามความลึก

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็กทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 17 ก) ปริมาณเหล็กอยู่ในพิสัย 11.640-255.240 ppm โดยปริมาณเหล็กส่วนใหญ่ของพื้นที่คือ 50-100 ppm ซึ่งพบตั้งแต่ตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง เป็นแนวยาวลงมาตามขอบแปลงด้านล่าง จนถึงค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง ส่วนบริเวณที่เหล็กต่ำกว่า 50 ppm พบที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ตะวันออกเฉียงใต้ กับตอนบนของแปลงเป็นแนวยาวจากตะวันตกเฉียงเหนือ ลงมาทางตะวันออกเฉียงใต้ สำหรับบริเวณที่มีเหล็ก 100-150 ppm และ 200-250 ppm พบเพียง 2 จุด อยู่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง (D-20) และตอนกลางค่อนข้างไปทางเหนือของแปลง (D-30) ตามลำดับ

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 17 ข) ปริมาณเหล็กอยู่ในพิสัย 18.580-217.941 ppm บริเวณที่เหล็กน้อยกว่า 50 ppm ซึ่งพบเป็นส่วนใหญ่ของแปลงพบที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ ด้านบนของแปลงในแนวตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ พบน้อยมากที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง บริเวณที่มีเหล็ก 50-100 ppm พบมากที่ตอนกลางของแปลงในแนวเหนือ-ใต้ กับขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงใต้ตอนล่าง โดยอยู่ถัดจากบริเวณที่พบเหล็กน้อยกว่า 50 ppm เข้ามาด้านใน และพบเพียงเล็กน้อยที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนกับตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน ในขณะที่บริเวณส่วนที่มีเหล็ก 100-150 ppm กับ 200-250 ppm พบไม่มากนัก และอยู่ขอบแปลงด้านล่างค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้เป็นส่วนใหญ่

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 17 ค) ปริมาณเหล็กอยู่ในพิสัย 7.755-197.245 ppm แทบทั้งพื้นที่มีปริมาณเหล็กต่ำกว่า 50 ppm (9.596-49.387 ppm) จุดที่มีเหล็กสูงกว่านี้พบที่

ตรงกลางของแปลงด้านล่าง (D-10: 101.948 ppm) ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือ (150-200 ppm: D-20, D-30, D-36 และ 50-100 ppm: D-6, D-9 และ D-21)

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 17 ง) ปริมาณเหล็กอยู่ในพิสัย 6.713-220.959 ppm เช่นเดียวกับที่พบในความลึก 10-20 เซนติเมตร คือแทบทั้งหมดของพื้นที่มีเหล็กอยู่ในพิสัยน้อยกว่า 50 ppm บริเวณที่มีเหล็กสูงกว่านี้พบน้อยมากตั้งแต่ตอนกลางค่อนข้างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ ตอนล่างของแปลง คือ 50-100 ppm (D-6, D- 10 และ D-19), 100-150 ppm (D-30 และ D-44) , 150-200 ppm (D-20) และมากกว่า 200 ppm (D-36)

แมงกานีส (Manganese : Mn)

ตลอดความลึก 30 เซนติเมตร แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 10.95-139.01 ppm (ภาพผนวกที่ 18) โดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามความลึก จุดที่แมงกานีสมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ ได้แก่ D-6, D-8, D-9, D-14, D-21, D-27, D-28, D-34, D-35, D-42, D-43, D-49 และ D-50

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของแมงกานีสทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 19 ก) แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 22.694-105.755 ppm บริเวณที่มีแมงกานีสต่ำกว่า 40 ppm พบตั้งแต่ตอนกลางของพื้นที่ขึ้นไปถึงขอบบน และทางตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง กับขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลงโดยอยู่ถัดจาก บริเวณที่มีแมงกานีส 40-60 ppm เข้ามาด้านใน ในขณะที่ตั้งแต่ตอนกลางลงมาทางขอบล่างของแปลงมีแมงกานีส 40-60 ppm เป็นส่วนใหญ่ส่วนขอบด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบนที่มีน้ำขังมีแมงกานีสมากขึ้นกว่าเดิม (60-120 ppm) นอกจากนี้ยังพบจุดที่มีแมงกานีส 40-60 ppm ที่ด้านบนของแปลงค่อนข้างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือ

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 19 ข) แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 10.953-84.859 ppm แทบทั้งหมดของแปลงมีแมงกานีสต่ำกว่า 40 ppm (10.953-39.392 ppm) บริเวณที่มีแมงกานีสสูงสุดที่พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง โดยที่แมงกานีส 40-60 ppm พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลงกับตอนกลางของขอบแปลงด้านล่าง ส่วนบริเวณที่มีน้ำขังมีแมงกานีส 60-80 ppm ในขณะที่แมงกานีส 80-90 ppm มีเพียงจุดเดียวคือ D - 6

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 19 ค) แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 12.790-105.832 ppm โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่ที่มีแมงกานีสต่ำกว่า 40 ppm (12.790-38.687 ppm) บริเวณที่มีแมงกานีส มากกว่านี้ (40-60 ppm) พบที่มุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบนและขอบล่างของแปลงก่อนไปทางตะวันออกเฉียงใต้ บริเวณน้ำขัง ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้กับตอนกลางขอบของแปลงด้านล่างมีแมงกานีส 60-80 ppm ส่วนบริเวณที่มีแมงกานีส 80-100 ppm และ 100-120 ppm ก็พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง เช่นเดียวกัน คือ จุด D-21 และ D-6 ตามลำดับ

ความลึก 20-30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 19 ง) แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 12.033-139.006 ppm และส่วนใหญ่ของพื้นที่ยังคงมีแมงกานีสต่ำกว่า 40 ppm เช่นเดียวกับที่พบในความลึก 5-20 เซนติเมตร บริเวณที่มีแมงกานีส 40-60 ppm คือมุมด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนของแปลง และด้านตะวันออกเฉียงใต้ โดยอยู่ถัดจากส่วนที่มีแมงกานีสต่ำกว่า 40 ppm เข้ามาด้านใน ในขณะที่บริเวณที่มีแมงกานีส 60-80 ppm พบไม่มากนักที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างกับมุมล่างฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือของแปลง ส่วนบริเวณที่มีแมงกานีส 80-100 ppm และมากกว่า 120 ppm พบที่ตอนล่างของแปลง เช่นเดียวกับที่พบในความลึก 10-20 เซนติเมตร คือ D-7 และ D-15 (80-100 ppm) และ D-6 (139.006 ppm)

ทองแดง (Copper : Cu)

ตลอดความลึก 30 เซนติเมตร ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.97-30.49 ppm (ภาพผนวกที่ 20) ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามความลึก จุดที่แจกกระจายความลึกต่างจากที่กล่าวมา คือ D-6, D-7, D-8, D-9, D-10, D-13, D-14, D-20, D-21, D-25, D-29, D-30, D-40 และ D-41 ซึ่งเพิ่มขึ้นตามความลึกหรือมีค่าค่อนข้างใกล้เคียงกันทุกระดับความลึก

ความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดงทุกระดับความลึกเป็นดังนี้

ความลึก 0-5 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 21 ก) มีปริมาณทองแดงอยู่ 0.973-3.878 ppm ส่วนใหญ่ของพื้นที่มีทองแดง 2.5-3.0 ppm (2.510-3.017 ppm) โดยพบมากตั้งแต่ตอนกลางของแปลงขึ้นไปทางตอนบนจนถึงมุมแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน และพบที่มุมแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ปริมาณทองแดงที่มากกว่า 3 ppm (3.005-3.878 ppm) พบที่ตอนกลาง

ค่อนข้างต่ำทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลง และพบบ้างด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนของแปลง ส่วนบริเวณที่มีทองแดง 1.5-2.0 ppm พบน้อยมากที่ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างกับด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง โดยอยู่ถัดจากบริเวณที่มีทองแดง 2.5-3 ppm เข้ามาด้านใน ในขณะที่บริเวณที่มีทองแดง 2.0-2.5 ppm พบกระจายจากขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงใต้ตอนล่างเข้ามาด้านในจนถึงด้านตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน และพบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง

ความลึก 5-10 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 21 ข) ปริมาณทองแดงอยู่ในพิสัย 2.011-30.494 ppm โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่ที่มีทองแดง 2.5-3.0 ppm (2.508-2.992 ppm) ซึ่งแจกกระจายอยู่ทั่วทั้งแปลงตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบนจนถึงตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของแปลง บริเวณที่มีทองแดงมากกว่า 3 ppm นี้พบที่ตอนกลางค่อนข้างต่ำทางตะวันออกเฉียงใต้ของแปลงในแนวตะวันตกเฉียงใต้-ตะวันออกเฉียงเหนือ และพบที่ขอบด้านตะวันตกเฉียงเหนือ และตอนกลางค่อนข้างต่ำทางเหนือของแปลง จุดที่มีทองแดงมากที่สุดคือ D-158 (30.494 ppm) และ D-186 (28.902 ppm) ในขณะที่ปริมาณทองแดงที่น้อยกว่า 2.0-2.5 ppm (2.011-2.486 ppm) พบเป็นแนวตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างไปทางตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน และพบที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง

ความลึก 10-20 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 21 ค) ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 1.448-3.724 ppm โดยส่วนใหญ่ของพื้นที่ที่มีทองแดง 2.0-2.5 ppm โดยพบมากที่ตอนกลางของแปลง พบบ้างที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง และด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนบน ส่วนทองแดงที่มีค่าต่ำที่สุดของแปลง (พิสัย 1-1.5 ppm) พบเพียงจุดเดียวคือ D-33 ซึ่งอยู่ตรงกลางของพื้นที่ (1.448 ppm) ในขณะที่ทองแดง 1.5-2.0 ppm (1.634-1.920 ppm) พบที่ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างของพื้นที่กับด้านตะวันตกเฉียงเหนือทั้งขอบบนและล่าง และพบเพียงจุดเดียวที่ตอนกลางค่อนข้างต่ำทางเหนือของแปลง บริเวณที่มีทองแดง 2.5-3.0 ppm พบกระจายอยู่ตอนบนของพื้นที่ตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือมาทางตะวันออกเฉียงใต้ และพบที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ในขณะที่ทองแดงที่มีมากกว่า 3 ppm (3.068-3.724) ส่วนใหญ่พบตั้งแต่ตอนกลางทางด้านล่างของแปลงและพบบ้างที่ขอบด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างของแปลง

ความลึก 20 - 30 เซนติเมตร (ภาพผนวกที่ 21 ง) ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 1.172-5.625 ppm ทองแดงที่มีปริมาณสูงที่สุด (มากกว่า 3 ppm: 3.116-5.625 ppm) พบที่ด้านตะวันออกเฉียงเหนือของแปลง ยกเว้นขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างที่มีทองแดงต่ำกว่านี้

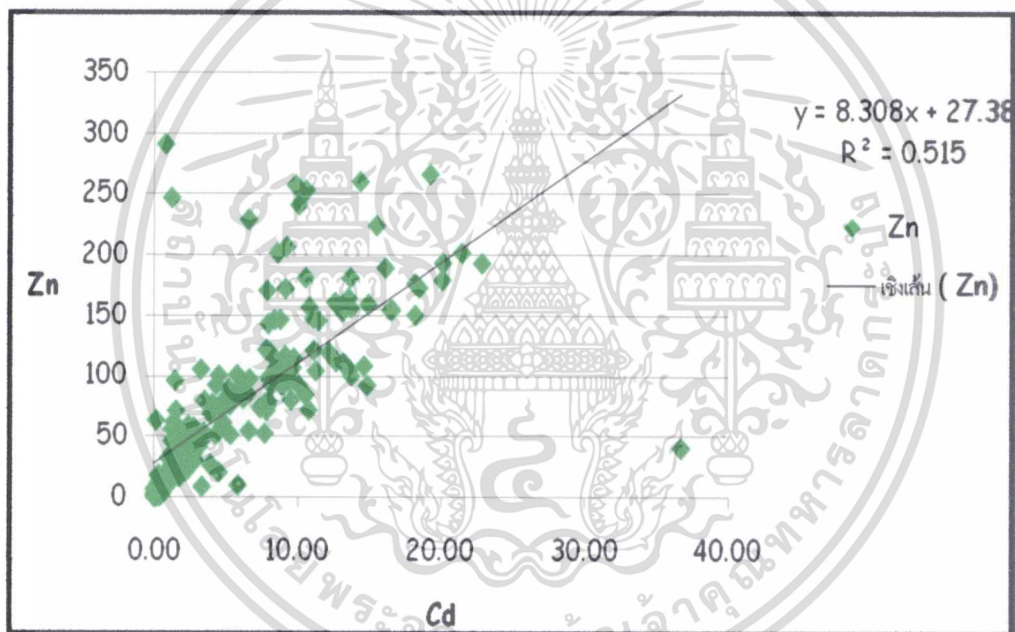
บริเวณที่มีทองแดง 2.0-2.5 ppm และ 1.5-2.0 ppm พบใกล้เคียงกัน โดยขอบแปลงด้านบนส่วนใหญ่ มีทองแดง 1.5-2.0 ppm ตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือมาทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ และพบที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างกับพบเป็นบางจุดที่ขอบแปลงด้านฝั่งตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างของแปลง และที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ส่วนบริเวณที่มีทองแดง 2.5-3.0 ppm พบที่ด้านตะวันตกเฉียงเหนือตอนล่างของแปลงกับตอนกลางค่อนข้างไปทางด้านล่างของแปลง พบน้อยมากที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับจุลธาตุประจวบ

ภาพที่ 7 แสดงปฏิสัมพันธ์ของแคดเมียมในสารละลายดินกับจุลธาตุประจวบ จะเห็นว่าแคดเมียมมีปฏิสัมพันธ์กับสังกะสีในเชิงบวก ($R^2 = 0.515$) นั่นคือ เมื่อมีปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นปริมาณแคดเมียมมีแนวโน้มเพิ่มตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุภารัตน์ (2553) แต่ปฏิสัมพันธ์ของแคดเมียมกับจุลธาตุประจวบอื่น (ทองแดง, เหล็ก, แมงกานีส) นั้นไม่ชัดเจน อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มว่าเมื่อทองแดง, เหล็ก และแมงกานีส เพิ่มขึ้น แคดเมียมในสารละลายดินก็เพิ่มขึ้นเล็กน้อย โดยค่า R^2 มีดังนี้ Cu: 0.031, Fe: 0.015 และ Mn: 0.017

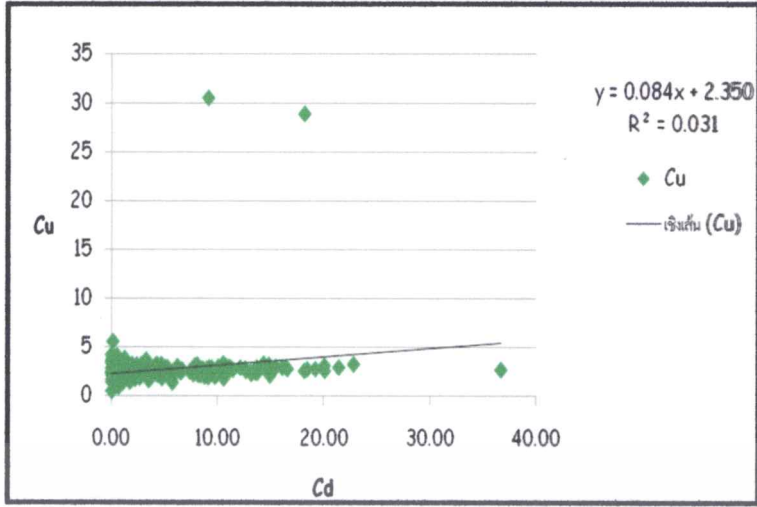


ก)

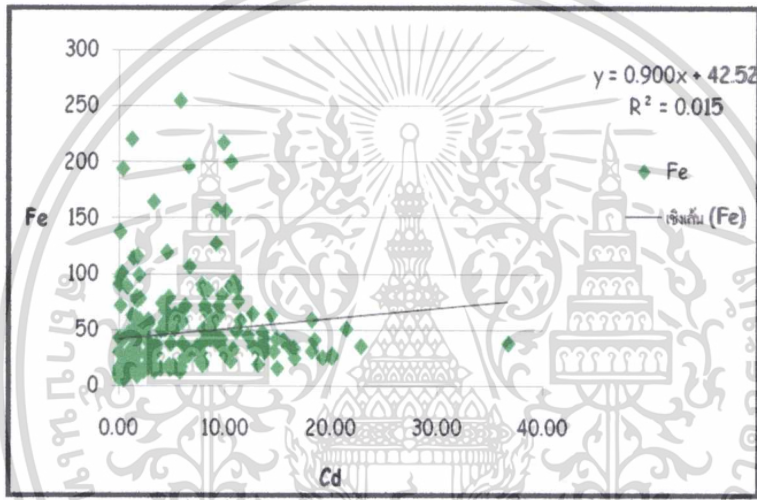
ภาพที่ 7 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับจุลธาตุประจวบ : ก) แคดเมียมกับสังกะสี

ข) แคดเมียมกับทองแดง ค) แคดเมียมกับเหล็ก และ ง) แคดเมียมกับแมงกานีส

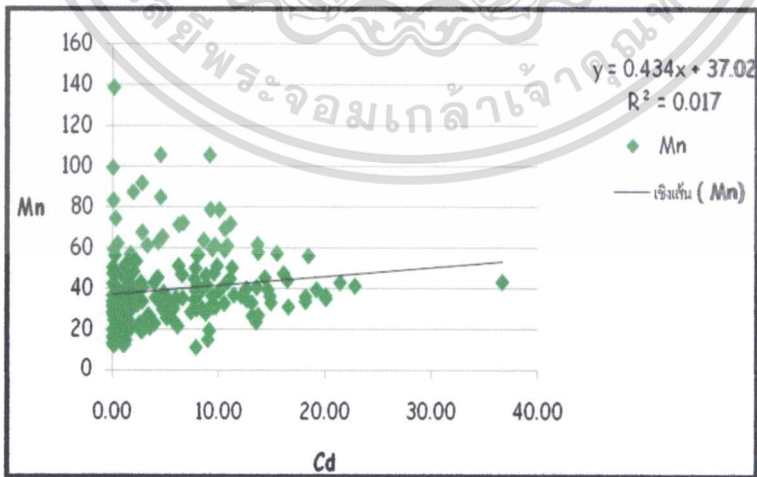
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข)



ค)



ง)

ภาพที่ 7 (ต่อ)

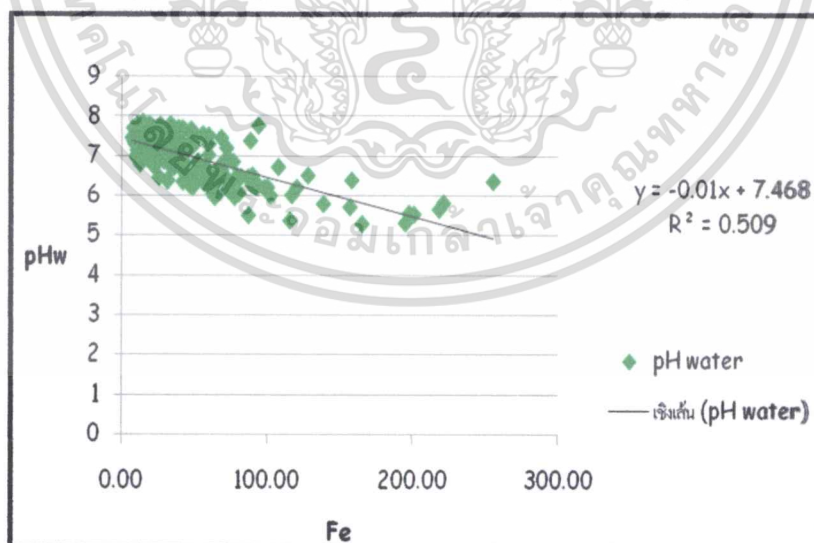
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) กับจุลธาตุประจุบวกและแคดเมียม

ภาพที่ 8 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) กับจุลธาตุประจุบวก จะเห็นว่า pH_w มีปฏิสัมพันธ์ในเชิงลบอย่างชัดเจนกับธาตุเหล็ก ($R^2 = 0.509$) นั่นคือ เมื่อ pH_w เป็นกรดมากขึ้น เหล็กในสารละลายดินก็มากตามไปด้วย pH_w ค่อนข้างมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงลบกับแมงกานีส ($R^2 = 0.085$) มีปฏิสัมพันธ์เชิงลบน้อยมากกับสังกะสี ($R^2 = 0.032$) และแทบไม่พบปฏิสัมพันธ์กับทองแดง ($R^2 = 0.009$)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษาศุภารัตน์ (2553) พบว่าปฏิสัมพันธ์ของ pH_w กับเหล็ก และ pH_w กับแมงกานีสชัดเจนกว่า (ค่า R^2 สูงกว่า) ในขณะที่ปฏิสัมพันธ์ของ pH_w กับสังกะสีและ pH_w กับทองแดงชัดเจนน้อยกว่า (ค่า R^2 ต่ำกว่า) ที่พบในผลการศึกษาศุภารัตน์ (2553)

ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับแคดเมียม แตกต่างจากปฏิสัมพันธ์ของ pH_w กับจุลธาตุประจุบวก อื่นอย่างชัดเจนคือ มีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวก โดยที่เมื่อ pH_w เพิ่มขึ้นแคดเมียมในสารละลายดินมีแนวโน้มเพิ่มตามไปด้วย ($R^2 = 0.25$) ซึ่งเป็นลักษณะที่ตรงกันข้ามกับผลการศึกษาศุภารัตน์ (2553)



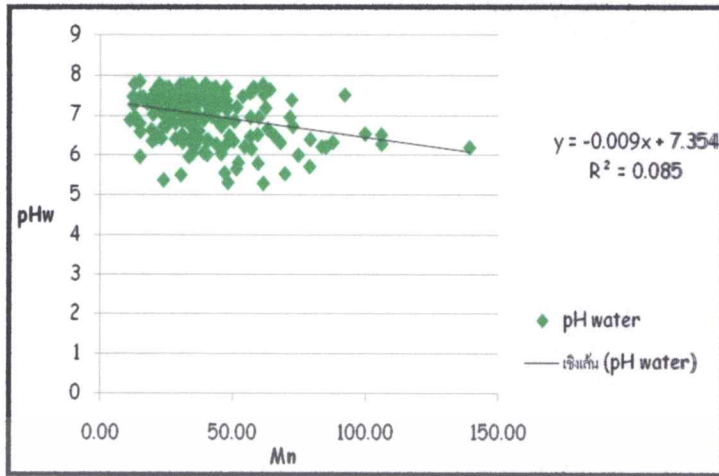
ก)

ภาพที่ 8 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างปฏิกิริยาดิน (pH_w) กับจุลธาตุประจุบวกและแคดเมียม :

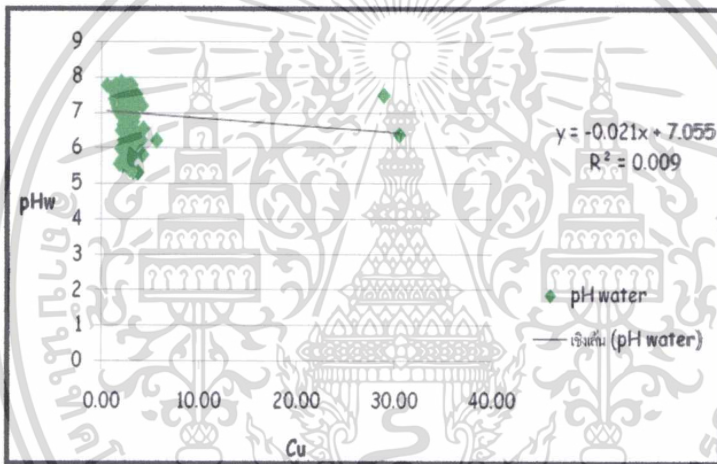
ก) pH_w กับเหล็ก ข) pH_w กับแมงกานีส ค) pH_w กับทองแดง ง) pH_w กับสังกะสี และ

จ) pH_w กับแคดเมียม

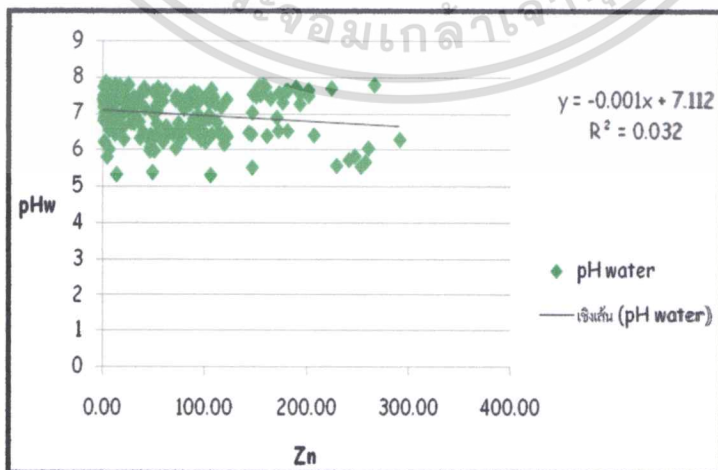
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข)

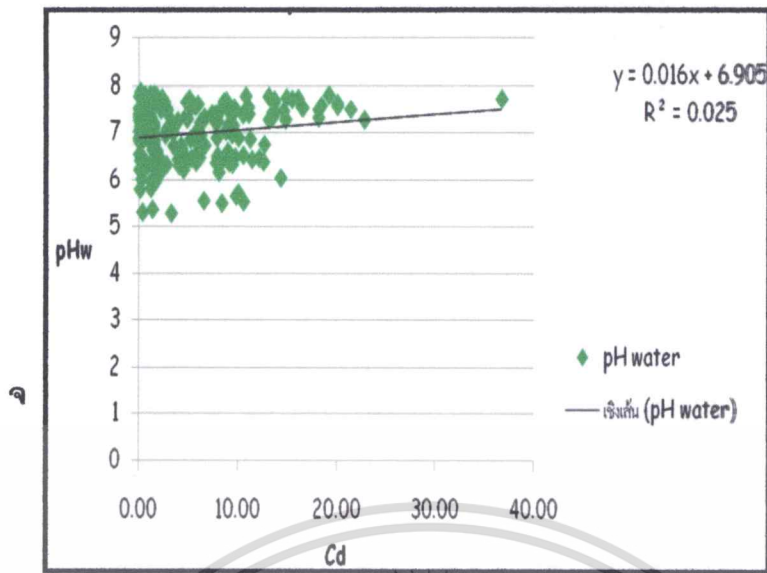


ค)



ง)

ภาพที่ 8 (ต่อ)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



จ)

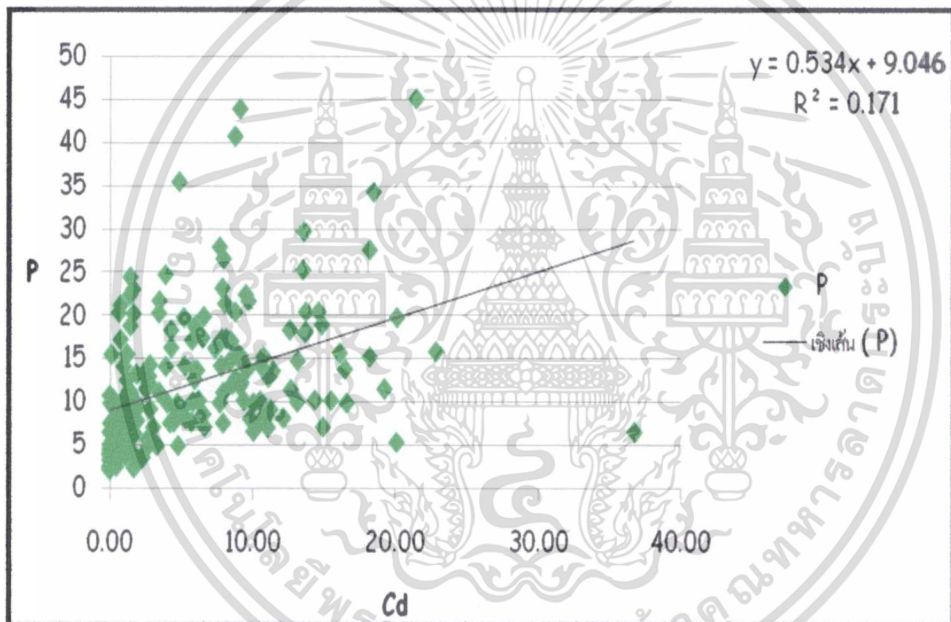
ภาพที่ 8 (ต่อ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับฟอสฟอรัส

ภาพที่ 9 แสดงความสัมพันธ์ของแคดเมียมกับฟอสฟอรัส จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงบวกค่อนข้างน้อย ($R^2 = 0.171$) แม้จะมีแนวโน้มว่าเมื่อฟอสฟอรัสในสารละลายดินมากขึ้นปริมาณแคดเมียมก็มีโอกาสที่จะสูงขึ้นก็ตาม



ภาพที่ 9 แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับฟอสฟอรัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิจารณ์และสรุปผลการศึกษา

แปลงนาลาดชันที่เป็นกรณีศึกษามีแคดเมียมและจุลธาตุประจวบอีกอื่น ผันแปรทั้งในแนวดิ่ง (Horizontal variability) และในแนวระนาบ (Spatial variability) สมบัติอื่นทางเคมี ได้แก่ ปฏิกริยาที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์เข้มข้น 1 นอร์มอล (pH_k) การนำไฟฟ้าของดิน และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ก็มีความผันแปรเช่นเดียวกัน

ตลอดพื้นที่ปฏิกริยาดินในสนาม (pH_k) ส่วนใหญ่อยู่ในพิสัย 7-8 ค่า pH_k ที่ต่ำกว่านี้พบน้อยมาก ส่วน pH_w มีค่าอยู่ในพิสัย 5.32-7.86 โดยส่วนใหญ่ลดลงตามความลึก บริเวณขอบแปลงด้านบนมีค่า pH_w สูงและลดต่ำลงมาด้านล่าง ด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่างก็มี pH_w สูงเช่นเดียวกัน บริเวณพื้นที่แปลงที่น้ำขังมีค่า pH_w ต่ำกว่าพื้นที่โดยรวมเป็นส่วนใหญ่ pH_k ก็มีรูปแบบการแจกกระจายเช่นเดียวกับที่พบใน pH_w โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 4.79-6.89

บริเวณแปลงที่มีน้ำขังมีการนำไฟฟ้า (EC) ที่ตอนบนด้านที่น้ำเข้าสูงกว่าทางตอนล่างที่น้ำระบายออกจากพื้นที่ ตลอดพื้นที่มีค่า EC อยู่ในพิสัย 35.7-2270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ และการแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก การแจกกระจายเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร พบว่า EC มีค่าสูงกว่าตอนกลางของขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือไปทางตอนบนและตอนล่าง และจากตอนกลางของขอบแปลงด้านล่างขึ้นไปด้านบนของแปลง

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณอยู่ในพิสัย 2.19-44.01 ppm และลดลงตามความลึก บริเวณน้ำขังมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่าบริเวณอื่นทุกระดับความลึก ส่วนของแปลงที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าบริเวณอื่นพบที่ มุมด้านล่างทางตะวันออกเฉียงใต้ ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือ และตอนกลางก่อนไปทางเหนือของแปลง

แคดเมียมของทุกระดับความลึก ตลอดทั้งแปลงอยู่ในพิสัย 0.0024-22.81 ppm โดยที่ความลึก 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร มีแคดเมียมสูงกว่าที่พบในความลึก 10-30 เซนติเมตรอย่างเห็นได้ชัด บริเวณน้ำขังมีแคดเมียมค่อนข้างสูงกว่าพื้นที่รอบข้างทุกระดับความลึก ส่วนบริเวณอื่นที่มีแคดเมียมสูงได้แก่ ขอบแปลงด้านบนและด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ในขณะที่ตอนกลางของขอบแปลงด้านล่างไปทางตะวันตกเฉียงเหนือมีแคดเมียมต่ำที่สุด

สังกะสีของทุกระดับความลึก มีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.54-291.41 ppm และแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก บริเวณที่มีสังกะสีสูงพบส่วนใหญ่ที่ของแปลงด้านบน พบบ้างที่ขอบแปลงด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนล่าง ในขณะที่เดียวกันพบว่าตอนบนของบริเวณน้ำขังค่อนข้างมีสังกะสีสูงกว่าจุดอื่นๆ ที่มีน้ำขัง และบริเวณรอบๆ แทบทุกระดับความลึก

ทุกระดับความลึกมีเหล็กอยู่ในพิสัย 5.98-225.24 ppm โดยแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก บริเวณน้ำขังของแปลงมีเหล็กสูงกว่าบริเวณอื่นที่อยู่รอบๆ และเพิ่มขึ้นตามความลึก ส่วนทั่วทั้งแปลงพบว่าที่ความลึก 0-5 และ 5-10 เซนติเมตร บริเวณขอบแปลงด้านล่างมีเหล็กสูงกว่าขอบแปลงด้านบน ส่วนที่ความลึกอื่นมีปริมาณไม่ต่างกันมากนัก

แมงกานีสมีปริมาณอยู่ในพิสัย 10.95-139.01 ppm บริเวณน้ำขังของแปลงมีแมงกานีสสูงกว่าบริเวณอื่นที่อยู่รอบๆ และค่อนข้างไม่ต่างกันทุกระดับความลึก ตลอดทั่วทั้งแปลงพบว่าขอบแปลงด้านล่างไปทางตะวันออกเฉียงใต้มีแมงกานีสสูงกว่าบริเวณอื่นเป็นส่วนใหญ่ ขอบแปลงด้านตะวันตกเฉียงเหนือพบแมงกานีสสูงเช่นเดียวกัน

ทองแดงมีปริมาณอยู่ในพิสัย 0.97-30.49 ppm แต่ปริมาณส่วนใหญ่ของทั่วทั้งแปลงคือประมาณ 3 ppm แทบทั้งแปลงทองแดงแจกกระจายในรูปแบบที่ลดลงตามความลึก บริเวณที่มีน้ำขังมีทองแดงค่อนข้างมากกว่าบริเวณอื่น และไม่แตกต่างกันในทุกช่วงความลึกหรือค่อนข้างเพิ่มขึ้นบ้างเล็กน้อย

จะเห็นว่าขอบแปลงด้านบนซึ่งเป็นทางน้ำเข้า และเป็นบริเวณสูงกว่าพื้นที่อื่นของแปลง มีแคดเมียม จุลธาตุประจวบทุก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ตลอดจน pH_w , pH_k , และ EC สูงกว่าบริเวณอื่น บริเวณน้ำขังมีสมบัติทางเคมีดังกล่าวของดินต่างจากพื้นที่โดยรอบเช่นกัน ได้แก่ pH_w , pH_k และ ฟอสฟอรัสต่ำกว่าพื้นที่โดยรอบ EC สูงกว่าพื้นที่โดยรอบ ในขณะที่แคดเมียม สังกะสี เหล็ก แมงกานีส และทองแดง สูงกว่าที่พบในบริเวณอื่นโดยรอบ

การแจกกระจายตามความลึกของสมบัติทางเคมีดังกล่าวของดิน โดยส่วนใหญ่ลดลงตามความลึก ยกเว้นบริเวณน้ำขังที่เหล็ก แมงกานีส และทองแดง ที่เพิ่มตามความลึก หรือไม่แตกต่างกันทุกระดับความลึก

มีความเป็นไปได้ว่าแคดเมียมและธาตุประจวบควมมีปริมาณสูงอยู่แล้ว ในส่วนของแปลงที่สูงกว่าบริเวณอื่นๆ ได้แก่ ด้านตะวันออกเฉียงใต้และด้านบนของแปลง เห็นได้จากบริเวณดังกล่าวมีปริมาณธาตุเหล่านี้สูงกว่าที่พบในบริเวณอื่นของแปลง และบางส่วนของธาตุเหล่านี้อาจมากับน้ำที่ระบายเข้าสู่แปลง จากมุมด้านตะวันออกเฉียงใต้ตอนบน ดังจะเห็นได้จากบริเวณน้ำขังซึ่งต่ำที่สุดของแปลง มีธาตุเหล่านี้สูงกว่าบริเวณอื่นโดยรอบเป็นส่วนใหญ่

แคดเมียมมีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวกกับสังกะสีชัดเจนกว่าที่พบในปฏิสัมพันธ์กับธาตุประจวบควมอื่น ($R^2 = 0.515$) นั่นคือเมื่อสังกะสีในสารละลายดินเพิ่มขึ้น ปริมาณแคดเมียมก็มากตามไปด้วย ถึงแม้ว่าปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับธาตุประจวบควมอื่นจะไม่ชัดเจน แต่มีแนวโน้มว่าเมื่อทองแดง แมงกานีส และเหล็ก เพิ่มขึ้น แคดเมียมในสารละลายดินก็มากตามไปด้วย โดยมี R^2 ดังนี้ Cu: 0.031, Mn: 0.017 และ Fe: 0.015

เหล็กมีปฏิสัมพันธ์เชิงลบกับปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ (pH_w) ชัดเจนที่สุด ($R^2 = 0.509$) และค่อนข้างพบปฏิสัมพันธ์เชิงลบระหว่าง pH_w กับแมงกานีส ($R^2 = 0.085$) มีปฏิสัมพันธ์ในเชิงลบน้อยมากระหว่างระหว่าง pH_w กับสังกะสี ($R^2 = 0.032$) และแทบไม่พบปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับทองแดง ($R^2 = 0.005$) ส่วนแคดเมียมมีลักษณะตรงกันข้ามกับธาตุที่กล่าวมาข้างต้นคือ แคดเมียมในสารละลายดิน มีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อ pH_w เพิ่มขึ้น ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้แตกต่างจากปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณแคดเมียมในดินที่กล่าวว่า เมื่อ pH_w ลดลงสารละลายดินจะมีแคดเมียมเพิ่มมากขึ้น (Ross, 1994)

แคดเมียมมีปฏิสัมพันธ์เชิงบวกค่อนข้างน้อยกับฟอสฟอรัส แม้จะมีแนวโน้มว่าเมื่อฟอสฟอรัสในสารละลายดินเพิ่มขึ้น ปริมาณแคดเมียมในสารละลายดินมีโอกาสที่จะสูงขึ้นก็ตาม ($R^2 = 0.171$) จึงมีโอกาสเป็นไปได้ว่า แคดเมียมที่พบในดินไม่ได้มาจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสให้แก่ข้าว อีกทั้งเกษตรกรที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในปริมาณไม่มากนัก ปริมาณแคดเมียมที่เป็นสิ่งเจือปนในปุ๋ยฟอสฟอรัสจึงไม่น่าจะมากพอที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนในดินได้

ธาตุประจวบควม (Fe, Mn, Cu และ Zn) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษา มีปริมาณสูงกว่าที่พบในแปลงนาในบริเวณอื่นๆ ของประเทศไทยอย่างชัดเจน (พัชรินทร์, 2548) สาเหตุส่วนหนึ่งอาจเกิดจาก

ลักษณะธรณีวิทยาของบริเวณนี้มีแร่สังกะสีเป็นองค์ประกอบ จึงมีโอกาที่จะพบสังกะสี และจุลธาตุ
 ประจุบวกปริมาณสูงในดินเช่นกัน

เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงนาปนเปื้อนแคดเมียมที่มีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบ (สุภา
 รัตน์, 2553) พบว่าสิ่งที่เหมือนกันคือ

1. บริเวณที่ระบายน้ำเข้าสู่แปลงนามีแคดเมียมและจุลธาตุประจุบวกอื่นสูงกว่าบริเวณ
 อื่นของแปลง
2. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับสังกะสีเป็นไปในเชิงบวก
3. ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับเหล็กเป็นไปในเชิงลบอย่างเห็นได้ชัด

สิ่งที่แตกต่างจากที่พบในการศึกษาของสุภารัตน์ได้แก่

1. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างแคดเมียมกับทองแดง แมงกานีส และเหล็กไม่ชัดเจนนัก แม้จะมี
 แนวโน้มว่าเมื่อ ทองแดง แมงกานีส และเหล็กเพิ่มขึ้น แคดเมียม มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก็
 ตาม
2. ปฏิสัมพันธ์ระหว่าง pH_w กับแมงกานีส pH_w กับสังกะสี และ pH_w กับทองแดง ไม่
 ชัดเจนนักโดยเฉพาะอย่างยิ่ง pH_w กับทองแดง
3. pH_w มีปฏิสัมพันธ์ในเชิงบวกกับแคดเมียม ซึ่งลักษณะนี้แตกต่างจากที่พบใน
 การศึกษาของสุภารัตน์อย่างชัดเจน

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบสมบัติทางเคมีที่พบในการศึกษาและผลการศึกษาของสุภารัตน์
 (2553) จะเห็นว่าสิ่งที่มีปริมาณสูงกว่าที่พบในการศึกษาของสุภารัตน์ (2553) คือ pH ทุกค่า EC
 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคดเมียม สังกะสี และทองแดง ในขณะที่เหล็กต่ำกว่า ส่วนค่าเฉลี่ยตลอด
 ความลึกไม่ต่างกันมากนัก แต่ในดินบน 0-10 เซนติเมตร มีปริมาณต่ำกว่าและที่ความลึก 10-30
 เซนติเมตร มีปริมาณสูงกว่าที่พบในการศึกษาของสุภารัตน์ (2553)

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบค่าวิเคราะห์ผลตลอดหน้าตัดดินแต่ละช่วงความลึก
ระหว่างการศึกษาครั้งนี้และผลการศึกษาของสุภารัตน์ (2553)

รายการ	แปลงมาค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด(สุภารัตน์,2553)						ผลการศึกษานี้ (แปลงนาลาดชัน)									
	ความลึก (cm)						ความลึก (cm)									
	0-30	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30	0-5	5-10	10-20	20-30						
pHf	6.96 (6.0-8.0)	6.74 (6.0-8.0)	6.7 (6.0-8.0)	7.09 (6.5-8.0)	7.31 (6.5-8.0)	7.2 (4.5-8.0)	7.3 (6.5-8.0)	7.3 (6.5-8.0)	7.3 (6.0-8.0)	7.1 (4.5-8.0)	7.1					
pHw	6.33 (5.5-7.69)	6.13 (5.5-7.23)	6.15 (5.55-6.91)	6.47 (5.56-7.64)	6.59 (5.88-7.69)	7 (5.32-7.80)	6.91 (5.54-7.70)	6.88 (5.38-7.80)	7.11 (5.57-7.74)	7.08 (5.32-7.77)	7.08					
pHk	5.41 (3.86-7.77)	5.12 (4.25-6.97)	4.99 (3.86-6.48)	5.67 (4.35-5.93)	5.87 (4.63-6.91)	6.19 (4.79-6.96)	6.21 (5.11-6.84)	6.2 (5.07-6.89)	6.17 (4.79-6.96)	6.16 (4.98-6.88)	6.16					
EC	121.2 (30.7-777)	185 (100-315)	120.37 (66.5-238)	89.06 (35.1-171)	88.94 (30.7-205)	493.88 (357-2270)	795.73 (59.9-2270)	539.02 (85.4-1154)	417.09 (66-684)	223.5 (35.7-1186)	223.5					
P	6.27 (1.02-34.89)	10.34 (2.28-34.89)	6.12 (1.99-29.72)	4.34 (1.01-12.60)	4.21 (1.52-8.56)	11.97 (2.42-45.19)	18.29 (9.42-22.01)	14 (4.34-45.19)	8.62 (2.42-21.79)	7.05 (2.43-24.78)	7.05					
Cd	0.308 (0.02-2.26)	0.562 (0.11-1.92)	0.465 (0.05-2.26)	0.146 (0.02-0.82)	0.051 (0.02-0.29)	5.27 (0.0024-20.08)	7.73 (0.64-18.43)	7.76 (0.11-21.41)	4.15 (0.21-20.08)	1.42 (0.0024-13.64)	1.42					

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	แปลงนาคอมซึ่งราบเรียบถึงจุดคลื่นลอนตาด(สุภาวรัตน์, 2553)						ผลการศึกษาค้างนี้ (แปลงนาลาดชัน)					
	ความลึก (cm)						ความลึก (cm)					
รายการ	0-30	0-5	5-10	10-20	20-30	0-30	0-5	5-10	10-20	20-30		
Zn	12.28 (0.13-47.23)	10.51 (2.68-47.23)	3.52 (0.65-47.23)	0.83 (0.13-38.25)	5.27 (0.13-9.3)	71.89 (0.68-291.41)	99.28 (8.31-253.46)	106.94 (15.02-291.41)	55.39 (1.23-207.11)	25.96 (0.06-247.20)		
Fe	98.51 (3.32-450.90)	164.73 (31.61-299.09)	166.18 (12.85-275.14)	40.01 (4.44-168.53)	18.07 (3.32-57.86)	47.07 (5.98-220.96)	59.61 (11.64-25.24)	58.6 (18.58-217.25)	36.61 (9.60-127.25)	33.46 (5.98-220.96)		
Min	42.06 (4.15-245.4)	63.89 (17.33-169.65)	45.92 (17.94-109.51)	33.5 (13.57-71.81)	24.44 (5.43-245.41)	39.24 (12.03-139.07)	45.67 (22.69-105.72)	37.09 (12.30-84.86)	36.36 (12.49-105.83)	37.84 (12.03-139.07)		
Cu	2.05 (0.56-5.56)	2.53 (1.38-3.47)	2.45 (1.28-3.35)	1.81 (0.95-5.62)	1.34 (0.05-5.20)	2.83 (0.97-30.49)	2.62 (0.97-3.88)	3.74 (1.37-30.49)	2.49 (1.45-3.72)	2.47 (1.17-5.63)		

หมายเหตุ ตัวเลขในวงเล็บคือพื้ต่ำสุดและสูงสุดตั้งแต่ระดับความลึก

เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1:50,000 ชุดที่ L7018 ระวัง 4742 III (อำเภอแม่สอด). กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กระทรวงกลาโหม. กรุงเทพฯ. 1 แผ่น.
- กรมแผนที่ทหาร. (ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์). แผนที่ประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ลำดับชุด 1501S ระวัง NE 47-14 (เกาะลันเตา). กรมแผนที่ทหาร กองบัญชาการทหารสูงสุด กระทรวงกลาโหม. กรุงเทพฯ. 1 แผ่น.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2546. สถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 30 ปี (พ.ศ. 2514-2543). กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม. กรุงเทพฯ. 79 หน้า.
- กองธรณีวิทยา 2527. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ระวัง NE47-14 (เกาะลันเตา). กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ 1 แผ่น.
- ฐิตินันท์ ศรีสถิต และ อวยพร แต่ชูตระกูล. 2547. เหตุเกิดที่ห้วยแม่ดาว "ในน้ำมีปลาในนามีแคดเมียม". โลกสีเขียว พฤศจิกายน - ธันวาคม : 18-32.
- พัชรินทร์ สุวรรณศรี. 2548. การแจกกระจายของเหล็ก แมงกานีส และอะลูมิเนียมในดินที่มีหินพื้นต่างกันของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ II : แอ่งโคราชจากเมือกเขาภูพานถึงแม่น้ำชี. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สุมิตรา ภู่วโรดม. 2549. เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. (ไม่เรียงหน้า).
- สุภารัตน์ บันพุ่มโพธิ์ . 2553. ความผันแปรของแคดเมียมและจุลธาตุประจวบกันในพื้นที่นาขนาดเล็กของหมู่บ้านพะเด๊ะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี. หลักสูตรปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- Blackemore, L.C., P.L. Searie and B.K. Daly. 1987. Method for Chemical Analysis of Soils. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. NZ Soil Bureau, Department of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand. 103 p.
- Grambrell, R.P. 1996. Iron. pp 669-682. In D.L. Sparles, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, R.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.

Havlin, J. L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizer: An Introduction to Nutrient Management. 6th Edition. Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, USA. 499p.

Ragan, H. A., and Mast, T. J. 1990 Cadmium Inhalation and Male Reproductive Toxicity. Reviews of Environment Contamination and Toxicology 144: 1-22.

Rhoades, J.D. 1996. Salinity : Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids, pp.417-435. In D.L Sparks *et al.* Methods of Soil Analysis Part 3. Chemical Methods. No.5 in The Soil Sci. Soc. Am. Book series. Soil Sci. Soc. Am., Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Ross, S.M. (ed.). 1994. Toxic Metals in Soil-Plant Systems. John Wiley & Sons., Ltd, England, UK. 469 p.

Soil Survey and Classification Division. 1985. Detailed Reconnaissance Soil Map of Tak Province. Scale 1:100,000. Soil Survey and Classification Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. Thailand. 10 sheets

van der Perk, M. 2006. Soil and water Contamination: from molecular to catchment scale. Taylor and Francis, Group plc., London, U.K. 389 p.



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (UTM) ของจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา

Transect 1		Transect 2		Transect 3		Transect 4		Transect 5	
Code	UTM	Code	UTM	Code	UTM	Code	UTM	Code	UTM
D1	47Q 0460182	D15	47Q 0460193	D30	47Q 0460132	D36	47Q 0460146	D44	47Q 0460150
	1845598		1843605		1843668		1843679		1843698
D2	47Q 0460175	D16	47Q 0460184	D31	47Q 0460110	D37	47Q 0460120	D45	47Q 0460129
	1843603		1843611		1843682		1843690		1843703
D3	47Q 0460171	D17	47Q 0460167	D32	47Q 0460092	D38	47Q 0460103	D46	47Q 0460116
	1843602		1843621		1843690		1843704		1843703
D4	47Q 0460159	D18	47Q 0460160	D33	47Q 0460078	D39	47Q 0460091	D47	47Q 0460085
	1843161		1843625		1843699		1843704		1843722
D5	47Q 0460151	D19	47Q 0460152	D34	47Q 0460053	D40	47Q 0460069	D48	47Q 0460057
	1843615		1843629		1843705		1843712		1843737
D6	47Q 0460147	D20	47Q 0460144	D35	47Q 0460036	D41	47Q 0460039	D49	47Q 0460030
	1843620		1843639		1843709		1843724		1843750
D7	47Q 0460138	D21	47Q 0460135			D42	47Q 0460027	D50	47Q 0460007
	1848625		1843648				1843736		1843763
D8	47Q 0460109	D22	47Q 0460110			D43	47Q 0460004		
	1843640		1843658				1843755		
D9	47Q 0460088	D23	47Q 0460091						
	1843654		1843668						
D10	47Q 0460060	D24	47Q 0460066						
	1843668		1843678						
D11	47Q 0460033	D25	47Q 0460048						
	1843685		1843688						
D12	47Q 0460015	D26	47Q 0460036						
	1843693		1843696						
D13	47Q 0459998	D27	47Q 0460012						
	1843705		1843712						
D14	47Q 0459984	D28	47Q 0460003						
	1841713		1843720						
		D29	47Q 0459993						
			1843728						

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 แสดงค่าวิเคราะห์ทางเคมีบางประการของดินที่เป็นกรดนี้ศึกษา

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
			(----- 1:5 -----)			μS/cm	(----- ppm -----)					
1	D-1	0-5	8.0	7.57	6.20	1021	34.35	18.43	173.05	41.49	56.09	2.78
		5-10	8.0	7.49	5.55	768	45.19	21.41	201.94	51.58	42.77	2.97
		10-20	7.0	7.55	5.59	302	19.85	20.08	193.52	28.57	34.92	2.62
		20-30	7.0	7.61	5.62	201	7.60	1.56	49.27	14.15	30.44	1.96
D-2	D-2	0-5	7.0	7.18	5.69	1052	44.01	9.10	116.09	45.44	30.38	1.96
		5-10	7.0	7.03	6.11	439	40.81	8.76	146.52	59.28	27.79	2.02
		10-20	7.0	7.13	6.06	251	21.79	3.48	79.41	37.78	20.70	1.63
		20-30	7.0	7.39	6.04	150	9.37	0.28	18.08	19.86	21.96	1.31
D-3	D-3	0-5	7.0	7.29	6.14	810	35.55	4.85	80.14	38.56	32.02	2.17
		5-10	7.0	6.86	6.06	478	19.82	5.18	88.93	51.57	30.64	2.49
		10-20	7.0	7.31	6.07	237	9.42	1.15	23.26	21.40	36.45	1.76
		20-30	6.5	7.26	6.04	125	4.94	0.04	1.34	13.06	31.65	1.46
D-4	D-4	0-5	7.0	7.23	6.27	1007	26.61	7.94	78.77	40.16	41.48	2.55
		5-10	7.0	6.60	6.14	283	18.80	5.94	83.86	58.29	35.24	2.25
		10-20	6.5	7.03	6.02	124	10.09	5.81	9.63	17.80	23.37	2.25
		20-30	7.0	7.04	6.07	124	6.58	0.05	1.79	10.00	19.63	2.36
D-5	D-5	0-5	7.0	6.36	5.79	555	14.24	7.78	121.69	91.29	49.89	2.58
		5-10	6.5	6.47	5.76	414	7.61	7.92	143.11	86.68	56.28	2.56
		10-20	7.0	7.07	5.83	255	14.36	2.81	52.84	39.26	40.64	3.28
		20-30	7.0	6.86	5.80	140	5.12	0.17	2.51	30.98	50.43	2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu	
			(-----1:5-----)			µS/cm	(-----)	ppm					
D-6		0-5	7.0	6.66	6.00	977	16.35	4.29	92.53	68.19	62.88	2.20	
		5-10	6.5	6.21	5.89	592	8.13	4.49	100.44	120.15	84.86	2.23	
		10-20	6.5	6.29	5.84	207	7.73	4.47	20.27	58.80	105.83	3.16	
		20-30	6.0	6.20	5.67	144	4.59	0.09	1.46	97.80	139.01	5.63	
D-7		0-5	7.0	6.96	5.89	1170	14.42	9.36	74.20	72.13	59.57	2.86	
		5-10	8.0	6.86	6.21	723	9.17	11.23	63.87	76.29	50.16	2.90	
		10-20	8.0	7.71	6.16	497	6.59	36.70	40.20	38.57	43.13	2.76	
		20-30	7.0	7.19	6.09	264	2.58	0.46	3.91	21.73	62.11	4.18	
D-8		0-5	7.0	7.21	6.21	764	10.24	6.18	81.24	71.66	51.17	3.06	
		5-10	8.0	7.80	6.38	446	6.60	1.52	24.85	33.14	34.25	2.99	
		10-20	7.0	7.51	6.28	235	4.12	0.06	0.84	10.64	42.35	3.56	
		20-30	7.0	7.38	6.19	183	2.43	0.08	0.87	11.27	47.32	3.72	
D-9		0-5	6.6	6.16	5.98	1196	21.46	8.06	118.93	72.56	56.71	3.23	
		5-10	7.0	6.73	6.04	419	7.64	4.22	74.10	56.88	45.33	3.29	
		10-20	8.0	7.74	6.18	302	3.55	0.08	0.69	12.36	30.83	2.45	
		20-30	7.0	7.26	5.97	154	3.84	0.0024	1.62	16.08	28.35	3.59	
D-10		0-5	6.5	6.22	5.99	495	13.30	1.85	46.40	99.89	54.14	2.81	
		5-10	6.5	6.28	5.95	448	9.97	0.76	291.41	89.21	47.18	2.87	
		10-20	6.5	6.01	5.85	325	5.76	0.26	5.70	101.95	74.43	3.30	
		20-30	7.0	6.22	5.78	158	7.62	0.04	1.14	91.66	83.27	4.05	

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
			(--- 1:5 ---)			µS/cm	(----- ppm -----)					
D-11		0 - 5	6.5	5.97	5.60	149	20.27	1.66	50.37	77.17	33.17	2.49
		5 - 10	6.5	5.38	5.33	398	11.39	1.34	48.47	115.28	23.63	2.89
		10 - 20	6.0	6.43	5.38	236	7.10	0.46	11.58	43.95	20.72	2.46
		20 - 30	7.0	7.32	5.54	132	4.09	0.01	0.68	8.83	33.56	1.72
D-12		0 - 5	7.0	6.49	5.57	448	9.42	1.96	39.30	78.76	48.40	2.63
		5 - 10	8.0	6.73	5.68	111	18.88	1.43	30.28	52.62	24.68	2.38
		10 - 20	8.0	7.46	5.86	74.5	10.09	0.24	1.23	14.80	15.91	1.92
		20 - 30	7.0	7.48	5.88	48.6	4.06	0.08	2.70	11.24	12.03	2.13
D-13		0 - 5	7.0	7.49	6.52	845	21.29	0.77	9.90	22.95	36.21	1.56
		5 - 10	7.0	7.27	5.98	548	14.20	0.97	31.89	48.43	12.30	2.16
		10 - 20	7.0	7.35	5.98	341	9.47	0.37	5.72	22.88	26.45	2.24
		20 - 30	7.0	7.44	6.25	725	17.29	0.76	13.74	29.44	28.80	1.74
D-14		0 - 5	7.0	7.38	6.29	650	10.20	0.99	20.49	31.12	32.52	2.21
		5 - 10	7.0	7.05	6.22	374	7.63	1.14	25.47	26.13	31.31	2.28
		10 - 20	7.0	7.34	6.19	270	6.10	0.36	8.29	15.72	33.20	1.91
		20 - 30	7.0	7.65	6.43	310	12.12	8.56	201.81	42.71	63.65	2.83
2	D-15	0 - 5	8.0	7.70	6.55	940	10.24	15.47	224.43	41.38	57.32	3.02
		5 - 10	8.0	7.79	6.69	746	11.57	19.20	266.51	26.10	39.39	2.80
		10 - 20	8.0	7.76	6.68	498	10.05	13.10	153.28	19.93	32.78	2.52
		20 - 30	8.0	7.63	6.78	1186	18.10	13.64	181.39	43.12	61.55	2.91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw (----- 1:5 -----)	pHk	EC μS/cm	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
D-16		0 - 5	8.0	7.69	6.80	1221	18.20	13.68	156.33	35.27	57.87	2.91
		5 - 10	8.0	7.72	6.75	949	15.74	16.08	189.40	35.11	47.26	2.94
		10 - 20	8.0	7.73	6.72	428	7.16	14.90	159.34	16.47	32.89	2.14
		20 - 30	7.0	7.55	6.71	231	7.73	5.71	85.46	13.48	29.92	1.41
D-17		0 - 5	8.0	7.42	6.70	1084	25.37	13.50	164.46	48.67	23.43	2.44
		5 - 10	8.0	7.31	6.60	726	27.65	18.16	176.45	59.49	33.51	2.62
		10 - 20	8.0	7.27	6.48	394	14.81	13.14	110.44	34.10	26.41	2.30
		20 - 30	8.0	7.64	6.63	434	9.45	1.71	41.98	13.10	20.37	1.50
D-18		0 - 5	8.0	7.52	6.65	2220	13.03	2.73	57.45	59.43	91.91	2.55
		5 - 10	8.0	7.55	6.79	1054	20.47	8.77	93.27	55.55	46.47	2.44
		10 - 20	8.0	7.34	6.74	444	9.89	4.72	58.29	19.24	29.53	1.85
		20 - 30	7.0	7.32	6.55	137	7.70	0.52	6.82	8.56	17.40	1.51
D-19		0 - 5	8.0	7.46	6.61	1014	17.37	8.14	92.05	68.11	37.55	2.20
		5 - 10	8.0	6.48	6.45	611	21.76	9.70	114.61	81.61	30.96	2.01
		10 - 20	7.0	5.51	4.79	462	14.70	8.35	146.49	86.77	30.16	2.16
		20 - 30	7.0	5.97	5.95	299	15.58	1.21	45.95	63.55	14.68	1.95
D-20		0 - 5	7.0	5.54	5.11	1186	14.29	10.55	253.46	200.60	69.40	1.83
		5 - 10	6.0	5.66	5.07	1031	8.11	9.81	257.70	217.91	51.09	2.08
		10 - 20	6.0	5.56	5.16	694	8.62	6.54	229.45	197.25	46.65	2.70
		20 - 30	6.0	5.32	4.98	145	6.54	0.34	13.20	194.64	47.87	3.22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
(----- 1:5 -----) μS/cm (----- ppm -----)												
D-21		0 - 5	8.0	6.96	5.57	1184	10.22	6.22	93.60	72.39	71.29	2.98
		5 - 10	8.0	6.73	5.76	586	7.20	6.62	97.47	107.36	72.34	2.73
		10 - 20	7.0	6.33	5.70	321	7.91	1.91	49.12	59.47	87.41	3.28
		20 - 30	7.0	6.54	5.64	321	2.19	6.25	5.95	43.62	99.57	4.29
D-22		0 - 5	6.5	6.04	5.58	124	10.29	14.33	260.63	63.85	45.27	3.35
		5 - 10	6.5	6.48	5.63	769	9.16	4.68	72.41	79.87	65.52	3.26
		10 - 20	7.0	6.96	5.66	345	5.59	0.19	2.06	16.49	56.38	3.08
		20 - 30	7.0	6.52	5.65	147	7.86	1.20	181.33	89.55	59.04	3.36
D-23		0 - 5	8.0	6.38	5.67	784	15.59	1.22	55.97	31.04	40.44	3.88
		5 - 10	7.0	6.89	5.82	480	17.32	7.84	170.73	19.61	10.95	3.17
		10 - 20	8.0	7.64	6.05	490	4.10	1.19	14.26	17.47	29.89	2.46
		20 - 30	7.0	7.38	6.02	137	3.31	0.05	0.90	13.43	33.25	2.53
D-24		0 - 5	6.5	6.28	5.89	939	11.23	1.42	96.01	46.27	43.46	2.64
		5 - 10	7.0	6.64	5.87	543	11.14	1.34	61.94	50.92	19.00	2.61
		10 - 20	7.0	6.97	5.88	275	10.29	0.25	17.41	9.60	12.79	2.34
		20 - 30	6.5	6.80	5.84	353	10.32	0.25	10.98	41.70	14.64	2.64
D-25		0 - 5	6.5	6.07	5.73	612	23.11	1.64	46.41	80.20	38.70	2.53
		5 - 10	6.5	6.04	5.70	459	8.15	1.50	71.30	62.11	34.30	2.37
		10 - 20	7.0	6.93	5.73	158	9.89	0.06	4.51	17.85	26.76	2.99
		20 - 30	6.5	6.89	5.72	139	4.57	0.04	1.21	11.25	12.98	3.39

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
(----- 1:5 -----) μS/cm (----- ppm -----)												
D-26		0 - 5	6.5	6.32	5.65	667	12.20	2.76	36.21	56.39	67.66	2.48
		5 - 10	7.0	6.61	5.70	495	10.12	1.78	19.22	42.42	36.83	2.37
		10 - 20	7.0	7.39	5.77	265	4.09	0.02	2.57	7.76	16.22	2.45
		20 - 30	7.0	6.81	5.74	214	10.83	0.01	0.71	12.25	28.06	2.85
D-27		0 - 5	6.5	6.40	5.73	464	18.37	4.29	51.51	51.61	34.07	3.16
		5 - 10	6.5	6.22	5.70	327	13.28	2.35	58.77	48.10	35.17	3.22
		10 - 20	6.5	6.41	5.66	249	9.41	1.67	46.71	30.98	29.95	3.18
		20 - 30	6.5	6.75	5.70	228	6.12	1.25	27.33	21.77	35.15	2.78
D-28		0 - 5	7.0	7.21	6.12	191	24.51	1.44	24.55	34.65	40.98	2.54
		5 - 10	7.0	7.08	6.20	162	22.48	1.43	24.30	37.25	31.63	2.72
		10 - 20	7.0	6.84	6.13	84.8	7.80	1.51	33.87	42.80	35.56	3.07
		20 - 30	7.0	7.04	6.15	93.4	5.37	0.86	11.77	23.61	36.28	2.39
D-29		0 - 5	7.0	7.69	6.48	161	20.41	0.64	8.31	11.64	24.18	0.97
		5 - 10	7.0	7.39	6.54	588	14.14	1.01	15.02	18.58	28.17	1.37
		10 - 20	6.5	6.77	6.38	410	10.95	1.49	35.33	41.84	45.18	2.74
		20 - 30	6.5	6.88	6.30	276	8.11	0.97	13.89	21.65	47.51	2.41
3	D-30	0 - 5	7.0	6.52	6.20	2270	15.41	9.11	172.32	127.83	105.72	2.74
		5 - 10	7.0	5.72	5.70	713	6.66	10.04	241.57	156.63	78.72	3.03
		10 - 20	6.0	5.30	5.00	95.5	5.09	3.24	105.56	164.94	61.24	3.72
		20 - 30	6.0	5.80	5.14	35.7	4.57	0.09	3.87	138.37	59.21	4.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw (----- 1:5 -----)	pHk	EC µS/cm	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
D-31		0 - 5	8.0	7.15	5.81	964	22.49	9.51	79.99	37.15	47.40	2.72
		5 - 10	8.0	7.37	6.40	910	14.26	7.81	71.30	38.35	38.80	2.72
		10 - 20	8.0	7.64	6.53	697	11.58	2.54	39.23	28.83	22.83	2.46
		20 - 30	8.0	7.71	6.44	273	3.31	0.45	3.00	7.65	23.11	1.17
D-32		0 - 5	7.0	6.30	6.25	473	9.94	4.02	76.75	74.40	35.45	3.04
		5 - 10	7.0	7.14	6.27	434	4.34	1.48	28.46	25.94	28.69	2.49
		10 - 20	7.0	7.25	6.20	66.8	4.73	0.10	7.42	12.71	24.44	2.28
		20 - 30	7.0	7.21	6.15	67.5	4.99	3.31	8.43	14.02	26.56	2.22
D-33		0 - 5	7.0	7.00	6.25	210	20.36	3.44	49.00	29.68	26.45	2.22
		5 - 10	6.5	6.41	6.16	88.3	15.57	0.11	63.30	72.32	27.99	2.66
		10 - 20	8.0	7.79	6.41	104	4.08	0.57	3.06	10.09	21.91	1.45
		20 - 30	8.0	7.77	6.40	82.4	2.43	0.06	6.54	10.11	31.04	0.55
D-34		0 - 5	7.0	6.43	6.25	109	14.17	3.92	68.49	50.30	22.69	2.55
		5 - 10	7.0	6.72	6.21	85.4	11.18	3.45	52.70	34.40	23.44	2.66
		10 - 20	8.0	7.59	6.30	117	3.82	0.71	8.45	9.90	22.81	2.01
		20 - 30	8.0	7.06	6.25	92	4.96	0.95	20.72	18.29	24.38	2.10
D-35		0 - 5	7.0	6.33	6.14	60	14.28	9.43	95.48	64.11	30.78	2.89
		5 - 10	6.5	6.45	6.04	351	14.24	5.25	76.02	64.47	34.17	2.95
		10 - 20	7.0	6.98	6.03	66	6.36	1.53	19.49	20.31	41.75	2.12
		20 - 30	7.0	7.18	6.04	55	3.04	0.24	0.69	12.34	40.71	2.04

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
			(----- 1:5 -----)			µS/cm	(----- ppm -----)					
4	D-36	0-5	8.0	7.39	6.43	1519	12.93	11.09	121.39	88.06	71.92	3.01
		5-10	8.0	7.77	6.60	337	8.22	10.79	156.88	93.71	61.06	3.09
		10-20	8.0	6.40	6.42	253	12.28	9.19	207.11	157.90	78.88	2.95
		20-30	4.5*	5.82	5.79	103	12.58	1.19	247.20	220.96	51.80	3.12
D-37	D-37	0-5	8.0	7.38	6.39	279	27.98	7.68	77.09	30.19	34.39	2.27
		5-10	8.0	7.39	6.64	197	16.25	7.36	73.24	35.91	28.37	2.51
		10-20	8.0	7.46	6.72	119	9.25	2.81	30.06	18.84	19.52	2.16
		20-30	7.0	7.47	6.64	172	8.17	0.39	1.04	6.71	14.79	2.21
D-38	D-38	0-5	6.5	6.37	6.31	834	17.21	5.75	101.04	255.24	33.20	2.41
		5-10	6.5	6.75	6.16	554	12.68	5.92	91.09	67.10	33.53	2.63
		10-20	8.0	7.80	6.28	526	3.81	1.12	11.85	18.39	12.50	1.98
		20-30	8.0	7.86	6.52	111	4.98	0.11	2.51	14.12	14.54	2.02
D-39	D-39	0-5	6.5	6.43	6.30	161	17.10	8.48	106.92	49.92	29.48	2.67
		5-10	6.5	6.51	6.23	402	11.16	7.93	98.25	51.54	30.57	2.87
		10-20	7.6	7.46	6.34	539	4.97	2.70	35.13	17.26	18.94	2.31
		20-30	7.0	7.14	6.44	521	7.15	3.04	41.00	21.15	20.92	2.27
D-40	D-40	0-5	7.0	7.35	6.64	1158	23.24	7.88	75.09	22.17	29.83	2.41
		5-10	8.0	6.36	6.35	521	11.93	9.09	116.82	41.64	19.26	30.49
		10-20	8.0	6.47	6.31	300	13.73	6.10	88.29	25.19	21.35	2.85
		20-30	7.0	7.05	6.31	150	4.08	0.22	4.97	11.99	32.06	1.70

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

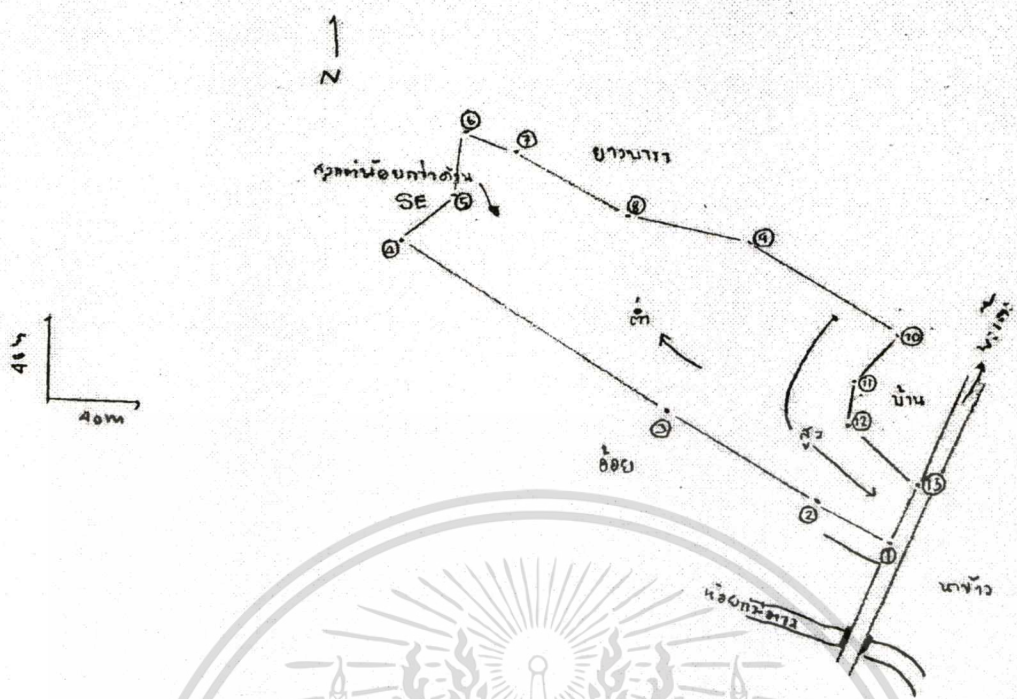
Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw (----- 1:5 -----)	pHk	EC μS/cm	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
D-41		0-5	7.0	6.43	6.17	569	13.67	11.41	145.69	59.03	36.63	2.72
		5-10	7.0	6.46	6.11	417	8.21	12.13	119.51	45.63	36.12	2.93
		10-20	8.0	7.71	6.54	641	9.18	5.07	53.95	18.22	25.40	2.98
		20-30	8.0	7.48	6.48	228	2.68	0.07	1.25	9.63	36.62	1.45
D-42		0-5	6.5	6.38	6.29	456	18.39	12.58	160.98	64.98	39.70	2.85
		5-10	7.0	6.75	6.26	340	11.49	12.65	111.95	35.88	34.31	2.58
		10-20	7.0	6.89	6.25	290	9.94	10.03	92.21	28.59	38.69	2.51
		20-30	7.0	6.95	6.23	241	5.72	2.63	30.75	19.63	42.83	1.90
D-43		0-5	8.0	7.32	6.45	1015	19.97	6.57	54.38	28.33	35.22	2.51
		5-10	7.0	6.60	6.37	424	15.57	8.95	92.32	59.22	14.72	2.82
		10-20	7.0	7.02	6.34	301	5.34	2.78	30.05	20.46	33.60	2.14
		20-30	7.0	7.15	6.25	47.5	6.34	0.11	2.92	10.25	41.94	1.63
D-44		0-5	8.0	7.25	6.56	302	17.48	6.47	85.09	33.70	47.15	2.47
		5-10	8.0	7.36	6.79	954	10.25	9.36	102.91	43.80	36.31	2.50
		10-20	8.0	7.53	6.85	778	7.11	11.04	147.24	49.39	44.69	2.61
		20-30	7.0	6.02	6.66	251	8.14	1.70	48.63	116.61	39.97	2.42
D-45		0-5	8.0	7.52	6.84	357	13.83	9.61	106.78	42.55	61.30	2.52
		5-10	8.0	7.60	6.90	976	13.78	5.93	88.97	38.52	33.44	2.32
		10-20	8.0	7.67	6.96	820	12.76	8.81	106.35	47.37	41.78	2.53
		20-30	7.0	7.32	6.87	304	9.25	1.19	35.55	17.11	18.95	1.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Transect	Code	Depth(cm.)	pHf	pHw	pHk	EC	P	Cd	Zn	Fe	Mn	Cu
			(----- 1:5 -----)	(----- 1:5 -----)	µS/cm	(----- ppm -----)						
D-46		0 - 5	8.0	7.34	6.80	1074	29.78	13.56	105.19	34.34	40.49	2.58
		5 - 10	8.0	7.45	6.89	810	20.51	13.71	100.16	31.14	26.66	2.41
		10 - 20	8.0	7.55	6.83	494	8.13	5.30	51.35	17.04	28.16	2.05
		20 - 30	8.0	7.77	6.88	543	6.38	1.73	16.34	13.77	29.80	1.62
D-47		0 - 5	8.0	7.45	6.89	973	20.53	14.60	108.36	31.49	39.41	2.72
		5 - 10	8.0	7.48	6.90	692	15.30	18.17	150.38	31.74	35.86	28.90
		10 - 20	8.0	7.38	6.86	5115	10.18	10.51	84.24	22.99	32.51	2.28
		20 - 30	8.0	7.27	6.77	342	5.98	0.72	7.54	18.44	36.16	1.64
D-48		0 - 5	8.0	7.54	6.81	1193	13.87	16.44	154.54	34.77	43.99	2.98
		5 - 10	8.0	7.52	6.82	834	9.97	16.56	154.79	25.52	30.84	2.81
		10 - 20	8.0	7.64	6.80	160	4.98	4.78	61.26	15.81	37.88	2.31
		20 - 30	8.0	7.73	6.73	153	3.60	2.29	23.14	14.10	32.01	2.25
D-49		0 - 5	8.0	7.27	6.82	906	15.90	22.81	193.29	36.11	41.13	3.30
		5 - 10	8.0	7.62	6.89	708	5.38	20.05	179.34	26.34	36.39	3.16
		10 - 20	7.0	7.61	6.86	86	2.42	1.68	18.74	9.82	57.02	1.71
		20 - 30	7.0	7.48	6.83	96.9	3.57	2.20	21.33	14.11	53.42	1.78
D-50		0 - 5	7.0	7.48	6.84	975	15.33	10.74	71.74	33.47	43.04	2.82
		5 - 10	8.0	7.27	6.77	237	18.99	14.82	92.20	42.58	36.03	3.22
		10 - 20	8.0	7.23	6.71	111	9.96	7.68	52.32	23.08	44.60	2.57
		20 - 30	8.0	7.24	6.66	112	24.78	3.89	26.43	16.34	42.84	2.27

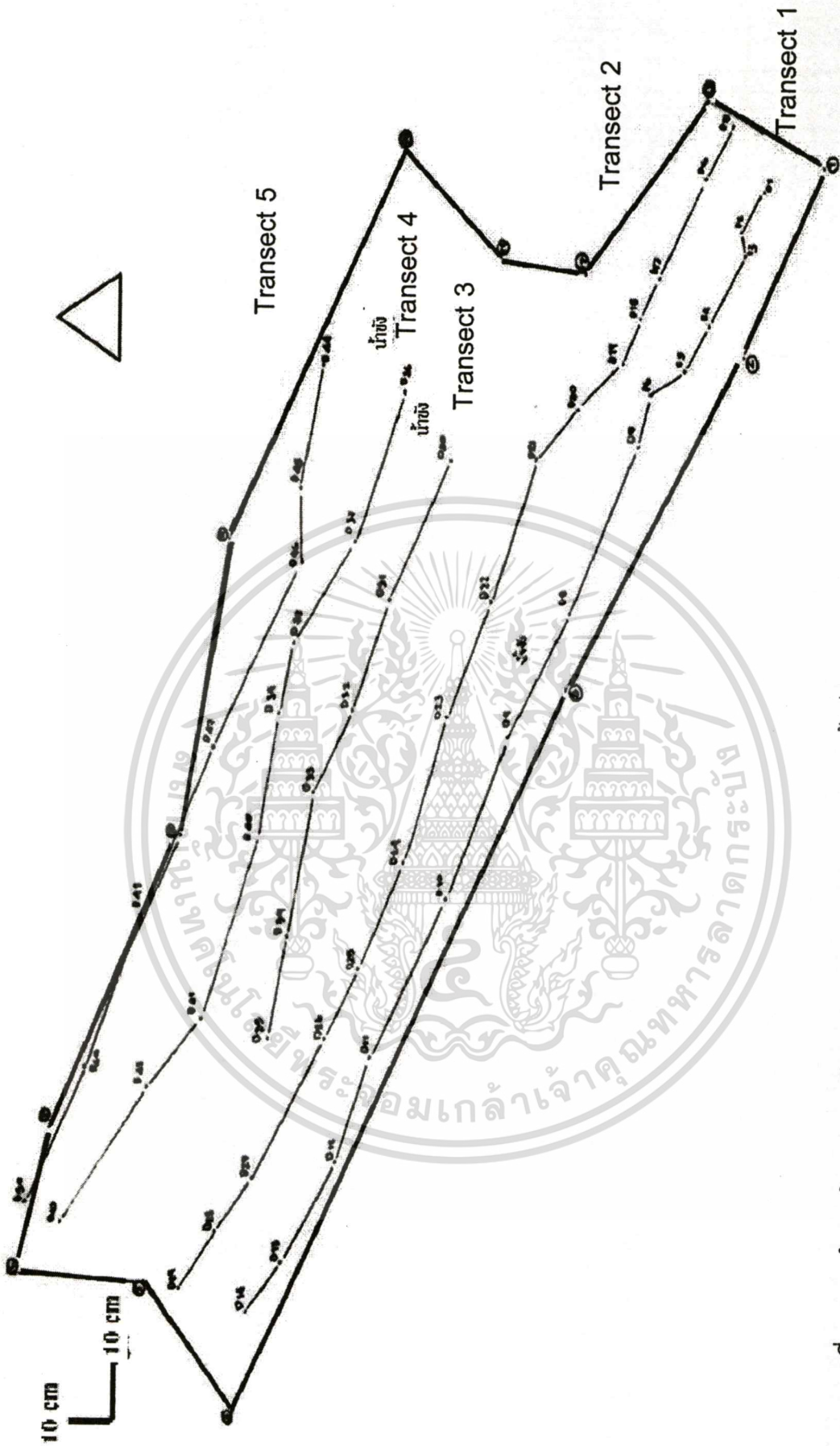
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1. 47Q 0460187 1843548	4. 47Q0459972 1843716	7. 47Q 0460020 1843758	10. 47Q 0460187 1843680	13. 47Q 0460197 1843611
2. 47Q 0406154 1843602	5. 47Q.0459999 1843736	8. 47Q 0460076 1843729	11. 47Q 0460169 1843657	
3. 47Q 046091 1843641	6. 47Q0459995 184376	9. 47Q 0460121 1843719	12. 47Q0460167 1843638	

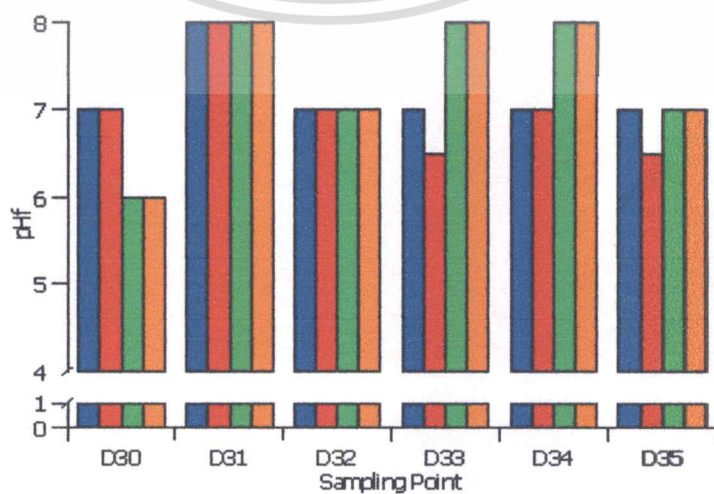
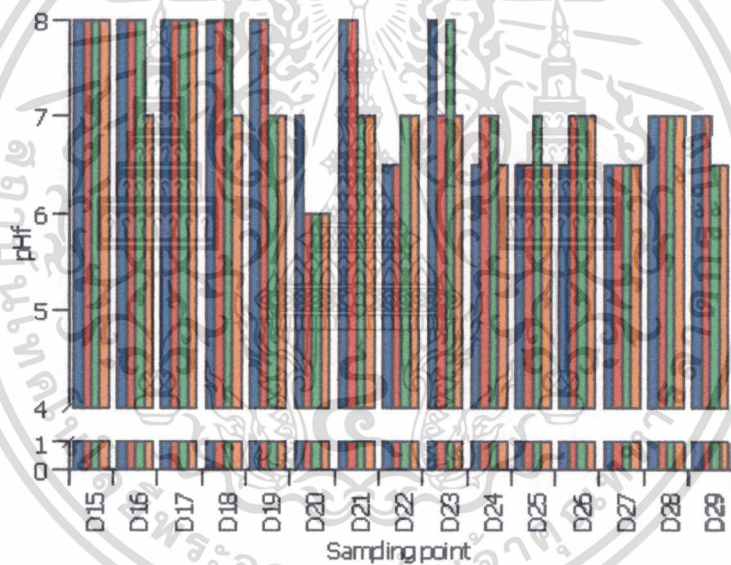
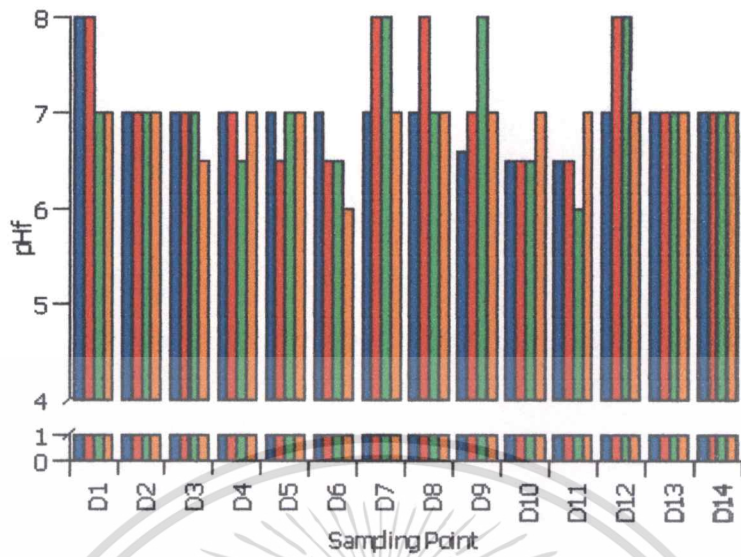
ภาพผนวกที่ 1 ก แสดงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (ระบบ UTM) ของแปลงนาที่เป็นพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



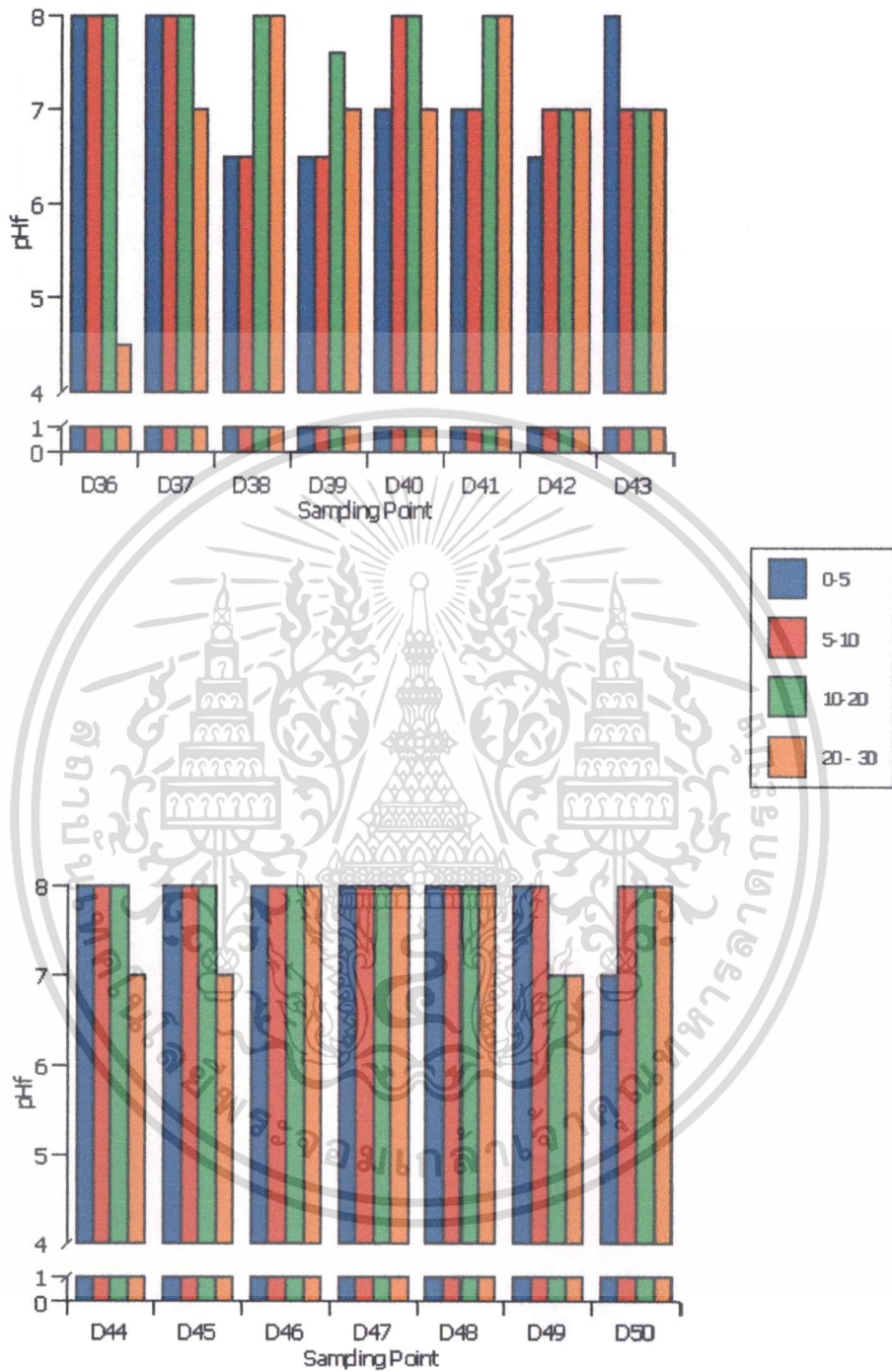
ภาพผนวกที่ 1 ข ภาพจำลองตำแหน่งการเก็บตัวอย่างดินของแต่ละ Transect ของพื้นที่ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



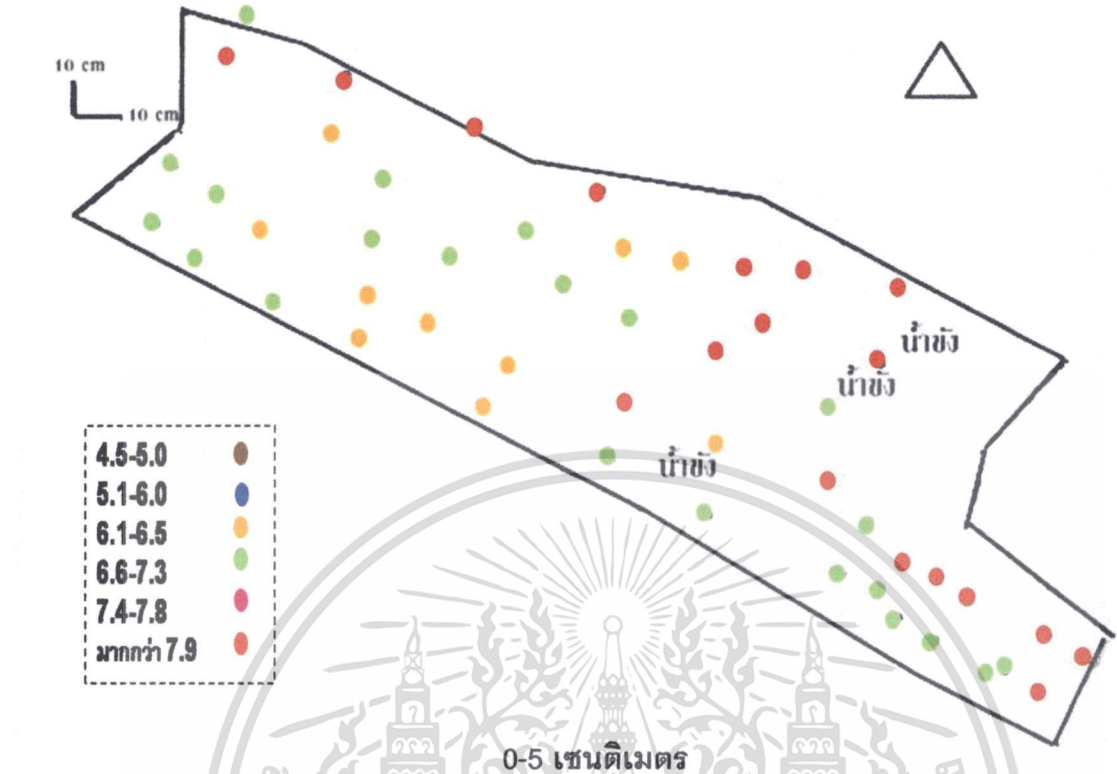
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการอ้างอิงข้อมูลเท่านั้น ไม่ควรเอาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

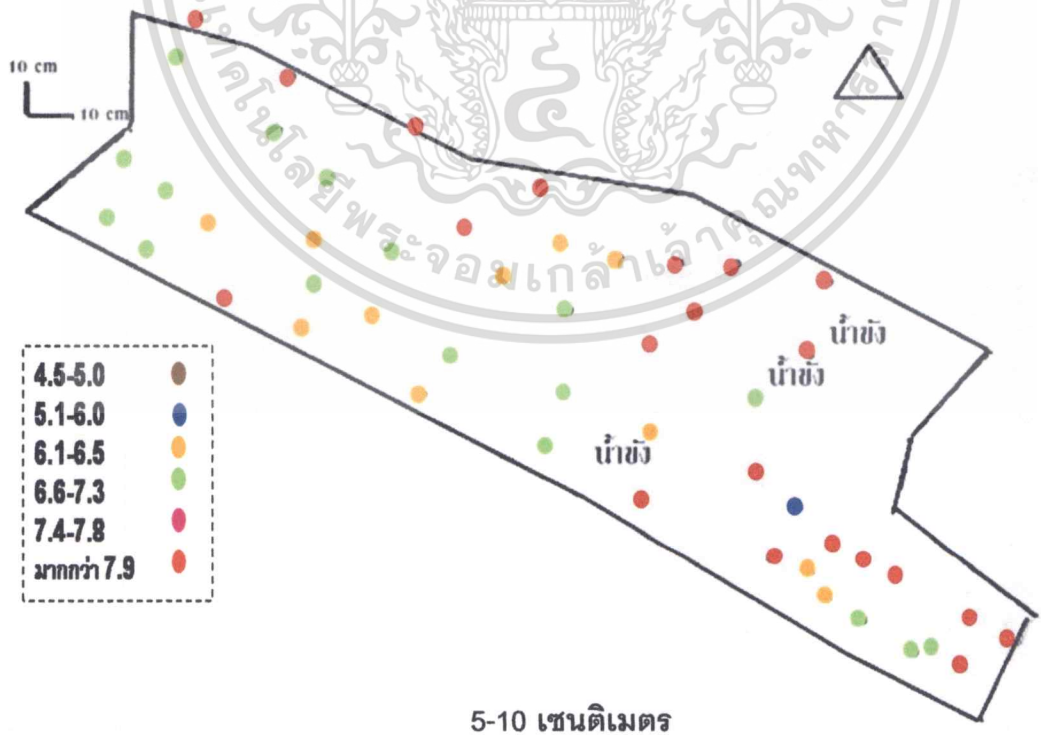


ภาพผนวกที่ 2 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



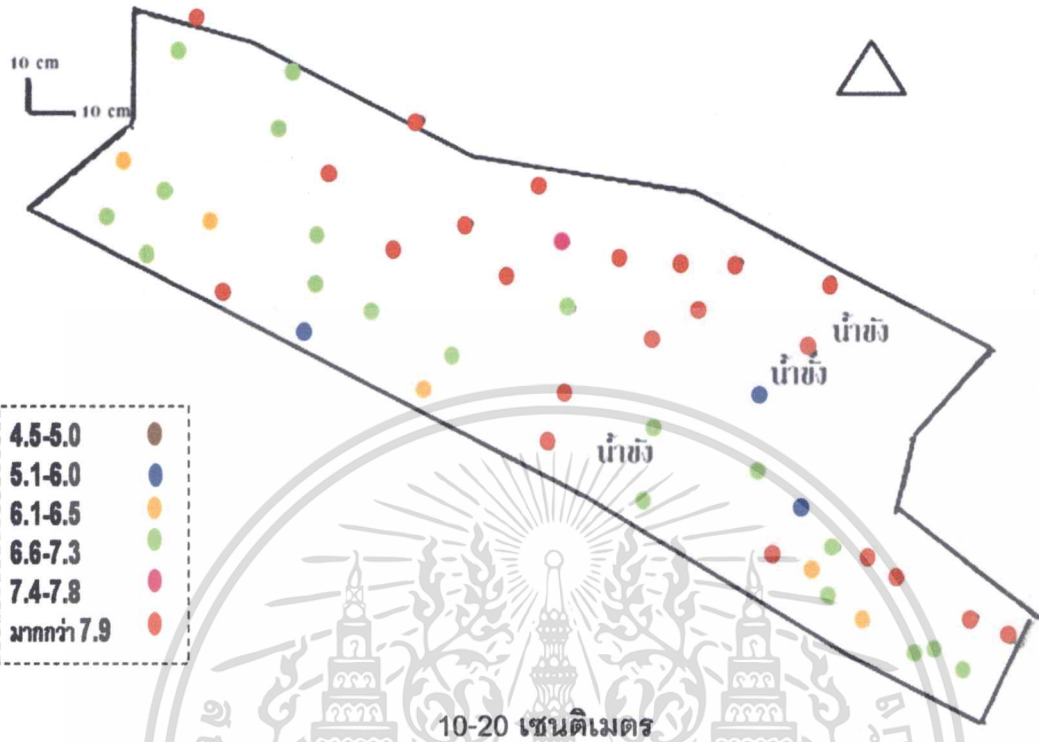
ภาพผนวกที่ 3 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH, ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร



5-10 เซนติเมตร

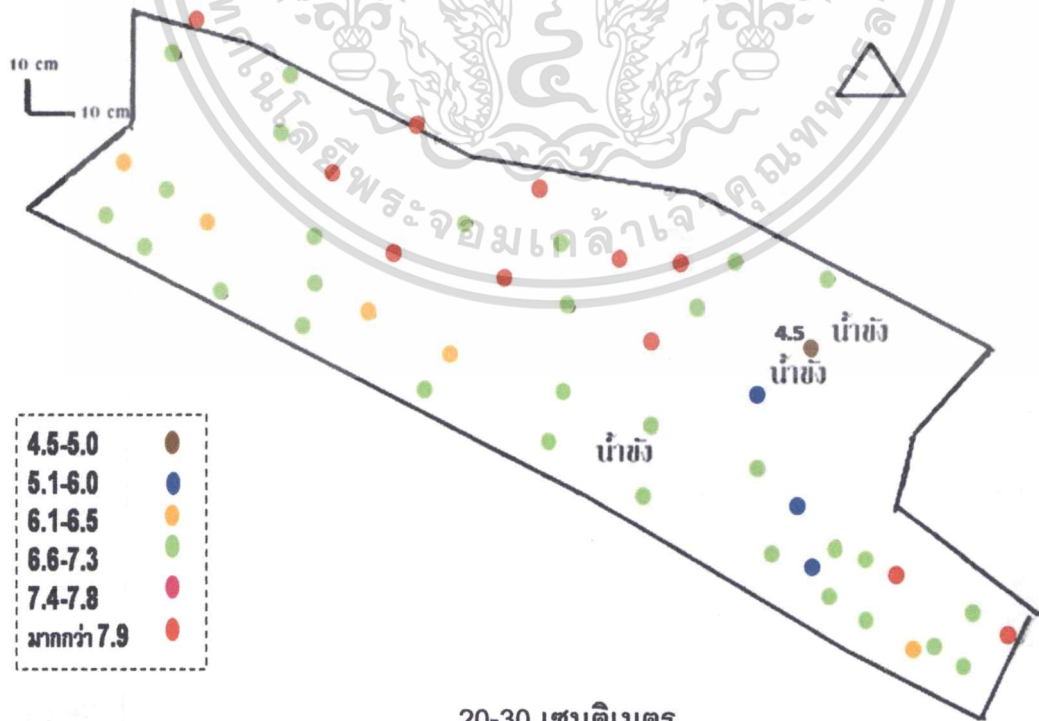
ภาพผนวกที่ 3 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH, ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



10-20 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 3 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH, ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

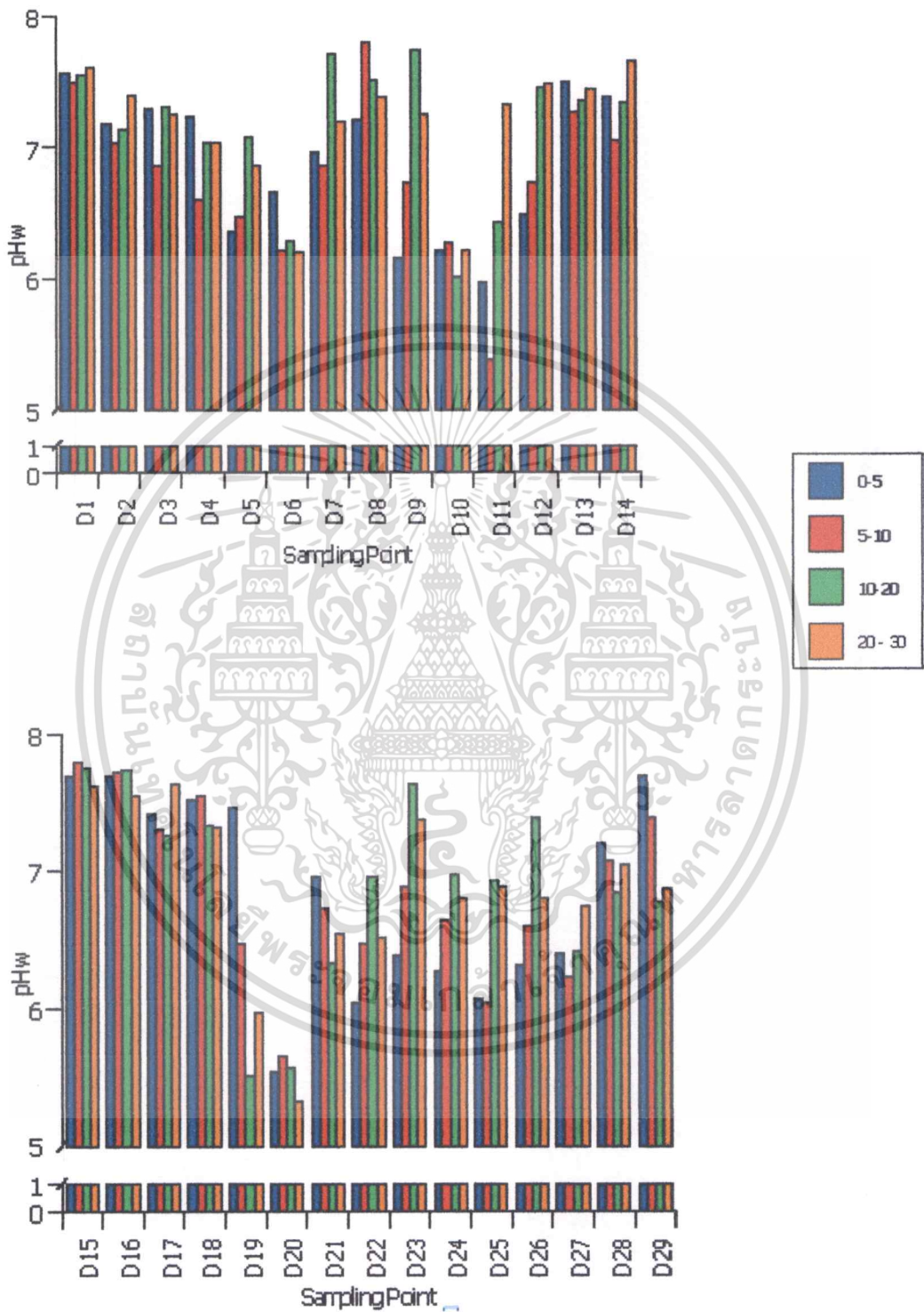


20-30 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 3 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH, ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

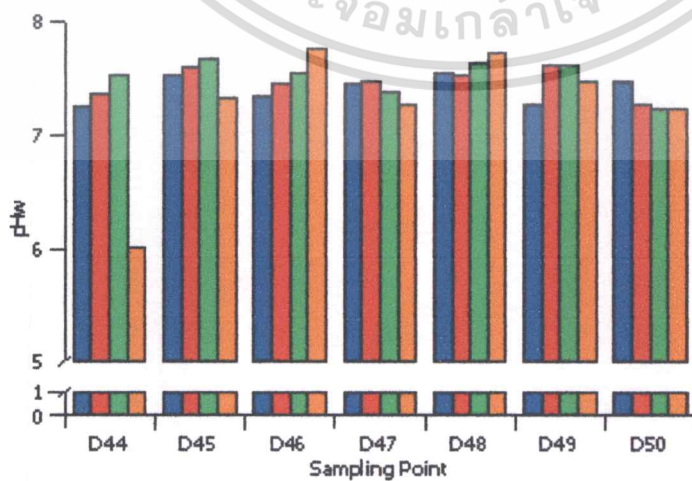
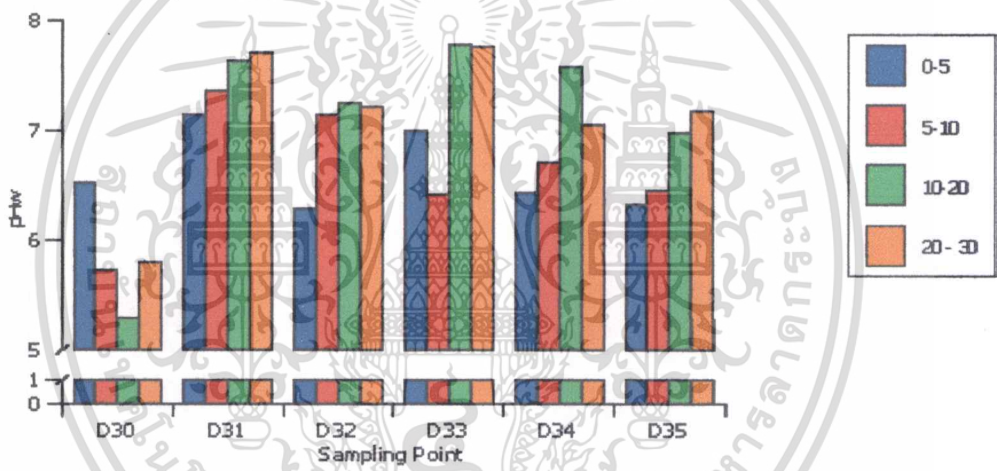
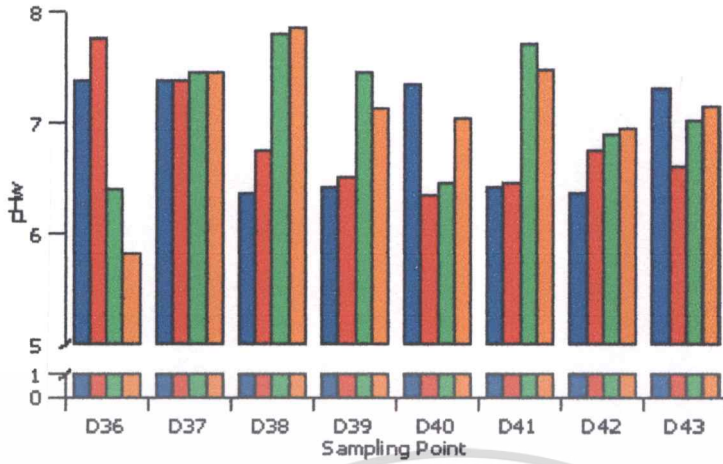
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



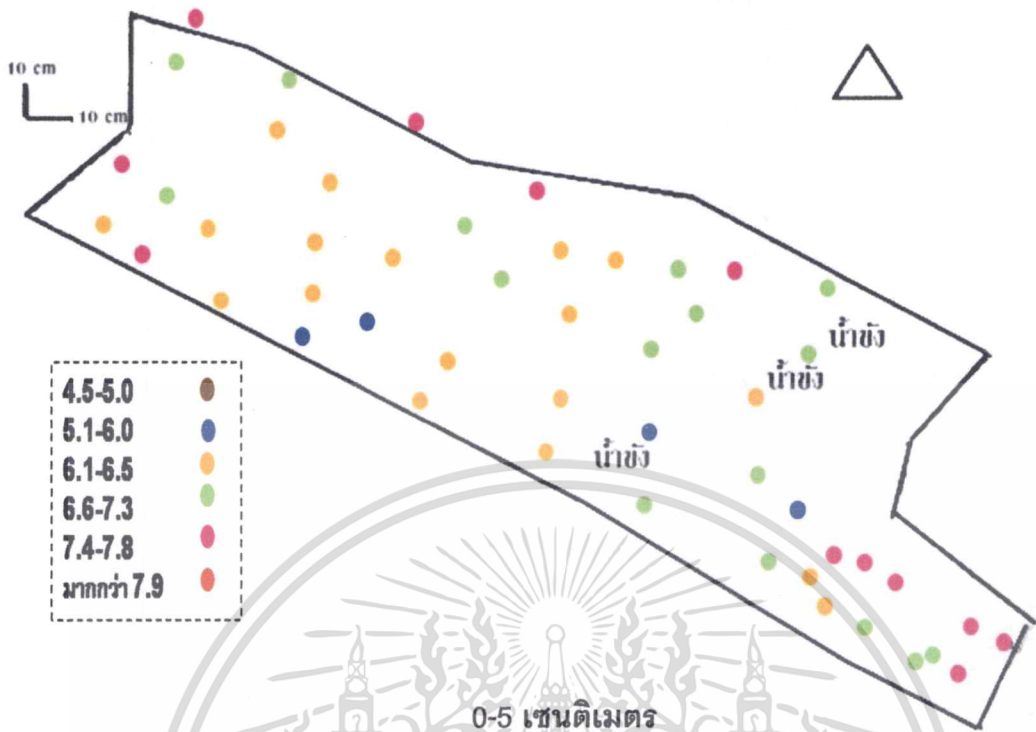
ภาพผนวกที่ 4 แสดงความผันแปรแนวตั้งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ ($pH_w = 1:5$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

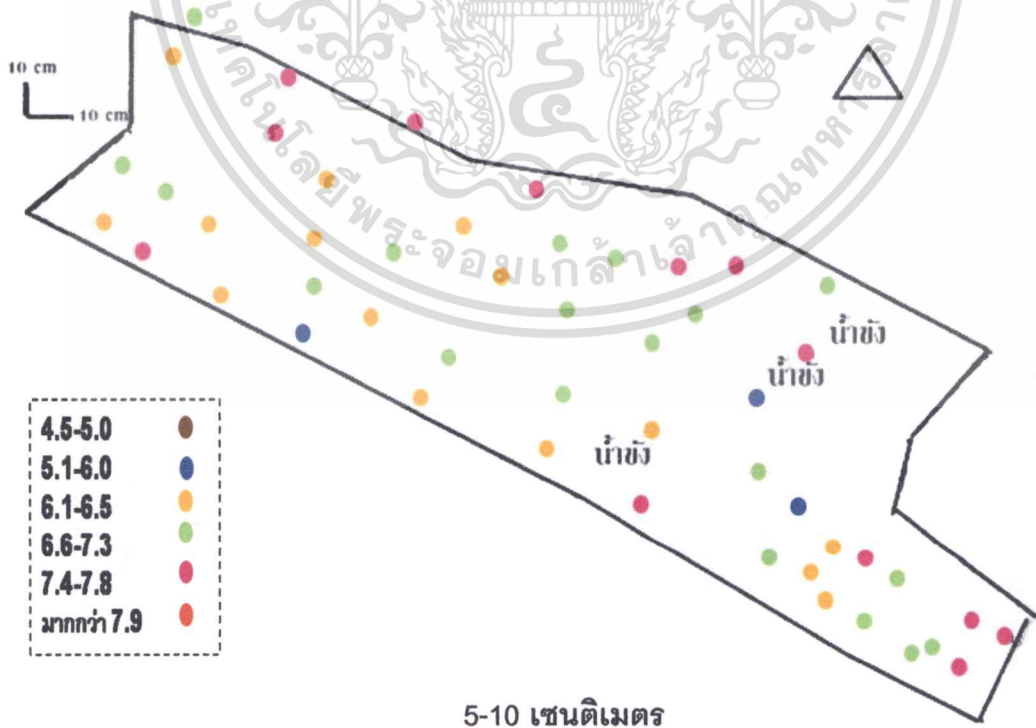


ภาพผนวกที่ 4 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

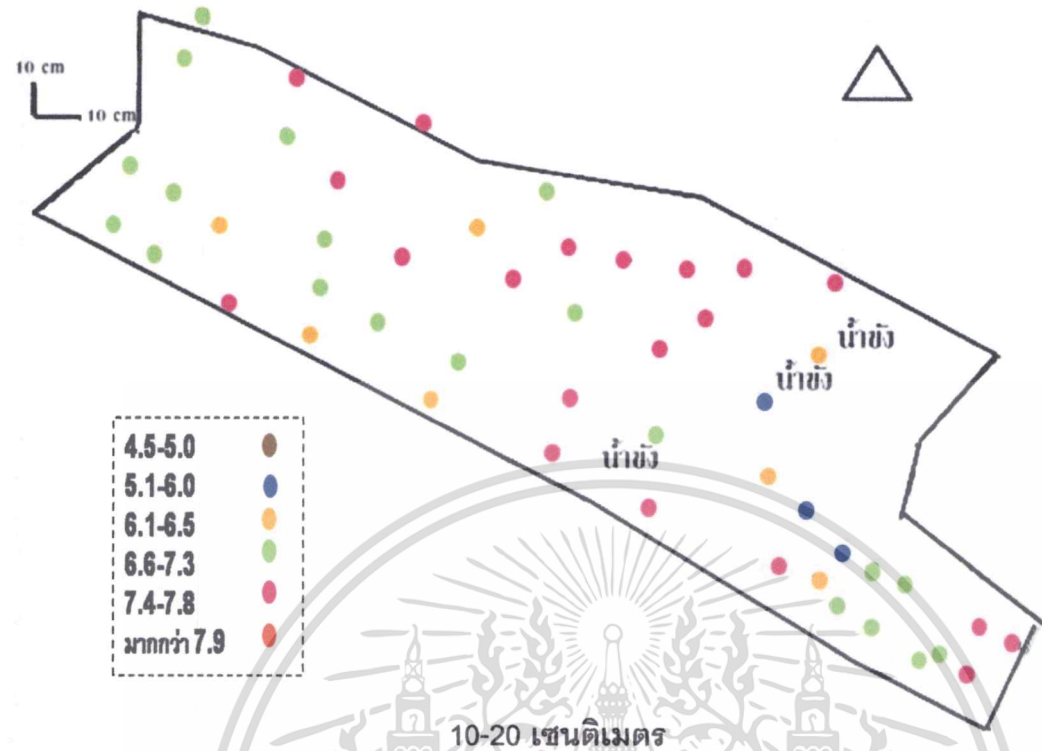


ภาพผนวกที่ 5 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

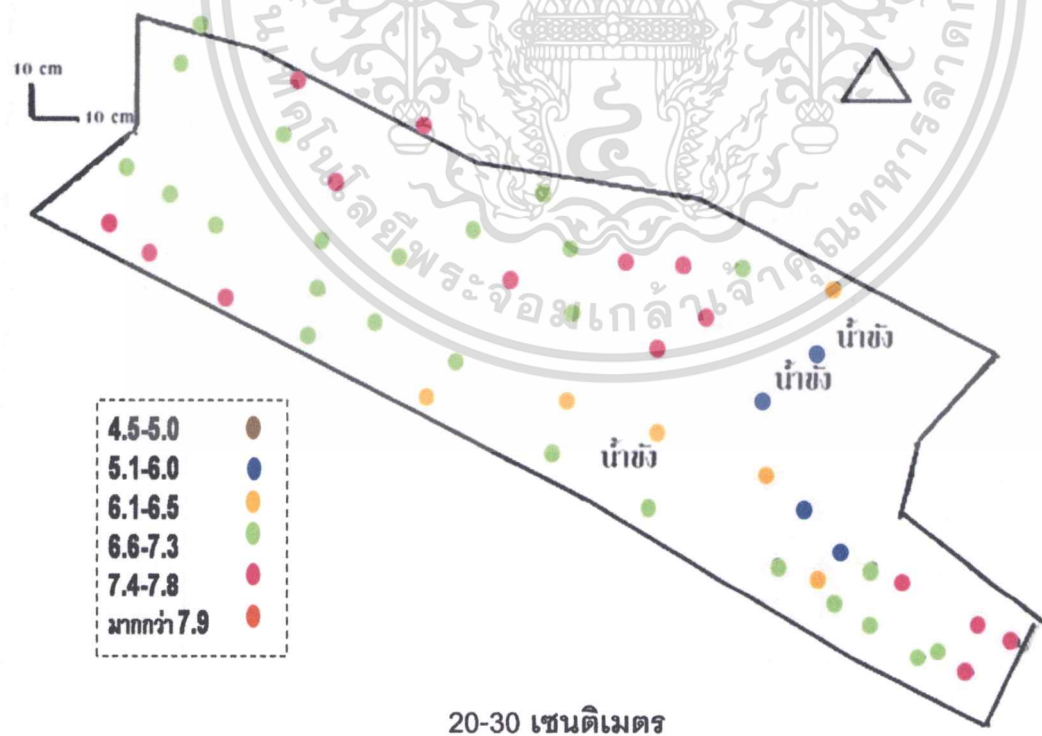


ภาพผนวกที่ 5 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

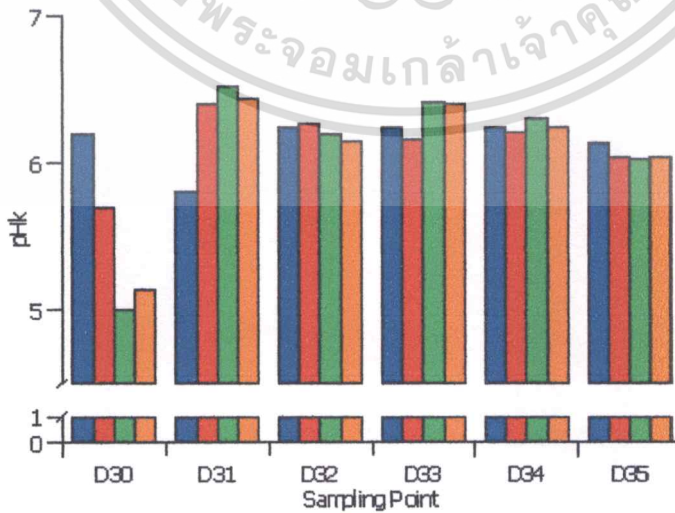
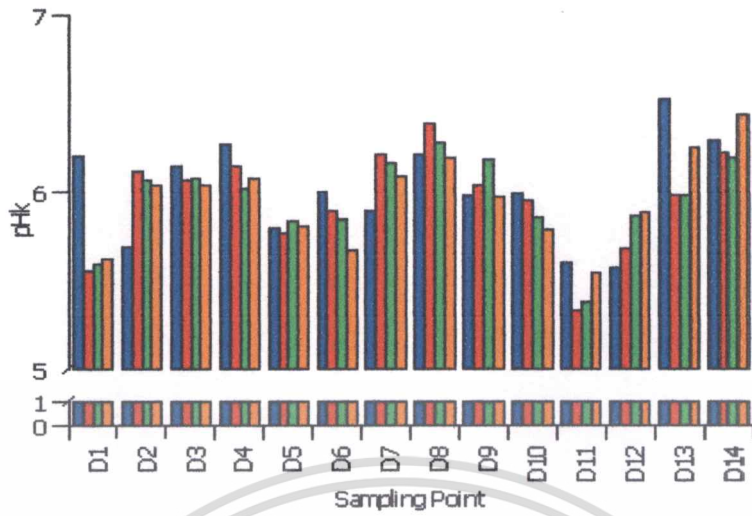


ภาพผนวกที่ 5 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



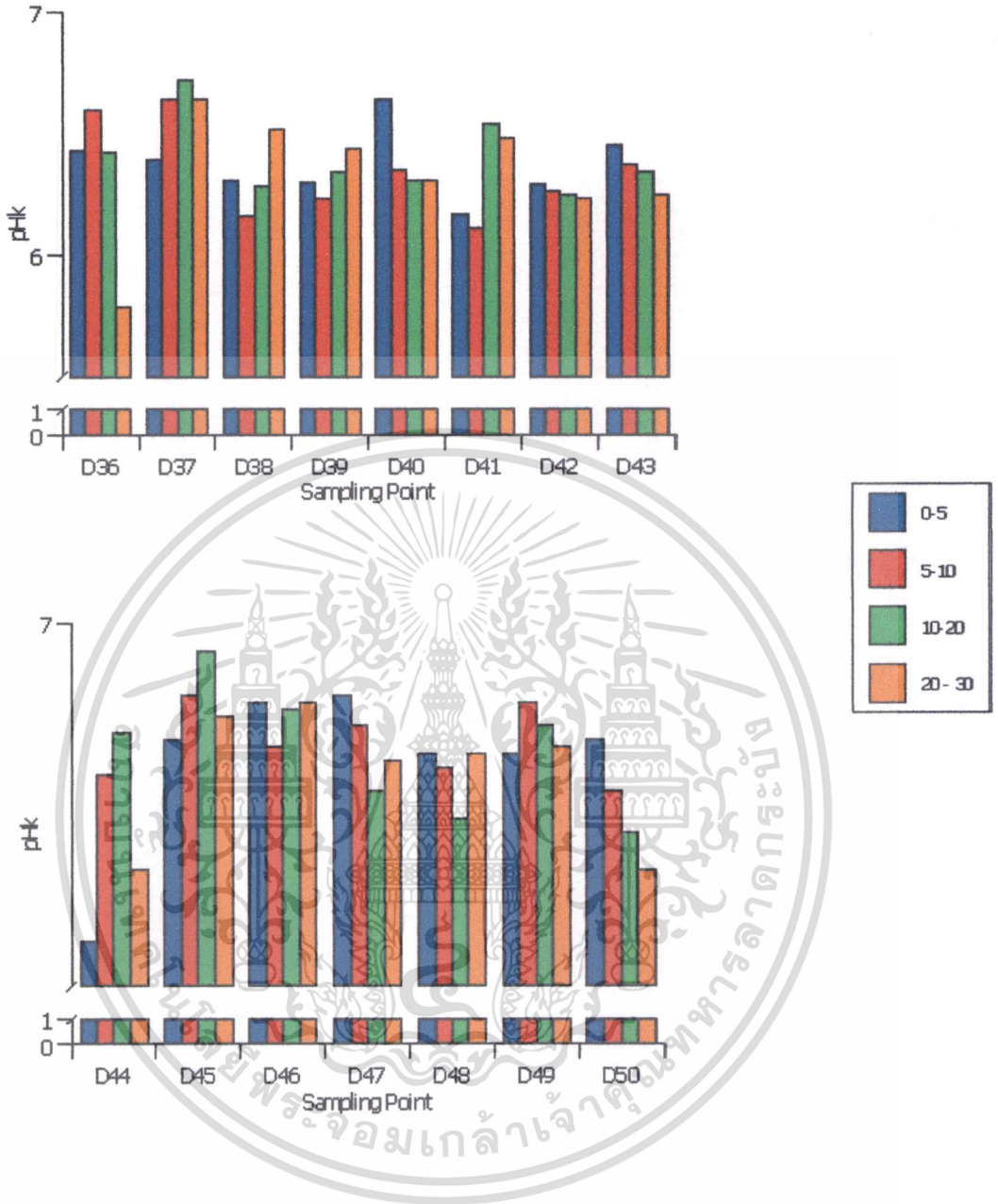
ภาพผนวกที่ 5 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_w ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



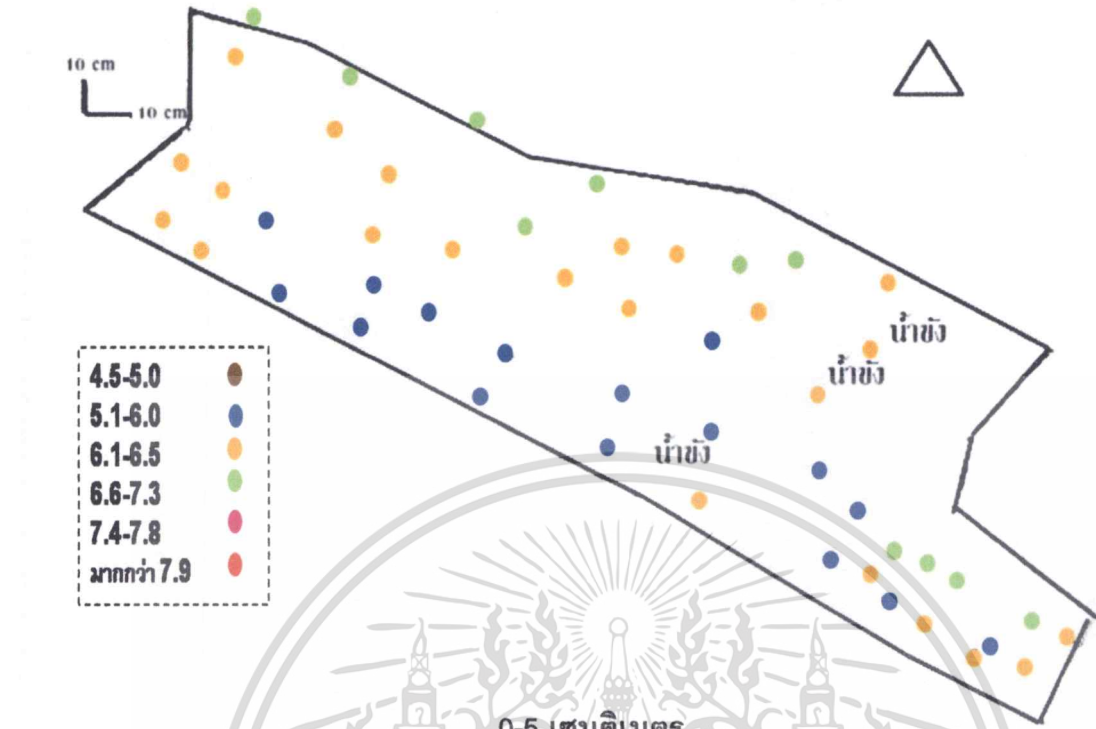
ภาพผนวกที่ 6 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยโพเทนเชียลไฮโดรเจน (pH_e)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

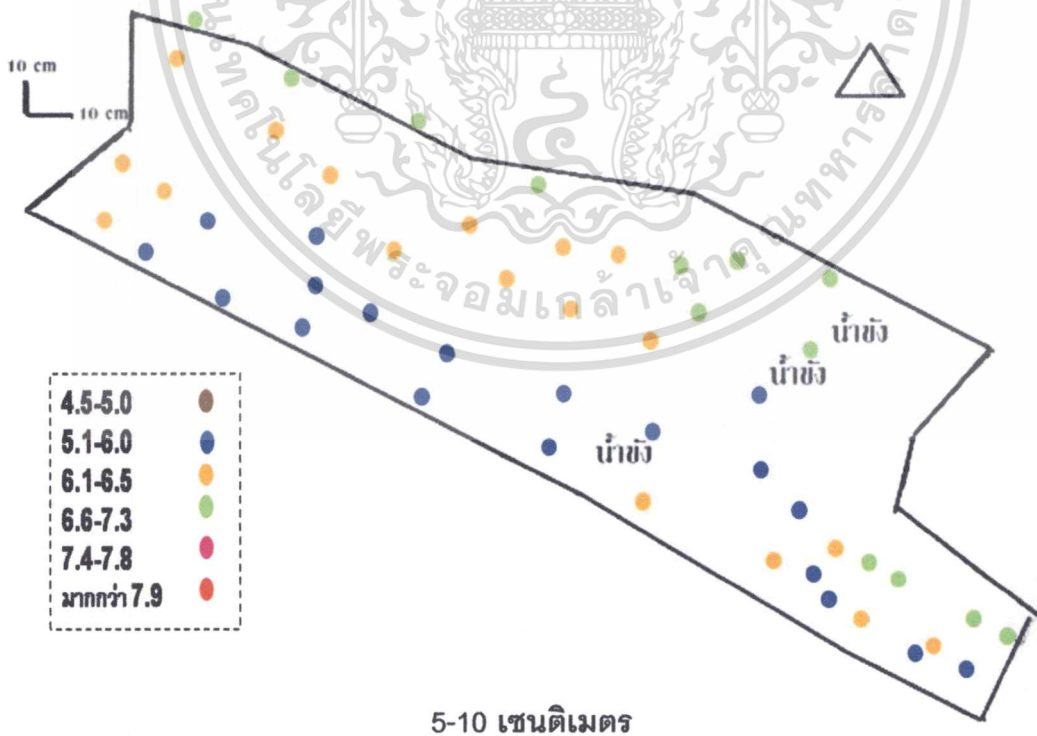


ภาพผนวกที่ 6 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

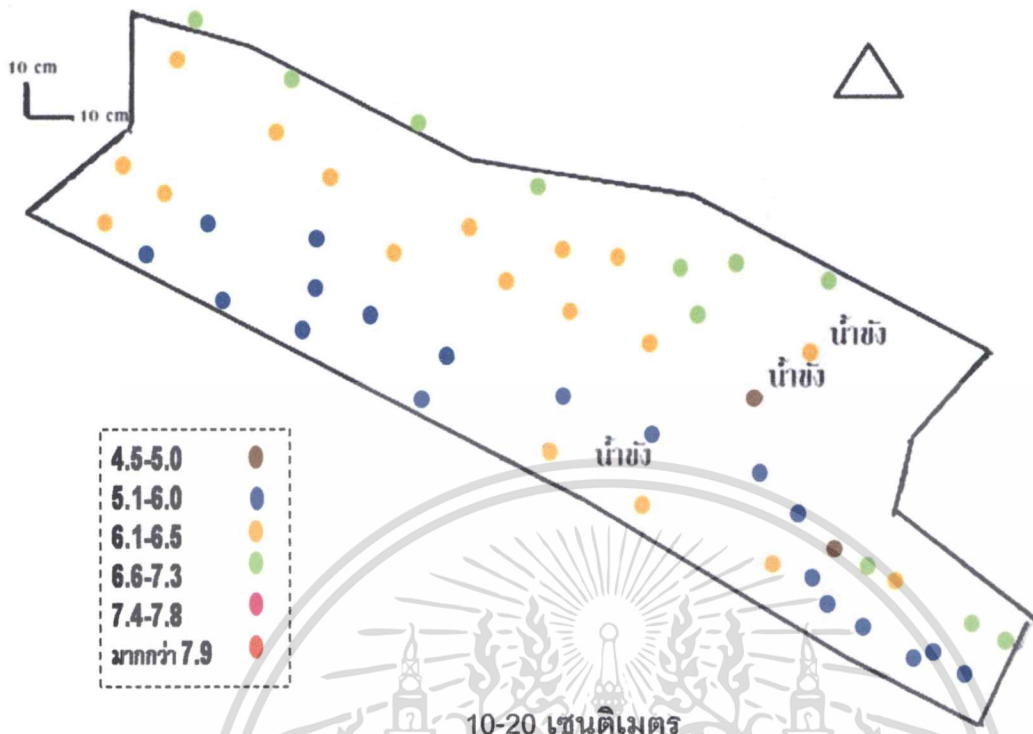


ภาพผนวกที่ 7 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

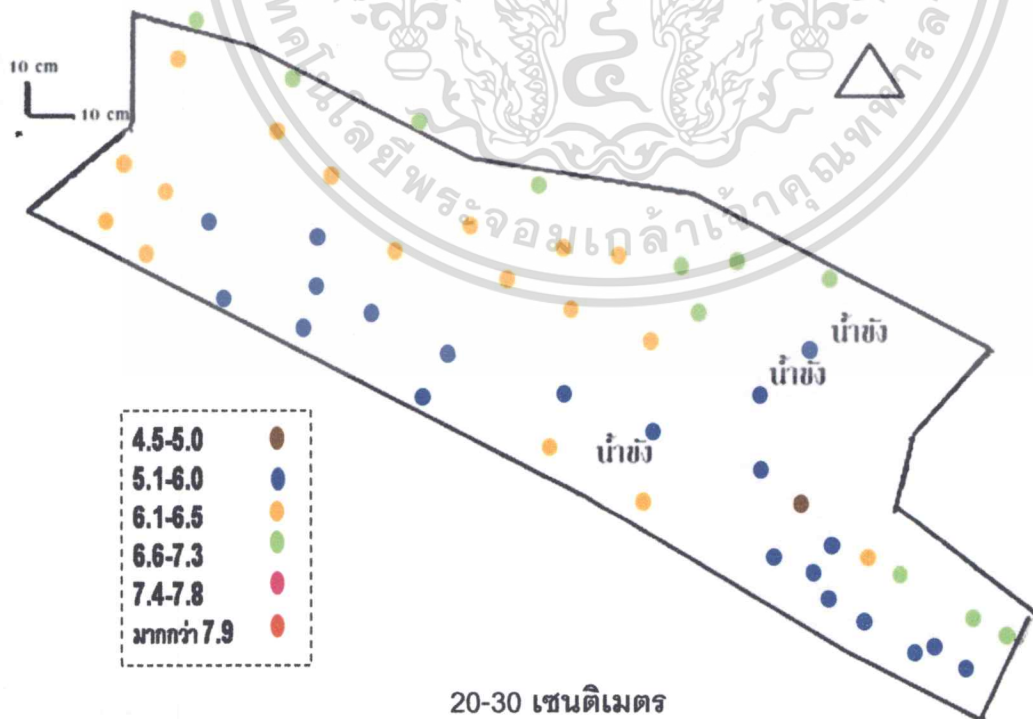


ภาพผนวกที่ 7 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_k ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

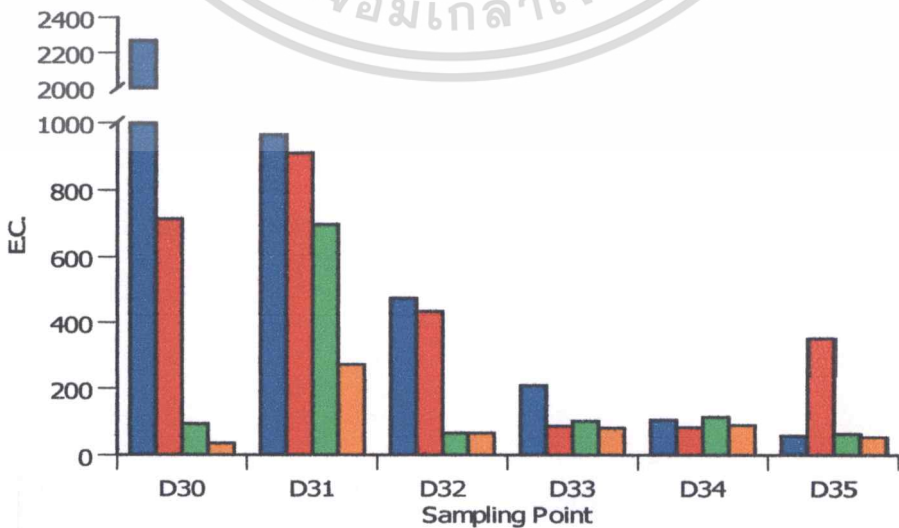
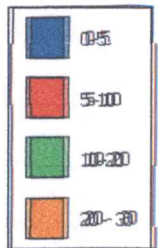
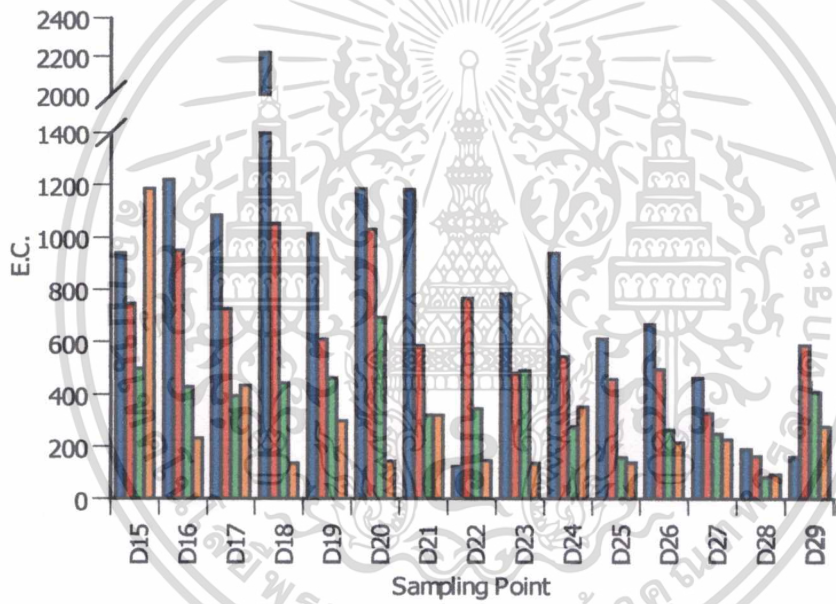
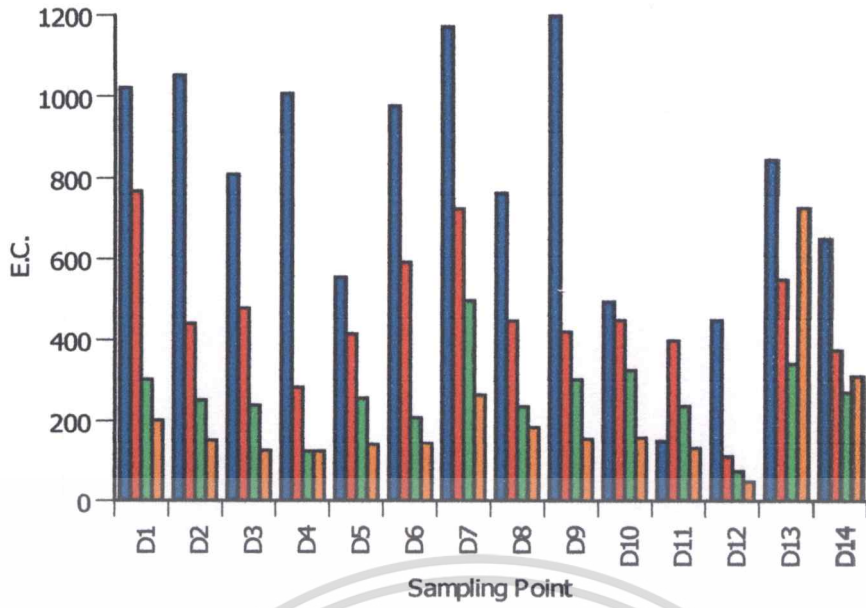


ภาพผนวกที่ 7 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_x ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 7 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ pH_x ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

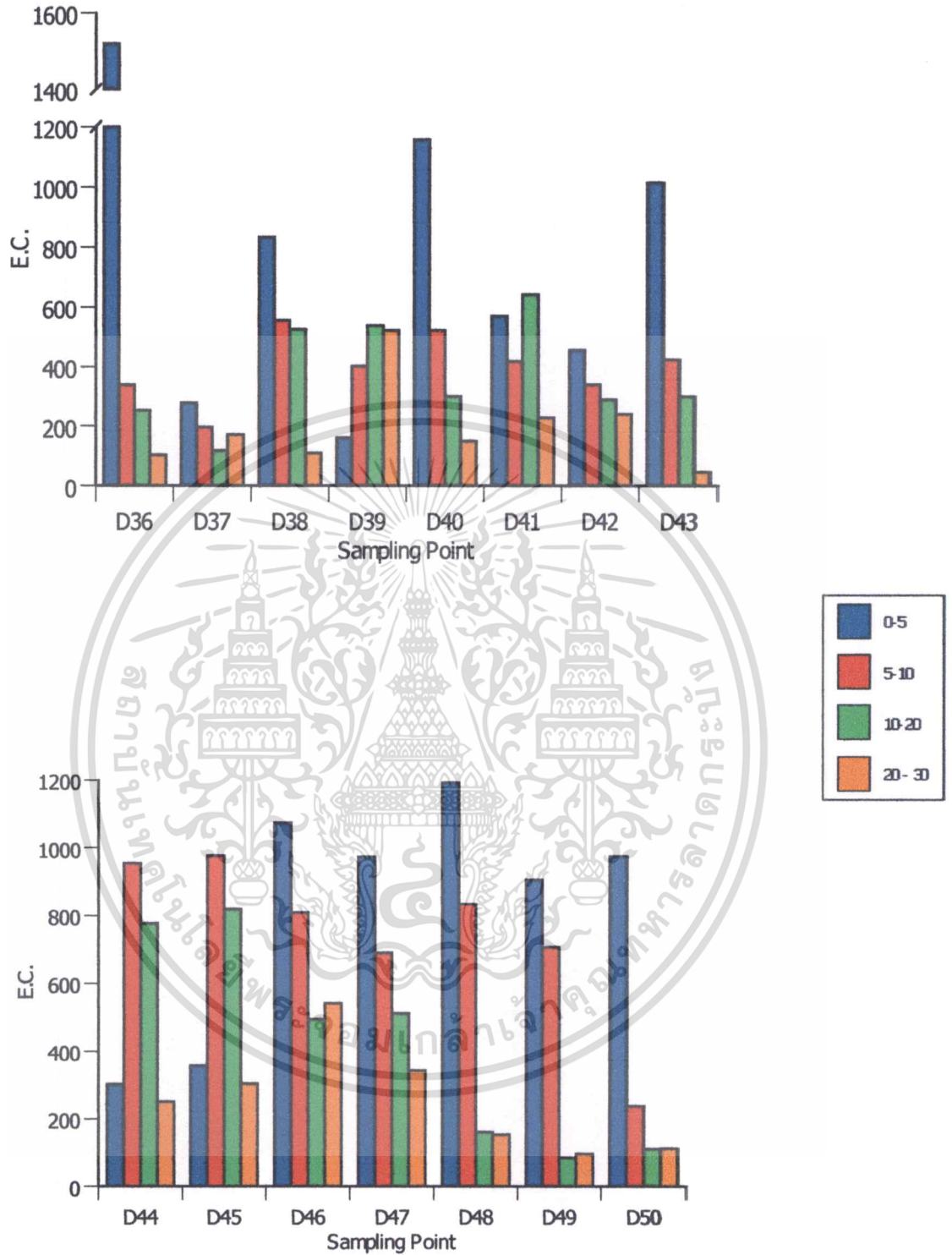
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 8 แสดงความผันแปรในแนวคิดของการนำไฟฟ้าของดิน (EC)

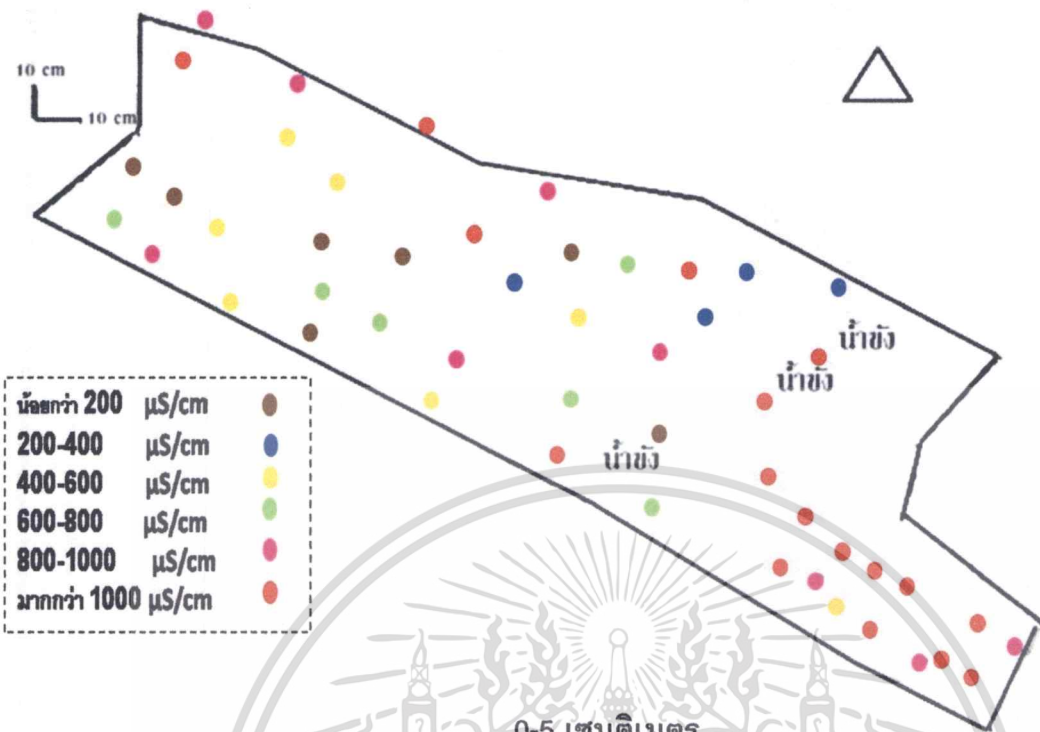
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของกรมการเกษตรและสหกรณ์ มิใช่เอกสารที่นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



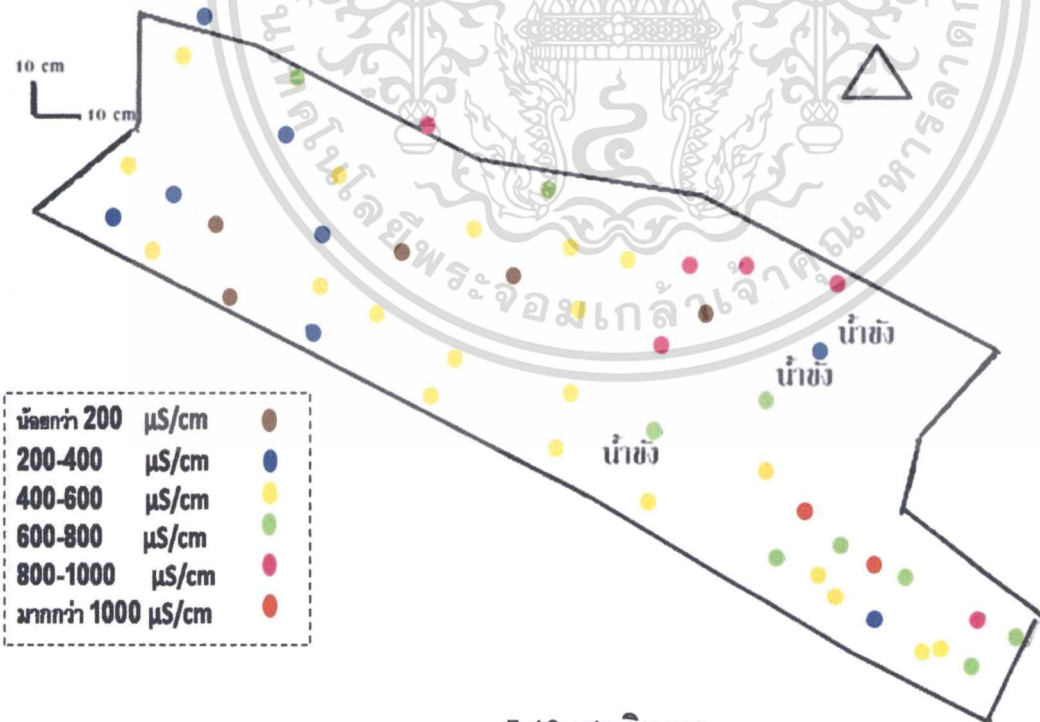
ภาพผนวกที่ 8 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



0-5 เซนติเมตร

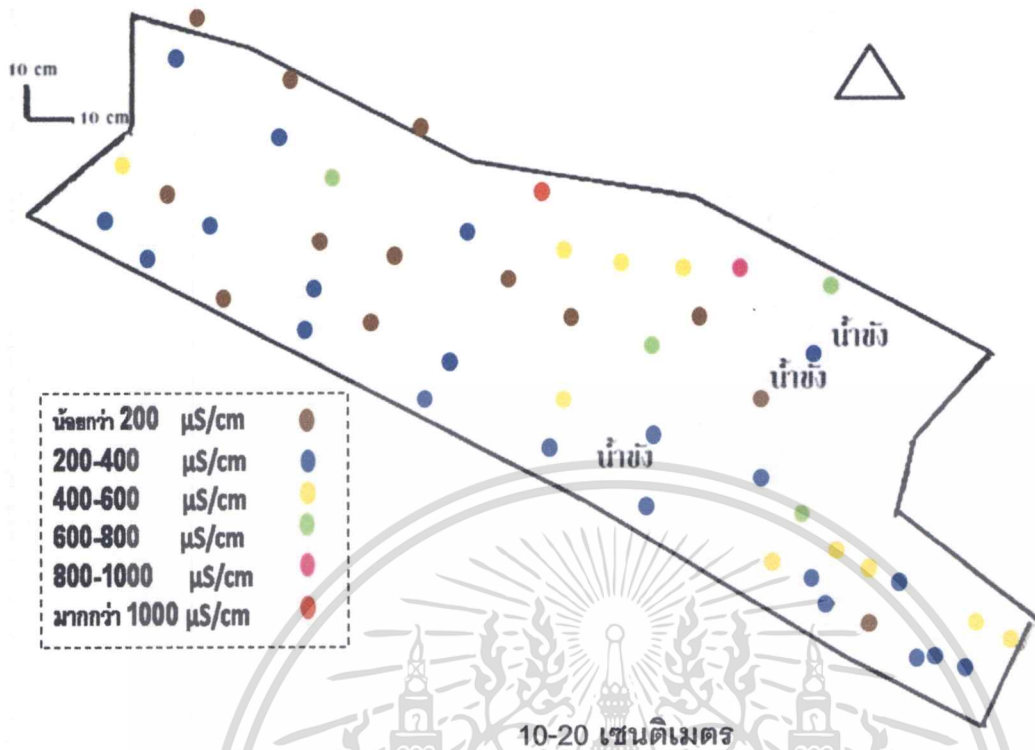
ภาพผนวกที่ 9 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร



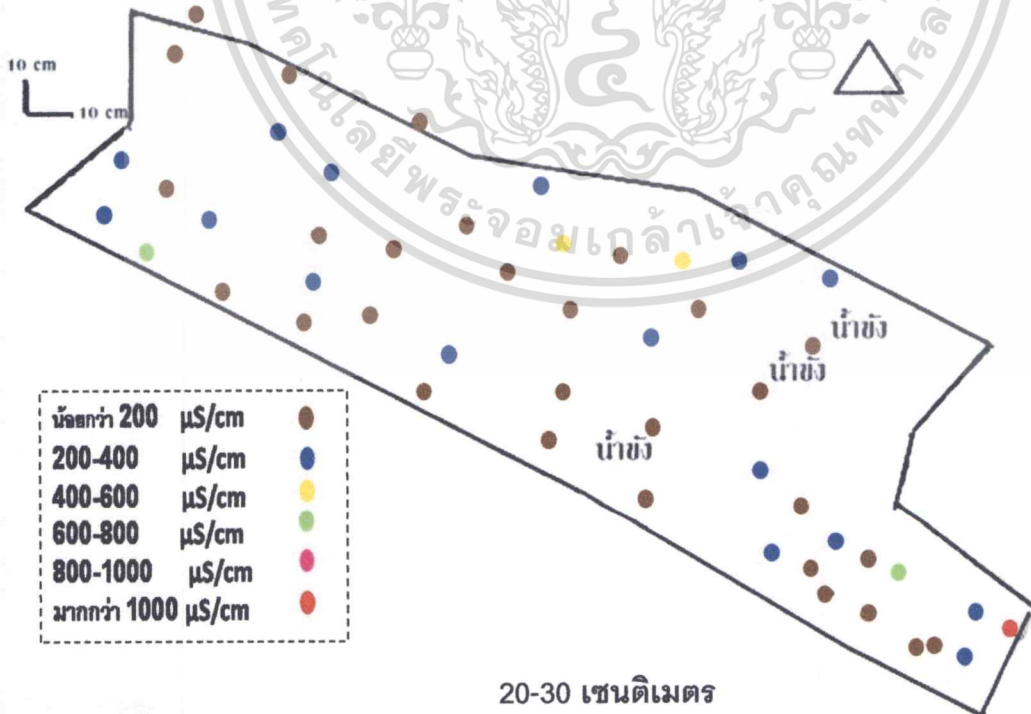
5-10 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 9 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



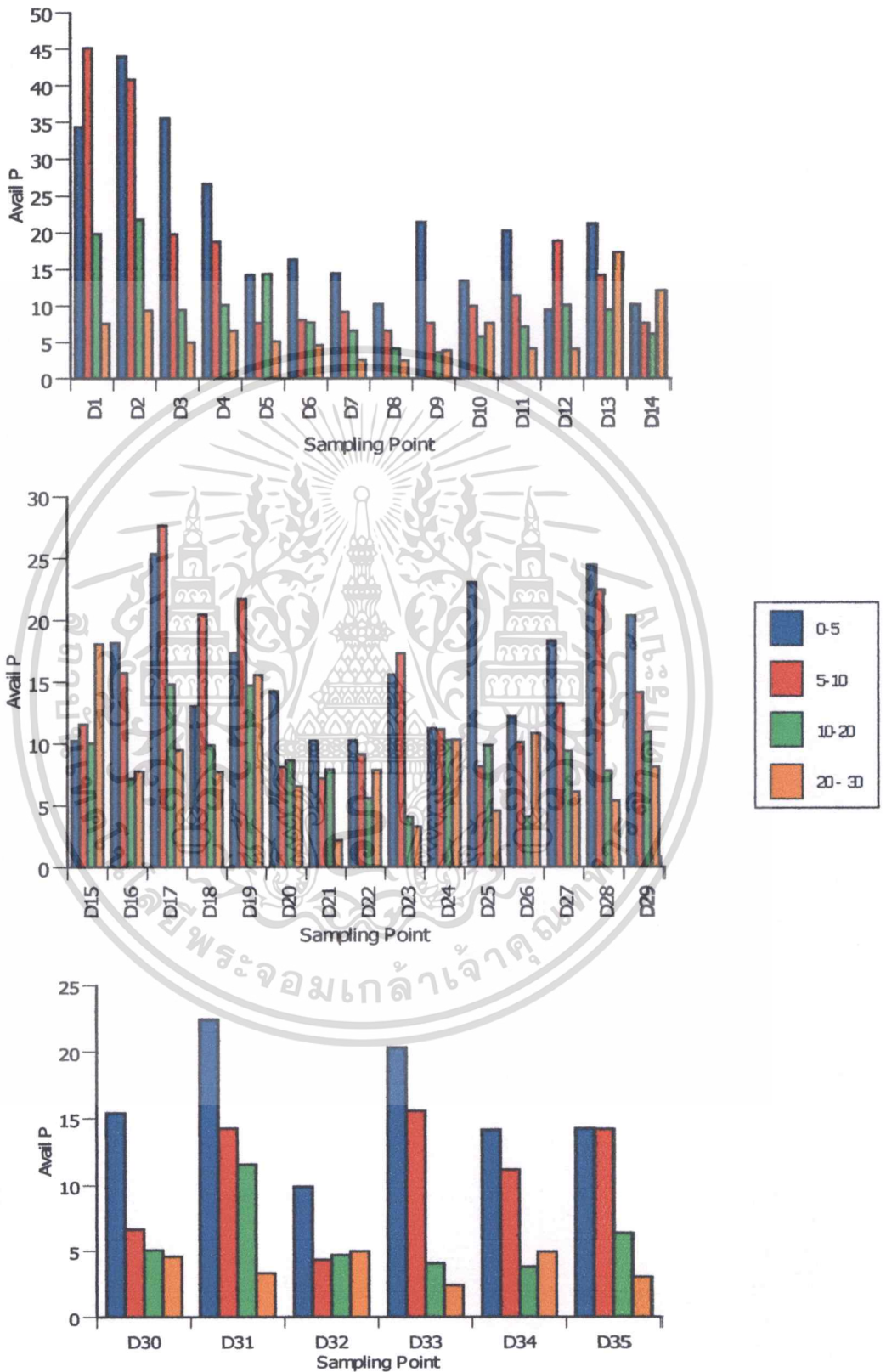
ภาพผนวกที่ 9 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 9 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของ EC ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

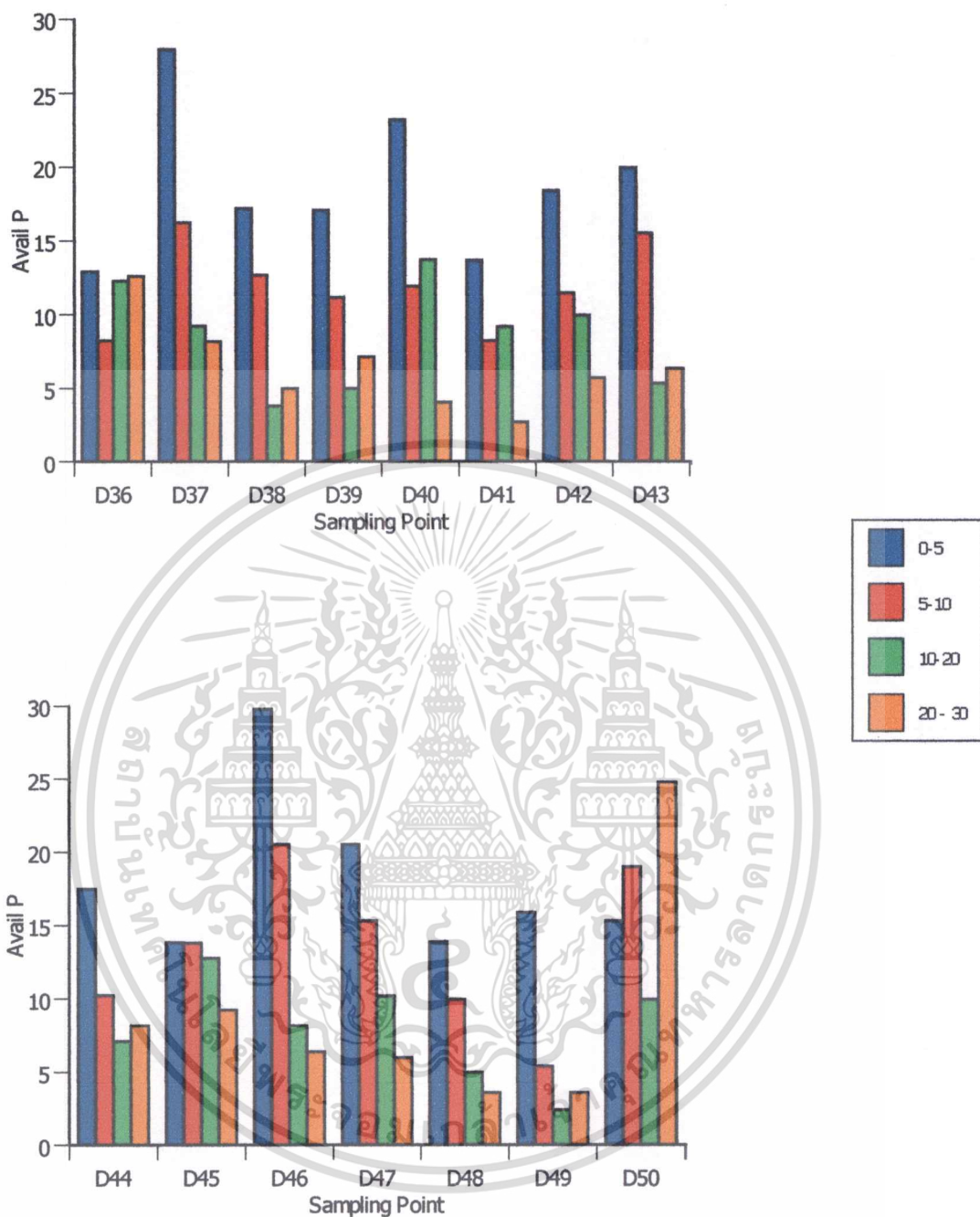
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ลงวันเวสสำหรับการทำงานเพื่อการศึกษาค้นคว้า เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



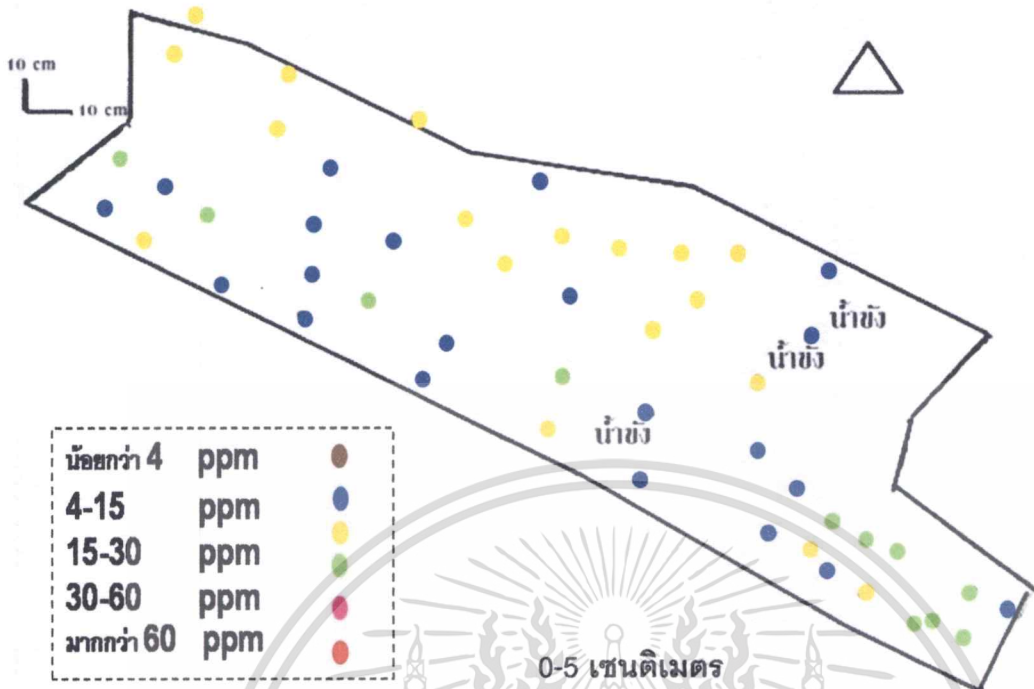
ภาพผนวกที่ 10 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

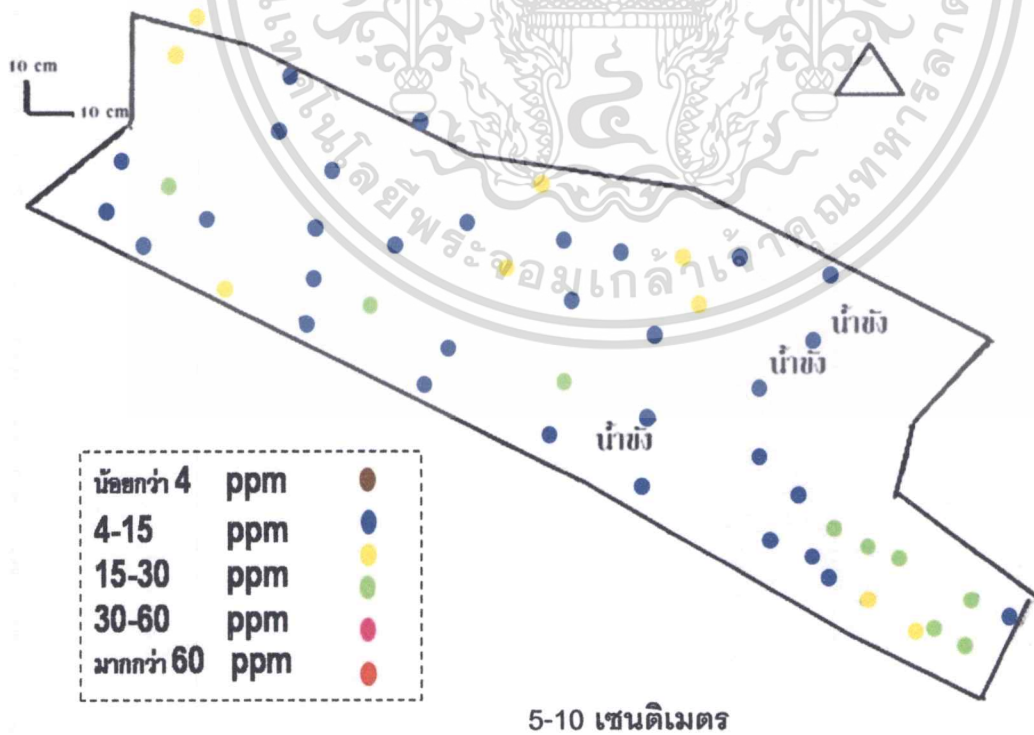


ภาพผนวกที่ 10 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

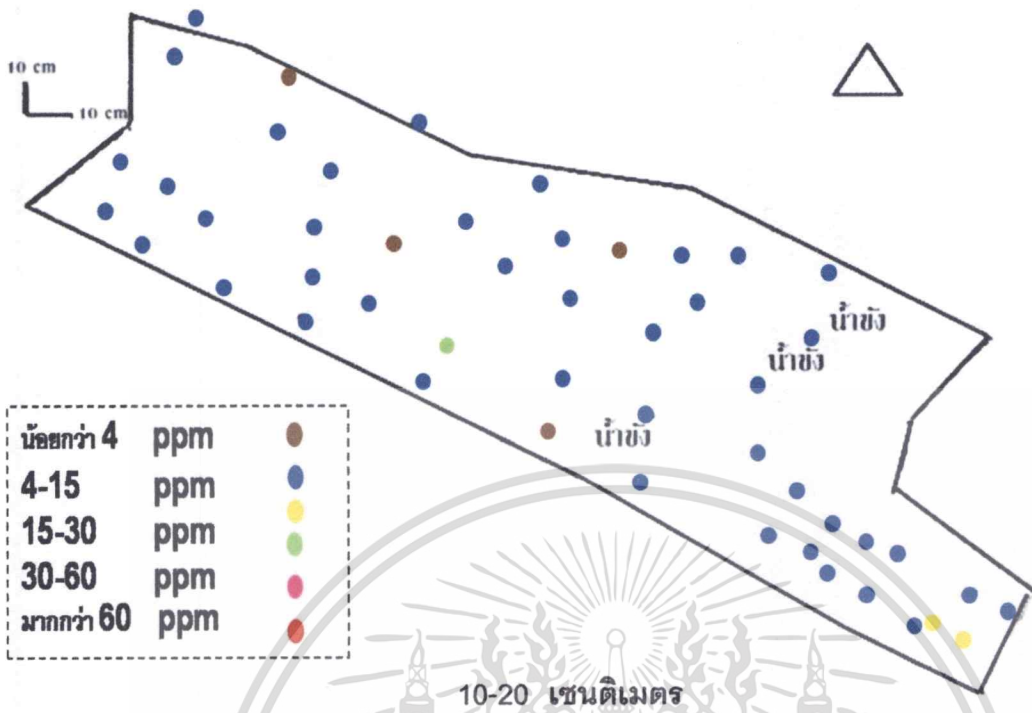


ภาพผนวกที่ 11 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

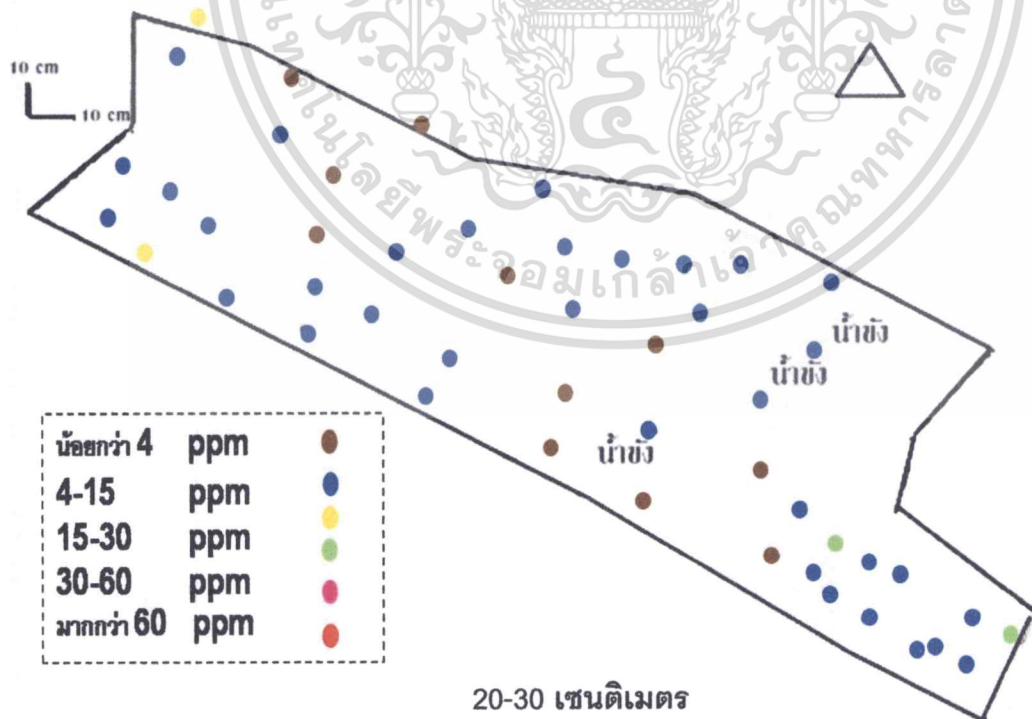


ภาพผนวกที่ 11 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

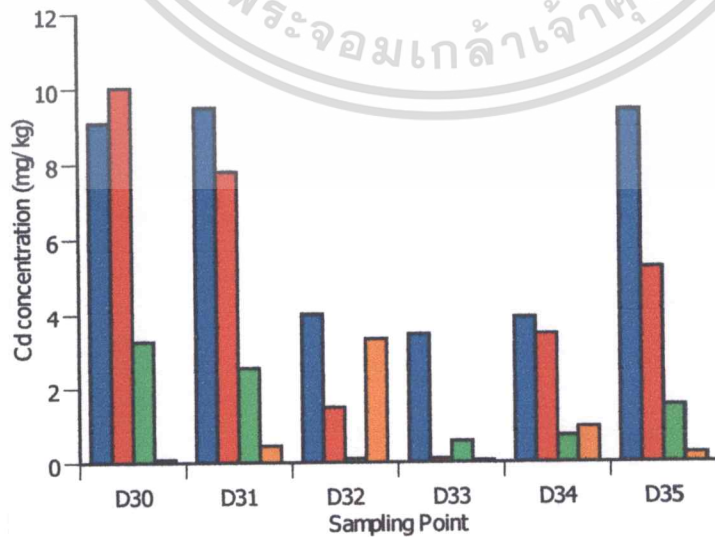
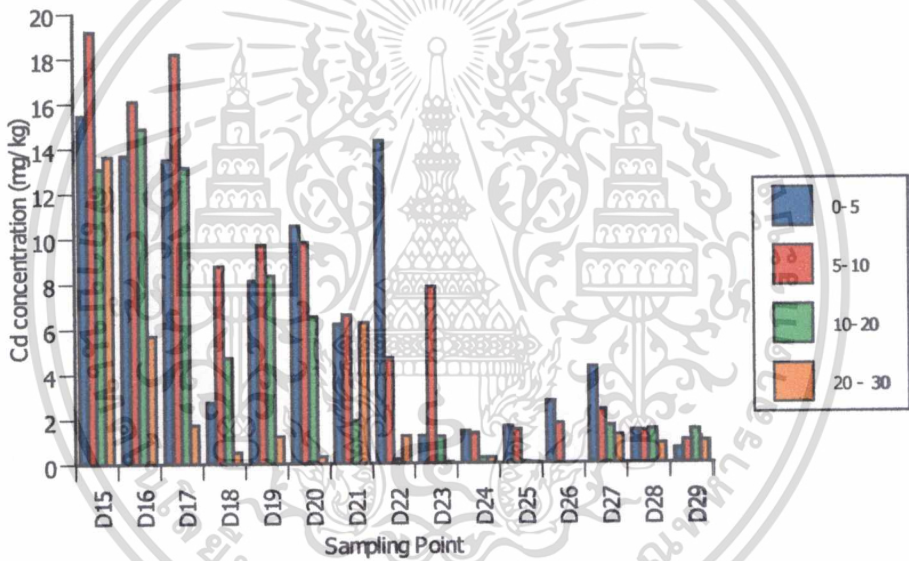
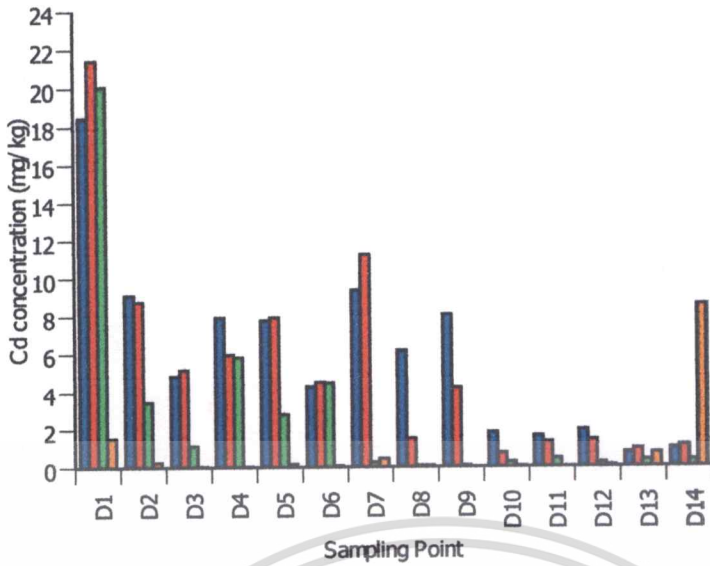


ภาพผนวกที่ 11 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์
ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร

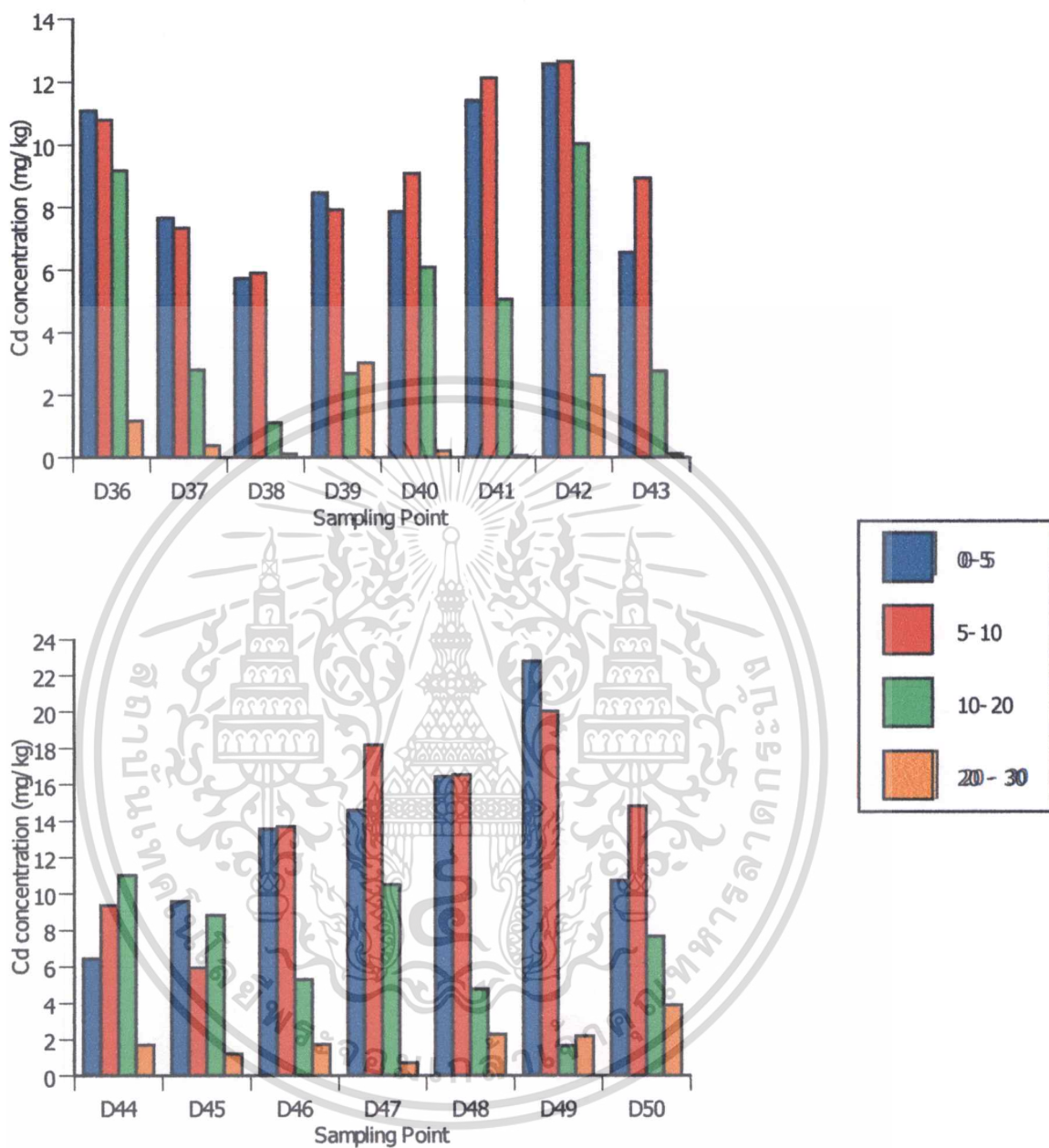


ภาพผนวกที่ 11 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์เพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

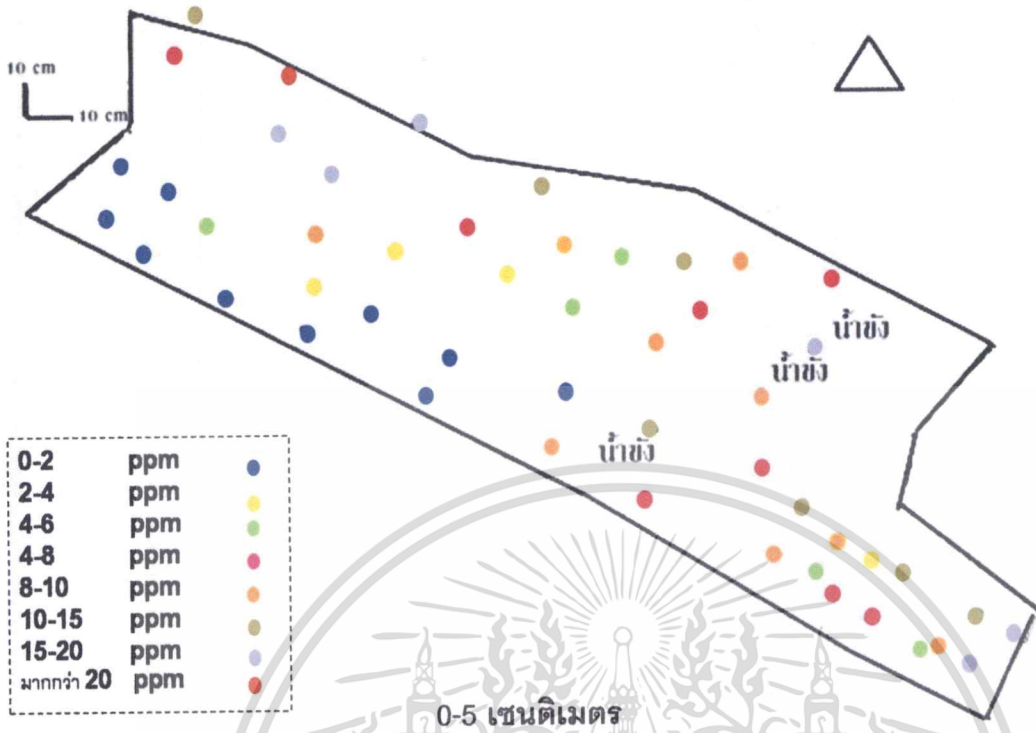


ภาพผนวกที่ 12 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของแคดเมียม ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

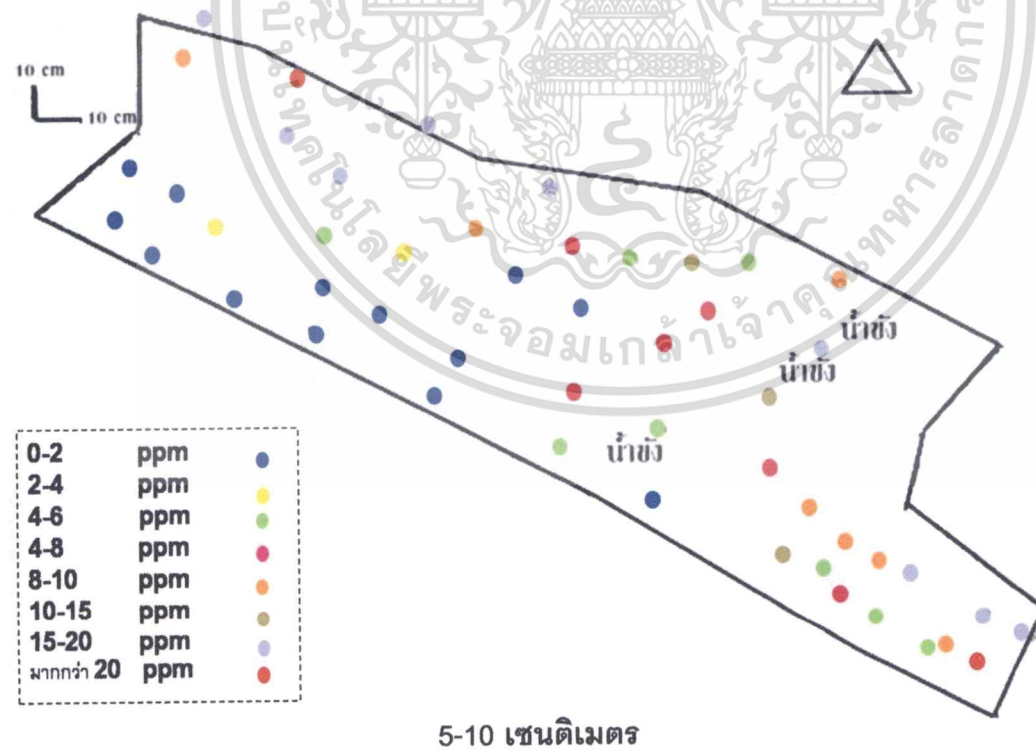


ภาพผนวกที่ 12 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

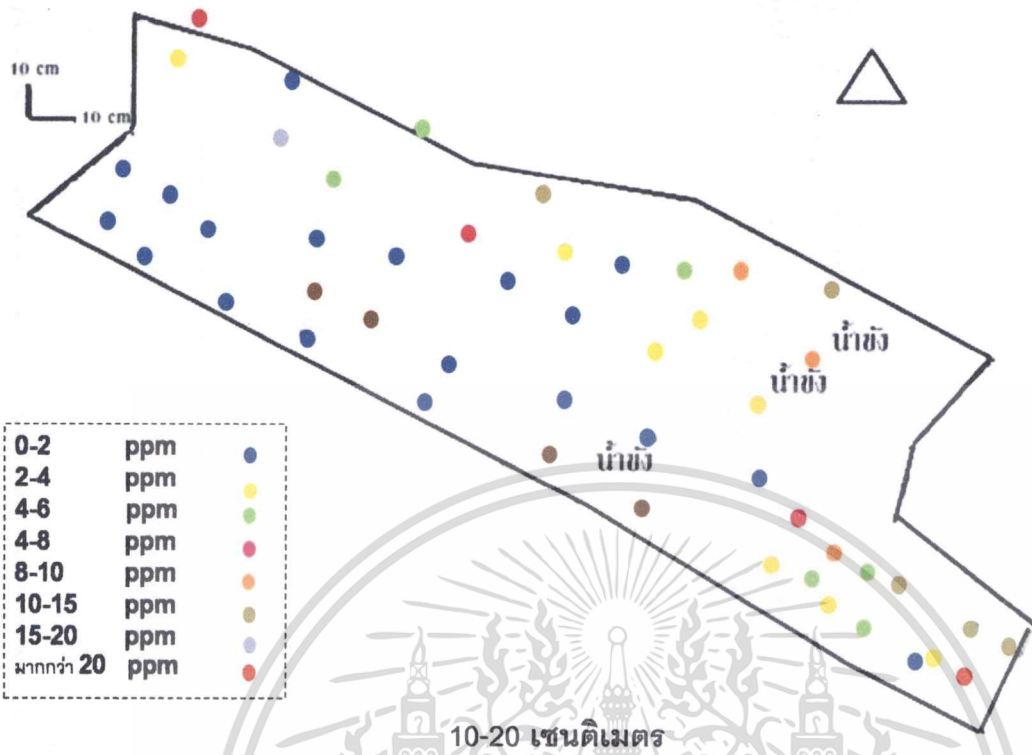


ภาพผนวกที่ 13 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

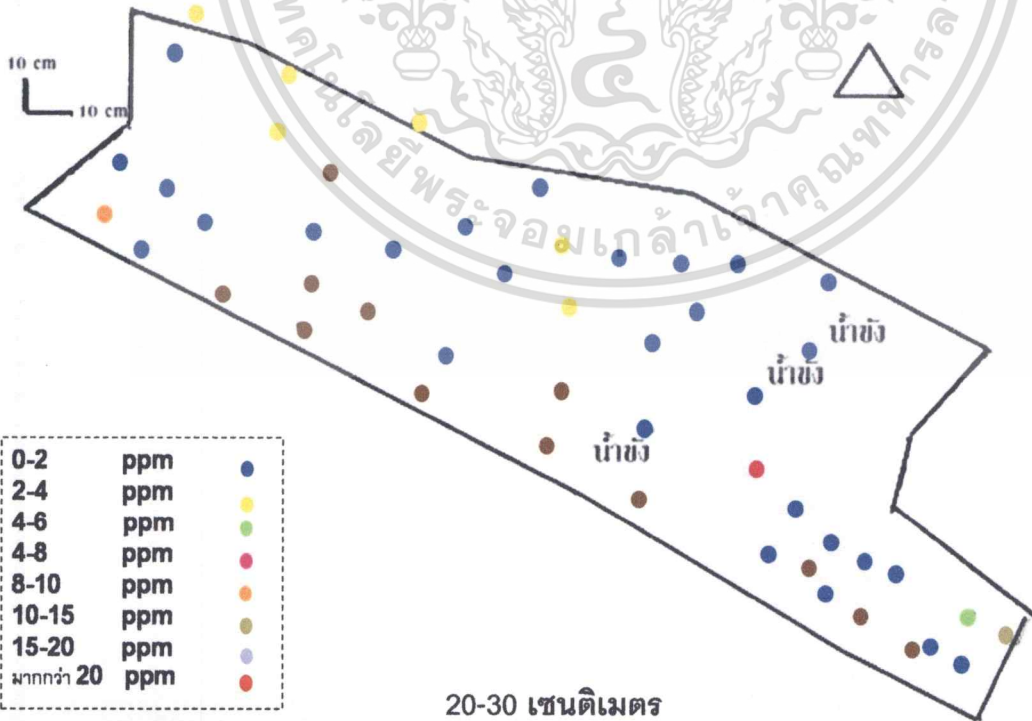


ภาพผนวกที่ 13 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



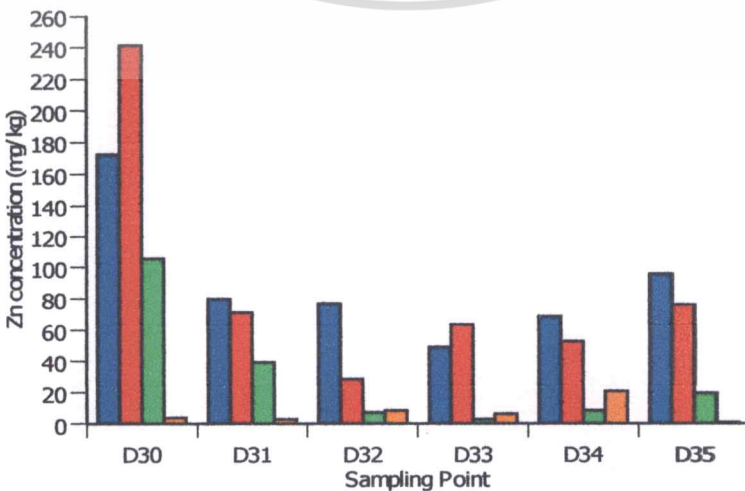
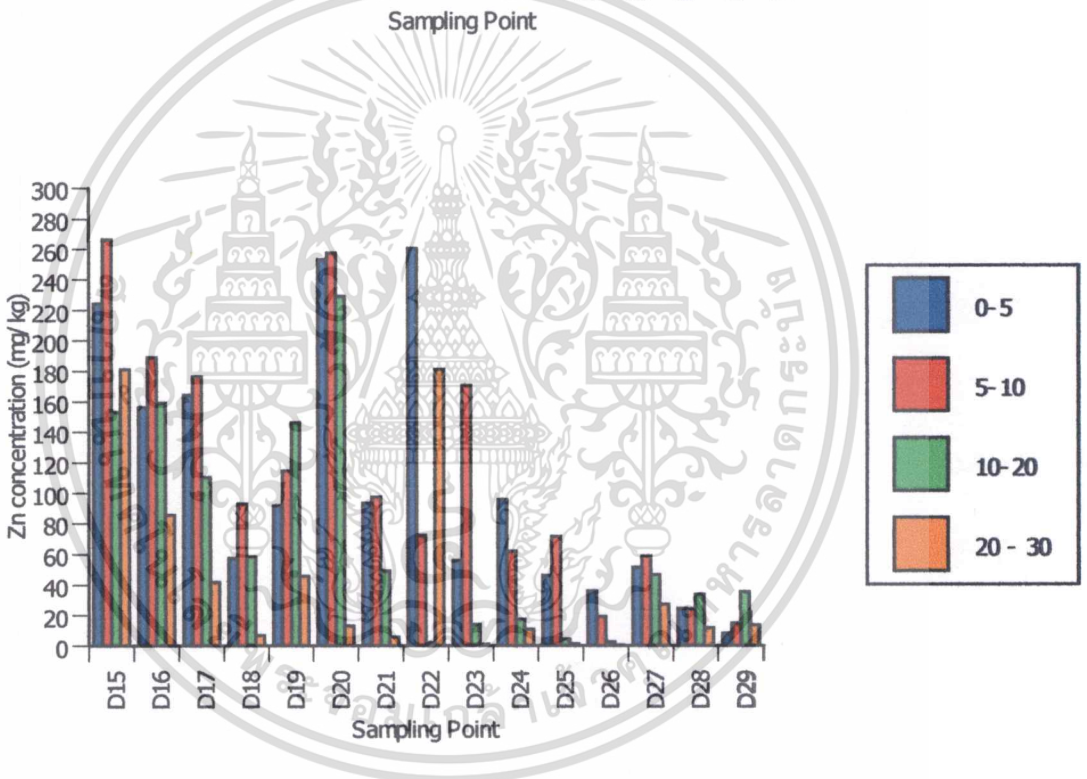
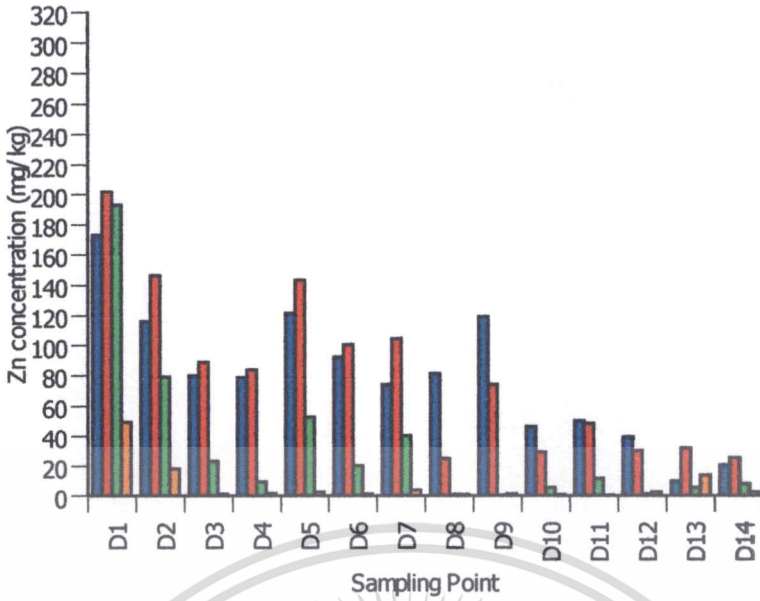
ภาพผนวกที่ 13 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 13 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแคดเมียม ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

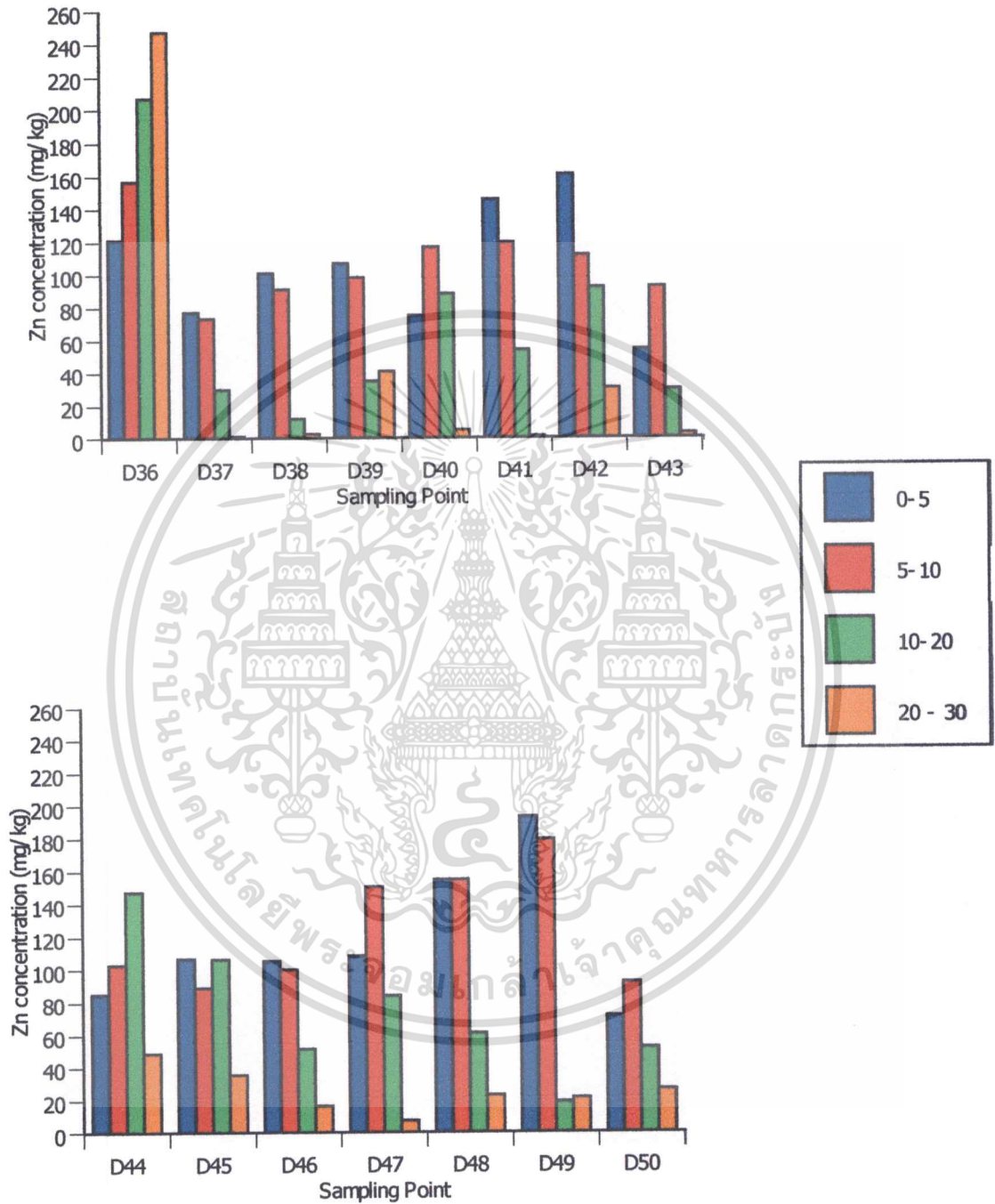
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



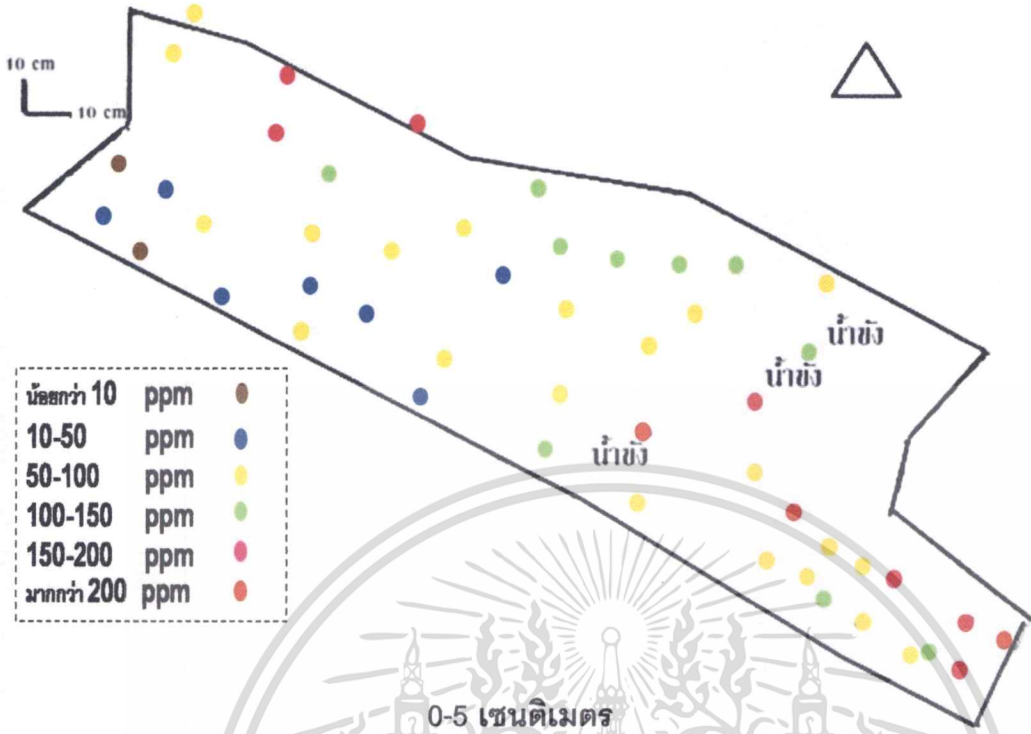
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 14 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของสังกะสี

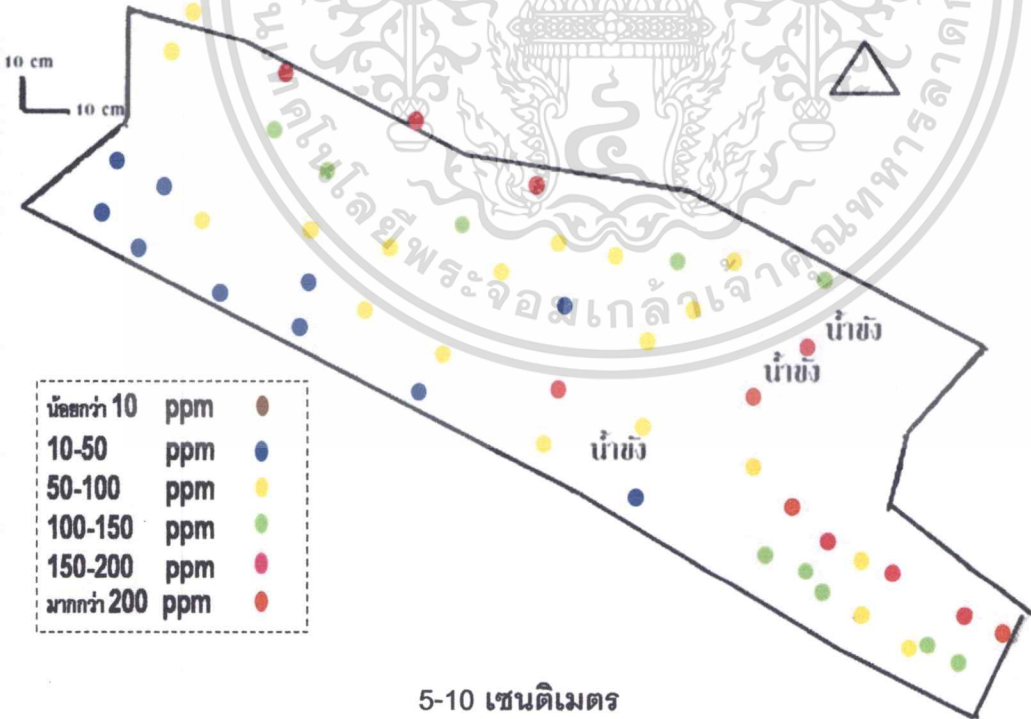


ภาพผนวกที่ 14 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

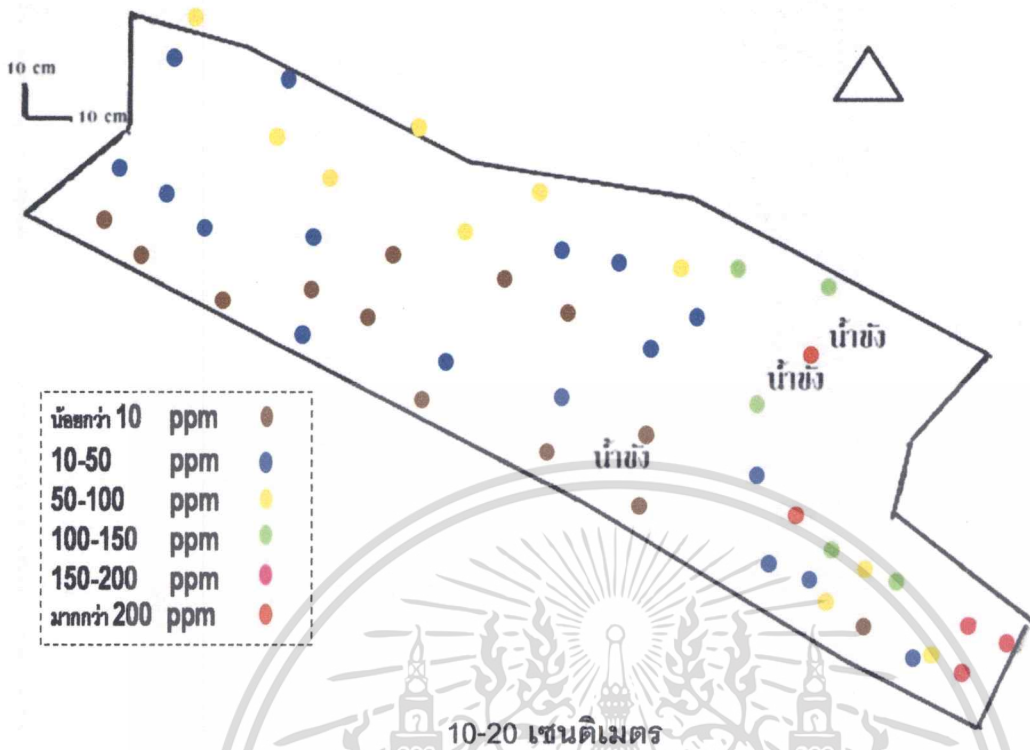


ภาพผนวกที่ 15 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

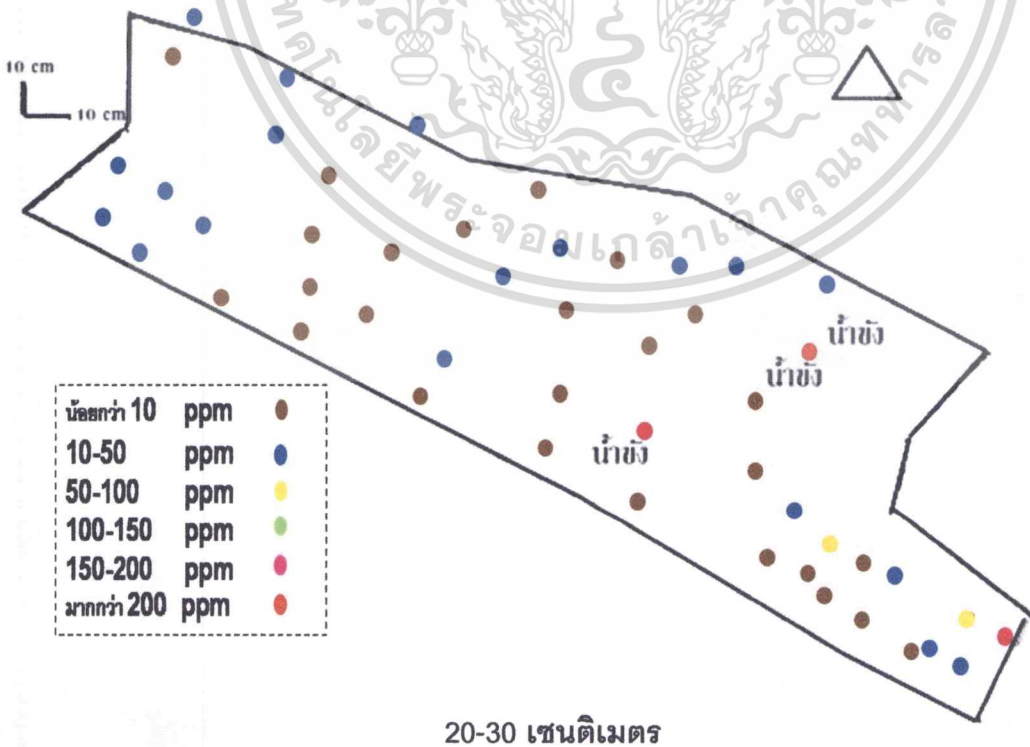


ภาพผนวกที่ 15 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



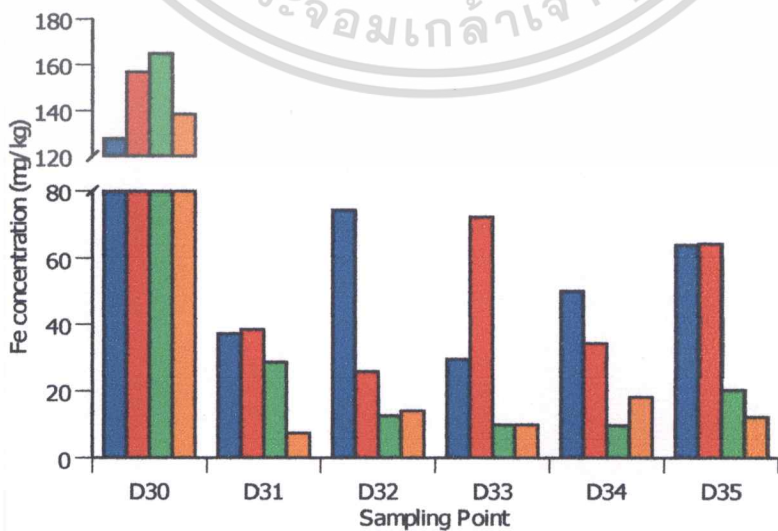
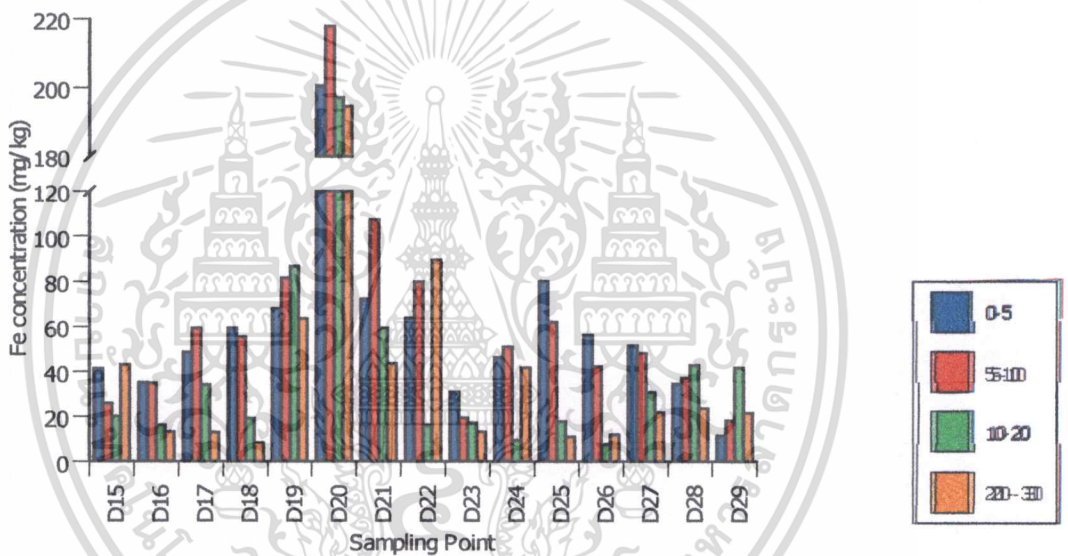
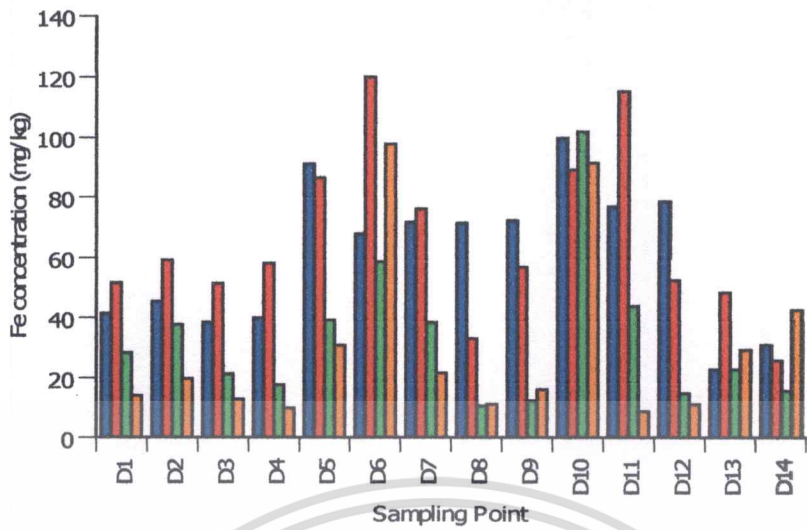
ภาพผนวกที่ 15 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 15 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของสังกะสี ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

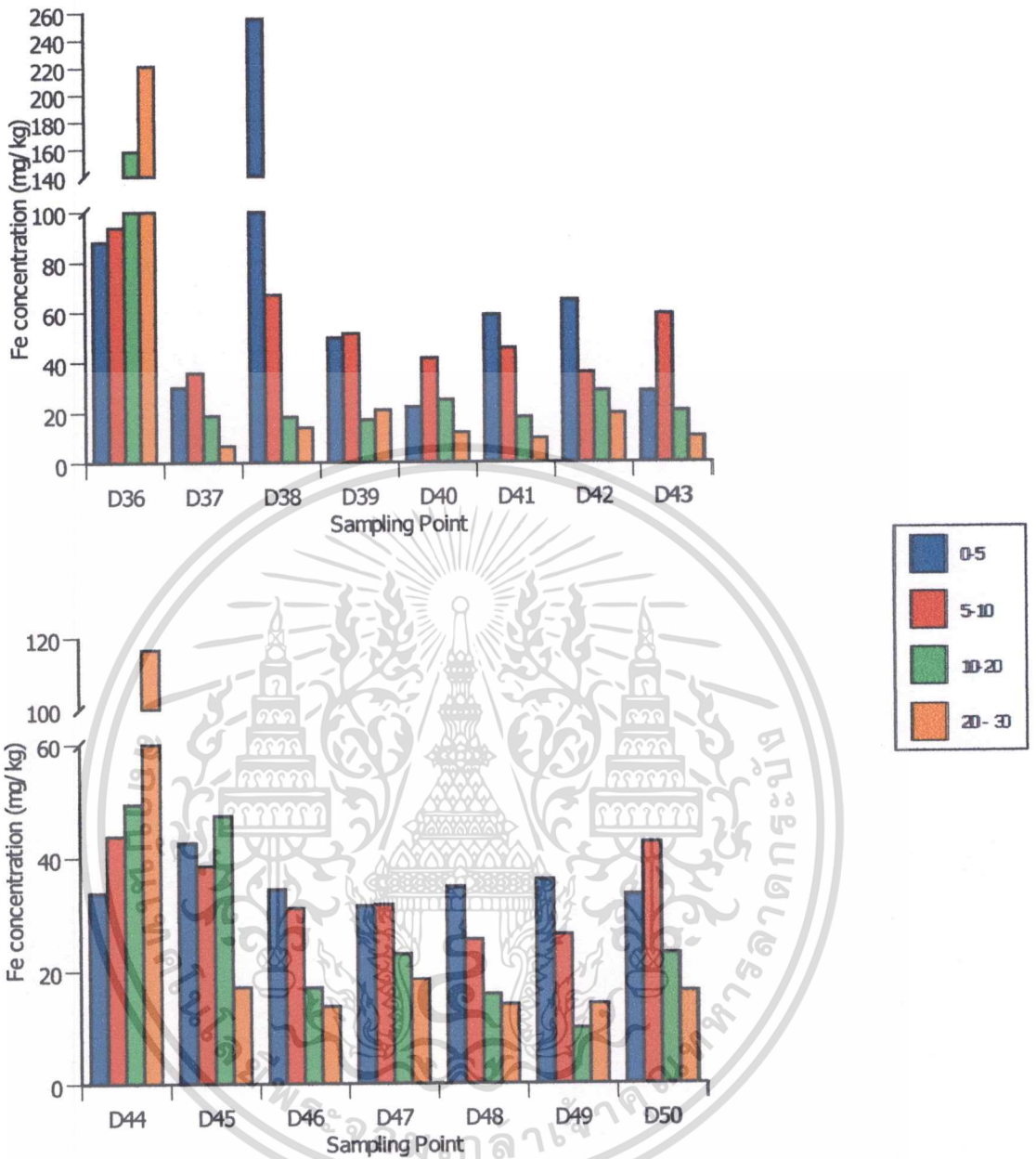
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาด้านวิชาการ ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางอื่น

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



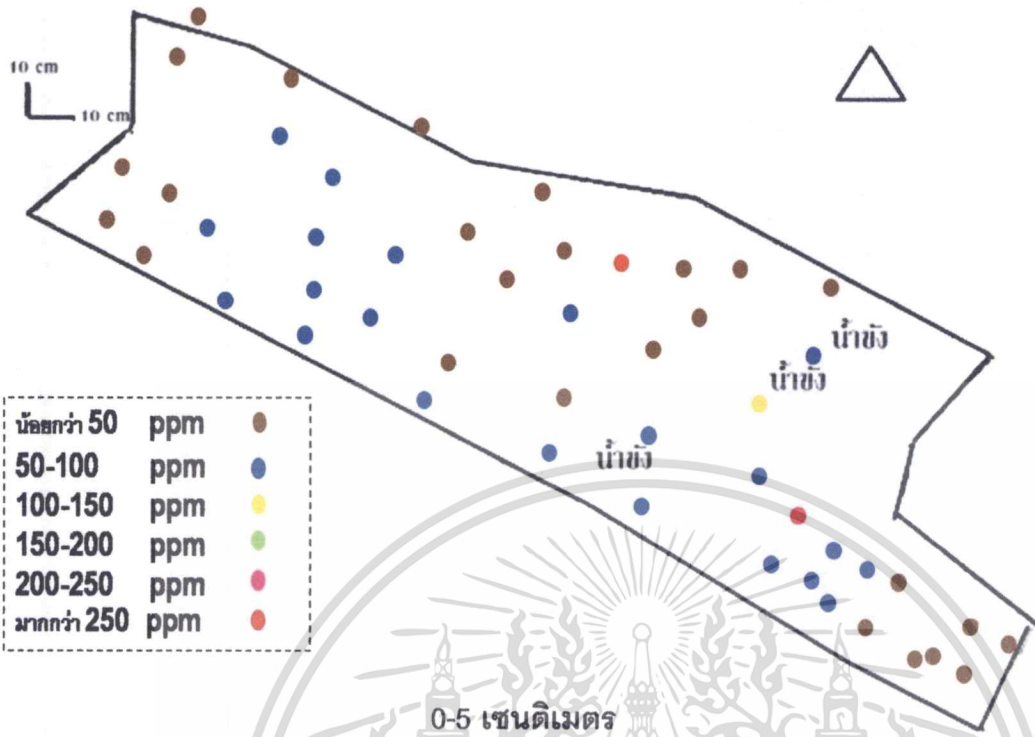
ภาพผนวกที่ 16 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

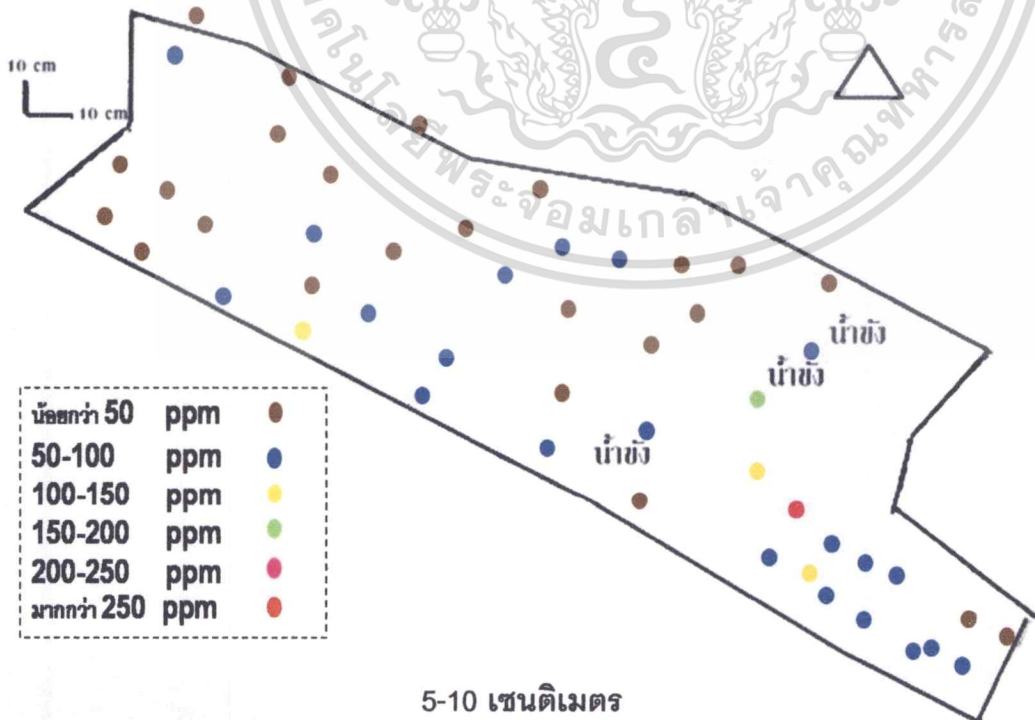


ภาพผนวกที่ 16 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

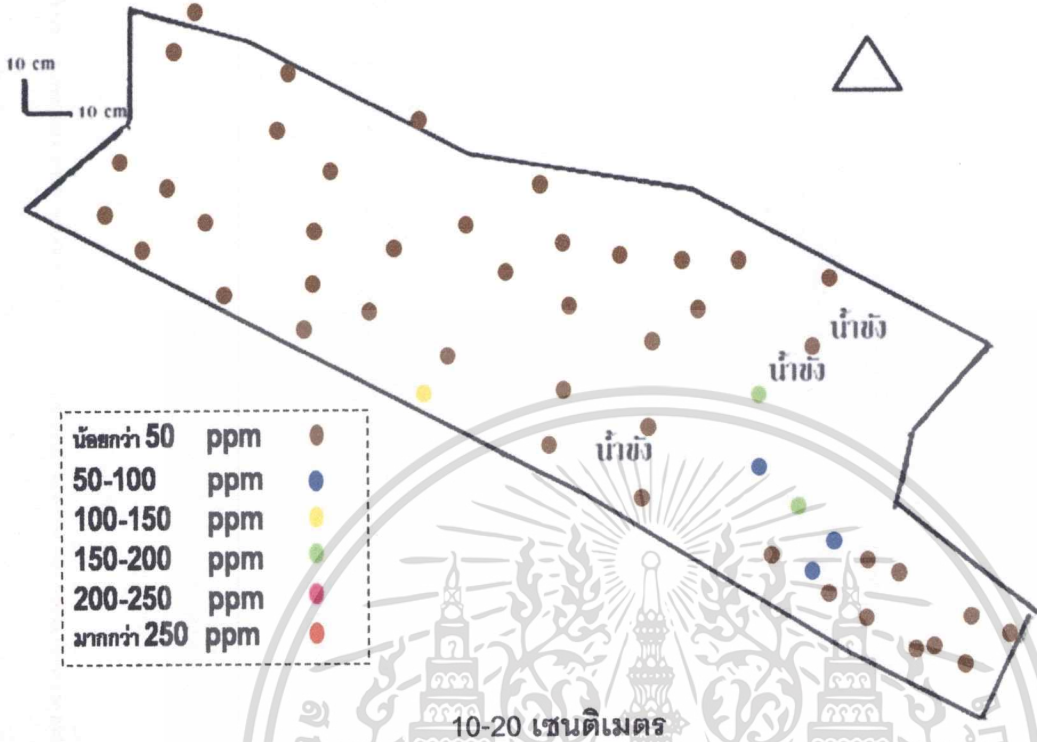


ภาพผนวกที่ 17 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร



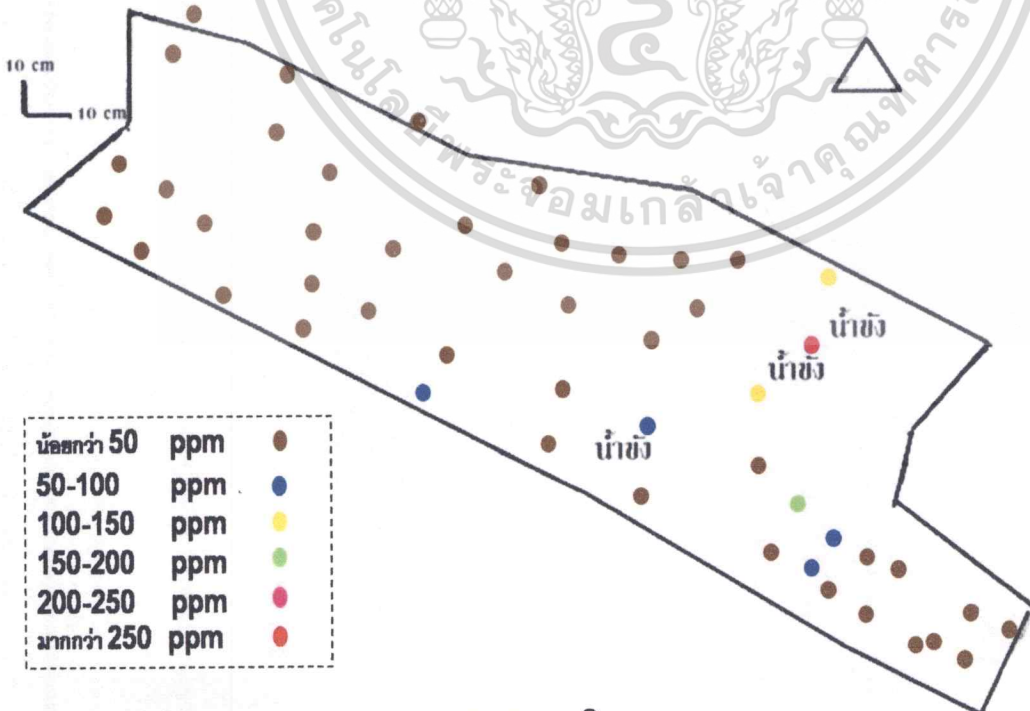
ภาพผนวกที่ 17 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



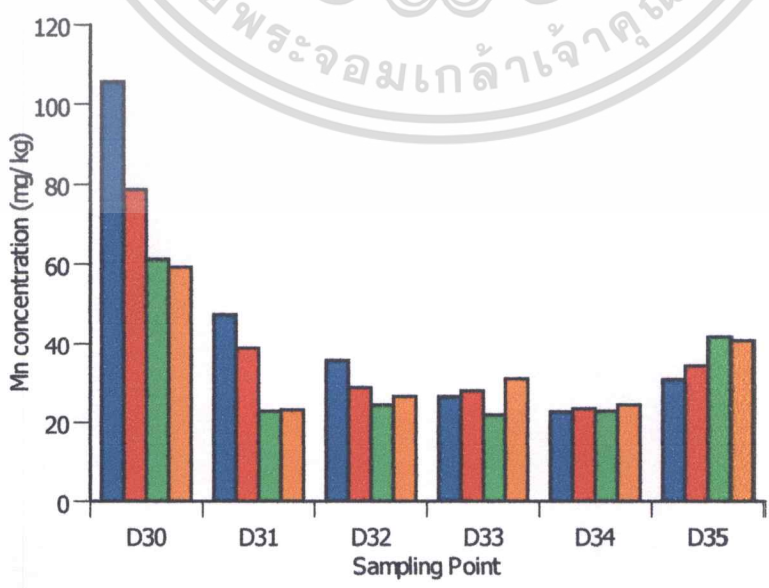
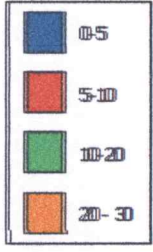
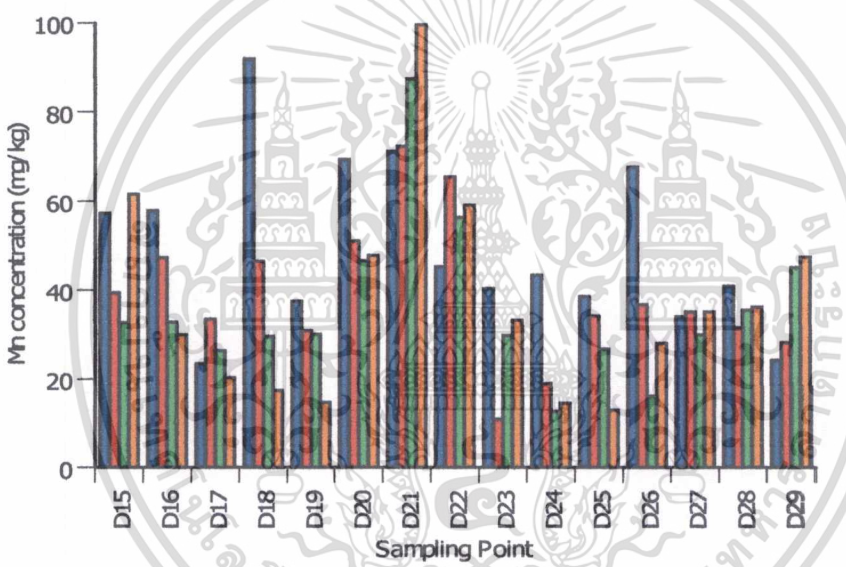
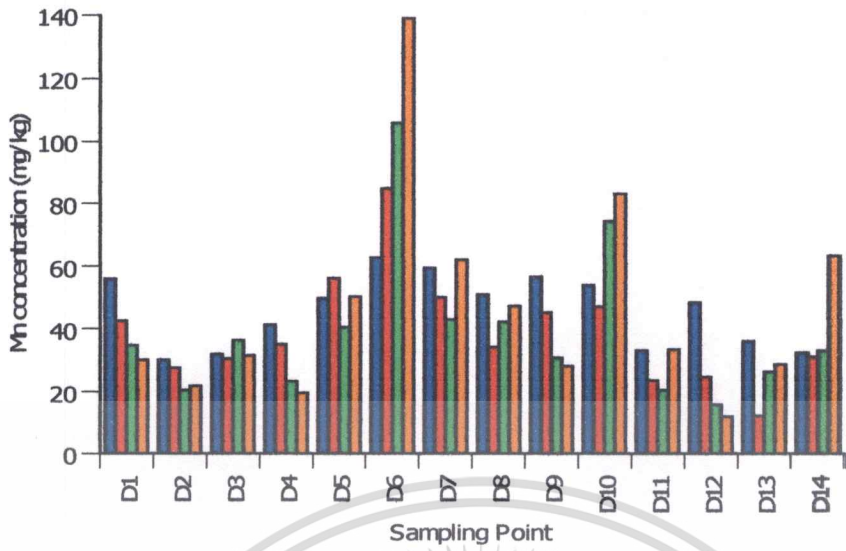
10-20 เซนติเมตร

ภาพผนวกที่ 17 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของเหล็ก ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



20-30 เซนติเมตร

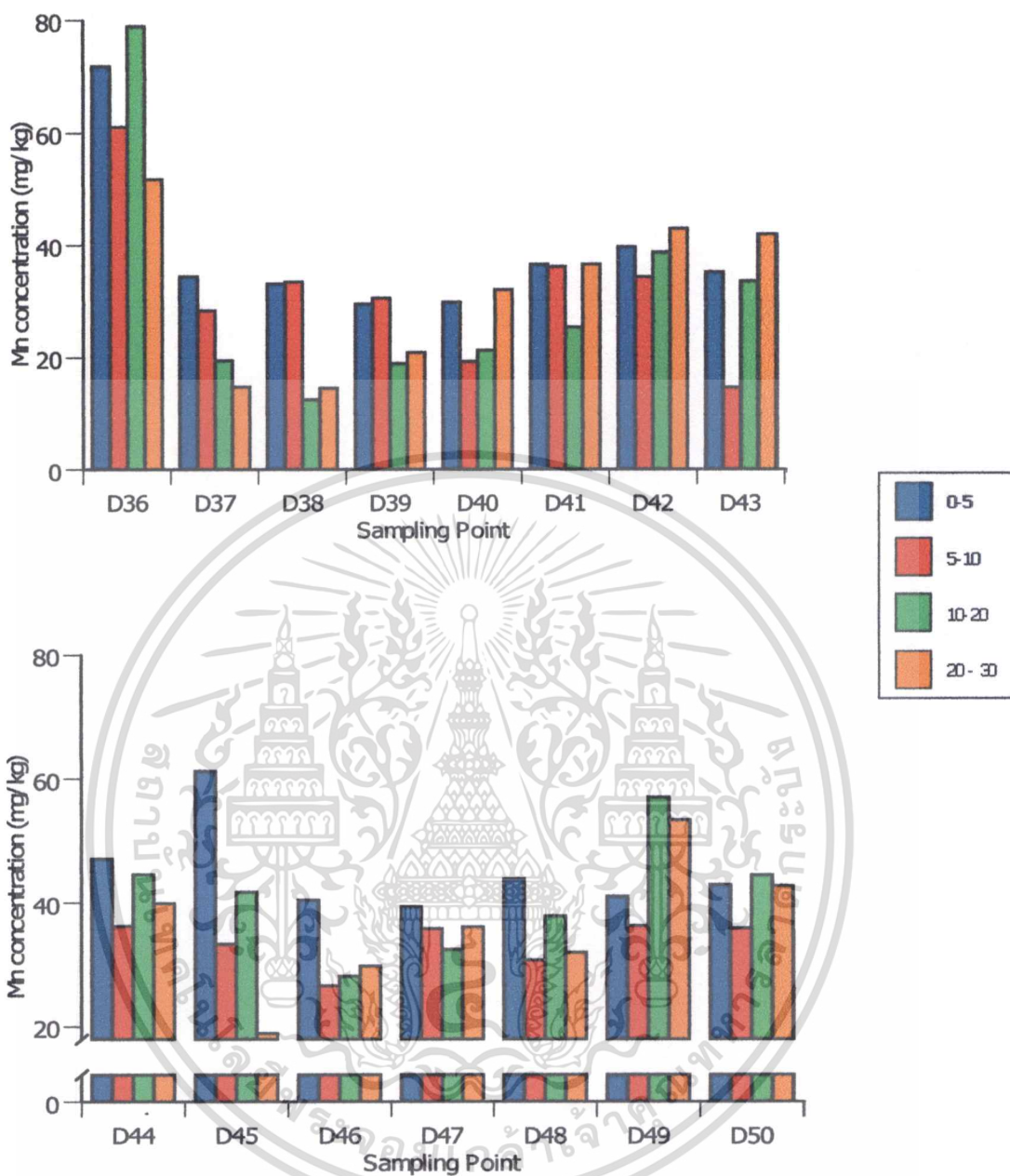
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับเอาไว้ใช้ภายในเอกสารนี้สงวนไว้เพื่อหน่วยงานในสังกัดได้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 18 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของแมงกานีส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

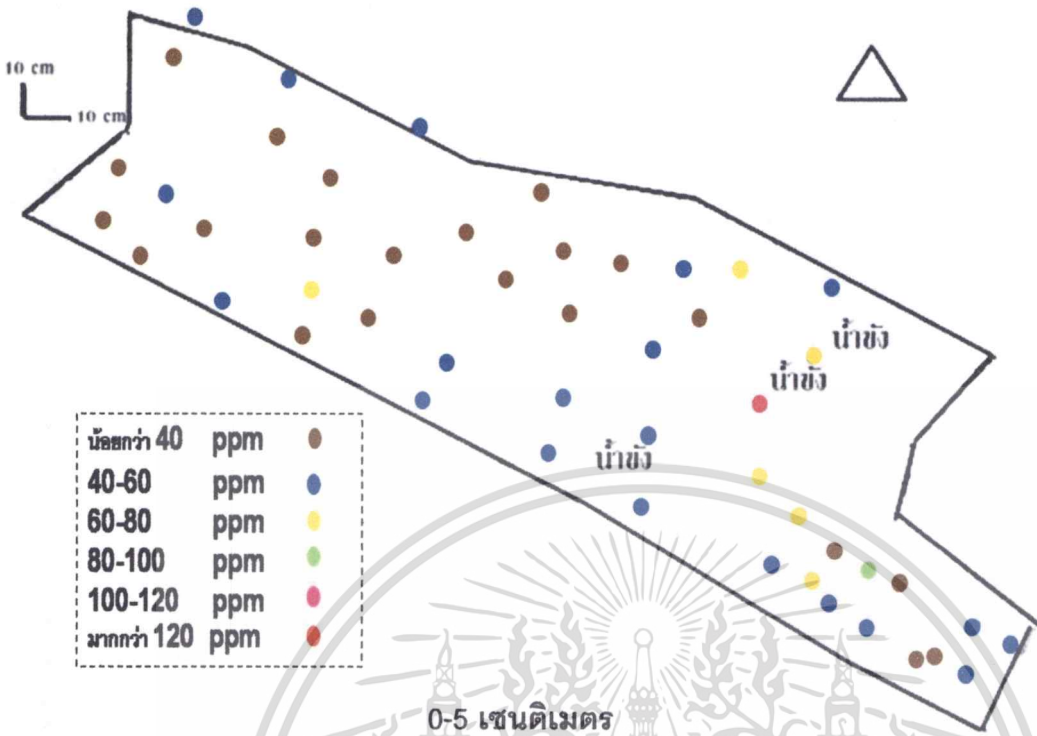
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



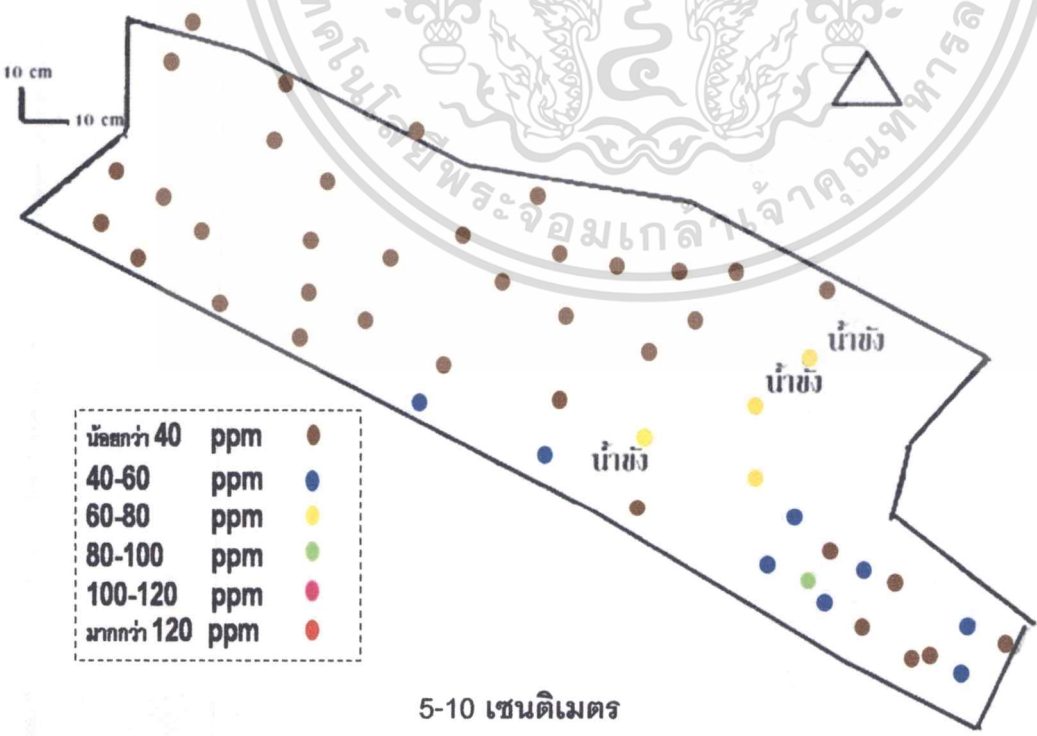
ภาพผนวกที่ 18 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

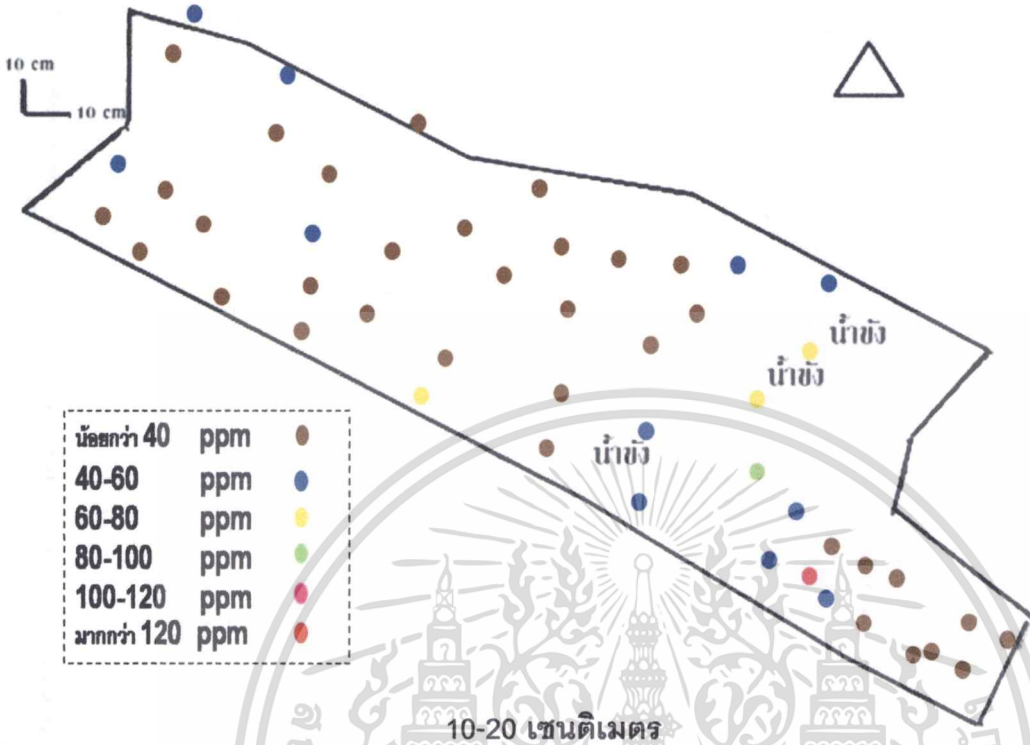


ภาพผนวกที่ 19 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแอมโมเนียม ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร

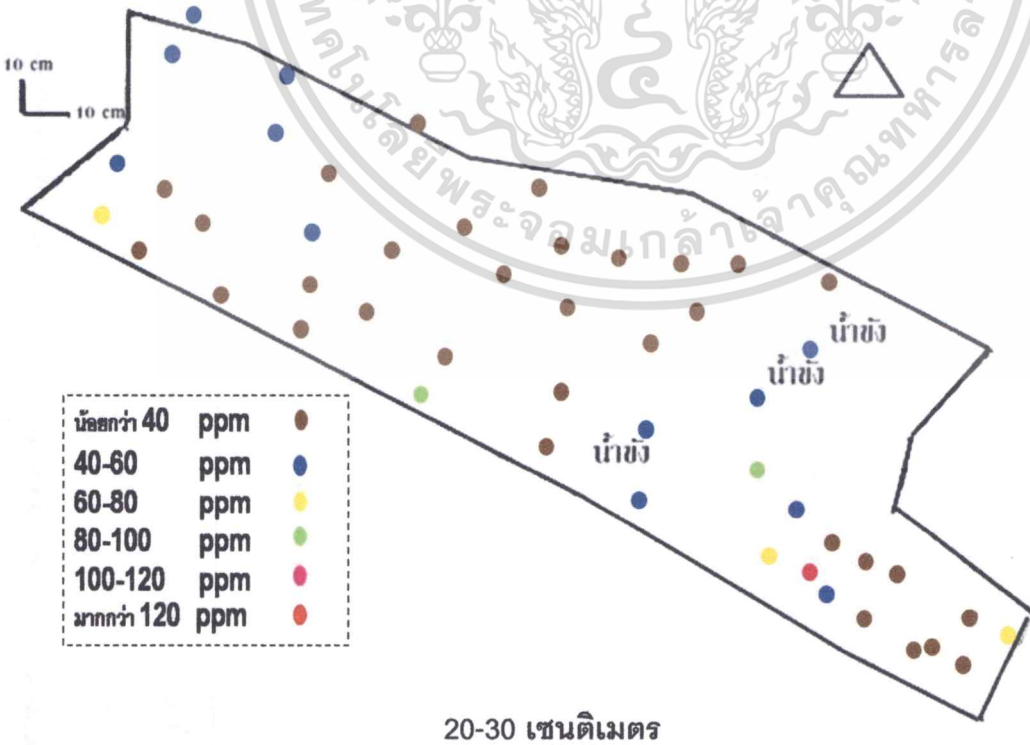


ภาพผนวกที่ 19 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแอมโมเนียม ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



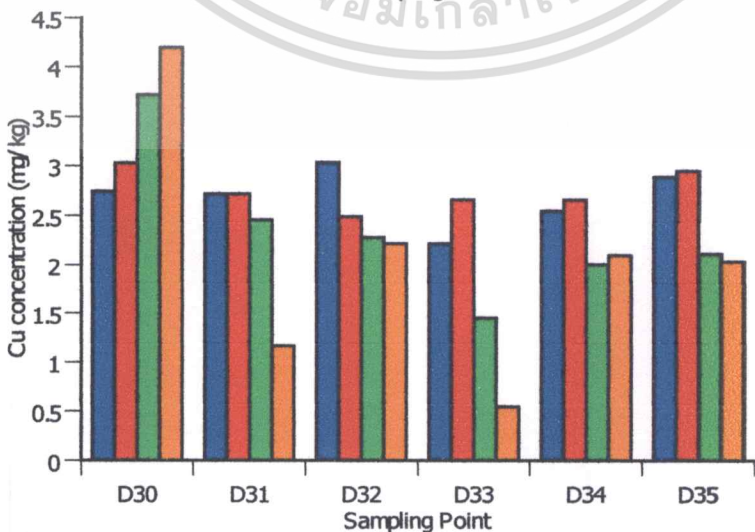
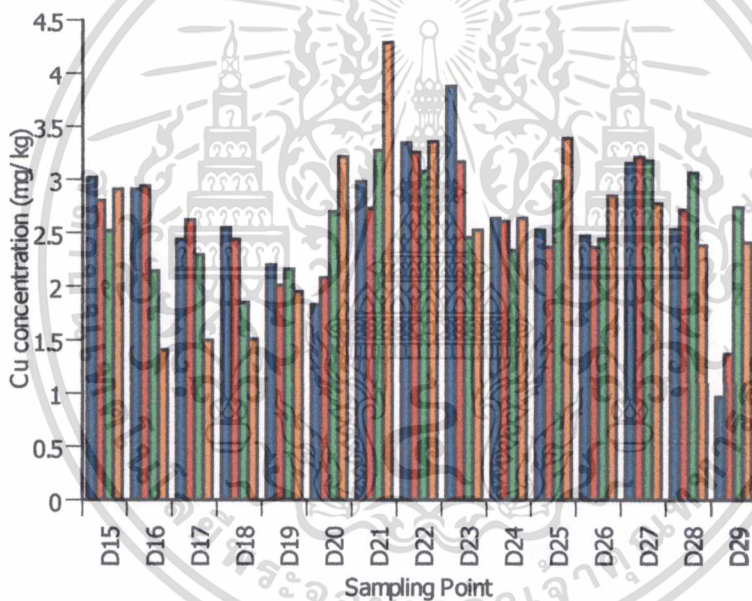
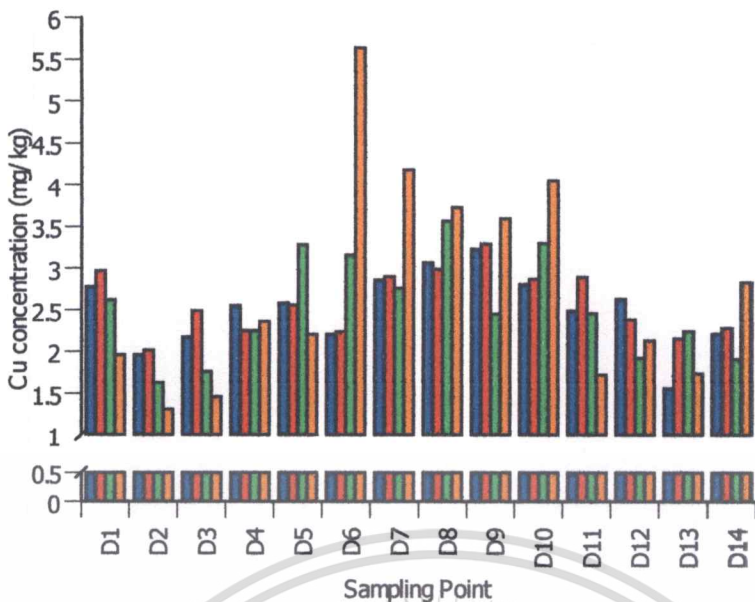
ภาพผนวกที่ 19 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแอมกานีส ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 19 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของแอมกานีส ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือนำไปใช้ในการค้า

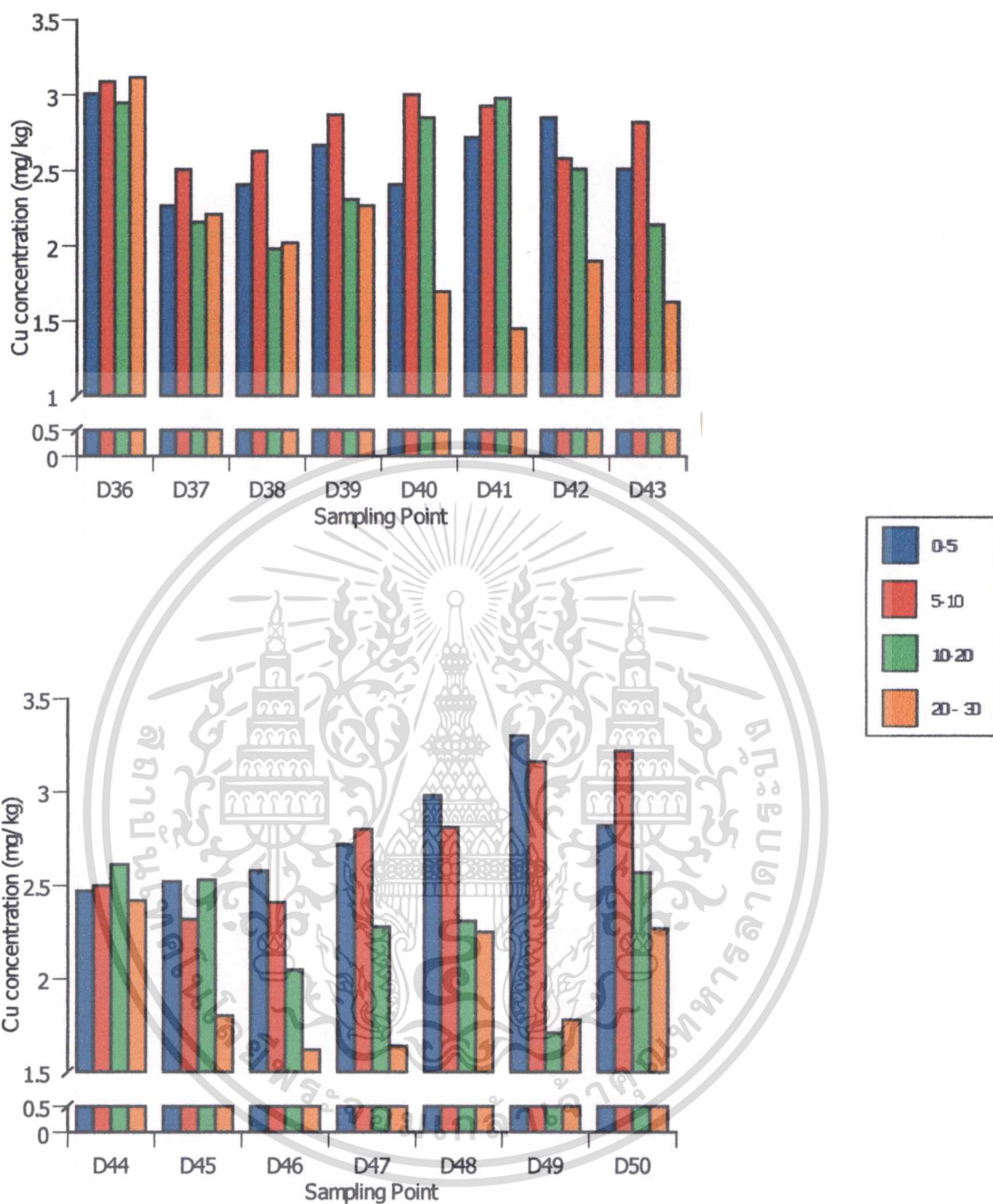
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 20 แสดงความผันแปรในแนวตั้งของทองแดง

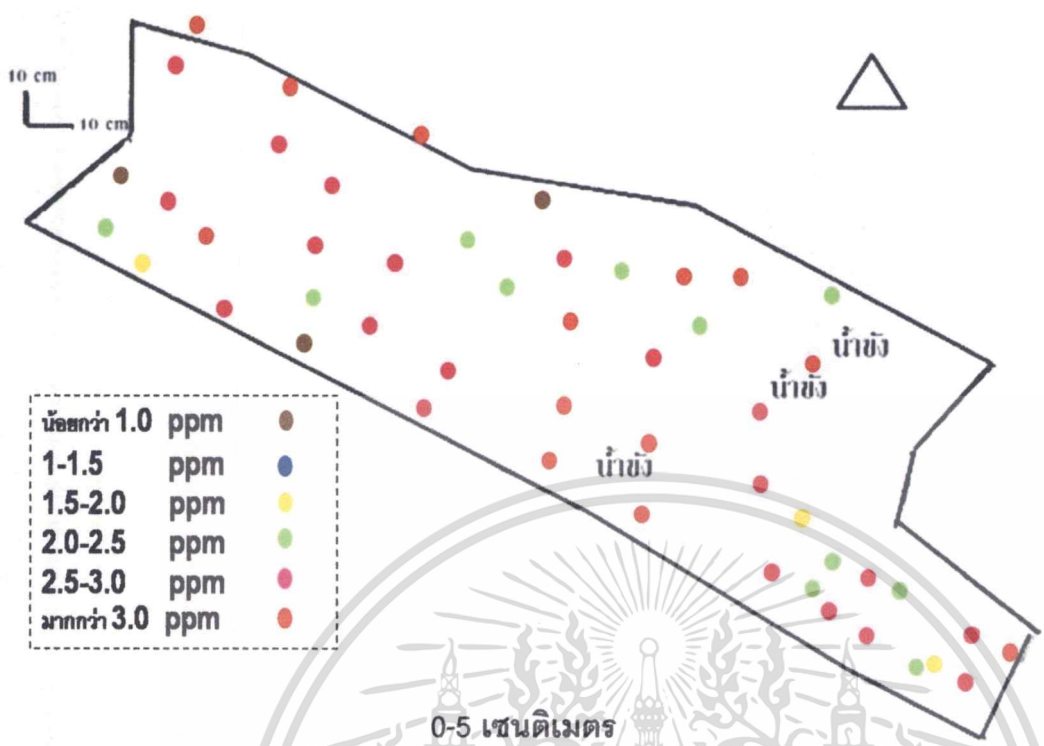
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

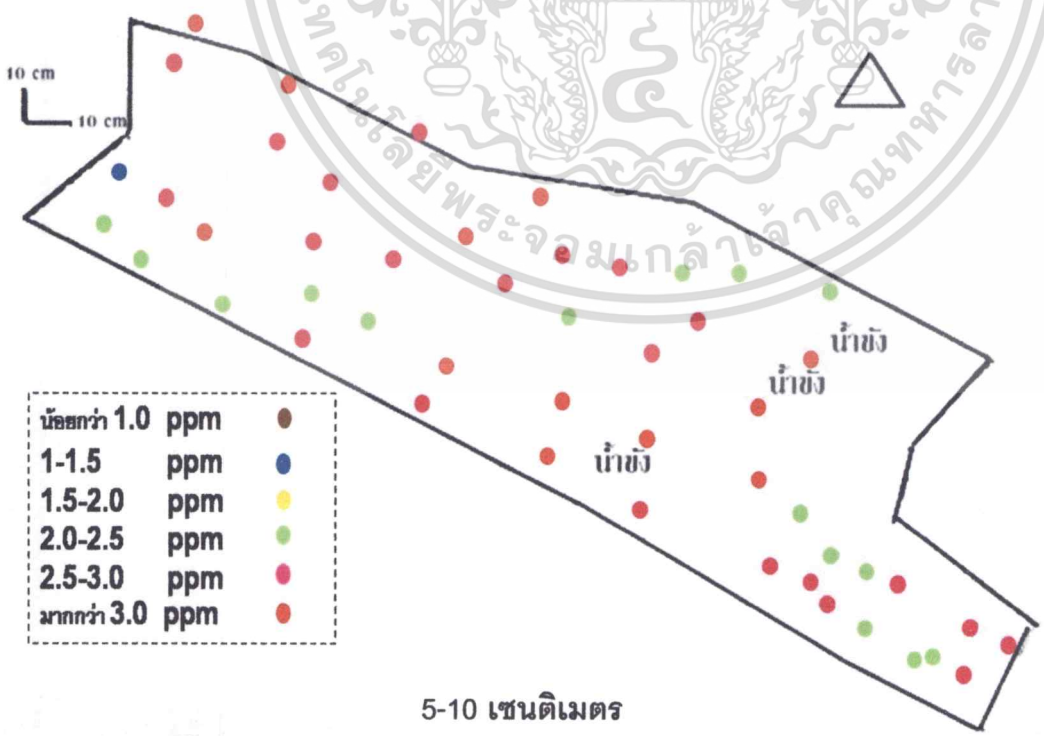


ภาพผนวกที่ 20 (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



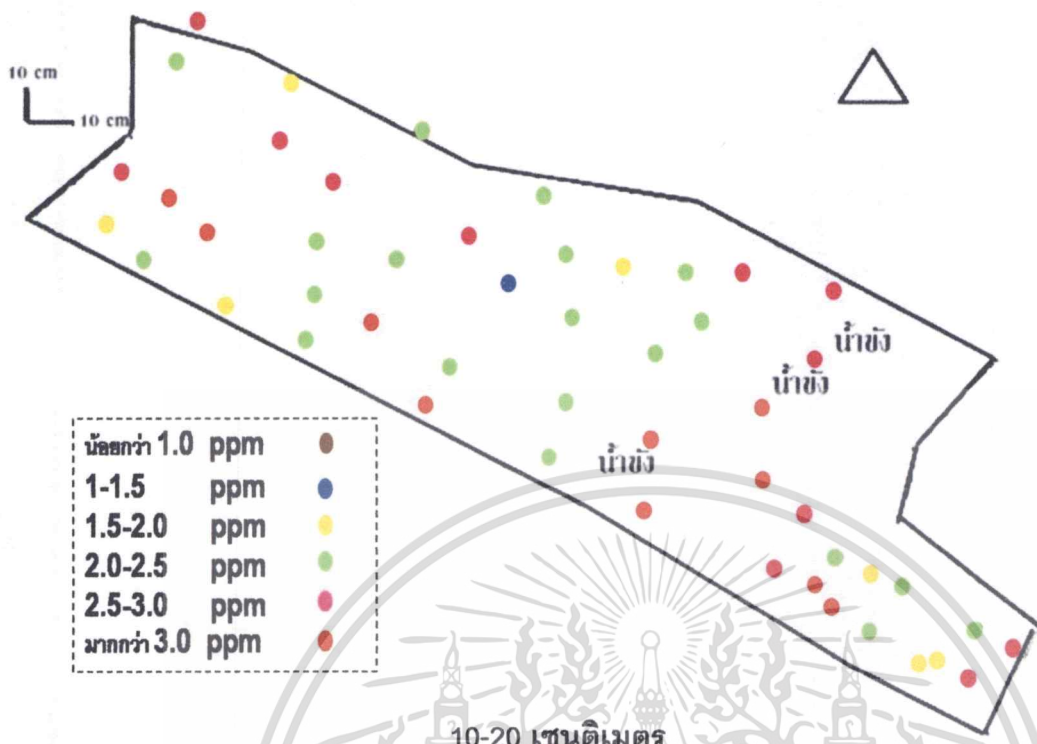
ภาพผนวกที่ 21 ก แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 0-5 เซนติเมตร



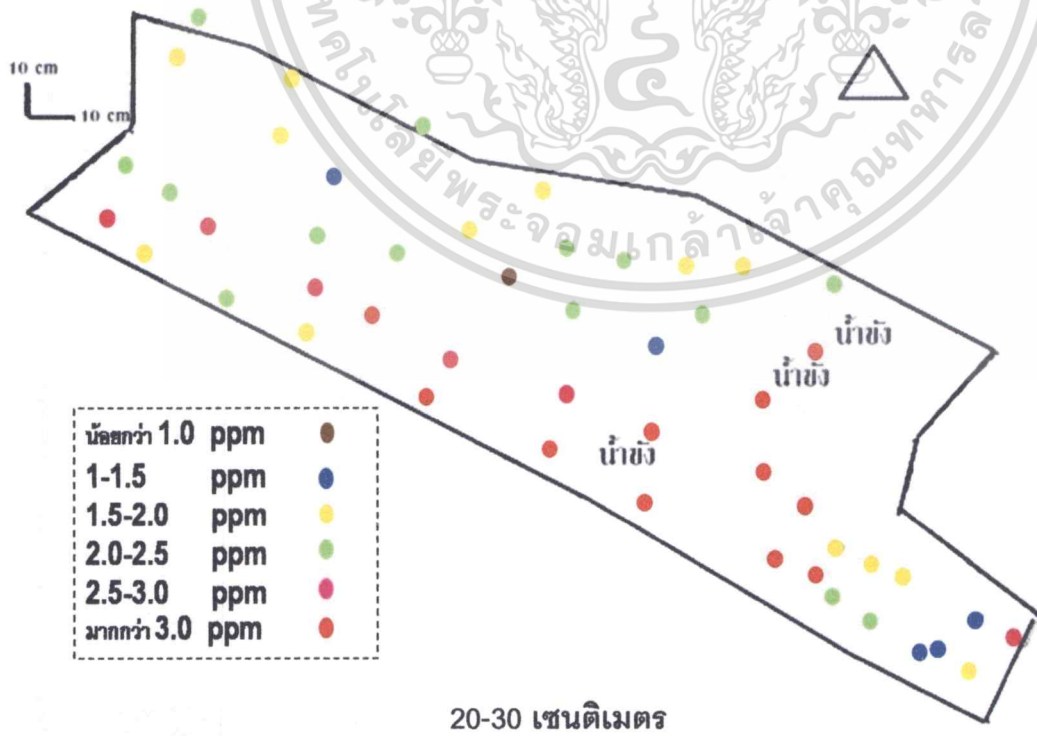
ภาพผนวกที่ 21 ข แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 5-10 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 21 ค แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 10-20 เซนติเมตร



ภาพผนวกที่ 21 ง แสดงพิสัยความผันแปรเชิงพื้นที่ของทองแดง ที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้