

ปัญหาพิเศษปริญญาตรี

เรื่อง

การสกัดแคดเมียม (Cd) ออกจากดินด้วยเทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing)
โดยใช้ FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัด

The Effect of Soil Flushing for Cadmium Removal from Contaminated
Soil Using FeCl_3 as Flushing Solution

โดย

นายก้องเกียรติ วรเดช

เสนอ

หลักสูตรปริญญาตรี

คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใบรับรองปริญญาตรี
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

เรื่อง การสกัดแคดเมียม (Cd) ออกจากดินด้วยเทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing) โดยใช้ FeCl_3 เป็นน้ำยาชะล้าง

The Effect of Soil Flushing for Cadmium Removal from Contaminated Soil Using FeCl_3 as Flushing Solution

โดย นายก้องเกียรติ วรเดช

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤมล ถวิลถึง)

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.สุเมตตา ภู่วโรดม)

ประธานกรรมการบริหารหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

วันที่ 23 พ.ค. 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อเรื่อง	การสกัดแคดเมียม (Cd) ออกจากดินด้วยเทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing) โดยใช้ FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัด The Effect of Soil Flushing for Cadmium Removal from Contaminated Soil Using FeCl_3 as Flushing Solution
โดย	นายก้องเกียรติ วรเดช
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)
หลักสูตร	ปฐพีวิทยา
สาขา	เทคโนโลยีการผลิตพืช
คณะ	เทคโนโลยีการเกษตร
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุกุล ถวิลถึง

บทคัดย่อ

การศึกษาวิธีกำจัดแคดเมียมออกจากดินที่ปนเปื้อนด้วยน้ำยาสกัด FeCl_3 ความเข้มข้น 0.2 N โดยใช้เทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing) โดยเก็บดิน 4 จุดจากบริเวณบ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จุดที่ 1 แปลงนา (ติดห้วยแม่ดาว), จุดที่ 2 แปลงปลูกอ้อย, จุดที่ 3 หมู่บ้าน (ติดหมู่บ้านพะเด๊ะ) และจุดที่ 4 แปลงข้าวโพด (จุดอ้างอิง-ห่างจากห้วยแม่ดาวประมาณ 100 เมตร) ซึ่งดินแต่ละจุดจะทำการเก็บตัวอย่างดินที่ 2 ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. นำมาทดสอบการบำบัดดินโดยเก็บจุดละ 100 กิโลกรัม โดยแบ่งเป็น 0-15 ซม. 50 กิโลกรัม และ 15-30 ซม. 50 กิโลกรัม ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน และทำการสกัดแคดเมียมออกจากดินด้วยน้ำยาสกัด FeCl_3 ความเข้มข้น 0.2 N โดยใช้เทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing) เพื่อศึกษาการฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม โดยใช้วิธีการชะล้างดิน (Soil Flushing)

จากการทดลองพบว่าดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง, ดินร่วนเหนียว, ดินร่วนปนทราย และดินร่วน ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) พบว่ามีความเป็นด่างเล็กน้อยถึงปานกลาง ส่วนในปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (OM) มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำถึงสูงมาก ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) อยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำถึงสูง ในกรณีของด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) พบว่า Ca มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูงมาก Mg มีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงต่ำมาก K มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูงมาก Na มีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงต่ำมาก ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง

ส่วนค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (%BS) อยู่ในช่วงสูงถึงสูงมาก และปริมาณแคดเมียมทั้งหมดที่อยู่ในดิน (Total Cd) พบว่า ดินในบริเวณจุดที่ 1,2 และ 3 มีปริมาณแคดเมียม 71.32 และ 39 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งเกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด ส่วนดินในบริเวณจุดที่ 4 มีปริมาณแคดเมียมที่พบในดินทั่วไป สำหรับประสิทธิภาพในการสกัดแคดเมียมออกจากดินด้วยน้ำยาสกัด FeCl_3 ความเข้มข้น 0.2 N โดยใช้เทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing) พบว่า มีความแตกต่างกันในแต่ละจุด ทั้งในดินบนและในดินล่าง โดยพบว่าการใช้น้ำยาสกัด FeCl_3 ความเข้มข้น 0.2 N มีประสิทธิภาพในการสกัดแคดเมียมออกจากดินในจุดที่ 1 ในดินบนและดินล่างสามารถสกัดออกมาได้ 0.1986% และ 1.6687% หลังจากการบำบัดแคดเมียมออกจากดินแล้วพบว่า ดินบนและดินล่างมีแคดเมียมเหลืออยู่ 70.31 mg/kg และ 129.73 mg/kg ตามลำดับ ในจุดที่ 2 พบว่าในดินบนและดินล่างสามารถสกัดแคดเมียมออกมาได้ 1.1037% และ 0.0766% หลังจากบำบัดแคดเมียมออกจากดินแล้ว ดินบนและดินล่างมีแคดเมียมเหลืออยู่ 28.55 mg/kg และ 2.08 mg/kg ตามลำดับ จุดที่ 3 พบว่าในดินบนและดินล่างสามารถสกัดแคดเมียมออกมาได้ 0.0653% และ 0.8730% หลังจากบำบัดแคดเมียมออกจากดินแล้ว ดินบนและดินล่างมีแคดเมียมเหลืออยู่ 38.83 mg/kg และ 93.07 mg/kg ตามลำดับ และดินในจุดที่ 4 ในดินบนและดินล่างสามารถสกัดออกมาได้ 0.0673% และ 0.0082% หลังจากการบำบัดแคดเมียมออกจากดินแล้วพบว่า ดินบนและดินล่างมีแคดเมียมเหลืออยู่ 4.68 mg/kg และ 3.76 mg/kg ตามลำดับ ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าการเพิ่มจำนวนครั้งการชะล้าง มีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกจากดินได้มากขึ้น และหลังจากการบำบัดดินแล้วพบว่า ในดินทั้ง 4 จุด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่เป็นกรดถึงกรดจัด (pH 2.42-5.01) ดังนั้นจึงอาจจะต้องมีการแก้ไขโดยการเติมปูนเพื่อปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) เพื่อให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

คำนิยม

ปัญหาพิเศษฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.นฤกุล ถวิลถึง อาจารย์ที่ปรึกษา ปัญหาพิเศษ ที่ได้ให้โอกาสทำปัญหาพิเศษ และคอยให้คำปรึกษารวมทั้งร่วมแก้ไขปัญหาพิเศษครั้งนี้ ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณนารี พันธุ์จินดาวรรณ คุณนุจรีย์ บุญแปลง ที่กรุณาช่วยเหลือและให้คำแนะนำ ต่างๆ และช่วยอำนวยความสะดวกในการพิมพ์รูปเล่มต่างๆในห้องปฏิบัติการ

ขอขอบคุณ นายณัฐ อ่องวรานนท์ นายอรรถพล ชมภูคำ เพื่อนร่วมสาขาวิชาทุกๆ คน และ อาจารย์ทุกๆ ท่านที่คอยตักเตือน ให้คำปรึกษา ตลอดจนบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจในด้านการ เรียน คอยเป็นกำลังใจให้ และช่วยแก้ปัญหาต่างๆ

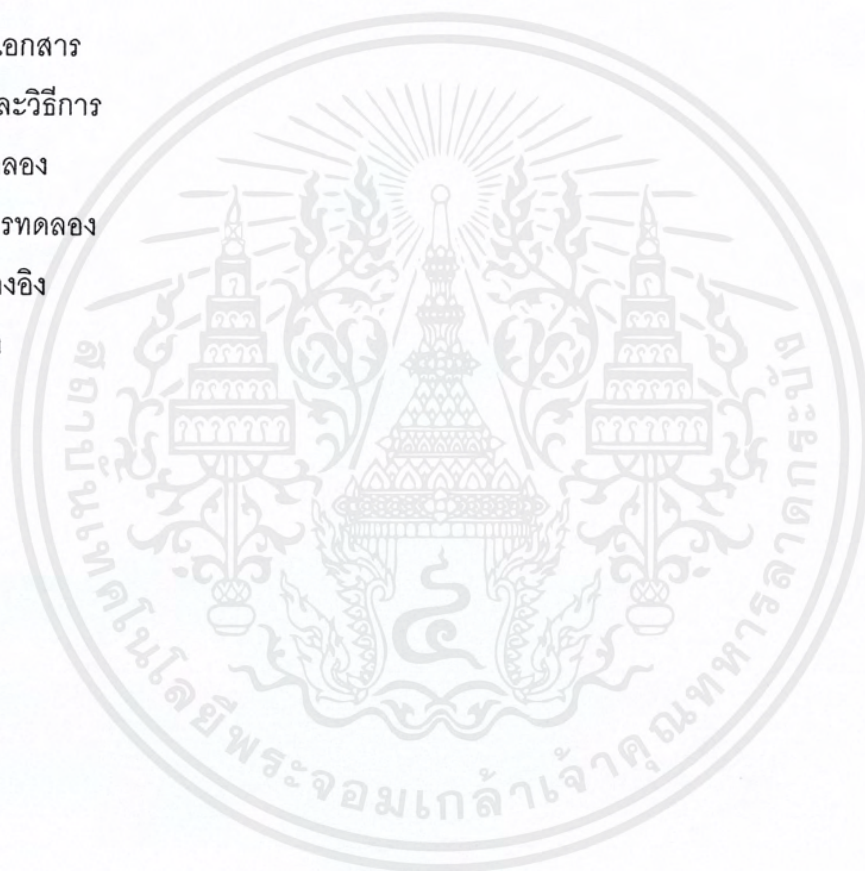
นายก้องเกียรติ วรเดช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	ก
สารบัญตาราง	ข
สารบัญภาพ	จ
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	18
ผลการทดลอง	29
สรุปผลการทดลอง	49
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	53



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ปริมาณแคดเมียมในพืชบริเวณที่มีการปนเปื้อน (ppm)	9
2	ปริมาณแคดเมียมในดินที่มีการปนเปื้อน (ppm)	11
3	ปริมาณแคดเมียมที่ร่างกายได้รับ	13
4	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม	13
5	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม	14
6	มาตรฐานระดับการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดินของประเทศเนเธอร์แลนด์	15
7	รายละเอียดของจุดที่เก็บตัวอย่างดินและพิกัดของตัวอย่างดิน	22
8	คุณสมบัติทางเคมีของดิน	36
9	คุณสมบัติทางกายภาพของดิน	38
10	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (Removal) จุดที่ 1 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	40
11	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (Removal) จุดที่ 2 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	42
12	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (Removal) จุดที่ 3 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	44
13	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (Removal) จุดที่ 4 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	46
14	ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินทั้ง 4 จุด ในการพิจารณา	47
15	ปริมาณแคดเมียมในดินที่เหลือหลังผ่านการบำบัดโดยเทคนิคการชะล้างดิน	47
16	แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) หลังผ่านการบำบัดโดยเทคนิคการชะล้างดิน	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

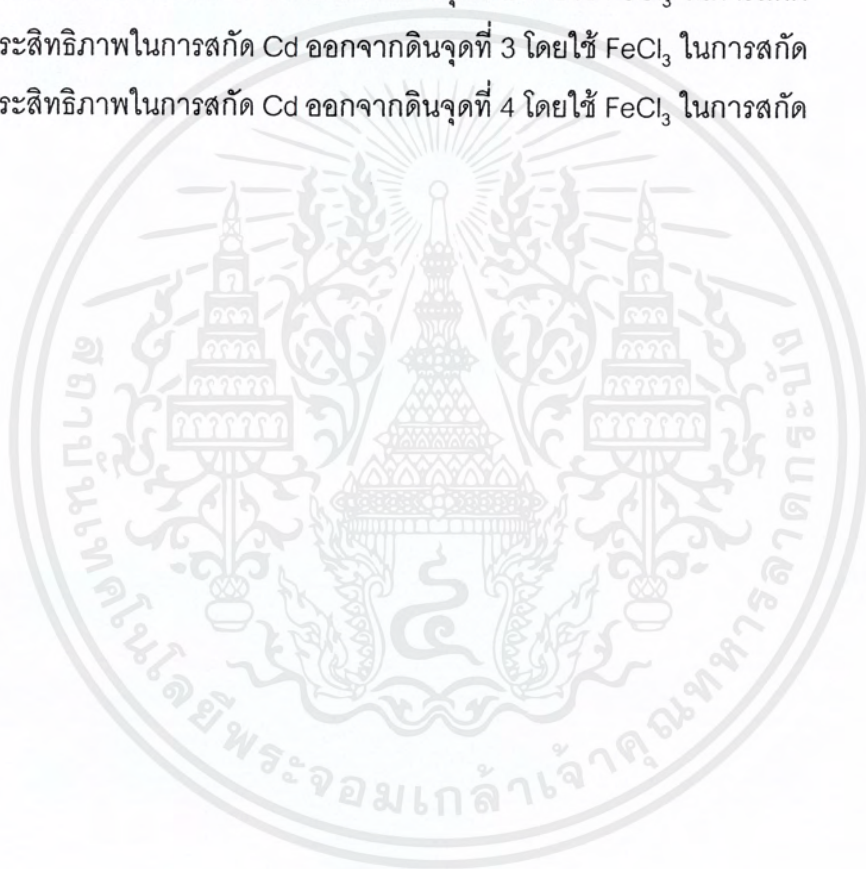
ตารางผนวกที่	หน้า
1 ดินจุดที่ 1 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	54
2 ดินจุดที่ 1 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	56
3 ดินจุดที่ 2 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	58
4 ดินจุดที่ 2 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	60
5 ดินจุดที่ 3 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	62
6 ดินจุดที่ 3 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	64
7 ดินจุดที่ 4 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	66
8 ดินจุดที่ 4 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้	68
9 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 1 (0-15) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	70
10 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 1 (15-30) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	72
11 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 2 (0-15) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	74
12 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 2 (15-30) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	76
13 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 3 (0-15) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	78
14 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 3 (15-30) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	80
15 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 4 (0-15) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	82
16 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 4 (15-30) โดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	84
17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 1 ดินบน (0-15)	86

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
18 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 1 ดินล่าง (15-30)	87
19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 2 ดินบน (0-15)	88
20 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 2 ดินล่าง (15-30)	89
21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 3 ดินบน (0-15)	90
22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 3 ดินล่าง (15-30)	91
23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 4 ดินบน (0-15)	92
24 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 4 ดินบน (15-30)	93

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนที่แสดงตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดิน	20
2	แสดงขั้นตอนการสกัดแคดเมียมออกจากดินโดยวิธีชะล้างดิน (Soil Flusing)	27
3	การจำลองการชะล้างดินในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3	28
4	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 1 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	40
5	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 2 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	42
6	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 3 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	44
7	ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 4 โดยใช้ FeCl_3 ในการสกัด	46



คำนำ

สารแคดเมียม นำมาใช้ประโยชน์ในงานอุตสาหกรรมฉาบผิวโลหะ ให้เป็นสารประกอบที่ทำให้พลาสติกอยู่ตัว ผลิตหลอดเรืองแสง เป็นต้น แคดเมียมเป็นโลหะสีขาวแวววาวน้ำเงินจางๆ ไม่มีกลิ่นรูปโลหะเป็นของแข็งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ แต่จะเผาไหม้ได้ในรูปของผงแป้ง แคดเมียมเป็นธาตุที่ไม่ละลายน้ำ แต่ละลายได้ดีในกรดไนตริก (HNO_3) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เจือจาง ซึ่งจะทำให้เป็นอันตรายต่อคนแบบเฉียบพลันเมื่อกินเข้าไป พบในรูปของสารประกอบที่ไม่มีสีและละลายได้ดีในน้ำ รวมตัวกับสารอื่นๆ เป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่ละลายน้ำได้ การปนเปื้อนของแคดเมียมในดินมักเกิดขึ้นจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์เป็นหลัก เช่น จากกิจกรรมการทำเหมืองแร่โดยเฉพาะอย่างยิ่งสังกะสี ตะกั่วและทองแดง จากควันหรือไอระเหย จากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จากการเผาไหม้กากของเสียหรือขยะจากโรงถลุงโลหะ จากการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตที่มีแคดเมียมเจือปน จากพื้นที่ฝังกลบขยะที่มาจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการใช้โลหะแคดเมียม และจากการใช้กากอุตสาหกรรมดังกล่าวผสมลงในดินเพาะปลูกเมื่อปริมาณแคดเมียมในดินเพิ่มขึ้นจะทำให้พืชมีโอกาสดูดซึมได้มากขึ้นด้วยจึงมีความเป็นไปได้ที่แคดเมียมจะปนเปื้อนผ่านทางโซ่อาหารจากดินสู่พืชและจากพืชสู่มนุษย์

ในประเทศไทยได้พบว่ามีการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินที่ อ.แม่สอด จ.ตาก นักวิจัยจากสถาบันจัดการคุณภาพน้ำ (International Water Management Institute-IMWI) ร่วมกับกรมวิชาการเกษตร (DOA) ได้ทำการตรวจวัดระดับสารแคดเมียมในดินและข้าวบริเวณอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก รวมทั้งศึกษาแหล่งกำเนิดของสารแคดเมียมซึ่งบริเวณอำเภอแม่สอด จังหวัดตาก เป็นบริเวณแหล่งแร่สังกะสีที่ใหญ่ที่สุดในประเทศไทย ทั้งนี้ แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยพบร่วมกับสังกะสีมากที่สุดที่มวิจัย ได้แบ่งการศึกษาเป็น 2 ช่วง กล่าวคือ ช่วงแรกดำเนินการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2541 – 2543 ศึกษาแปลงนาบริเวณตำบลพะเต๊ะ ซึ่งอยู่ใกล้บริเวณแหล่งแร่สังกะสี (Zinc Mineralized Area) มากที่สุด พบว่ามีปริมาณสารแคดเมียมในดิน (จำนวน 154 ตัวอย่าง) สูงกว่าค่ามาตรฐานของยุโรป (EU) ถึง 1,800 เท่า และพบว่าร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวที่สุ่มตัวอย่างมีแคดเมียมปนเปื้อน ($0.1 - 4.4$ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อันเป็นปริมาณที่มากกว่าเมล็ดข้าวที่ปลูกในประเทศไทยบริเวณอื่นๆ (0.043) โดยพบสูงที่สุดถึง 100 เท่า (4.4) ซึ่งปริมาณสาร

แคดเมียมที่พบนี้มีค่าในพิสัยเดียวกับข้าวที่ก่อโรคฮีโด-อีไตในประเทศญี่ปุ่น (0.3 – 1.0) หากบริโภคติดต่อกันเป็นเวลานาน ช่วงที่สองของการศึกษา (ปี พ.ศ.2544 – 2546) ได้ขยายพื้นที่ศึกษาจากช่วงแรกมาตามลำห้วยแม่ตาบ ในบริเวณตำบลแม่ตาบ ซึ่งเป็นบริเวณที่น้ำจากบริเวณแรก และพบว่าปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในดินมีค่าสูงถึง 72 เท่าของค่ามาตรฐาน EU ขณะที่กว่าร้อยละ 80 ของตัวอย่างข้าว มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของญี่ปุ่น (0.4) และองค์การอาหารและเกษตร (FAO) สำหรับแหล่งกำเนิดของสารแคดเมียมที่ปนเปื้อนข้าว

นักวิจัยสรุปว่าน่าจะเกิดจากการที่ฝนตกชะหน้าดินที่อุดมด้วยแร่สังกะสีและแคดเมียม ลงสู่ต้นน้ำของลำน้ำธรรมชาติ ซึ่งก็คือ ห้วยแม่ตาบในกรณีนี้ ทำให้เกิดการสะสมในตะกอนท้องน้ำ เมื่อปล่อยน้ำเข้าสู่แปลงนา ตะกอนจะตกในแปลงต้นน้ำและลดลงในแปลงต่อไป

การบำบัดดินที่ปนเปื้อนโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว รวมถึงแคดเมียม มีอยู่หลายวิธี และวิธีหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับคือ วิธีการชะล้างดิน (Soil Flushing) โดยใช้น้ำยาสกัด EDTA แต่น้ำยา EDTA มีราคาค่อนข้างแพง นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์พยายามใช้น้ำยาสกัดอื่นๆ เช่น CaCl_2 , NaCl_2 , MgCl_2 , KCl , FeCl_3 และการทดลองครั้งนี้ได้ใช้วิธีการชะล้างดินที่ปนเปื้อนแคดเมียม โดยใช้ FeCl_3 ความเข้มข้น 0.2 N เป็นน้ำยาสกัด

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการฟื้นฟูดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียมในบริเวณบ้านพะเด๊ะ ต.พระธาตุผาแดง
อ.แม่สอด จ.ตาก โดยวิธีการชะล้างดิน (Soil Flushing) ด้วยน้ำยาสกัด 0.2 N FeCl_3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจเอกสาร

1. สภาพบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา

จังหวัดตาก เป็นจังหวัดในภาคเหนือ (หรือบางแห่งจัดอยู่ในภาคตะวันตก) ของประเทศไทยมีพื้นที่มากเป็นอันดับ 4 ของประเทศ (16,406.6 ตร.กม.) แต่มีประชากรเบาบางเป็นอันดับ 2 ของประเทศ นับเป็นจังหวัดชายแดนที่สำคัญอีกจังหวัดหนึ่งของประเทศไทย

ตำบลพระธาตุผาแดง เป็นตำบลที่ตั้งอยู่ในเขตปกครองของอำเภอแม่สอด อำเภอแม่สอดมีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 6 หมู่บ้าน ได้แก่ หมู่ที่ 1 บ้านคางกิบาล, หมู่ที่ 2 บ้านหัวฝาย, หมู่ที่ 3 บ้านแม่ดาวใหม่, หมู่ที่ 4 บ้านพะเด๊ะ, หมู่ที่ 5 บ้านถ้ำเสือ, หมู่ที่ 6 บ้านขุนห้วยแม่สอด สภาพทั่วไปของตำบลพระธาตุผาแดง ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของที่ว่าการอำเภอแม่สอด ประมาณ 5 กิโลเมตร ห่างจากตัวจังหวัด 95 กิโลเมตร อาณาเขตของตำบล

ทิศเหนือติดกับตำบลแม่ปะ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ทิศใต้ติดกับตำบลแม่กุ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ทิศตะวันออกติดกับตำบลพระวอ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

ทิศตะวันตกติดกับตำบลแม่ดาว และตำบลแม่สอด อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก

สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่ของจังหวัดเป็นป่าไม้และภูเขาสูงโดยเฉพาะพื้นที่ทางด้านตะวันตกจำนวนประชากรของตำบล และจำนวนประชากรในเขต อบต. 5,499 คน และจำนวนบ้านเรือน 1,837 หลังคาเรือน อาชีพส่วนใหญ่ของชาวบ้านในตำบลจะมีอาชีพทำนา อาชีพเสริมคือ รับจ้างทั่วไป

2. แคดเมียม (Cd)

แคดเมียมเป็นธาตุโลหะหนักในหมู่ 2B ในกลุ่มโลหะทรานซิชัน จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกับสังกะสี ในตารางธาตุ สัญลักษณ์ทางเคมี คือ Cd ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้

เลขอะตอม	48
น้ำหนักอะตอม	112.4
ความหนาแน่น	8.65 ที่ 20 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดหลอมเหลว 321 °C

จุดเดือด 765 °C

แคดเมียมเป็นโลหะอ่อนสีเงิน สามารถตัดและตีแผ่ได้ ละลายได้ในกรดทุกชนิด และละลายได้ดีในสารละลายเข้มข้นแอมโมเนียมไนเตรท แคดเมียมไอออนไม่มีสีและมีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +2 ในธรรมชาติจะพบแคดเมียมในรูปสินแร่กรีนนอกโคท (CdO) และตาไวท์ (CdCO₃) โดยส่วนใหญ่แล้วมักจะพบปนอยู่กับสินแร่โลหะซัลไฟด์อื่นๆ เช่น ตะกั่ว สังกะสีและทองแดงเมื่อเข้าสู่การถลุงแร่แล้วจะได้สินแร่แคดเมียมซัลไฟด์ เป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้โดยเฉพาะสินแร่สังกะสี เช่น Shalerite (ZnS) หรือ Calamine (ZnCO₃) จะพบแคดเมียมปะปนอยู่ประมาณร้อยละ 0.3-0.1 ออกมาถึง ร้อยละ 3 (ศุภมาศ , 2539)

แคดเมียมพบกระจายอยู่ตามธรรมชาติในปริมาณที่น้อยแต่อาจพบมากในบางแหล่งที่มีการปนเปื้อนจากกิจกรรมของมนุษย์ ความเข้มข้นของแคดเมียมในแหล่งน้ำจืดธรรมชาติน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/ลิตร ในน้ำทะเลพบแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.04-0.30 ไมโครกรัม/ลิตร สำหรับในดินมีแคดเมียมน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/ลิตร นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า หินตะกอนมีแคดเมียมอยู่ในช่วง 2-10 ppm. ซึ่งปริมาณแคดเมียมนี้จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของดินที่สลายตัวมาจากหินชนิดใด 0-0.1 ppm. และดินที่สลายจากหินตะกอนมีแคดเมียมประมาณ 0.3-11 ppm. (ฉัตรสินี, 2545)

3. แหล่งกำเนิดของแคดเมียม

แคดเมียมเป็นโลหะหนักที่มีอยู่ในธรรมชาติในปริมาณน้อย และค่อนข้างหายากในสิ่งแวดล้อม เมื่อเทียบกับโลหะอื่นๆ มักจะอยู่ในรูปของสารประกอบซัลไฟด์เป็นแคดเมียมซัลไฟด์ในรูปของแร่ greenockite (CdS) หรืออีกลักษณะหนึ่งคือปะปนในปริมาณน้อยอยู่กับแร่สังกะสีทุกชนิด ดังนั้นโลหะแคดเมียมส่วนใหญ่จึงเป็นผลิตภัณฑ์พลอยได้จากการถลุงแร่สังกะสี แร่โลหะอื่นๆ ประมาณ 0.3-1.0 % ในเปลือกโลกมีแคดเมียมโดยเฉลี่ย 0.15-0.20 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในหินแกรนิตและหินแปรมี แคดเมียมน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แต่ในหินชั้นอาจมีแคดเมียมสูงถึง 11 ไมโครกรัม/กิโลกรัม หรือสูงกว่านี้ โดยมากในหินดินดาน (shale) ที่มีปริมาณอินทรีย์สูง ในดินตะกอนของทะเลสาบ ในก้อนแมงกานีสออกไซด์ ในมหาสมุทรและฟอสฟอไรต์ (phosphorite) ในดินที่ยังไม่ถูกปนเปื้อนด้วยแคดเมียมจะมีปริมาณ

เฉลี่ยน้อยกว่า 1 ไมโครกรัม/กิโลกรัม แต่ปริมาณแคดเมียมในดินจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะและการกำเนิดของดิน ดินที่กำเนิดจากหินชั้นจะมีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าดินที่กำเนิดจากหินแปรหรือหินอัคนี ดินเหนียวหรือดินที่เป็นเบสจะดูดซับแคดเมียมได้น้อยกว่า ซึ่งมีรายงานว่าเคยพบปริมาณแคดเมียมสูงกว่า 0.01 ไมโครกรัม/กิโลกรัม ทั้งในน้ำธรรมชาติและน้ำประปา แคดเมียมในสิ่งแวดล้อมดังกล่าว จะเข้าห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิตในที่สุด แต่แคดเมียมที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติยังมีปริมาณไม่สูงถึงขั้นเป็นพิษเป็นภัยต่อสิ่งมีชีวิต (ตริณรรณ, 2549)

4. ประโยชน์ของแคดเมียม

แคดเมียมถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆ และสินค้าอุปโภคดังนี้

1) ใช้ผสมกับโลหะอื่นเป็นโลหะผสมอัลลอยด์ (alloy) เพื่อเพิ่มความเหนียวและความทนทานต่อการกัดกร่อน เช่น

1.10 อัลลอยด์ของทองแดงที่มีแคดเมียม 1% (cadmium bronze) ใช้ในการผลิตเส้นลวดโทรเลขและโทรศัพท์

1.2 อัลลอยด์ของทองแดงและตะกั่ว ซึ่งมีแคดเมียมผสมอยู่ 20% ใช้ในการผลิตแบบพิมพ์ (printing plates)

1.3 อัลลอยด์ของทองแดง แคดเมียม และเซอร์โคเนียม ใช้ในอุปกรณ์การสื่อสารต่างๆ ที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงๆ ทั้งนี้เพราะโลหะผสมประเภทนี้จะมี แข็งแรงและมีแรงดึงได้สูงกว่าโลหะผสมของทองแดงกับแคดเมียม

1.4 แคดเมียมใช้ผสมกับโลหะอื่นในอุตสาหกรรมเพชรพลอยและเครื่องประดับอัญมณีต่างๆ โดยอาจผสมกับโลหะอื่นชนิดเดียว (ผสมทอง) ผสมกับโลหะอื่น 2 ชนิด (ทอง 75% เงิน 16.6%) ผสมกับโลหะอื่น 3 ชนิด (ทองแดง เงิน และทอง)

1.5 ใช้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์สูงๆ ในการผสมกับโลหะอื่น เพื่อให้มีคุณสมบัติกึ่งตัวนำ (semiconductor) เช่น cadmium arsenide , cadmium antimonide และ cadmium telluride

2) ใช้ในการชุบโลหะ โดยใช้แคดเมียมเคลือบบนแผ่นเหล็ก ทองแดง อะลูมิเนียม โดยการชุบด้วยไฟฟ้า โลหะที่ได้จากการชุบนำไปใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องบิน รถยนต์ อุปกรณ์ไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ วิทยุ เป็นต้น

3) ใช้เป็นเม็ดสีในอุตสาหกรรม สารประกอบแคดเมียมซัลไฟด์และแคดเมียมซัลไฟด์ใช้ใน การให้สีในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น สีอิมัลชัน เซรามิก ยาง แก้ว ผ้า เส้นใยหนัง หมึกพิมพ์และพลาสติก

4) ใช้ผลิตแบตเตอรี่ โดยใช้ร่วมกับโลหะนิกเกิลเป็น Cd – Ni battery ซึ่งนำมาใช้เป็นแบตเตอรี่ ในเครื่องคิดเลข แฟลชถ่ายรูป เครื่องโกนหนวด นาฬิกาและวิทยุเล็กๆ เป็นต้น

5) ใช้ในกิจการอื่นๆ เช่น

5.1 ใช้ผสมในสารฆ่าเชื้อรา ที่ใช้ในกิจการเกษตร

5.2 ใช้ในเตาปฏิกรณ์ปรมาณู เป็นตัวควบคุมอัตราการแตกตัวของนิวเคลียร์

5.3 ใช้ในการผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์

5.4 ใช้ในการถ่ายรูป เช่น Cd – Br, Cd – I

5.5 สารประกอบแคดเมียมบางชนิดใช้เป็นสารเพิ่มความคงตัวของพลาสติก เช่น Cadmium stearate

5.6 ใช้ในการผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต้องทนความร้อน เช่น ทำหม้อน้ำรถยนต์ อุปกรณ์ ทำความเย็นต่างๆ ที่ต้องระบายความร้อนมาก

5. ความเป็นพิษของแคดเมียม

จากการที่แคดเมียมถูกนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมและสินค้าอุปโภคบริโภคที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงทำให้โลหะแคดเมียมเกิดการปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อม บรรยากาศและในอาหาร ทำให้เราได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายได้หลายทางโดยไม่รู้ตัว คนทั่วไปจะได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายจากอาหารที่บริโภคเข้าไปเป็นหลัก โดยอาจติดปะปนมากับพืชผัก ผลไม้ หรือผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่นำมาปรุงเป็นอาหาร แคดเมียมอาจละลายอยู่ในน้ำที่เราดื่มและได้รับจากอากาศโดยการหายใจเอาอากาศที่มีฝุ่นแคดเมียมฟุ้งกระจายอยู่ โดยเฉพาะในแหล่งอุตสาหกรรมที่มีการใช้แคดเมียมเป็นวัตถุดิบ เช่น

โรงงานทำแบตเตอรี่ หรือบริเวณที่เป็นเหมืองทำแร่ สังกะสี ตะกั่ว ทองแดง ที่มักมีแคดเมียมปนอยู่ด้วยการสัมผัสกับสิ่งของที่มี

แคดเมียมเป็นส่วนประกอบและการอยู่ในแหล่งที่มีการปนเปื้อนของแคดเมียมในอากาศนานๆ จะทำให้แคดเมียมซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายเราได้อีกด้วย สำหรับผู้ที่สูบบุหรี่จัดจะทำให้ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายเพิ่มขึ้น ปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในร่างกายครึ่งหนึ่งจะไปสะสมอยู่ที่ตับและไต ทำให้เกิดพิษสะสมได้ในคน การขับแคดเมียมที่ร่างกายดูดซึมเข้าไปแล้วออกจากร่างกายเป็นไปค่อนข้างช้ามาก เพราะวงจรครึ่งชีวิตของแคดเมียมในคนค่อนข้างยาว 16 -33 ปี โดยความเป็นพิษของแคดเมียม แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

1) ความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน

1.1 ความเป็นพิษต่อระบบทางเดินอาหาร เมื่อร่างกายได้รับแคดเมียมโดยการกินซึ่งส่วนใหญ่มีสาเหตุมาจากการกินอาหารหรือเครื่องดื่มที่มีแคดเมียมปนเปื้อนหรือบรรจุในภาชนะที่เคลือบด้วยแคดเมียม อาการที่ปรากฏเริ่มแรกคือ รู้สึกคลื่นเหียนอย่างรุนแรง อาเจียน ท้องร่วง เป็นตะคริว และน้ำลายฟูมปาก ในรายที่เป็นมากอาจเกิดอาการช็อคเนื่องจากร่างกายสูญเสียน้ำมาก ระบบการทำงานของไตล้มเหลวและอาจถึงตายได้

1.2 ความเป็นพิษต่อระบบหายใจ การสูดหายใจเอาไอของแคดเมียมเข้าไปทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่หลอดลม ปวด จมูก ลำคอ และยังทำให้เกิดอาการไอ เยื่อเยื่ออักเสบ อ่อนเพลีย หนาวสั่น มีไข้ เจ็บหน้าอก

2) ความเป็นพิษแบบเรื้อรัง ความเป็นพิษจากแคดเมียมที่เกิดกับคนส่วนใหญ่มักเป็นแบบชนิดเรื้อรัง ซึ่งเกิดจากการที่ร่างกายได้รับแคดเมียมเข้าไปเป็นเวลานานติดต่อกัน ได้แก่

2.1 ความเป็นพิษต่อปอดในคนที่หายใจเอาฝุ่นหรือไอ (fume) ของแคดเมียมเข้าไป ติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้เกิดการบวมหรือพองของเนื้อเยื่อปอด ประสิทธิภาพในการระบายลมของปอดจะลดลง ทำให้อากาศอยู่ภายในปอดนานกว่าปกติ มีอาการหายใจขัดหรือหายใจไม่ออก นอกจากนี้ยังพบว่า แคดเมียมทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองและมีพังผืดในปอดจับในทางเดินหายใจส่วนล่าง เนื่องจากแคดเมียมจะเป็นตัวไปขัดขวางการสร้าง antitrypsin ซึ่งเป็นตัวควบคุม trypsin ในร่างกายคน ซึ่งสาร trypsin นี้เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพองได้

2.2 ความเป็นพิษต่อไต ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายนานติดต่อกันจะพบความเป็นพิษที่ไตก่อนที่ปอด จะเกิดแผลที่ไต พิษต่อไตจะปรากฏโดยผู้ป่วยมีอาการของโปรตีนยูเรีย คือ ไต จะมีการขับปัสสาวะที่มีโปรตีนมากกว่าปกติ ซึ่งโปรตีนที่ขับออกมาส่วนใหญ่จะเป็นโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เช่น microglobulin lysozyme ribonuclease retinol binding protein และ immunoglobulin chains โดยชนิดของโปรตีนที่ถูกขับออกมาจะเป็นตัวบอกให้รู้ว่าไตส่วนใดถูกทำลาย เช่น ถ้าโปรตีนขนาดใหญ่ถูกขับออกมา แสดงว่า โกลเมอรูลัส (glomerulus) ถูกทำลาย แต่ถ้าเป็นโปรตีนขนาดเล็กถูกขับออกมา แสดงว่า ส่วน ของทิวบูลถูกทำลาย นอกจากโปรตีนแล้วยังอาจมีสารอื่นๆถูกขับออกมากผิดปกติด้วย เช่น กรดอะมิโน ทำให้เกิดอาการ aminoaciduria แคดเมียม ทำให้เกิดอาการ hypercalciumuria และ กลูโคส ทำให้เกิดอาการ glucosuria เป็นต้น

2.3 ความเป็นพิษที่กระดูก ที่ปรากฏเด่นชัดในกรณีการเกิดโรค อีไต อีไต โรคชนิดนี้เป็นโรคกระดูก คือ กระดูกจะพรุน กระดูกโค้ง งอโค้งได้ จะทำให้กระดูกเสียรูปทรง แตกร้าวและหักได้ เนื่องจากร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้น้อยลง

2.4 ความเป็นพิษต่อระบบเลือดเข้าสู่หัวใจและระบบการสร้างเม็ดโลหิต จะทำให้เกิดความดันโลหิตสูง เป็นสาเหตุให้เกิดโรคหัวใจ หัวใจเต้นผิดปกติ ในกลุ่มผู้ป่วยที่เป็นโรค อีไต อีไต และกลุ่มคนงานที่ต้องสัมผัสกับแคดเมียมจะพบอาการของโรคโลหิตจางด้วย

2.5 ความเป็นพิษต่อดับ มีรายงานค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับความเป็นพิษต่อดับในคน แต่จากการทดลองในสัตว์ทดลองพบว่า แคดเมียมในปริมาณน้อย (ในน้ำดื่ม 1 ppm) มีผลทำให้การทำงานของเอ็นไซม์ในตับเปลี่ยนไป

2.6 จากการทดลองในสัตว์ พบว่า แคดเมียมยังเป็นสารก่อมะเร็ง โดยทำให้เกิดมะเร็งของเนื้อเยื่อที่อยู่ลึก (sarcomar) เช่น กล้ามเนื้อกระดูกในหนูทดลอง

จากความเป็นพิษของโลหะหนักแคดเมียมที่กล่าวมา ยังมีโลหะหนักอื่นอีกหลายชนิดซึ่งไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้เป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกั่ว สารหนูปรอท โครเมียม เป็นต้น เนื่องจากโลหะหนักต่างๆเหล่านี้ยังมีความจำเป็นต่อชีวิตประจำวันอยู่ การใช้โลหะหนักเหล่านี้จะทำให้โลหะหนักมีโอกาที่จะแพร่กระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมและปนเปื้อนเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารได้ การศึกษาพิษวิทยาของโลหะหนักจึงมีความสำคัญเพื่อหาแนวทางป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นในอนาคตต่อไป

ตารางที่ 1 ปริมาณแคดเมียมในพืชบริเวณที่มีการปนเปื้อน (ppm)

ชนิดพืช	พืช	ส่วนของพืช	พิสัย	หมายเหตุ
เหมืองแร่เก่า	หญ้า	ใบ	1.1-2.0	สหราชอาณาจักร
	ถั่วโคลเวอร์	เหนือดิน	4.9	สหราชอาณาจักร
อุตสาหกรรม	หญ้า	ใบ	8.2	สหราชอาณาจักร
โลหะ	ผักกาดหอม	ใบ	45	ออสเตรเลีย
	ข้าว	เมล็ดไม่ขัดสี	0.72-4.17	ญี่ปุ่น
สวนในเมือง	กะหล่ำปลี	ใบนอก	1.1-3.8	สหราชอาณาจักร
	ผักกาดหอม	ใบ	0.9-7.0	อเมริกา
ภาคตะกอน,พท.	ข้าว	เมล็ดไม่ขัดสี	5.2 (ค่าสูงสุด)	ญี่ปุ่น
ชลประทาน,ปยุ	ข้าวโพด	ใบแสดงอาการ	35	อเมริกา
	ถั่วเหลือง	เมล็ด	2.3	อเมริกา
	ข้าวสาลี	เมล็ด	2.2-14.2	รัสเซีย
		ใบ	19-47	รัสเซีย
		ราก	397-898	รัสเซีย

ที่มา : ศุภมาส (2540)

6. สถานการณ์การปนเปื้อนแคดเมียมที่แม่ตา

ราวปี พ.ศ. 2490 กรมทรัพยากรธรณี หรือกรมราชโลหกิจสมัยนั้น สํารวจพบ แหล่งแร่สังกะสี ที่ดอยผาแดง ตำบลแม่ตาอำเภอสอด ปี พ.ศ. 2512-2518 บริษัท ไทยซิง จำกัด ได้สำรวจและได้ ประทานบัตรการทำแร่สังกะสี นำสินแร่ออกมาได้ประมาณ 150,000 ตัน ปี และปิดตัวลงในเวลาต่อมา แหล่งแร่แห่งนี้จึงถูกปล่อยทิ้งไว้อยู่ 6 ปี ต่อมาในปี 2526 บริษัทผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ได้ ประทานบัตรการทำเหมืองแร่ต่อ และขอขยายพื้นที่สัมปทานออกไปอีกขณะเดียวกัน ในปี 2536 บริษัท ตากไมนิ่ง ก็ได้รับสัมปทาน ให้เข้ามาทำเหมืองอีกแห่ง ในพื้นที่ไม่ไกลกันนักนักวิชาการสาย ธรณีวิทยา ยืนยันเหมือนกันว่า แคดเมียมสามารถเกิดขึ้นได้ในธรรมชาติ ที่มีการผุพัง การผุกร่อนของ หิน และดิน รวมทั้งการถูกน้ำพัดพาเอามาสะสมในตะกอนดินอย่างรวดเร็วตะกอนดิน เมื่อมีตกตะกอน กลายเป็นดิน ก็จะมีการสะสมของแคดเมียมในดิน รวันที่จะถูกดูดซึมเข้าสู่พืช เมื่อมีปัจจัยที่เหมาะสม เนื่องจากพื้นที่ทั้งหมดในบริเวณนี้ถือเป็นแหล่งแร่สังกะสี ซึ่งโดยธรรมชาติ แร่สังกะสีเกิดขึ้นในที่ใดก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาม ก็จะมีแคดเมียมเกิดเป็นเพื่อนแร่ด้วยเสมอ แต่จะมีปริมาณที่น้อยกว่า เมื่อเทียบกับแร่สังกะสี และพื้นที่ใดที่มีแร่สังกะสีในปริมาณสูง ย่อมหมายถึงมีปริมาณแคดเมียมสูงตามไปด้วย ขณะเดียวกัน แคดเมียมที่มีอยู่ในธรรมชาติอยู่แล้ว จะไม่ออกมารบกวนใคร หากสภาพธรรมชาติในพื้นที่ดังกล่าวมีความสมดุล คือ พื้นที่ไม่ถูกรบกวน ด้วยวิธีการใดๆ โดยเฉพาะการทำลายหน้าดิน แต่หากเมื่อใดที่พื้นที่ถูกรบกวนด้วยกิจกรรมการทำลายหน้าดิน เช่น การทำเหมือง หรือ การเปิดหน้าดินให้โล่ง ไม่มีพืชปกคลุมก็จะเกิดการกัดเซาะขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็นเหตุให้เกิดการกระจายตัวของแคดเมียมมากขึ้นจนเกิดเป็นมลพิษ ในที่สุดนักวิชาการธรณีวิทยาหลายคนเชื่อว่าการปนเปื้อนของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อมและผลผลิตการเกษตรของชาวบ้านน่าจะมีสาเหตุมาจากการเอาสังกะสีออกมาจากพื้นดินเป็นหลัก เพราะยังนำออกมาทำอะไรก็จะยังทำให้แคดเมียมออกมาสู่สิ่งแวดล้อมมากขึ้นเท่านั้น

ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก มี 6 หมู่บ้าน คือ หมู่ที่ 1 บ้านคางกิบาล หมู่ที่ 2 บ้านหัวฝาย หมู่ที่ 3 บ้านแม่ดาวใหม่ 102 หมู่ที่ 4 บ้านพะเด๊ะ หมู่ที่ 5 บ้านถ้ำเสือ และหมู่ที่ 6 บ้านขุนห้วยแม่สอด ในหมู่บ้านพะเด๊ะ ที่ชาวบ้านต้องเจอสภาพการสะสมของสารแคดเมียม ในพื้นที่ทำกิน และในผลผลิตการเกษตรของตัวเองมากที่สุดนั้น มีประชากรประมาณ 135ครัวเรือน หรือราวประชากรส่วนใหญ่เป็นชาวกะเหรี่ยงสะกอ หรือปกาเกอญอ ประกอบอาชีพหลักโดยการทำนา ปลูกพืชในที่ลุ่ม และปลูกพืชบนดอยหรือปลูกข้าวไร่ มีการปลูกข้าวปีละ 1 ครั้ง หลังจากเก็บข้าวแล้ว จะปลูกถั่วเหลืองกระเทียม และพืชอื่นๆ เช่น พัก มะเขือ พริก ข้าวที่ได้จากการทำนา เป็นข้าวหอมมะลิ ที่มีชื่อเสียง เคยได้รับรางวัลระดับประเทศ ว่าเป็นข้าวหอมมะลิที่ดีที่สุดในประเทศ ส่วนข้าวที่ชาวบ้านปลูกไว้กินกันเองในครัวเรือน คือ ข้าวสุพรรณ นอกจากนี้ก็ยังปลูกพืชไร่ และพืชผักสวนครัวบางชนิดไว้กินเองอีกด้วย

กรมควบคุมมลพิษ ให้ข้อสันนิษฐานว่า การปนเปื้อนของสารแคดเมียมเกิดมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เนื่องจากในบริเวณที่ไม่มีกิจกรรมการรบกวนจากมนุษย์ พบสารแคดเมียมน้อย เช่น บริเวณบ้านถ้ำเสือ ซึ่งอยู่ต้นน้ำและอยู่เลยเหมืองแร่ขึ้นไป แต่หมู่บ้านตั้งแต่เหมืองแร่ลงมาคือ พะเด๊ะ แม่ดาวใหม่จนถึงแม่น้ำเมยกลับพบว่ามีสารแคดเมียมสูงและลดหลั่นลงมาตามลำดับ

กรมทรัพยากรธรณี กลับบอกข้อสันนิษฐานว่า การปนเปื้อนของสารแคดเมียมเกิดขึ้นจากกระบวนการธรรมชาติ เพราะตรวจพบว่าบริเวณห้วยแม่กุ ซึ่งไม่ได้ไหลผ่านเขตเหมืองแร่ แต่พบตะกอนแร่มีสารแคดเมียมในปริมาณที่สูงด้วยเช่นกัน จึงเชื่อว่าการปนเปื้อนของสารแคดเมียมมาจากการพุ้งและชะล้างพังทลายของดินและแหล่งแร่ที่มีอยู่ในพื้นที่ โดยกระบวนการทางธรรมชาติเช่นน้ำฝนชะล้างลงมาเป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณแคดเมียมในดินที่มีการปนเปื้อน

แหล่งปนเปื้อน	พิสัย	ประเทศ	หมายเหตุ
เหมืองแร่สังกะสี	2-336	สหราชอาณาจักร	
	6-64	ญี่ปุ่น	
อุตสาหกรรมโลหะ	3-1,781	เบลเยียม	
	1.8-88	ญี่ปุ่น	
	26-1,500	อเมริกา	
สวนในเมือง	1-17	สหราชอาณาจักร	
	0.02-13.6	อเมริกา	
กากตะกอน,พท.ชลประทาน,ปุ๋ย	15-57	ฮอลแลนด์	6-16 ตัน นน. แห่งของกากตะกอน/เฮกตาร์/ปี รวม 5 ปี
	2.2-8.3	ญี่ปุ่น	นาข้าว

ที่มา : ศุภมาส (2540)

7. โรคอิไต-อิไต (Itai-Itai disease)

ในอดีตได้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักคือแคดเมียมในนาข้าวจากแม่น้ำจินทสึ ซึ่งต้นน้ำขึ้นไป มีการปล่อยน้ำเสียจากโรงถลุงแร่ของบริษัทมิตซูบิ ที่ผลิตแร่ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ซึ่งแคดเมียมจะเป็นของเหลือทิ้งออกมา ทั้งนี้เพราะในธรรมชาติ มักจะพบแคดเมียมร่วมกับสังกะสีเสมอ ในอัตราส่วน Zn/Cd ประมาณ 900/1 ในข้าวที่บริเวณนั้นมีแคดเมียมประมาณ 1 ppm ในช่วงเวลาดังกล่าวเป็นช่วงหลังสงครามโลกคือในปี พ.ศ.2489 หมอชื่อ Dr.Noboru-Hagino ได้พบโรคนี้เป็นครั้งแรกในเมืองโทยามะ โดยเริ่มเป็นที่ไต้ล้มเหลว ปวดกระดูก จนถึงกระดูกผิดรูป จะพบได้มากที่สุด ในหญิงที่มีบุตรแล้ว อาการของโรคที่พบได้ง่ายที่สุดคือ จะรู้สึกเจ็บ จากการกดกระดูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระดูกต้นขา กระดูกสันหลัง และกระดูกซี่โครง เรียกว่าโรค “อิไต-อิไต” ซึ่งแปลเป็นไทยว่า “ไอ้ยเจ็บๆ” อันเป็นคำอุทานเมื่อรู้สึกเจ็บปวดถ้าเป็นมาก กระดูกจะผุและผิดรูปถึงขั้นเดินไม่ได้และแม้กระทั่ง

กระดุกจะหักเพียงแค่อายุ 20 ปีหลังจากเกิดเหตุมีคนตายเนื่องจากโรคนี้กว่าร้อยละ 100
ภายหลังจากนี้ได้พบโรคนี้อีกหลายแห่งในประเทศญี่ปุ่น (ศุภมาส, 2540)

8. การดูดซึมแคดเมียมเข้าสู่ร่างกาย

แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทางคือ ทางการกินและการหายใจเมื่อคนกินอาหารหรือน้ำที่ปนเปื้อนแคดเมียมเข้าไป แคดเมียมมักถูกดูดซึมในระบบทางเดินอาหารประมาณร้อยละ 10 (FAO and WHO, 1972) แต่ในภาวะที่ร่างกายขาดธาตุเหล็กมักทำให้การดูดซึมเข้าสู่ร่างกายได้สูงขึ้นถึงร้อยละ 20 ของจำนวนแคดเมียมที่กินเข้าไป ส่วนการเข้าสู่ร่างกายทางการหายใจ มักเกิดจากการหายใจรับฝุ่น หรือไอของแคดเมียม หรือจากการสูบบุหรี่ และถูกดูดซึมที่ปอดร้อยละ 10-40 เมื่อแคดเมียมถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย แคดเมียมจะถูกลำเลียงต่อไปยังตับและรวมตัวกับโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำที่มีชื่อว่า เมทัลโลไธโอนิน (metallothionin) ประมาณร้อยละ 80-90 ซึ่งการป้องกันการเกิดพิษจากแคดเมียม ตามปกติแคดเมียมที่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ประมาณร้อยละ 10 จะถูกขับออกจากร่างกายได้ ส่วนที่เหลือจะหมุนเวียนในกระแสเลือดและสะสมในอวัยวะต่างๆ เช่น ตับ ม้าม ไต โดยในไตจะสะสมอยู่ประมาณ 1 ใน 3 ของปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในร่างกาย (อรดี, 2547)

8.1) ปริมาณที่ร่างกายได้รับแคดเมียมแล้วเกิดอันตราย

ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเข้าไปในร่างกายส่วนใหญ่อันตรายเกิดจากการกิน ซึ่งทำให้เกิดพิษเฉียบพลันโดยการเกิดพิษจะแบ่งตามปริมาณแคดเมียมที่ได้รับเข้าไปคือ

ตารางที่ 3 ปริมาณแคดเมียมที่ร่างกายได้รับ

ปริมาณแคดเมียม/มิลลิกรัม	อาการ
3/90	อาเจียนแต่ไม่มีผลทำให้เสียชีวิต
15	อาเจียน
10/326	เกิดอาการความเป็นพิษอย่างรุนแรงแต่ไม่ถึงตาย
350/3,500	อาจทำให้ถึงตายได้
1,530/8,900	ทำให้ตายได้

ที่มา : ศุภมาส (2540)

สำหรับคนไทยได้รับแคดเมียมจากการกินอาหารและเครื่องดื่มสัปดาห์ละ 0.105-0.113 มิลลิกรัม ซึ่งยังต่ำกว่าค่ามาตรฐานของ FAO และ WHO ที่กำหนดปริมาณแคดเมียมสูงสุดที่มนุษย์จะได้รับไม่เกิน 7 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม หรือ 420 ไมโครกรัม สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม แต่ถ้ากินอาหารจากตับสัตว์ที่มีการปนเปื้อนของสารแคดเมียมเป็นประจำบ่อยๆ จะได้รับแคดเมียมจากอาหารสู่ร่างกายสูง การขับแคดเมียมออกจากร่างกายคนมีครึ่งชีวิต (half-life) ประมาณ 30 ปี ร่างกายจึงจะขับแคดเมียมออกได้ครึ่งหนึ่งของจำนวนที่มีอยู่ในร่างกาย ทำให้ผู้ที่ได้รับแคดเมียมเป็นประจำจะมีการสะสมอยู่ในร่างกายมากขึ้นทุกวันจนเป็นอันตรายมากขึ้น

9. ค่ามาตรฐานของแคดเมียม

9.1) มาตรฐานแคดเมียมที่มีอยู่ในดิน

ตารางที่ 4 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 37

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2547)

ตารางที่ 5 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

ดัชนีคุณภาพดิน	หน่วย	ค่ามาตรฐาน
แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 810

ที่มา : กรมควบคุมมลพิษ (2547)

9.2) มาตรฐานค่าแคดเมียมที่มีอยู่ในน้ำ

น้ำที่มีความกระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO₃) ไม่เกิน 100 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องมีค่าแคดเมียมไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร

น้ำที่กระด้างในรูปของแคลเซียมคาร์บอเนตเกินกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องมีค่าแคลเซียมไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร

ในน้ำดื่มนั้นองค์การอนามัยโลกระบุไว้ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่นยอมให้มีแคลเซียมในน้ำได้ 0.01 มิลลิกรัม/ลิตร

9.3) มาตรฐานแคลเซียมอื่นๆ

มาตรฐานโคเด็กซ์ในผักมีการกำหนดให้สารแคลเซียมปนเปื้อนได้ไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

องค์การอนามัยโลก/องค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO/WHO) ได้กำหนดปริมาณแคลเซียมสูงสุดที่มนุษย์จะได้รับไม่เกิน 7 ไมโครกรัม/น้ำหนักตัว 1 กิโลกรัม หรือ 420 ไมโครกรัม สำหรับผู้ที่มีน้ำหนัก 60 กิโลกรัม

องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าปกติแคลเซียมในปัสสาวะ < 2 ไมโครกรัม/กรัมครีอาตินีนและค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ 10 ไมโครกรัม/กรัมครีอาตินีน

องค์การอนามัยโลกกำหนดค่าปกติแคลเซียมในเลือด 5 ไมโครกรัม/ลิตร และค่าสูงสุดที่อนุญาตให้มีได้ 10 ไมโครกรัม/ลิตร

ตารางที่ 6 มาตรฐานระดับการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดินของประเทศเนเธอร์แลนด์

Metal	Soil (mg/kg dry weight)			Groundwater (g/L)		
	A	B	C	A	B	C
Cadmium	0.4+0.007 (L +3H)*	5	20	1.5	2.5	10

L = เปอร์เซ็นต์ของอนุภาค Clay ; H = เปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุในดิน

- A = ปริมาณที่พบในดินทั่วไป
- B = ปริมาณที่ควรเฝ้าระวัง
- C = ปริมาณที่เกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด

ที่มา : Allen et al.,(1994)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ความคิดเห็นของกระทรวงสาธารณสุข

แนะนำให้หยุดกินข้าวและพืชผักที่มีการปนเปื้อนสารแคดเมียมที่ปลูกเองในพื้นที่ ผลการดำเนินงานในส่วนการดำเนินการของกระทรวงสาธารณสุข โดยสำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม และสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 8 ได้ร่วมกับโรงพยาบาลแม่สอดได้เข้าเก็บตัวอย่างปัสสาวะเพื่อหาปริมาณแคดเมียม ในประชาชนกลุ่มเสี่ยงบริเวณ 3 ตำบล ตั้งแต่เดือน กุมภาพันธ์ 2547 ถึง 20 มิถุนายน 2547 มีประชาชนในตำบลพระธาตุผาแดงตำบลแม่ตาว ได้รับการตรวจแล้วทั้งสิ้น 5,244 ราย และทราบผลแล้วจำนวน 2,222 ราย โดยพบว่า ร้อยละ 2.9 มีระดับแคดเมียมสูง (มากกว่า 10 ไมโครกรัม/กรัมครีอะตินิน) และร้อยละ 9.4 มีระดับแคดเมียมค่อนข้างสูง ส่วนที่เหลือร้อยละ 87.8 มีระดับแคดเมียมต่ำกว่า 5 ไมโครกรัม/กรัมครีอะตินิน สำหรับการตรวจการทำงานของไตในกลุ่มที่มีความเสี่ยงสูง (ระดับแคดเมียมในปัสสาวะมากกว่า 5 ไมโครกรัม/กรัมครีอะตินิน) ทราบผลแล้ว 158 ราย พบว่า มีภาวะไตเสื่อม 10 ราย ภาวะไตเริ่มเสื่อม 35 ราย นิวในทางเดินปัสสาวะ 2 ราย และพบภาวะโลหิตจาง 67 ราย กลุ่มประชาชนที่ตรวจพบสารแคดเมียมในปัสสาวะสูง ได้รับการตรวจการทำงานของไตเพื่อวินิจฉัยเพิ่มเติมและให้การรักษาที่เหมาะสมต่อไป ทั้งนี้ กลุ่มประชาชนที่มีสารแคดเมียมในปัสสาวะสูงและค่อนข้างสูงทุกราย จะได้รับการแจ้งผลรายบุคคลพร้อมทั้งให้ความรู้และคำแนะนำในการปฏิบัติตนและแนวทางในการรักษาจากแพทย์และเจ้าหน้าที่ของโรงพยาบาลแม่สอด

11. เทคโนโลยีในการบำบัดสารพิษในดิน

วิธีบำบัดโลหะหนักที่ปนเปื้อนในดินและน้ำในดิน สามารถแบ่งเป็น 11 วิธีได้แก่

1) Isolation and containment

คือ วิธีการแยกและควบคุมโลหะหนัก โดยการปรับสภาพให้คงตัว (Solidification) หรือการปรับสภาพให้เสถียร (Stabilization) เพื่อลดการเคลื่อนที่ของโลหะ

2) Mechanical separation

คือ วิธีแยกอนุภาคเพื่อไปบำบัด โดยใช้เครื่อง Hydrocyclone หรือ Fluized bed ซึ่งอาศัยหลักของแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง และแรงโน้มถ่วง นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมี เช่น สารช่วยการลอยตัว และการแยกโลหะหนักโดยอาศัยแม่เหล็ก

3) Pyrometallurgical separation

คือ วิธีบำบัดสำหรับโลหะหนักที่สามารถระเหยได้โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 200-700°C เป็นวิธีที่เหมาะสมกับการบำบัดปรอท

4) Chemical treatment

คือ วิธีการบำบัดทางเคมี โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันและรีดักชัน หรือการปรับ pH ด้วยสารละลายกรดหรือเบส เพื่อลดความเป็นพิษ ตกตะกอนหรือเพื่อละลายโลหะหนัก

5) Permeable treatment walls

คือ การบำบัดโดยใช้แผงกั้นที่มีความสามารถในการซึมผ่าน เพื่อลดการเคลื่อนที่ของโลหะในน้ำใต้ดิน

6) Electrokinetics

คือ การแยกไอออนบวกและไอออนลบในน้ำใต้ดิน โดยผ่านกระแสไฟฟ้าไปยังขั้วอิเล็กโทรดทั้งสอง(cathode and anode)

7) Biochemical process

คือ วิธีการบำบัดโดยอาศัยกระบวนการทางชีวเคมีได้แก่ การชะล้างชีวภาพ ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวเป็นการใช้แบคทีเรียและความคุมสภาวะต่างๆเช่น ปริมาณค่าออกซิเจน pH เป็นต้น

8) Phytoremediation

คือ การบำบัดโดยใช้พืชเป็นตัวสกัดโลหะหนักออกจากดินและน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจนำวิธีบำบัดวิธีอื่นมาร่วมด้วย เช่น การสกัดโลหะหนักด้วยกรด

9) Soil Flushing

คือ วิธีการสกัดโลหะหนักออกจากดินโดยใช้น้ำหรือสารละลายชะล้างเจือปนออกมา ซึ่งเป็นวิธีการบำบัดวิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติภายในแหล่งปนเปื้อนได้

10) Treatment of sediments

คือ วิธีการบำบัดการตะกอนโดยอาศัยหลักการต่างๆ เช่น Hydrocyclone, Solidification, stabilization และการสกัดด้วยสารละลายกรด

11) Soil washing

คือ วิธีการกำจัดโลหะหนักออกจากดินปนเปื้อนด้วยการใช้สารละลายสกัดต่างๆ เช่น คีเลตติง เอเจนต์ ซึ่งเป็นวิธีการบำบัดวิธีหนึ่งที่สามารถปฏิบัติภายนอกแหล่งปนเปื้อนได้

12. การชะล้างดิน (Soil Flushing)

เป็นวิธีการบำบัดฟื้นฟูดินที่มีการปนเปื้อนด้วยสารอินทรีย์และอนินทรีย์ที่สำคัญ โดยใช้หลักการการชะล้างด้วยสารละลายที่เหมาะสม เช่น น้ำ หรือ Surfactants โดยอาศัยคุณสมบัติในการละลาย (solubility) ของมลสารที่ต้องการกำจัด โดยสารปนเปื้อนที่ถูกชะล้างออกมานี้จะถูกเก็บรวบรวมเพื่อนำไปบำบัดอีกครั้ง ลักษณะการเลือกตัวชะล้าง อาทิเช่น

- 1) สารละลายกรด ใช้สำหรับการฟื้นฟูสภาพดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะ และสารอินทรีย์บางชนิด แต่ไม่นิยมใช้เนื่องจากจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง pH ของดิน
- 2) สารละลายเบส ใช้สำหรับการฟื้นฟูสภาพดินที่มีการปนเปื้อนของโลหะ สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก
- 3) น้ำ ใช้สำหรับการฟื้นฟูสภาพดินที่มีการปนเปื้อนของสารที่ละลายน้ำได้ (water soluble) และพื้นที่สามารถพาไปได้ (water mobile constituents) โดยพิจารณาจากค่าการละลายของสารปนเปื้อนนั่น
- 4) Surfactants ใช้สำหรับฟื้นฟูสภาพดินที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์เช่น ยาฆ่าแมลง

13. ยาสกัด Ferric Chloride (FeCl₃)

ชื่อสามัญทางเคมี	IRON (III) CHLORIDE SOLUTION
สี	สีส้มแกมน้ำตาล
จุดเดือด	230 องศาเซลเซียส
ความดันไอ	40 มิลลิเมตรปรอทที่ 20 องศาเซลเซียส
ความหนาแน่น	1.4 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร

แคดเมียมในหินอัคนีและหินตะกอนจะมีปริมาณไม่เกิน 0.3 ppm และจะพบอยู่ร่วมกับสังกะสีเสมอแต่ในดินเป็นกรดแคดเมียมมีสภาพเคลื่อนที่ดีกว่าสังกะสี และแคดเมียมมีรูปสารประกอบได้

เช่นเดียวกับกับกลุ่มแคตไอออน Zn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} โดยการทดลองนี้ใช้ความเข้มข้น 0.2 N เพื่อสกัด Cd ออกมาให้มากที่สุด

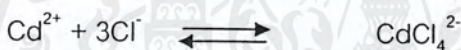
ในการสลายตัวของหินและแร่ แคดเมียมในดินอยู่ในสภาพละลายได้ง่ายโดยจะอยู่ในรูป Cd^{2+} เป็นส่วนใหญ่ โดยอาจอยู่ในรูปไอออนเชิงซ้อน (complex ion) และสารประกอบได้ดังนี้

แคตไอออน : $CdCl^+$, $CdOH^+$, $CdHCO_3^+$

แอนไอออน : $CdCl_3^-$, $CdCl_4^{2-}$, $Cd(OH)_3^-$, $Cd(OH)_4^{2-}$

สารประกอบ : CdO , $CdCO_3$

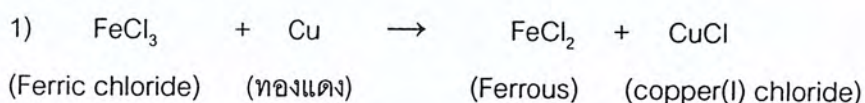
การชะดินที่ปนเปื้อน Cd โดย $FeCl_3$ เกิดปฏิกิริยาดังนี้



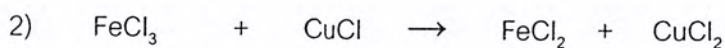
13.1) ประโยชน์ของ $FeCl_3$ เป็นกรดกัดทองเหลือง

สารละลาย ferric chloride ค้นพบโดย Rembrandt จิตรกรชาวฮอลแลนด์ โดยนำ Nitric acid และ Dutch mordant มาใช้กัดทองแดง ด้วยคุณสมบัติในการกัดกร่อนพื้นผิวทองแดง และไม่เป็นพิษต่อสุขภาพ จึงได้รับความนิยมที่จะนำมาใช้กัดพื้นผิวแทนกรดอื่น ๆ เนื่องจากเกลือ Ferric chloride ไม่มีข้อเสียในการผสมกับสารละลายกัดกร่อนชนิดอื่นๆ และมันไม่เกิดไอที่เป็นอันตราย ไม่มีกลิ่น แม้ว่าจะเป็นสารกัดกร่อน แต่ก็ไม่ซึมสู่ผิวหนัง

สารละลาย Ferric chloride ในน้ำมีฤทธิ์เป็นกรดแก่ เมื่อทำปฏิกิริยากับทองแดง กลับไม่ก่อให้เกิดไอหรือควัน ยกเว้น free oxygen ที่เกิดขึ้น และทองแดงจะไม่ทำปฏิกิริยากับ hydrochloric acid ซึ่งเป็นกรดที่ถูกสร้างขึ้นจากสารละลาย ferric chloride เมื่อ Ferric chloride ถูกละลายในน้ำ สารละลายจะมีฤทธิ์เป็นกรดแก่เนื่องจากผลของปฏิกิริยา hydrolysis ในการกัดกร่อนทองแดง Ferric chloride จะทำปฏิกิริยารีดอกซ์ เป็น copper(I) chloride และจากนั้นทำปฏิกิริยาอีกครั้งเป็น copper(II) chloride

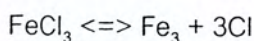


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

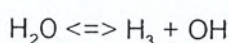


(Ferric chloride) (copper(I) chloride) (Ferrous) (copper(II) chloride/cupric chloride)

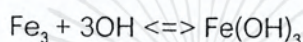
โดยพื้นฐาน สารละลาย Ferric chloride ในน้ำจะแตกตัวเป็น iron (ferric) ดังสมการ



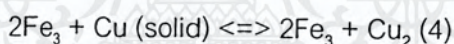
และ chloride ions ขณะที่น้ำจะแตกตัวเป็น hydrogen และ hydroxyl ions



Ferric ions บางส่วนจะรวมตัวกับ hydrogen และ hydroxyl ions กลายเป็น ferric hydroxide สารประกอบซึ่งละลายได้น้อยและตกตะกอนในสารละลายเป็นของแข็งสีน้ำตาล



ตะกอนนี้มีประโยชน์ในการเอา Hydroxyl ions ออกจากสารละลาย เหลือไว้แต่ hydrogen ions จำนวนมาก และการมีอยู่ของ hydrogen ions ก็ทำให้สารละลายมีฤทธิ์เป็นกรด เพราะว่าคุณสมบัติของโลหะเป็นที่รู้กันอยู่แล้วว่าเป็นขั้วลบ ทองแดงจึงเข้าแทนที่ iron ตามสมการ และ กลายเป็นสารผสมระหว่าง ferrous และ cupric irons อย่างมีประสิทธิภาพ ทองแดงละลายได้โดยไม่เกิดก๊าซใดๆ



Ferrous ions จะเริ่มเสถียรขึ้นขณะที่สารละลายเริ่มมีความเป็นกรดและช่วยให้การละลายทองแดงง่ายขึ้น ขณะที่ในสารละลายพื้นฐาน (มีความเป็นกรดน้อย) ferrous ions จะถูกแปลงกลับไปเป็น ferric เมื่อทองแดงละลายมากขึ้น และมากเกินไปจนจำกัดที่จะละลายได้ copper(II) chloride หรือ cupric chloride จะตกตะกอนจากสารละลาย จากสีเขียว เป็นของแข็งสีน้ำเงิน

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวิทยาศาสตร์

- 1) Atomic Absorption Spectrophotometer (Model Hitachi Z8200)
- 2) Distillation apparatus (Gerhardt Model Vapodest 2)
- 3) EC meter (Model HI 8733)
- 4) pH meter (Model HI 9025)
- 5) Sieving shaker (Model Dik – 2150 NO.1203)
- 6) เครื่องเขย่า (Shaker NO.8315)
- 7) เครื่องชั่ง (DENVER INSTRUMENT TB-214,TB-202)

2. เครื่องแก้วและอุปกรณ์วิทยาศาสตร์

- 1) Beaker
- 2) Cylinder
- 3) Digestion apparatus
- 4) Digestion tube
- 5) Erlenmeyer flask
- 6) Leaching tube
- 7) Marker
- 8) Pipet
- 9) Test tube
- 10) Reagent vessel
- 11) Volumetric flask
- 12) Volumetric pipet
- 13) กระดาษกรองเบอร์ 2,5,42
- 14) ถุงพลาสติก
- 15) กรวยกรอง
- 16) แท่งแก้วคน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17) หลอด Centrifuge ขนาด 50 มล.

18) หลอดหยด

19) อุปกรณ์อื่นๆ

3. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 1) Acidified sodium chloride
- 2) Ammonium acetate
- 3) Ascorbic acid
- 4) Boric acid-indicator solution
- 5) Bromocresol green
- 6) Buffer pH 4, pH 7
- 7) Calcium chloride
- 8) Ethyl alcohol
- 9) Ferrous sulfate
- 10) Methyl red
- 11) Mixed acid ($\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$)
- 12) O-phenanthroline indicator
- 13) Potassium dichromate
- 14) Sodium chloride
- 15) Sodium hydroxide
- 16) Standard solution (Cd, K, Na, Ca, Mg, Pb)
- 17) Sulfuric acid
- 18) น้ำกลั่น

4. สารเคมีที่ใช้สกัด

- 1) Ferric chloride (FeCl_3)

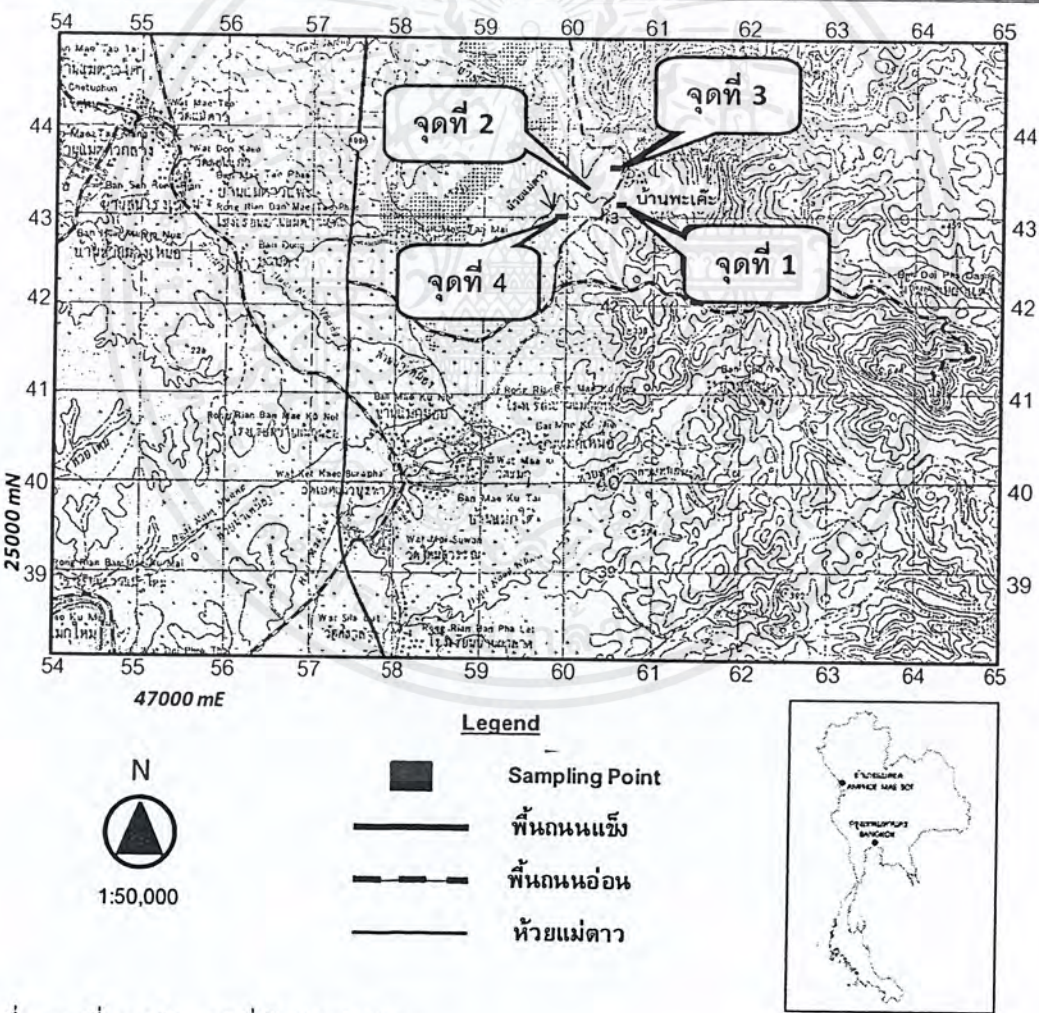
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลอง

1. สถานที่ทำการทดลอง

ทำการทดลองกับดินบ้านพะเคะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก ทำการเก็บ ด.ย.ดิน 4 จุด ซึ่งมีการปนเปื้อนแคดเมียมในปริมาณที่แตกต่างกันดังแสดงไว้ในตารางที่ 6และภาพที่ 1 ตารางที่ 7 รายละเอียดของจุดที่เก็บตัวอย่างดินและพิกัดของตัวอย่างดิน

จุดที่	รายละเอียด	Latitude (N)	Longitude(E)
1	แปลงนา (ติดห้วยแม่ดาว)	1843557	460144
2	แปลงปลูกอ้อย	-	-
3	หมู่บ้าน (ติดหมู่บ้านพะเคะ)	1843761	460199
4	แปลงข้าวโพด (จุดอ้างอิง-ห่างจากห้วยแม่ดาวประมาณ 100 เมตร)	184358	459647



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างดิน

ที่มา : กรมแผนที่ทหาร (2522)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การเก็บตัวอย่างดิน

1. เก็บตัวอย่างดินที่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก ที่ระดับความลึก 0-15 ซม. และ 15-30 ซม. จำนวน 4 จุด ซึ่งนำมาทดสอบการบำบัดดินโดยเก็บจุดละ 100 กิโลกรัม แบ่งเป็น 0-15 ซม. 50 กิโลกรัม และ 15-30 ซม. 50 กิโลกรัม

2. เก็บตัวอย่างดินตามระดับความลึก 0-15 ซม. , 15-30 ซม. , 30-50 ซม. , 50-70 ซม. , 70-100 ซม. ที่บ้านพะเด๊ะ ตำบลพระธาตุผาแดง อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก จำนวน 4 จุด

3. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเบื้องต้นของดิน

1) ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ใช้อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 2 โดยทำการชั่งดินมา 10 กรัม บรรจุในกระป๋องพลาสติกเติมน้ำกลั่นลงไป 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Sheker NO.8315) ใช้ความเร็วที่ 180 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ทำการวัดสารละลายที่ได้ด้วยเครื่อง pH meter Model HI 9025

2) การนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity) ใช้อัตราส่วน ดิน : น้ำ เท่ากับ 1 : 5 โดยทำการชั่งดิน 10 กรัม บรรจุในกระป๋องพลาสติกเติมน้ำกลั่นลงไป 50 มิลลิลิตร เขย่าด้วยเครื่อง (Sheker NO.8315) ใช้ความเร็วที่ 180 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที ทำการวัดสารละลายที่ได้ด้วยเครื่อง EC meter Model HI 8733

3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter) โดยใช้วิธี wet oxidation (Walkley and Black, 1934) โดยออกซิไดซ์ดินด้วย $K_2Cr_2O_7$ และ H_2SO_4 เข้มข้น แล้วหาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนโดยการไทเทรตกับสารละลาย Ferric sulfate ($FeSO_4$) นำค่าอินทรีย์คาร์บอนที่ได้คูณด้วย 1.724

4) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุ (CEC) ชั่งดินประมาณ 1-2 กรัม บรรจุดินใน leaching tube ที่รองก้นด้วย filter pulp (กระดาษกรองชิ้นเล็กๆ ต้มในน้ำเดือดจนยุ่ย) แล้วชะดินด้วยสารละลาย NH_4OAc pH 7.0 ปริมาณ 100 มิลลิลิตร จนดินอิ่มตัวด้วย NH_4^+ (saturation) ล้าง NH_4OAc ที่เกิดด้วย ethyl alcohol ปริมาณ 100 มิลลิลิตร และแทนที่ NH_4^+ ด้วย acidified NaCl 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปไทเทรตกับ H_2SO_4 จนละลายเปลี่ยนสีจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง นำค่าที่วิเคราะห์ได้ไปคำนวณหาค่า CEC

5) การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

5.1) การสกัดฟอสฟอรัสในดินโดยวิธี Bray

ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ Bray II 25 มล. เขย่าทันทีด้วยมือเป็นเวลา 45 วินาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายที่ได้ (aliquot) ไว้เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

5.2) การ develop สีโดยใช้ ascorbic acid เป็น reducing agent

ไปเปิด aliquot ที่ได้จากการสกัดดิน 1-10 มล. ใส่ในหลอดทดลองขนาด 75 มล. เติมน้ำกลั่น 20 มล. แล้วเติม reagent B (molybdate – ascorbic acid) ลงไป 4 มล. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที วัดค่า %Transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ wavelength 882 nm แล้วอ่านค่าความเข้มข้นของ P ในสารละลายจาก standard curve

5.3) การทำ standard curve ของ P

เตรียม Std 5 ppm P โดยใช้ Std P 100 ppm P มาทำให้เจือจางลง 20 เท่า ไปเปิด Std 5 ppm จำนวน 0,1,2,3,4 และ 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติมสารละลายที่ใช้สกัดเท่ากับจำนวนที่ใช้ในตัวอย่าง เขย่าให้เข้ากัน เติม reagent B ลงไป 4 มล. แล้วเติมน้ำลงไป และปรับปริมาตรเป็น 25 มล. เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที (สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นของ P เท่ากับ 0,0.2,0.4,0.6,0.8 และ 1.0 ppm) plot กราฟระหว่างค่าของ % T ที่อ่านจาก spectrophotometer กับความเข้มข้นของ P โดยใช้กระดาษกราฟแบบ semi - logarithmic

6) เบสที่แลกเปลี่ยนได้ (Ca^{2+} , Mn^{2+} , K^+ , Na^+) สกัดดินด้วย NH_4OAc pH 7.0 นำสารละลายที่ได้ไปวัดด้วยเครื่อง AAS สำหรับแคดเมียม แมกนีเซียม เติม strontium chloride (ซึ่ง SrCl_2 72 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปรับปริมาตรใน Volumetric flask 1,000 มิลลิลิตร โดยใช้ในปริมาณ 25% ของปริมาตรสุดท้าย) แล้วนำไปเทียบความเข้มข้นกับ standard solution

7) การเตรียม Standard solution (Cd, Mn, K, Na, Ca)

การเตรียม Std K ที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm จาก Stock Std 100 ppm โดยการดูด Stock Std มา 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในแต่ละ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

การเตรียม Std Na ที่ความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm จาก Stock Std 50 ppm โดยการดูด Stock Std มา 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในแต่ละ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตรและใส่ SrCl_2 12.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

การเตรียม Std Ca ที่ความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 ppm จาก Stock Std 100 ppm โดยการดูด Stock Std มา 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร ใส่ลงในแต่ละ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตรและใส่ SrCl_2 12.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

การเตรียม Std Mn ที่ความเข้มข้น 0.3, 0.6, 0.9, 1.2 และ 1.5 ppm จาก Stock Std 50 ppm โดยการดูด Stock Std มา 1.5, 3.0, 4.5, 6.0 และ 7.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในแต่ละ Volumetric flask ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร

การเตรียม Std Cd ที่ความเข้มข้น 0, 0.5, 1.0, 1.5 และ 2.0 ppm จาก Stock Std 1000 ppm โดยการดูด Stock Std 100 ppm แล้วปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร จะได้ Std 1000 ppm และดูด Std 1000 ppm ใส่ลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

4. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพเบื้องต้นของดิน

ในการวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดิน จะทำการวิเคราะห์ด้วยวิธี Pipette method

- 1) ชั่งตัวอย่างดินมา 10 กรัม ลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร (ตัวอย่างละ 2 ซ้ำ) เติมน้ำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 5-10 มิลลิลิตร นำไปเร่งปฏิกิริยาบนเตา (hot plate)
- 2) ดินที่ได้จากข้อ 1 ซึ่งมีตัวอย่างละ 2 บีกเกอร์ นำดินบีกเกอร์หนึ่งไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ นำไปคำนวณ
- 3) นำบีกเกอร์หนึ่งมาเติม Calgon จำนวน 10 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที นำไปกวนด้วยเครื่องกวน (mechanical stirrer) 5 นาที
- 4) เทส่วนผสมของดินและน้ำจากข้อ 3 ลงในกระบอกตวง ขนาด 1,000 มิลลิลิตร โดยเทผ่านตะแกรงร่อนขนาด 300 เมช (mesh) สิ่งที่ตกค้างอยู่ในตะแกรงคืออนุภาคทรายอนำไปใส่ภาชนะอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียสหรือน้ำหนักคงที่
- 5) ส่วนที่ผ่านตะแกรงลงในกระบอกตวงคือ อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ทิ้งสารแขวนลอยให้คงที่เท่ากับอุณหภูมิห้องจากนั้นคนด้วย plunger ให้ทั่วแล้วจับเวลา
- 6) ดูดสารแขวนลอยในกระบอกตวงโดยใช้ pipette apparatus (จะเป็นอนุภาคดินเหนียว) เวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความลึกซึ่งจะเป็นไปตาม Stock'law นำไปอบให้น้ำหนักคงที่แล้วชั่งน้ำหนัก (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

5. การวิเคราะห์หาปริมาณ Total Cd ที่มีอยู่ในดิน

ในการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมที่ปนเปื้อนทั้งหมดในดิน วิเคราะห์ได้โดยใช้กรดไนตริกและกรดเปอร์คลอริก ด้วยวิธี wet digestion ดังแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ในภาพที่ 2

- 1) ชั่งตัวอย่างดิน 1 กรัม ใส่ลงในหลอด digestion tube
- 2) เติมกรดผสมระหว่างกรดไนตริกกับกรดเปอร์คลอริก ในสัดส่วน 3:1, HNO_3^+ , HClO_4 , ในปริมาณ 10 มิลลิลิตร

3) นำไปตั้งบนเตา digest โดยใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 30 นาที เพิ่มเป็น 100 องศาเซลเซียส อีก 30 นาที และเพิ่มเป็น 130 องศาเซลเซียส อีก 30 นาที สุดท้ายเพิ่มเป็น 155 องศาเซลเซียส ใช้เวลาจนกว่าสารละลายเกือบแห้ง ดินจะมีสีซีดจนเป็นสีขาวและมีควันหรือไอสีขาวขึ้นจะถือว่า digest เสร็จสมบูรณ์

4) หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5) นำไปวัดปริมาณแคดเมียมด้วยเครื่อง AAS

6. การสกัดแคดเมียมออกจากดินโดยเทคนิคการชะล้างดิน

6.1 เตรียมอุปกรณ์

- 1) เตรียมท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.4 ซม. ยาว 20 ซม.
- 2) นำตาข่ายพลาสติก และกระดาษกรองมารัดที่ก้นท่อ PVC
- 3) เตรียมถุงน้ำเกลือ พร้อมสายน้ำเกลือ
- 4) เตรียมกระป๋องไว้รองรับสารละลาย FeCl_3 หลังจากการชะล้างดิน

6.2 หาค่ามวลดิน

จะต้องมีการคำนวณมวลดินที่จะใส่ในกระบอก PVC โดยค่า Bulk Density ใน PVC ต้องใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริง โดยหาได้จาก

$$\text{มวลดิน} = \text{Bulk Density} \times \text{ปริมาตร (PVC)}$$

$$\text{ปริมาตร ; } r = 2.2, h = 15$$

$$\pi r^2 h = 3.14 \times 2.2 \times 2.2 \times 15 = 227.964 \sim 228 \text{ cm}^3$$

$$\text{จุดที่ 1 } 0-15 \quad \text{Bulk Density} = 1.03 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{ค่ามวลดิน} = 1.03 \times 228 = 234.84 \sim 235 \text{ g.}$$

$$\text{จุดที่ 1 } 15-30 \quad \text{Bulk Density} = 1.24 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{ค่ามวลดิน} = 1.24 \times 228 = 282.72 \sim 283 \text{ g.}$$

$$\text{จุดที่ 2 } 0-15 \quad \text{Bulk Density} = 1.03 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{ค่ามวลดิน} = 1.03 \times 228 = 234.84 \sim 235 \text{ g.}$$

จุดที่ 2 15-30 Bulk Density = 1.24 g/cm^3

ค่ามวลดิน = $1.24 \times 228 = 282.72 \sim 283 \text{ g}$.

จุดที่ 3 0-15 Bulk Density = 1.34 g/cm^3

ค่ามวลดิน = $1.34 \times 228 = 305.52 \sim 306 \text{ g}$.

จุดที่ 3 15-30 Bulk Density = 1.54 g/cm^3

ค่ามวลดิน = $1.54 \times 228 = 351.12 \sim 351 \text{ g}$.

จุดที่ 4 0-15 Bulk Density = 1.44 g/cm^3

ค่ามวลดิน = $1.44 \times 228 = 328.32 \sim 328 \text{ g}$.

จุดที่ 4 15-30 Bulk Density = 1.60 g/cm^3

ค่ามวลดิน = $1.60 \times 228 = 364.8 \sim 365 \text{ g}$.

6.3 การหาค่าความหนาแน่นอนุภาคดิน

1) เติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มให้เดือดแล้วลงใน volumetric flask ขนาด 100 ml. ประมาณครึ่งขวด

2) ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 mm.หนัก 25 g.

3) เทตัวอย่างดินลงใน volumetric flask อย่างช้าๆ ขณะเดียวกันก็เขย่าขวดเบาๆให้อนุภาคดินจมลงไปในน้ำเพื่อไม่ให้มีฟองอากาศติดลงไปกับอนุภาคดิน

4) เติมน้ำกลั่นเย็นที่ผ่านการต้มจำนวนเล็กน้อย เพื่อล้างอนุภาคดินตามข้างขวดให้ลงไปได้ผิวน้ำในขวดให้หมด โดยให้น้ำท่วมผิวดินแล้วยังมีปริมาตรเหลือที่จะเติมน้ำได้อีก เช็ดขวดให้แห้ง

5) นำขวดไปวางบน hot plate พร้อมกับใช้ test tube holder จับที่คอขวด เขย่าไปด้วยเป็นครั้งคราว ขณะอุ่นจนเริ่มมีไอน้ำที่ปากขวด อุณหภูมิอีก 3 นาที ยกลง ทั้งนี้เพื่อให้ไอน้ำแทรกเข้าไปในช่องว่างระหว่างอนุภาคและแทนที่อากาศให้หมด ทำให้ขวดเย็นลง โดยนำขวดไปวางในอ่างน้ำ ใช้ beaker เล็กๆครอบปากขวด แล้วเปิดก๊อกให้น้ำไหลเบาๆลงที่ก้น beaker หลังจากนั้นนำขวดไปวางใน desiccator ที่ต่อกับ suction pump ที่มีแรงดูดอากาศออกไปจาก desiccator ช้าๆและนานจนกระทั่งฟองอากาศในขวดหายไปหมด และปล่อยให้เย็นเช่นนั้นต่อไปอีก 3 นาที จึงค่อยๆเปิดให้อากาศเข้ามาใน desiccator

6) เติมน้ำกลั่นลงไปในขวดจนถึงขีดปริมาณ ใช้ผ้าเช็ดน้ำรอบๆ ขวดจนแห้งสนิท นำไปชั่งบนตีกน้ำหนักไว้เป็น m_2 g. ซึ่งเป็นค่ารวมของน้ำหนักของขวด น้ำหนักตัวอย่างดิน m_1 g. และน้ำหนักของน้ำที่มีปริมาตรเท่ากับผลต่างระหว่างความจุของขวดนี้กับปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งของดิน ดังนั้นปริมาตรของน้ำส่วนนี้เท่ากับ $m_2 - m_1 - \text{นน.ขวด}$

7) หาปริมาตรของขวดโดยการล้างขวดนี้ให้สะอาด แล้วเติมน้ำให้ถึงขีดปริมาตร เช็ดขวดให้แห้งสนิท ชั่งน้ำหนักซึ่งเท่ากับ m_3 g. ความจุของขวดนี้จะเท่ากับ $m_3 - \text{นน.ขวด}$

8) คำนวณความหนาแน่นอนุภาคของดินได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{น้ำหนักตัวอย่างดิน} &= m_1 \text{ g.} \\
 \text{ปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งของดิน} &= (\text{ความจุของขวด}) - (\text{ปริมาตรของน้ำที่เติม ให้ครบปริมาตรขณะมีดินอยู่ในขวด}) \\
 &= (m_3 - \text{นน.ขวด}) - (m_2 - m_1 - \text{นน.ขวด}) \\
 &= (m_3 - m_2 + m_1) \\
 \text{ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Ds)} &= \frac{m_1}{(m_3 - m_2 + m_1)}
 \end{aligned}$$

M_1 = น้ำหนักดินที่ใช้ (25 g)

M_2 = น้ำหนักรวม ขวด ดิน และน้ำ

M_3 = น้ำหนักขวด + น้ำจนถึงขีดปริมาตร (ใช้ Volumetric Flask 100 ml)

จุดที่ 1	0-15	$Ds = 25/153.09 - 166.51 + 25$	$= 2.16 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 1	15-30	$Ds = 25/153.09 - 166.46 + 25$	$= 2.15 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 2	0-15	$Ds = 25/153.09 - 166.84 + 25$	$= 2.22 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 2	15-30	$Ds = 25/153.09 - 165.66 + 25$	$= 2.01 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 3	0-15	$Ds = 25/153.09 - 165.795 + 25$	$= 2.03 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 3	15-30	$Ds = 25/153.09 - 168.76 + 25$	$= 2.68 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 4	0-15	$Ds = 25/153.09 - 168.385 + 25$	$= 2.58 \text{ g/cm}^3$
จุดที่ 4	15-30	$Ds = 25/153.09 - 166.495 + 25$	$= 2.61 \text{ g/cm}^3$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 การหาค่า Pore Volume

จะต้องคำนวณหาค่า Pore Volume เพื่อจะทราบถึงปริมาณของการสกักที่จะนำมาใช้ชะล้าง แคลเมียมออกจากดิน โดยหาได้จาก

- 1) ชั่งน้ำหนัก Beaker
- 2) ชั่งดินแต่ละตัวอย่างจำนวน 40 g ลงใน Beaker
- 3) ใส่ น้ำกลั่นจนดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (V)
- 4) นำไปชั่งน้ำหนัก

$$f = \frac{V}{V + V_s} \times 100$$
$$V_s = \frac{M}{D_s}$$

V (ml) = volume of water added

Vs (ml) = volume of soil particles

M (g) = mass of the dry soil

Ds (g/ml) = density of soil particles

$$V_p = \frac{f \times \pi r^2 h}{100}$$

V_p (cm³, ml) = pore volume of the soil column

r (cm) = radius of the column

h (cm) = height of the soil column

f = total porosity of the soil

จุดที่ 1 0-15 $V_s = 235/2.16 = 108.796$
 $f = 18 \times 100/18 + 108.796 = 14.196$
 $V_p = 14.196 \times 288/100 = 32.36688 \sim 30 \text{ ml.}$

จุดที่ 1 15-30 $V_s = 283/2.15 = 131.628$
 $f = 15 \times 100/15 + 131.628 = 10.23$
 $V_p = 10.23 \times 288/100 = 23.3244 \sim 25 \text{ ml.}$

จุดที่ 2 0-15 $V_s = 235/2.22 = 105.856$
 $f = 15 \times 100/15 + 105.856 = 12.411$
 $V_p = 12.411 \times 288/100 = 28.29708 \sim 30 \text{ ml.}$

จุดที่ 2 15-30 $V_s = 283/2.01 = 140.796$
 $f = 14 \times 100/14 + 140.796 = 9.044$
 $V_p = 9.044 \times 288/100 = 20.62032 \sim 20 \text{ ml.}$

จุดที่ 3 0-15 $V_s = 306/2.03 = 150.739$
 $f = 14 \times 100/14 + 150.739 = 8.498$
 $V_p = 8.498 \times 288/100 = 19.37544 \sim 20 \text{ ml.}$

จุดที่ 3 15-30 $V_s = 351/2.68 = 130.97$
 $f = 13 \times 100/13 + 130.97 = 9.03$
 $V_p = 9.03 \times 288/100 = 20.5884 \sim 20 \text{ ml.}$

จุดที่ 4 0-15 $V_s = 328/2.58 = 127.132$
 $f = 12 \times 100/12 + 127.132 = 8.62$
 $V_p = 8.62 \times 288/100 = 19.6536 \sim 20 \text{ ml.}$

จุดที่ 4 15-30 $V_s = 365/2.61 = 139.847$
 $f = 12 \times 100/12 + 139.847 = 7.90$
 $V_p = 7.90 \times 288/100 = 18.012 \sim 20 \text{ ml.}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.5 การเตรียมน้ำยาสกัด FeCl_3

การคำนวณปริมาณ FeCl_3 นำไปละลายน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตร ในการทดลองนี้ใช้ความเข้มข้น 0.2 mol L^{-1} เพื่อสกัด Cd ออกมาให้มากที่สุด ใช้ในการทดลองทั้งหมด 12 L.

1 N ชั่งสาร FeCl_3 54.07 g.

1 N ชั่งสาร FeCl_3 $54.07 \times 0.2 = 10.814 \text{ g.}$

10.814 : H_2O 1 L

1L : ชั่งสาร 10.814 g.

12 L. : ชั่งสาร $10.814 \times 12 \text{ g.}$

= 129.768g.

6.6 ขั้นตอนการชะล้างดิน

โดยแสดงขั้นตอนการชะล้างดินในภาพที่ 2

1) จำลองการชะล้างดินโดยใช้ Pore Volume (ท่อ PVC Ø 4 cm. ยาว 20 cm. ปิดกันท่อด้วยกระดาษกรองและตาข่ายพลาสติก)

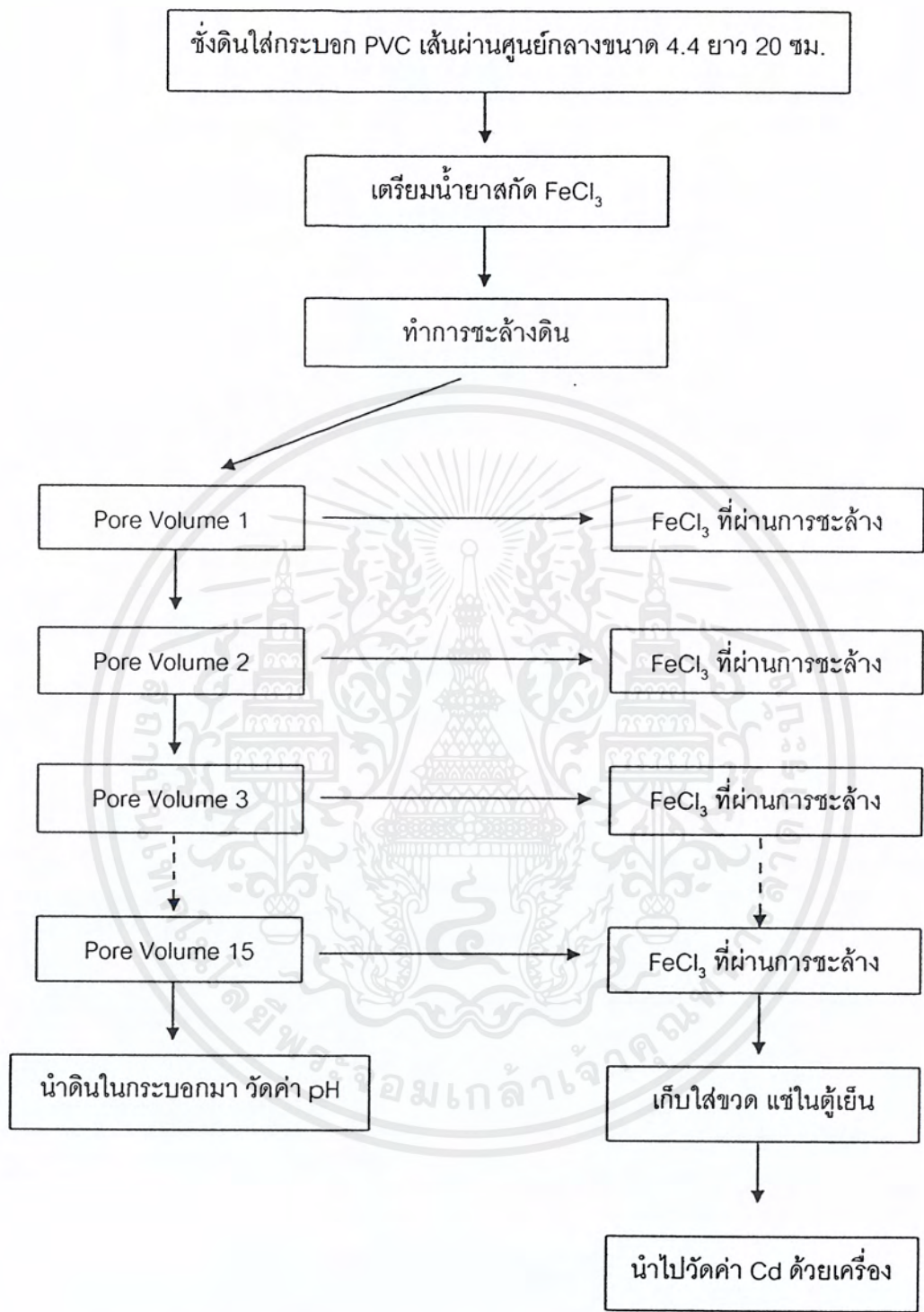
2) ชั่งดินที่ปนเปื้อน Cd ใส่ใน Pore Volume ตามคำนวณดินที่ได้จากการคำนวณ โดยให้ความหนาแน่นใกล้เคียงกับสภาพพื้นที่จริง

3) นำดินไปแช่ในน้ำกลั่นจนกระทั่งอิ่มตัวเพื่อไล่ฟองอากาศออกจากดิน

4) ชะดินด้วย FeCl_3 (0.2 N) ครั้งละ 1 PV พร้อมกับรองรับ leachate ด้วยกระป๋องพลาสติก โดยทำการชะดินทั้งหมด 15 PV ดังแสดงในภาพที่ 3

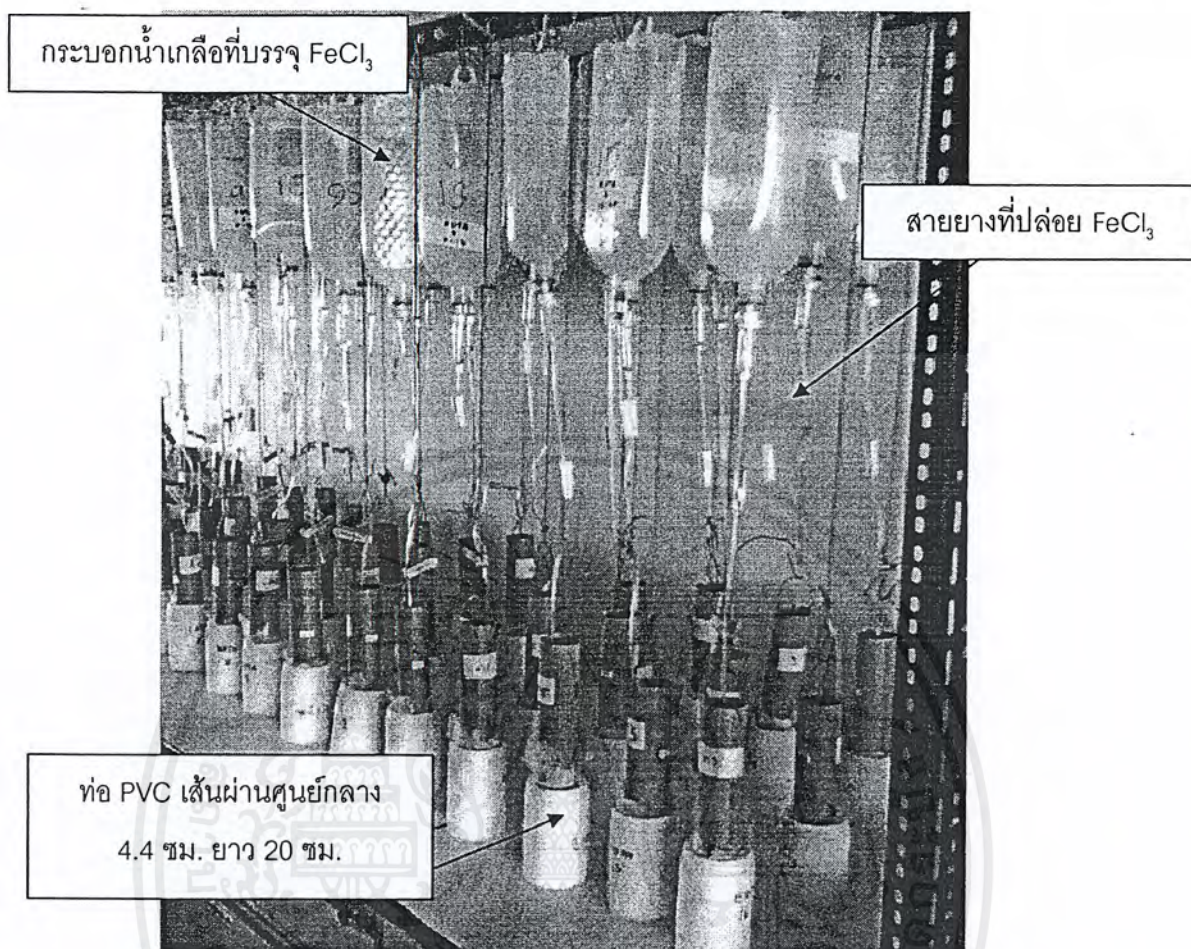
5) นำ leachate ที่ได้ไปวัด Cd โดยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

6) นำดินที่อยู่ใน PV มาตากให้แห้งแล้วนำไปวัดค่า pH อัตราส่วน 1:2



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการสกัดแคดเมียมออกจากดินโดยวิธีชะล้างดิน (Soil Flusing)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 แสดงการจำลองการชะล้างดินในห้องปฏิบัติการโดยใช้น้ำยาสกัด FeCl_3

7. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลทั้งหมดวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี Duncan's New Multiple's Range Test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการทดลอง

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

1.1) ดินจุดที่ 1 พบว่าทั้งดินบนและดินล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงต่ำเล็กน้อยถึงปานกลาง (pH 7.56-8.29) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (3.36-6.50%) และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (12.79-21.50 me/100 g soil) ในส่วนของค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) ของ Ca มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูงมาก (50.6-58.6 me/100g) ในส่วนของ Mg มีค่าอยู่ในช่วงต่ำ (5.1-5.2 me/100 g) ส่วนค่า K มีค่าอยู่ในช่วงที่สูงถึงสูงมาก (1.54-0.93 me/100 g) ค่า Na มีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงต่ำมาก (0.25-0.28 me/100 g) ค่า P มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ (9.36-8.79 mg/kg) ส่วนค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (%BS) มีค่าอยู่ในช่วงที่สูงมาก (373.33-418.05) และค่าปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) มีค่าสูงมาก (71-131 mg/kg) ดังแสดงในตารางที่ 8

1.2) ในดินจุดที่ 2 พบว่าทั้งในดินบนและดินล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำเล็กน้อยถึงปานกลาง (pH 7.69-7.71) ส่วนค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าปานกลางถึงสูง (1.72-3.51%) และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (50.0-35.4 me/100 g) ในกรณีของค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) Ca มีค่าอยู่ในช่วงสูง (50.0-35.4 me/100 g) ในส่วนของ Mg มีค่าอยู่ในช่วงต่ำ (6.2-6.8 me/100 g) ส่วนค่า K มีค่าอยู่ในช่วงที่สูงถึงสูงมาก (2.38-1.04 me/100 g) ส่วน Na มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำถึงต่ำมาก (0.29-0.23 me/100 g) ค่า P มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ (7.74-10.21 mg/kg) ส่วนค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (%BS) มีค่าอยู่ในช่วงที่สูงมาก (486.13-406.62) และค่าปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) มีค่าน้อยถึงสูงมาก (32-4 mg/kg) ดังแสดงในตารางที่ 8

1.3) ในดินจุดที่ 3 พบว่าทั้งในดินบนและดินล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ต่ำปานกลาง (pH 8.37-8.40) ส่วนค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าปานกลางถึงสูง (2.04-2.68%) และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง (1.89-9.35 me/100 g) ในกรณีของค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) Ca มีค่าอยู่ในช่วงสูง (35.5-31.8 me/100g) ในส่วนของ Mg มีค่าอยู่ในช่วงต่ำมาก (3.1-3.1 me/100 g) ส่วนค่า K มีค่าอยู่ในช่วงที่ปานกลาง (0.60-0.52

me/100 g) ส่วน Na มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำถึงต่ำมาก(0.13-0.24 me/100 g) ค่า P มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำ (8.67-5.62 mg/kg)ส่วนค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (%BS) มีค่าอยู่ในช่วงที่สูงมาก(453.63-654.52)และค่าปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) มีค่าสูงมาก (39-94 mg/kg) ดังแสดงในตารางที่ 8

1.4) ดินจุดที่ 4 พบว่าทั้งดินบนและดินล่าง มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงต่างปานกลาง (pH 6.87-7.14) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าค่อนข้างปานกลางถึงสูง (1.32-2.02%) และค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (8.63-14.28 me/100 g soil) ในส่วนของค่าที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) ของ Ca อยู่ในช่วงปานกลาง (14.7-14.2 me/100 g) ในส่วนของ Mg มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำ (3.6-3.5 me/100 g) ส่วน K มีค่าอยู่ในช่วงปานกลาง (0.6-0.8 me/100 g) ค่า Na มีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงต่ำมาก (0.18-0.22 me/100 g) ค่า P มีค่าอยู่ในช่วงปานกลาง (11.02-12.77mg/kg) ส่วนค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (%BS) มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำ(155.52-177.31)และค่าปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน (Total Cd) มีค่าค่อนข้างต่ำมาก (5-4 mg/kg) ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางเคมีของดิน

Soil	Dept (cm.)	pH	%	Exchangeable base					CEC	Avail	Total
		ดิน:น้ำ 1 : 2	OM	(me/100 g)				%BS	(me/ 100 g)	P (mg/kg)	Cd (mg/kg)
				Ca	Mg	Na	K				
1	0-15	7.56	6.5	58.6	5.1	0.28	1.54	373.33	17.55	9.36	71
	15-30	8.29	3.36	50.6	5.2	0.25	0.93	418.05	13.63	8.79	131
2	0-15	7.69	3.51	50.0	6.2	0.29	2.38	486.13	12.11	7.74	32
	15-30	7.71	1.72	35.4	6.8	0.23	1.04	403.62	10.77	10.21	4
3	0-15	8.37	2.68	35.5	3.1	0.13	0.6	453.63	8.67	7.43	39
	15-30	8.4	2.04	31.8	3.1	0.24	0.52	634.52	5.62	8.76	94
4	0-15	7.14	2.02	14.7	3.6	0.18	0.6	155.25	12.29	11.02	5
	15-30	6.87	1.32	14.2	3.5	0.22	0.68	177.31	10.49	12.77	4

2. ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ ดังแสดงในตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า ดินจุดที่ 1 ความลึก (0-15 ซม.) เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง ความลึก (15-30 ซม.) เป็นดินทราย ดินจุดที่ 2 ความลึก (0-15 ซม.) เป็นดินร่วนปนทรายแป้ง ความลึก (15-30 ซม.) เป็นดินทราย ส่วนดินจุดที่ 3 ความลึก (0-15), (15-30) มีลักษณะใกล้เคียงกันคือเป็นดินร่วนปนทราย และดินจุดที่ 4 ความลึก(0-15), (15-30) มีลักษณะใกล้เคียงกันคือเป็นดินร่วน ในส่วนของความหนาแน่นรวมของดินพบว่าดินจุดที่ 1 มีความหนาแน่นรวม (1.03 g/cm^3) และค่าความชื้น (95.44%) สูงกว่าดินจุดอื่นๆ เพราะเป็นดินนา ซึ่งดินนานั้นจัดว่าเป็นดินเหนียวมีช่องว่างน้อยและมีน้ำท่วมตลอดเวลา มีการไถพรวน จึงมีความหนาแน่นมาก

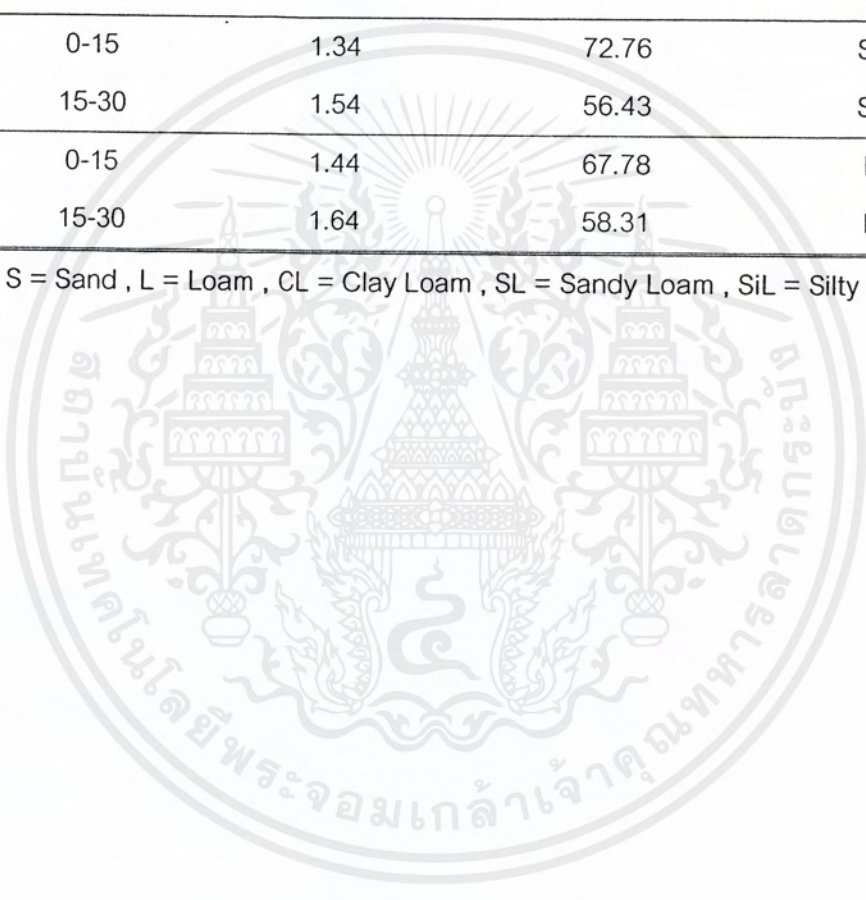
3. ผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคดเมียมทั้งหมดในดิน

ปริมาณแคดเมียมที่มีอยู่ในดินจุดที่ 1 ที่ติดกับแปลงนาและติดกับลำห้วยแม่ตาวนั้น มีปริมาณแคดเมียมสูงสุดคือ 131 mg/kg ดินจุดที่ 2 มีปริมาณแคดเมียมสูงสุด 32 mg/kg ส่วนในดินจุดที่ 3 มีปริมาณแคดเมียมสูงสุดคือ 94 mg/kg และในดินจุดที่ 4 มีปริมาณแคดเมียมสูงสุด 5 mg/kg จะเห็นได้ชัดว่าดินจุดที่ 1,2,3 มีปริมาณแคดเมียมมากกว่าดินจุดที่ 4 อยู่หลายเท่า อาจเป็นเพราะดินอยู่ใกล้บริเวณแหล่งน้ำแม่ตาว ที่ไหลผ่านเหมืองผาแดงที่มีตะกอนทับถมมากและมักจะพบค่าแคดเมียมในดินล่าง (15-30 ซม.) มีปริมาณมากกว่าดินบน แสดงให้เห็นถึงการสะสมของแคดเมียมมากเป็นเวลานานไหลลงสู่ดินล่าง และในดินจุดที่ 4 ซึ่งเป็นจุดข้างอิงนั้นมีปริมาณแคดเมียมน้อยกว่าจุดอื่นๆ แต่ปริมาณแคดเมียมที่พบมากพอที่ควรเฝ้าระวัง ซึ่งเห็นได้ว่าดินในจุดที่ 1,2,3 นั้นมีปริมาณแคดเมียมที่เกินมาตรฐานจึงควรได้รับการบำบัดตามมาตรฐานระดับการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดิน ของประเทศเนเธอร์แลนด์ (20 mg/kg)

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางกายภาพของดิน

Soil	Dept (cm.)	Bulk Density (g/cm3)	%Moisture	Texture Class
Soil - 1	0-15	1.03	95.44	SiL
	15-30	1.24	63.09	S
Soil - 2	0-15	1.03	95.44	SiL
	15-30	1.24	63.09	S
Soil - 3	0-15	1.34	72.76	SL
	15-30	1.54	56.43	SL
Soil - 4	0-15	1.44	67.78	L
	15-30	1.64	58.31	L

หมายเหตุ : S = Sand , L = Loam , CL = Clay Loam , SL = Sandy Loam , SiL = Silty Loam



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ผลการทดลองประสิทธิภาพในการกำจัดแคดเมียมออกจากดินที่ปนเปื้อนด้วยน้ำยาสกัด โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N Ferric Chloride (FeCl_3) โดยใช้เทคนิคการชะล้างดิน

4.1) ดินจุดที่ 1 (ดินบริเวณแปลงนา ติดห้วยลำน้ำแม่ตาว)

1. ดินบน (0-15 ซม.)

ดินในจุดที่ 1 ดินบนมีการปนเปื้อนแคดเมียม 71 mg/kg ผลการทดลองบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 10 และภาพที่ 4 จากการศึกษาการชะล้างดินเพื่อกำจัดแคดเมียม จากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัดแคดเมียมได้ 0.001% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 0.1986% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าการเพิ่มจำนวนครั้งในการชะล้างมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียม ออกมาได้มากขึ้น หลังจากการชะล้างดินครบ 15 PV พบว่าเหลือค่าแคดเมียมในดิน 70.72 mg/kg ซึ่งอยู่ในระดับ (C) ดังแสดงในตารางที่ 14 และหลังจากการบำบัดดินด้วยความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่า ดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 2.53) โดยลดลงจาก pH 7.56 ดังนั้นอาจจะต้องมีการแก้ไข โดยการเติมปูนในดิน เพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

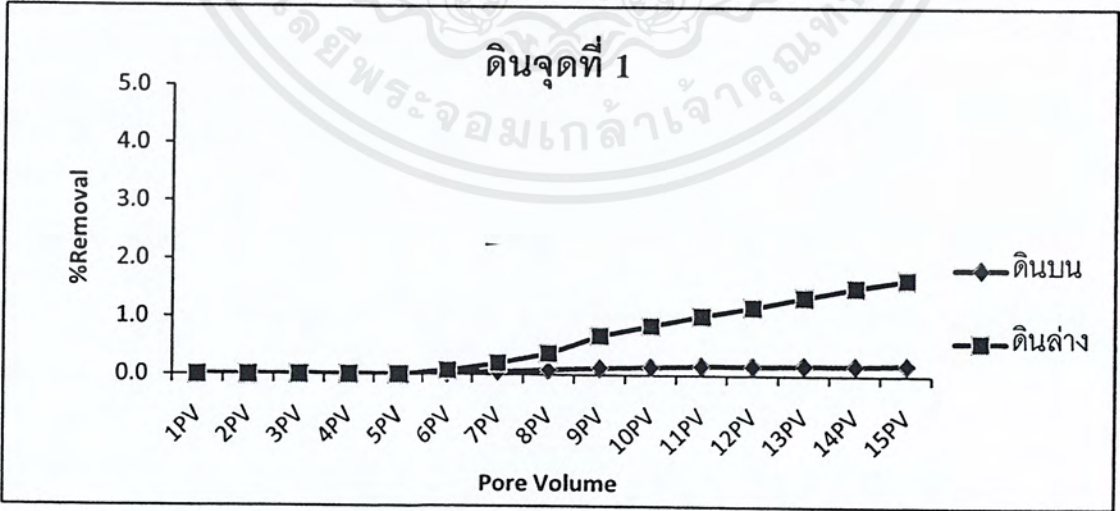
2. ดินล่าง (15-30 ซม.)

ในดินจุดที่ 1 ดินล่างมีการปนเปื้อนแคดเมียม 131 mg/kg ผลการทดลองบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียมโดยใช้ ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัด โดยแสดงไว้ในตารางที่ 10 และภาพที่ 4 จากการศึกษาการชะล้างดิน เพื่อกำจัดแคดเมียมจากดินที่มีการปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียม เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัดแคดเมียมได้ 0.001% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 1.6687% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่า การเพิ่มจำนวนครั้งในการชะล้าง มีโอกาสที่จะสามารถกำจัดแคดเมียมออกจากดินได้มากขึ้น หลังจากการบำบัดดินครบ 15 PV พบว่าเหลือแคดเมียม 129.73 mg/kg ซึ่งจัดอยู่ที่ระดับ (C) ดังแสดงในตารางที่ 14 และหลังจากการบำบัดดินด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าในดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 2.57) โดยลดลงจาก pH 8.29 ดังนั้นอาจต้องมีการแก้ไข โดยการเติมปูนเพื่อปรับสภาพ pH ให้มีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd จากดิน (Removal) จุดที่ 1 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

Pore Volume	Removal (%)	
	ชนิดดิน (จุดที่ 1)	
	ดินบน (0-15 cm.)	ดินล่าง (15-30 cm.)
1	0.0001j	0.0001k
2	0.0001j	0.0003k
3	0.0002j	0.0054k
4	0.0003j	0.0056k
5	0.0029j	0.0057k
6	0.0324i	0.0736j
7	0.0578h	0.2053i
8	0.0892g	0.3723h
9	0.1277f	0.6833g
10	0.1412e	0.8587f
11	0.1634d	1.0291e
12	0.1657cd	1.1855d
13	0.1731bc	1.3553c
14	0.1773b	1.5249b
15	0.1986a	1.6687a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสมมุติเดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd จากดินจุดที่ 1 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2) ดินจุดที่ 2 (ดินบริเวณแปลงปลูกอ้อย)

1. ดินบน (0-15 ซม.)

ดินจุดที่ 2 ดินบนมีการปนเปื้อนแคดเมียม 32 mg/kg ผลการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วย แคดเมียม โดยใช้ ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 11 และภาพที่ 5 จากการศึกษาการชะล้างดิน เพื่อกำจัดแคดเมียมออกจากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการ บำบัดแคดเมียม เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถ กำจัดแคดเมียมได้ 0.0006% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุดที่ 1.1037% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้น มีแนวโน้มว่า การเพิ่มจำนวนครั้งการชะล้างมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกมาได้มากขึ้น หลังจาก การชะล้างดินครบ 15 PV แล้วพบว่าเหลือแคดเมียมในดิน 28.55 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ (C) ดังแสดง ในตารางที่ 14 และหลังจากการบำบัดดินด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 2.57) โดยลดลงจาก pH 7.69 ดังนั้นอาจต้องแก้ไขโดยการเติมปูนในดิน เพื่อปรับสภาพ pH ให้ เหมาะสมต่อการปลูกพืช

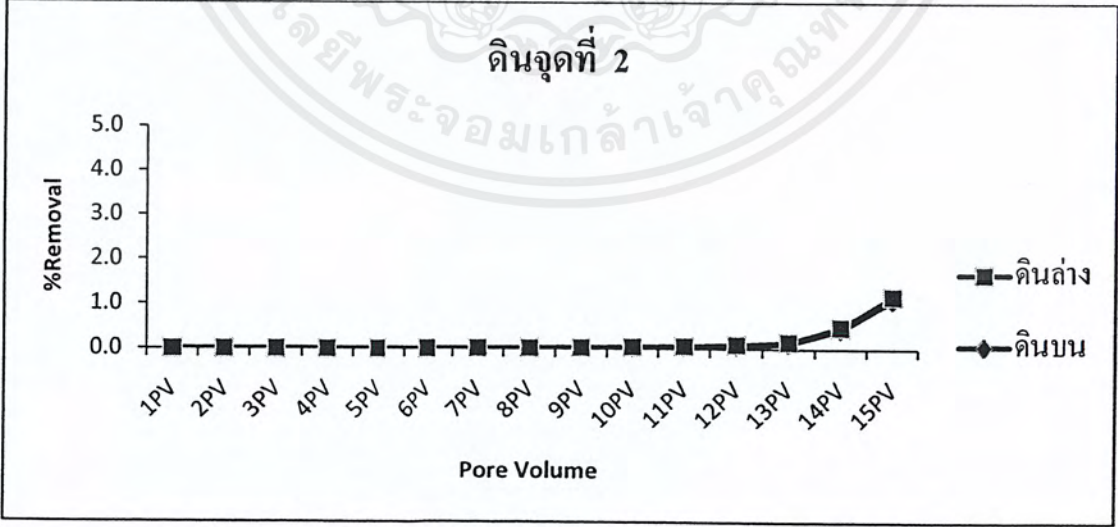
2. ดินล่าง (15-30 ซม.)

ดินในจุดที่ 2 บริเวณดินล่างมีการปนเปื้อนแคดเมียม 4 mg/kg ผลการบำบัดดินที่ปนเปื้อน ด้วย Cd โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 และภาพที่ 5 จาก การศึกษาการชะล้างดินเพื่อกำจัดแคดเมียมจากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัด แคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัด แคดเมียมได้ 0.0000% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 0.0766% ใน Pore Volume ที่ 15 ใน การกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นจึงมี แนวโน้มว่าการเพิ่ม จำนวนครั้งในการชะล้างจะมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกมาได้มากขึ้น หลังจากชะล้างดินครบ 15 PV พบว่าเหลือแคดเมียมในดิน 2.08 mg/kg ซึ่งอยู่ในระดับ (A) ดังแสดง ในตารางที่ 14 และหลังจากบำบัดดินด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าดินมี ความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 2.78) โดยลดลงจาก pH 7.71 ดังนั้นอาจจะต้องแก้ไขโดยการเติมปูนในดิน เพื่อปรับสภาพ pH ให้ เหมาะสมต่อการปลูกพืช

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (Removal) จุดที่ 2 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

Pore Volume	Removal (%)	
	ชนิดดิน (จุดที่ 2)	
	ดินบน (0-15 cm.)	ดินล่าง (15-30 cm.)
1	0.0006g	0.0000j
2	0.0006g	0.0000j
3	0.0007g	0.0000j
4	0.0007g	0.0000j
5	0.0029g	0.0002j
6	0.0060fg	0.0008j
7	0.0118fg	0.0037i
8	0.0190efg	0.0068h
9	0.0289efg	0.0105g
10	0.0390ef	0.0124f
11	0.0500de	0.0173e
12	0.0768d	0.0261d
13	0.1246c	0.0354c
14	0.4373b	0.0553b
15	1.1037a	0.0766a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสดมภ์เดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 2 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3) ดินจุดที่ 3 (ดินบริเวณหมู่บ้านพะเด๊ะ)

1. ดินบน (0-15 ซม.)

ดินในจุดที่ 1 ดินบนมีการปนเปื้อนแคดเมียม 39 mg/kg ผลการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 และภาพที่ 6 จากการศึกษาการชะล้างดินเพื่อกำจัดแคดเมียมจากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัดแคดเมียมได้ 0.0000% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 0.0653% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นมีแนวโน้มว่า การเพิ่มจำนวนครั้งที่ชะล้างดินมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกมาได้มากขึ้น หลังจากชะล้างดินครบ 15 PV พบว่าเหลือแคดเมียมในดิน 38.83 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ (C) ดังแสดงในตารางที่ 14 และหลังจากบำบัดดินด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าดินมี เป็นกรดถึงกรดรุนแรง (pH 3.29) โดยลดลงจาก pH 8.37 ดังนั้นอาจจะต้องแก้ไขโดยการเติมปูนเพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

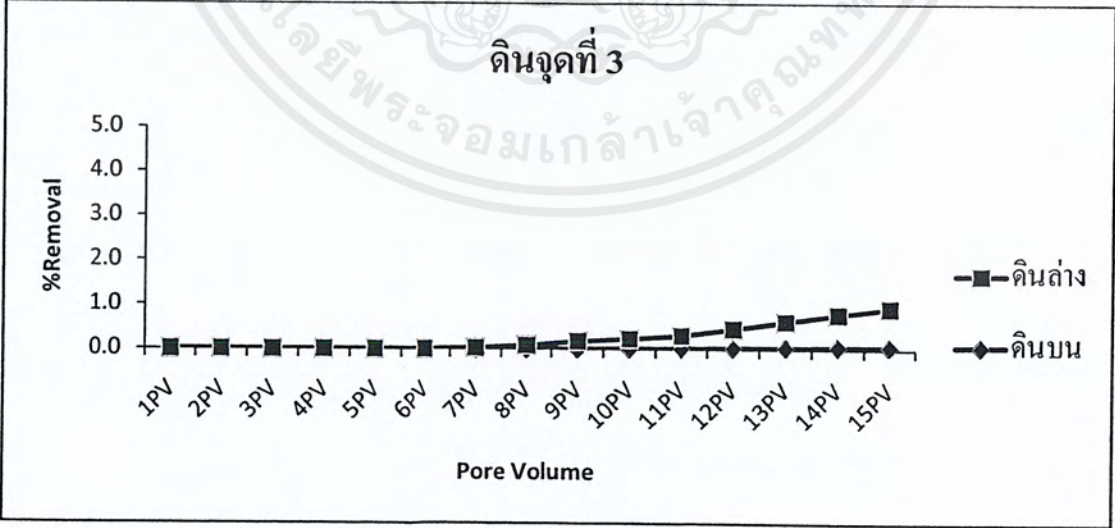
2. ดินล่าง (15-30 ซม.)

ดินจุดที่ 2 ดินล่างมีการปนเปื้อนแคดเมียม 94 mg/kg ผลการทดลองบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 12 และภาพที่ 6 จากการศึกษาการชะล้างดินเพื่อกำจัดแคดเมียมจากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัดแคดเมียมได้ 0.001% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 0.8730% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นมีแนวโน้มว่าการเพิ่มจำนวนครั้งของการชะล้างมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกจากดินได้มากขึ้น หลังจากชะล้างดินครบ 15 PV พบว่าเหลือแคดเมียมในดิน 93.07 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ (C) ดังแสดงในตารางที่ 14 และหลังจากบำบัดด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.91) โดยลดลงจาก pH 8.40 ดังนั้นอาจจะต้องแก้ไขโดยการเติมปูนในดิน เพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

ตารางที่ 12 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (Removal) จุดที่ 3 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

Pore Volume	Removal (%)	
	ชนิดดิน (จุดที่ 3)	
	ดินบน (0-15 cm.)	ดินล่าง (15-30 cm.)
1	0.0000i	0.0001i
2	0.0001i	0.0002i
3	0.0001i	0.0003i
4	0.0002i	0.0004i
5	0.0008i	0.0007i
6	0.0008i	0.0023i
7	0.0009i	0.0291i
8	0.0038h	0.0819h
9	0.0074g	0.1778g
10	0.0138f	0.2227f
11	0.0216e	0.2885e
12	0.0362d	0.4312d
13	0.0456c	0.5832c
14	0.0555b	0.7360b
15	0.0653a	0.8730a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสมมุติเดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 3 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

4.4) ดินจุดที่ 4 (ห่างจากลำห้วยแม่ดาว ประมาณ 100 เมตร, จุดอ้างอิง)

1. ดินบน (0-15 ซม.)

ดินในจุดที่ 4 ดินบนมีการปนเปื้อนแคดเมียม 5 mg/kg ผลการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 และภาพที่ 7 จากการศึกษาการชะล้างดินเพื่อกำจัดแคดเมียมจากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัดแคดเมียมได้ 0.0000% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 0.0673% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นมีแนวโน้มว่า การเพิ่มจำนวนครั้งที่ชะล้างดินมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกมาได้มากขึ้น หลังจากชะล้างดินครบ 15 PV พบว่าเหลือแคดเมียมในดิน 3.65 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ (A) ดังแสดงในตารางที่ 14 และหลังจากบำบัดดินด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าดินมี เป็นกรดรุนแรง (pH 2.54) โดยลดลงจาก pH 7.14 ดังนั้นอาจจะต้องแก้ไขโดยการเติมปูนเพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

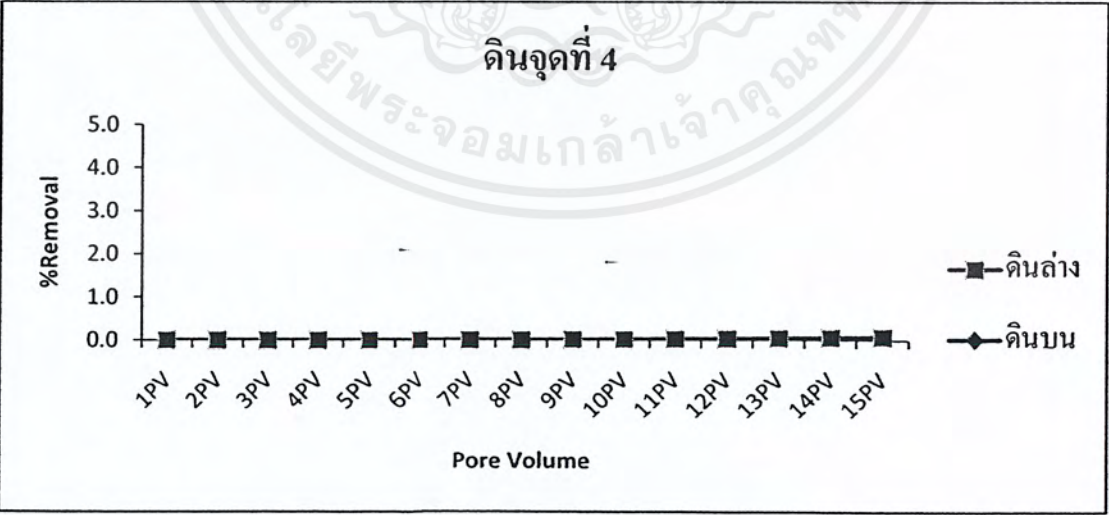
2. ดินล่าง (15-30 ซม.)

ในดินจุดที่ 4 ดินบนมีการปนเปื้อนแคดเมียม 4 mg/kg ผลการบำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียม โดยใช้ความเข้มข้น 0.2 N FeCl_3 เป็นน้ำยาสกัดได้แสดงไว้ในตารางที่ 13 และภาพที่ 7 จากการศึกษาการชะล้างดินเพื่อกำจัดแคดเมียมจากดินที่ปนเปื้อนพบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดแคดเมียมเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย เมื่อเพิ่มน้ำยาสกัดในแต่ละ Pore Volume โดยพบว่าสามารถกำจัดแคดเมียมได้ 0.0000% ใน Pore Volume ที่ 1 และเพิ่มสูงสุด 0.0082% ใน Pore Volume ที่ 15 ในการกำจัดแคดเมียมออกจากดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังนั้นมีแนวโน้มว่าการเพิ่มจำนวนครั้งของการชะล้างมีโอกาสที่จะกำจัดแคดเมียมออกจากดินได้มากขึ้น หลังจากชะล้างดินครบ 15 PV พบว่าเหลือแคดเมียมในดิน 3.80 mg/kg ซึ่งเป็นระดับที่ (A) ดังแสดงในตารางที่ 14 และหลังจากบำบัดด้วย 0.2 N FeCl_3 แล้วพบว่าดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 2.54) โดยลดลงจาก pH 6.87 ดังนั้นอาจจะต้องแก้ไขโดยการเติมปูนในดิน เพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช

ตารางที่ 13 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดิน (%Removal) จุดที่ 4 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

Pore Volume	Removal (%)	
	ชนิดดิน (จุดที่ 4)	
	ดินบน (0-15 cm.)	ดินล่าง (15-30 cm.)
1	0.0000i	0.0000i
2	0.0000i	0.0000i
3	0.0000i	0.0000i
4	0.0000i	0.0000i
5	0.0005i	0.0000i
6	0.0008i	0.0006hi
7	0.0015hi	0.0012gh
8	0.0028h	0.0017g
9	0.0104g	0.0024f
10	0.0180f	0.0031ef
11	0.0259e	0.0038e
12	0.0352d	0.0048d
13	0.0464c	0.0055c
14	0.0577b	0.0063b
15	0.0673a	0.0082a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในสมมุติเดียวกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยวิธี DMRT



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพในการสกัด Cd ออกจากดินจุดที่ 4 โดยใช้ FeCl₃ ในการสกัด

ตารางที่ 14 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในดินทั้ง 4 จุด ในการพิจารณา

Soil	Dept (cm.)	ระดับการปนเปื้อน		
		A*	B	C
Soil - 1	0-15	≤ 17.06	17.07-20	≥ 20
	15-30	≤ 5.90	5.91-20	≥ 20
Soil - 2	0-15	≤ 13.41	13.42-20	≥ 20
	15-30	≤ 3.90	3.91-20	≥ 20
Soil - 3	0-15	< 8.07	8.08-20	≥ 20
	15-30	≤ 6.52	6.53-20	≥ 20
Soil - 4	0-15	≤ 9.38	9.39-20	≥ 20
	15-30	≤ 8.50	8.51-20	≥ 20
A* = 0.4+0.007 (L+3H); L = Clay (%), H = OM (%) ; ดัดแปลงจาก Forster (1994)		A = ปริมาณที่พบในดินทั่วไป B = ปริมาณที่ควรเฝ้าระวัง C = ปริมาณที่เกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด		

ตารางที่ 15 ปริมาณแคดเมียมในดินที่เหลือหลังจากการบำบัดโดยเทคนิคการชะล้างดิน

Soil	Dept (cm.)	Cd remained in soil (mg/kg ⁻¹)
Soil - 1	0-15	70.31(C)
	15-30	128.34(C)
Soil - 2	0-15	30.90(C)
	15-30	3.85(A)
Soil - 3	0-15	38.68(C)
	15-30	93.26(C)
Soil - 4	0-15	4.68(A)
	15-30	3.76(A)

หมายเหตุ : 1) ตัวอักษรใน () แสดงถึงปริมาณแคดเมียมที่ควรเฝ้าระวังตามมาตรฐานระดับการปนเปื้อนในดินและแหล่งน้ำใต้ดินของประเทศเนเธอร์แลนด์ (20 mg/kg⁻¹)
2) A = ปริมาณที่พบในดินทั่วไป
B = ปริมาณที่ควรเฝ้าระวัง
C = ปริมาณที่เกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) หลังผ่านการบำบัดโดยเทคนิคการชะล้างดิน

ชนิดดิน	Rep.	pH ก่อนบำบัด	pH หลังบำบัด
ดิน 1 บน	1	7.56	2.63
	2		2.66
	3		2.38
	4		2.45
ดิน 1 ล่าง	1	7.69	2.71
	2		2.72
	3		2.43
	4		2.42
ดิน 2 บน	1	8.36	2.71
	2		2.66
	3		2.45
	4		2.46
ดิน 2 ล่าง	1	7.14	2.64
	2		2.86
	3		2.8
	4		2.82
ดิน 3 บน	1	8.29	4.02
	2		2.77
	3		3.9
	4		2.48
ดิน 3 ล่าง	1	7.70	3.21
	2		3.05
	3		4.38
	4		5.01
ดิน 4 บน	1	8.40	2.63
	2		2.55
	3		2.5
	4		2.49
ดิน 4 ล่าง	1	6.86	2.58
	2		2.63
	3		2.47
	4		2.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินบริเวณบ้านพะเด๊ะ ต.พระธาตุผาแดง อ. แม่สอด จ.ตาก พบว่าจากตัวอย่างดิน 4 จุด ส่วนใหญ่จะเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง, ดินร่วนเหนียว, ดินร่วนปนทราย และ ดินร่วน ซึ่งพบว่าในจุดที่ 1 มีความหนาแน่นรวมสูงที่สุด 1.03 g/cm^3 และค่าความชื้น 95.44% สูงกว่าดินในจุดอื่นๆ ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่เป็นด่างเล็กน้อยถึงปานกลาง และมีบางจุดที่มีความเป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง ส่วนค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ดินทั้ง 4 จุดมีค่าอยู่ในช่วงต่ำถึงสูงมาก ส่วนค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ดินทั้ง 4 จุดมีค่าอยู่ในช่วงที่ค่อนข้างต่ำถึงสูง ส่วนค่าด่างที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable base) ของดินทั้ง 4 จุดนั้น Ca มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูงมาก Mg มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำถึงต่ำมาก K มีค่าอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูงมากและ Na มีค่าอยู่ในช่วงที่ต่ำถึงต่ำมาก ค่า P มีค่าอยู่ในช่วงค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง โดยค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (%BS) ของดินทั้ง 4 จุดนั้น มีค่าอยู่ในช่วงที่สูงถึงสูงมาก และค่าปริมาณแคดเมียมที่มีอยู่ในดินทั้งหมดมีค่าที่สูง (4-131 mg/kg) ควรได้รับการบำบัด

จากการศึกษาการชะล้างดินโดยใช้ 0.2 N Ferric Chloride (FeCl_3) ในการสกัดแคดเมียมออกจากดิน พบว่าในดินจุดที่ 1 พบว่าดินบนสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 0.1986% ส่วนดินล่างสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 1.6687% หลังจากการบำบัดพบว่าแคดเมียมออกจากดินพบว่า ในดินบนมี Cd เหลืออยู่ 70.72 mg/kg ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่พบเกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด (C) และในดินล่างมี Cd เหลืออยู่ 129.73 mg/kg ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่พบเกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด (C) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับที่เป็นกรดรุนแรง (pH2.38-2.72)

ในดินจุดที่ 2 พบว่าดินบนสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 1.1037% ส่วนดินล่างสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 0.0766% หลังจากการบำบัดพบว่า ในดินบนมี Cd เหลืออยู่ 28.55 mg/kg ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่พบเกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด (C) และในดินล่างมี Cd เหลืออยู่ 2.08 mg/kg ซึ่งเป็นปริมาณที่พบในดินทั่วไป (A) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับที่เป็นกรดรุนแรง (pH2.42-2.86)

ในดินจุดที่ 3 พบว่าดินบนสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 0.0653% ส่วนดินล่างสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 0.8730% หลังจากการบำบัดพบว่าในดินบนมี Cd เหลืออยู่ 38.83 mg/kg ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่พบเกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด (C) และในดินล่างมี Cd เหลืออยู่ 93.07 mg/kg ซึ่งปริมาณแคดเมียมที่พบเกินมาตรฐานควรได้รับการบำบัด (C) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับที่เป็นกรดถึงกรดรุนแรง (pH2.48-5.01)

ในดินจุดที่ 4 พบว่าดินบนสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 0.0673% ส่วนดินล่างสามารถสกัด Cd ออกมาได้ 0.0082% หลังจากการบำบัดพบว่า ในดินบนมี Cd เหลืออยู่ 3.65 mg/kg ซึ่งเป็นปริมาณที่พบในดินทั่วไป (A) และในดินล่างมี Cd เหลืออยู่ 129.73 mg/kg ซึ่งเป็นปริมาณที่พบในดินทั่วไป (A) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับที่เป็นกรดรุนแรง (pH 2.47-2.63)

ดังนั้นจึงมีแนวโน้มว่าการเพิ่มจำนวนครั้งในการชะล้างดินจะมีโอกาสที่จะสกัดแคดเมียมออกมาได้มากขึ้น และหลังจากการบำบัดดินครบ 15 PV แล้วพบว่าดินมีความเป็นกรดรุนแรงมาก จึงอาจจะต้องมีการแก้ไขโดยการเติมปูนลงในดิน เพื่อปรับสภาพ pH ให้เหมาะสมต่อการปลูกพืช



เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. 2552. แผนที่แสดงอำเภอแม่สอด.

จรัญ คำหัน. 2551. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการสกัดแคดเมียมออกจากดินด้วยเทคนิคการล้างดินโดยใช้ EDTA เป็นน้ำยาสกัด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

คมสรว ศิริติกุล และ ปณัดดา รุจะศิริ. 2547. การล้างดินที่ปนเปื้อนโลหะหนักโดยใช้โซเดียม EDTA. โครงการพิเศษส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ทัตพล แจ่มจำรัส. 2551. การกำจัดแคดเมียมออกจากดินที่ปนเปื้อนด้วยน้ำยาสกัดแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) โดยใช้เทคนิคการล้างดินร่วมกับใช้อุลตราโซนิก. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

มนตรี ไข่แก้ว. 2543. รูปแบบและการสะสมปริมาณตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดงในน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุมิตรา กูวโรดม. 2550. วิชาวิเคราะห์ดินและพืช. เอกสารประกอบการเรียนการสอน, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกภพ เกื้อมณี. 2552. การสกัดแคดเมียม (Cd) ออกจากดินด้วยเทคนิคการชะล้างดิน (Soil Flushing) โดยใช้ EDTA เป็นน้ำยาสกัด. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Allen.,H , Huang.,C.,Bailey.,G and Bower.,A. 1994. Metal Speciation and Contamination of soil. Lewis Publishers an imprint of CRC Press, United States of American.

Nukoon Tawinteung. 2004. Physico-Chemical Technique, Soil Washing and Soil Flushing for remediation of lead contaminatinated soil. Degree of doctor. Asian Institute of Technology.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 ดินจุดที่ 1 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
1	ดิน 1 (0-15)	1	1	235	0.001	1	30	0.0001
2	ดิน 1 (0-15)	1	2	235	0.001	1	30	0.0001
3	ดิน 1 (0-15)	1	3	235	0.001	1	30	0.0001
4	ดิน 1 (0-15)	1	4	235	0.001	1	30	0.0001
5	ดิน 1 (0-15)	2	1	235	0.001	1	30	0.0001
6	ดิน 1 (0-15)	2	2	235	0.001	1	30	0.0001
7	ดิน 1 (0-15)	2	3	235	0.001	1	30	0.0001
8	ดิน 1 (0-15)	2	4	235	0.001	1	30	0.0001
9	ดิน 1 (0-15)	3	1	235	0.001	1	30	0.0001
10	ดิน 1 (0-15)	3	2	235	0.001	1	30	0.0001
11	ดิน 1 (0-15)	3	3	235	0.001	1	30	0.0001
12	ดิน 1 (0-15)	3	4	235	0.001	1	30	0.0001
13	ดิน 1 (0-15)	4	1	235	0.001	1	30	0.0001
14	ดิน 1 (0-15)	4	2	235	0.001	1	30	0.0001
15	ดิน 1 (0-15)	4	3	235	0.001	1	30	0.0001
16	ดิน 1 (0-15)	4	4	235	0.001	1	30	0.0001
17	ดิน 1 (0-15)	5	1	235	0.027	1	30	0.0034
18	ดิน 1 (0-15)	5	2	235	0.032	1	30	0.0041
19	ดิน 1 (0-15)	5	3	235	0.030	1	30	0.0038
20	ดิน 1 (0-15)	5	4	235	0.025	1	30	0.0032
21	ดิน 1 (0-15)	6	1	235	0.316	1	30	0.0403
22	ดิน 1 (0-15)	6	2	235	0.324	1	30	0.0414
23	ดิน 1 (0-15)	6	3	235	0.327	1	30	0.0417
24	ดิน 1 (0-15)	6	4	235	0.335	1	30	0.0428
25	ดิน 1 (0-15)	7	1	235	0.291	1	30	0.0371
26	ดิน 1 (0-15)	7	2	235	0.283	1	30	0.0361
27	ดิน 1 (0-15)	7	3	235	0.276	1	30	0.0352
28	ดิน 1 (0-15)	7	4	235	0.272	1	30	0.0347

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
29	ดิน 1 (0-15)	8	1	235	0.367	1	30	0.0469
30	ดิน 1 (0-15)	8	2	235	0.323	1	30	0.0412
31	ดิน 1 (0-15)	8	3	235	0.343	1	30	0.0438
32	ดิน 1 (0-15)	8	4	235	0.352	1	30	0.0449
33	ดิน 1 (0-15)	9	1	235	0.410	1	30	0.0523
34	ดิน 1 (0-15)	9	2	235	0.424	1	30	0.0541
35	ดิน 1 (0-15)	9	3	235	0.421	1	30	0.0537
36	ดิน 1 (0-15)	9	4	235	0.443	1	30	0.0566
37	ดิน 1 (0-15)	10	1	235	0.156	1	30	0.0199
38	ดิน 1 (0-15)	10	2	235	0.143	1	30	0.0183
39	ดิน 1 (0-15)	10	3	235	0.151	1	30	0.0193
40	ดิน 1 (0-15)	10	4	235	0.147	1	30	0.0188
41	ดิน 1 (0-15)	11	1	235	0.253	1	30	0.0323
42	ดิน 1 (0-15)	11	2	235	0.242	1	30	0.0309
43	ดิน 1 (0-15)	11	3	235	0.249	1	30	0.0318
44	ดิน 1 (0-15)	11	4	235	0.238	1	30	0.0304
45	ดิน 1 (0-15)	12	1	235	0.025	1	30	0.0032
46	ดิน 1 (0-15)	12	2	235	0.029	1	30	0.0037
47	ดิน 1 (0-15)	12	3	235	0.024	1	30	0.0031
48	ดิน 1 (0-15)	12	4	235	0.021	1	30	0.0027
49	ดิน 1 (0-15)	13	1	235	0.086	1	30	0.0110
50	ดิน 1 (0-15)	13	2	235	0.076	1	30	0.0097
51	ดิน 1 (0-15)	13	3	235	0.079	1	30	0.0101
52	ดิน 1 (0-15)	13	4	235	0.085	1	30	0.0109
53	ดิน 1 (0-15)	14	1	235	0.049	1	30	0.0063
54	ดิน 1 (0-15)	14	2	235	0.041	1	30	0.0052
55	ดิน 1 (0-15)	14	3	235	0.053	1	30	0.0068
56	ดิน 1 (0-15)	14	4	235	0.046	1	30	0.0059
57	ดิน 1 (0-15)	15	1	235	0.047	1	30	0.0060
58	ดิน 1 (0-15)	15	2	235	0.050	1	30	0.0064
59	ดิน 1 (0-15)	15	3	235	0.410	1	30	0.0523
60	ดิน 1 (0-15)	15	4	235	0.430	1	30	0.0549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ดินจุดที่ 1 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
61	ดิน 1 (15-30)	1	1	283	0.001	1	25	0.0001
62	ดิน 1 (15-30)	1	2	283	0.001	1	25	0.0001
63	ดิน 1 (15-30)	1	3	283	0.001	1	25	0.0001
64	ดิน 1 (15-30)	1	4	283	0.001	1	25	0.0001
65	ดิน 1 (15-30)	2	1	283	0.001	1	25	0.0001
66	ดิน 1 (15-30)	2	2	283	0.001	1	25	0.0001
67	ดิน 1 (15-30)	2	3	283	0.001	1	25	0.0001
68	ดิน 1 (15-30)	2	4	283	0.001	1	25	0.0001
69	ดิน 1 (15-30)	3	1	283	0.046	1	25	0.0041
70	ดิน 1 (15-30)	3	2	283	0.043	1	25	0.0038
71	ดิน 1 (15-30)	3	3	283	0.049	1	25	0.0043
72	ดิน 1 (15-30)	3	4	283	0.041	1	25	0.0036
73	ดิน 1 (15-30)	4	1	283	0.001	1	25	0.0001
74	ดิน 1 (15-30)	4	2	283	0.001	1	25	0.0001
75	ดิน 1 (15-30)	4	3	283	0.001	1	25	0.0001
76	ดิน 1 (15-30)	4	4	283	0.001	1	25	0.0001
77	ดิน 1 (15-30)	5	1	283	0.001	1	25	0.0001
78	ดิน 1 (15-30)	5	2	283	0.001	1	25	0.0001
79	ดิน 1 (15-30)	5	3	283	0.001	1	25	0.0001
80	ดิน 1 (15-30)	5	4	283	0.001	1	25	0.0001
81	ดิน 1 (15-30)	6	1	283	0.585	1	25	0.0517
82	ดิน 1 (15-30)	6	2	283	0.576	1	25	0.0509
83	ดิน 1 (15-30)	6	3	283	0.622	1	25	0.0549
84	ดิน 1 (15-30)	6	4	283	0.562	1	25	0.0496
85	ดิน 1 (15-30)	7	1	283	1.138	1	25	0.1005
86	ดิน 1 (15-30)	7	2	283	1.035	1	25	0.0914
87	ดิน 1 (15-30)	7	3	283	1.206	1	25	0.1065
88	ดิน 1 (15-30)	7	4	283	1.174	1	25	0.1037

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
89	ดิน 1 (15-30)	8	1	283	1.203	1	25	0.1063
90	ดิน 1 (15-30)	8	2	283	1.795	1	25	0.1586
91	ดิน 1 (15-30)	8	3	283	1.485	1	25	0.1312
92	ดิน 1 (15-30)	8	4	283	1.290	1	25	0.1140
93	ดิน 1 (15-30)	9	1	283	0.245	10	25	0.2164
94	ดิน 1 (15-30)	9	2	283	0.287	10	25	0.2535
95	ดิน 1 (15-30)	9	3	283	0.276	10	25	0.2438
96	ดิน 1 (15-30)	9	4	283	0.267	10	25	0.2359
97	ดิน 1 (15-30)	10	1	283	1.721	1	25	0.1520
98	ดิน 1 (15-30)	10	2	283	1.385	1	25	0.1223
99	ดิน 1 (15-30)	10	3	283	1.419	1	25	0.1254
100	ดิน 1 (15-30)	10	4	283	1.537	1	25	0.1358
101	ดิน 1 (15-30)	11	1	283	1.522	1	25	0.1345
102	ดิน 1 (15-30)	11	2	283	1.700	1	25	0.1502
103	ดิน 1 (15-30)	11	3	283	1.217	1	25	0.1075
104	ดิน 1 (15-30)	11	4	283	1.451	1	25	0.1282
105	ดิน 1 (15-30)	12	1	283	1.548	1	25	0.1367
106	ดิน 1 (15-30)	12	2	283	1.481	1	25	0.1308
107	ดิน 1 (15-30)	12	3	283	1.145	1	25	0.1011
108	ดิน 1 (15-30)	12	4	283	1.233	1	25	0.1089
109	ดิน 1 (15-30)	13	1	283	1.503	1	25	0.1328
110	ดิน 1 (15-30)	13	2	283	1.525	1	25	0.1347
111	ดิน 1 (15-30)	13	3	283	1.691	1	25	0.1494
112	ดิน 1 (15-30)	13	4	283	1.148	1	25	0.1014
113	ดิน 1 (15-30)	14	1	283	1.484	1	25	0.1311
114	ดิน 1 (15-30)	14	2	283	1.431	1	25	0.1264
115	ดิน 1 (15-30)	14	3	283	1.451	1	25	0.1282
116	ดิน 1 (15-30)	14	4	283	1.497	1	25	0.1322
117	ดิน 1 (15-30)	15	1	283	1.420	1	25	0.1254
118	ดิน 1 (15-30)	15	2	283	1.139	1	25	0.1006
119	ดิน 1 (15-30)	15	3	283	1.350	1	25	0.1193
120	ดิน 1 (15-30)	15	4	283	1.061	1	25	0.0937

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ดินจุดที่ 2 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
121	ดิน 2 (0-15)	1	1	235	0.015	1	30	0.0019
122	ดิน 2 (0-15)	1	2	235	0.012	1	30	0.0015
123	ดิน 2 (0-15)	1	3	235	0.019	1	30	0.0024
124	ดิน 2 (0-15)	1	4	235	0.011	1	30	0.0014
125	ดิน 2 (0-15)	2	1	235	0.001	1	30	0.0001
126	ดิน 2 (0-15)	2	2	235	0.001	1	30	0.0001
127	ดิน 2 (0-15)	2	3	235	0.001	1	30	0.0001
128	ดิน 2 (0-15)	2	4	235	0.001	1	30	0.0001
129	ดิน 2 (0-15)	3	1	235	0.001	1	30	0.0001
130	ดิน 2 (0-15)	3	2	235	0.001	1	30	0.0001
131	ดิน 2 (0-15)	3	3	235	0.001	1	30	0.0001
132	ดิน 2 (0-15)	3	4	235	0.001	1	30	0.0001
133	ดิน 2 (0-15)	4	1	235	0.001	1	30	0.0001
134	ดิน 2 (0-15)	4	2	235	0.001	1	30	0.0001
135	ดิน 2 (0-15)	4	3	235	0.001	1	30	0.0001
136	ดิน 2 (0-15)	4	4	235	0.001	1	30	0.0001
137	ดิน 2 (0-15)	5	1	235	0.056	1	30	0.0071
138	ดิน 2 (0-15)	5	2	235	0.041	1	30	0.0052
139	ดิน 2 (0-15)	5	3	235	0.053	1	30	0.0068
140	ดิน 2 (0-15)	5	4	235	0.061	1	30	0.0078
141	ดิน 2 (0-15)	6	1	235	0.065	1	30	0.0083
142	ดิน 2 (0-15)	6	2	235	0.062	1	30	0.0079
143	ดิน 2 (0-15)	6	3	235	0.077	1	30	0.0098
144	ดิน 2 (0-15)	6	4	235	0.104	1	30	0.0133
145	ดิน 2 (0-15)	7	1	235	0.189	1	30	0.0241
146	ดิน 2 (0-15)	7	2	235	0.143	1	30	0.0183
147	ดิน 2 (0-15)	7	3	235	0.125	1	30	0.0160
148	ดิน 2 (0-15)	7	4	235	0.109	1	30	0.0139

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
149	ดิน 2 (0-15)	8	1	235	0.168	1	30	0.0214
150	ดิน 2 (0-15)	8	2	235	0.178	1	30	0.0227
151	ดิน 2 (0-15)	8	3	235	0.203	1	30	0.0259
152	ดิน 2 (0-15)	8	4	235	0.159	1	30	0.0203
153	ดิน 2 (0-15)	9	1	235	0.223	1	30	0.0285
154	ดิน 2 (0-15)	9	2	235	0.242	1	30	0.0309
155	ดิน 2 (0-15)	9	3	235	0.284	1	30	0.0363
156	ดิน 2 (0-15)	9	4	235	0.218	1	30	0.0278
157	ดิน 2 (0-15)	10	1	235	0.224	1	30	0.0286
158	ดิน 2 (0-15)	10	2	235	0.208	1	30	0.0266
159	ดิน 2 (0-15)	10	3	235	0.253	1	30	0.0323
160	ดิน 2 (0-15)	10	4	235	0.304	1	30	0.0388
161	ดิน 2 (0-15)	11	1	235	0.244	1	30	0.0311
162	ดิน 2 (0-15)	11	2	235	0.287	1	30	0.0366
163	ดิน 2 (0-15)	11	3	235	0.272	1	30	0.0347
164	ดิน 2 (0-15)	11	4	235	0.277	1	30	0.0354
165	ดิน 2 (0-15)	12	1	235	0.635	1	30	0.0811
166	ดิน 2 (0-15)	12	2	235	0.659	1	30	0.0841
167	ดิน 2 (0-15)	12	3	235	0.647	1	30	0.0826
168	ดิน 2 (0-15)	12	4	235	0.682	1	30	0.0871
169	ดิน 2 (0-15)	13	1	235	1.077	1	30	0.1375
170	ดิน 2 (0-15)	13	2	235	1.214	1	30	0.1550
171	ดิน 2 (0-15)	13	3	235	1.392	1	30	0.1777
172	ดิน 2 (0-15)	13	4	235	0.997	1	30	0.1273
173	ดิน 2 (0-15)	14	1	235	0.758	10	30	0.9677
174	ดิน 2 (0-15)	14	2	235	0.645	10	30	0.8234
175	ดิน 2 (0-15)	14	3	235	0.911	10	30	1.1630
176	ดิน 2 (0-15)	14	4	235	0.748	10	30	0.9549
177	ดิน 2 (0-15)	15	1	235	1.669	10	30	2.1306
178	ดิน 2 (0-15)	15	2	235	1.594	10	30	2.0349
179	ดิน 2 (0-15)	15	3	235	1.673	10	30	2.1357
180	ดิน 2 (0-15)	15	4	235	1.589	10	30	2.0285

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 ดินจุดที่ 2 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
181	ดิน 2 (15-30)	1	1	283	0.002	1	20	0.0001
182	ดิน 2 (15-30)	1	2	283	0.002	1	20	0.0001
183	ดิน 2 (15-30)	1	3	283	0.002	1	20	0.0001
184	ดิน 2 (15-30)	1	4	283	0.002	1	20	0.0001
185	ดิน 2 (15-30)	2	1	283	0.002	1	20	0.0001
186	ดิน 2 (15-30)	2	2	283	0.002	1	20	0.0001
187	ดิน 2 (15-30)	2	3	283	0.002	1	20	0.0001
188	ดิน 2 (15-30)	2	4	283	0.002	1	20	0.0001
189	ดิน 2 (15-30)	3	1	283	0.002	1	20	0.0001
190	ดิน 2 (15-30)	3	2	283	0.002	1	20	0.0001
191	ดิน 2 (15-30)	3	3	283	0.002	1	20	0.0001
192	ดิน 2 (15-30)	3	4	283	0.002	1	20	0.0001
193	ดิน 2 (15-30)	4	1	283	0.002	1	20	0.0001
194	ดิน 2 (15-30)	4	2	283	0.002	1	20	0.0001
195	ดิน 2 (15-30)	4	3	283	0.002	1	20	0.0001
196	ดิน 2 (15-30)	4	4	283	0.002	1	20	0.0001
197	ดิน 2 (15-30)	5	1	283	0.044	1	20	0.0031
198	ดิน 2 (15-30)	5	2	283	0.051	1	20	0.0036
199	ดิน 2 (15-30)	5	3	283	0.047	1	20	0.0033
200	ดิน 2 (15-30)	5	4	283	0.041	1	20	0.0029
201	ดิน 2 (15-30)	6	1	283	0.216	1	20	0.0153
202	ดิน 2 (15-30)	6	2	283	0.211	1	20	0.0149
203	ดิน 2 (15-30)	6	3	283	0.223	1	20	0.0158
204	ดิน 2 (15-30)	6	4	283	0.214	1	20	0.0151
205	ดิน 2 (15-30)	7	1	283	1.089	1	20	0.0770
206	ดิน 2 (15-30)	7	2	283	1.012	1	20	0.0715
207	ดิน 2 (15-30)	7	3	283	1.105	1	20	0.0781
208	ดิน 2 (15-30)	7	4	283	1.023	1	20	0.0723

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
209	ดิน 2 (15-30)	8	1	283	1.150	1	20	0.0813
210	ดิน 2 (15-30)	8	2	283	1.017	1	20	0.0719
211	ดิน 2 (15-30)	8	3	283	1.021	1	20	0.0722
212	ดิน 2 (15-30)	8	4	283	1.120	1	20	0.0792
213	ดิน 2 (15-30)	9	1	283	1.350	1	20	0.0954
214	ดิน 2 (15-30)	9	2	283	1.261	1	20	0.0891
215	ดิน 2 (15-30)	9	3	283	1.316	1	20	0.0930
216	ดิน 2 (15-30)	9	4	283	1.325	1	20	0.0936
217	ดิน 2 (15-30)	10	1	283	0.612	1	20	0.0433
218	ดิน 2 (15-30)	10	2	283	0.637	1	20	0.0450
219	ดิน 2 (15-30)	10	3	283	0.694	1	20	0.0490
220	ดิน 2 (15-30)	10	4	283	0.641	1	20	0.0453
221	ดิน 2 (15-30)	11	1	283	1.757	1	20	0.1242
222	ดิน 2 (15-30)	11	2	283	1.743	1	20	0.1232
223	ดิน 2 (15-30)	11	3	283	1.753	1	20	0.1239
224	ดิน 2 (15-30)	11	4	283	1.719	1	20	0.1215
225	ดิน 2 (15-30)	12	1	283	0.297	10	20	0.2099
226	ดิน 2 (15-30)	12	2	283	0.327	10	20	0.2311
227	ดิน 2 (15-30)	12	3	283	0.288	10	20	0.2035
228	ดิน 2 (15-30)	12	4	283	0.343	10	20	0.2424
229	ดิน 2 (15-30)	13	1	283	0.338	10	20	0.2389
230	ดิน 2 (15-30)	13	2	283	0.306	10	20	0.2163
231	ดิน 2 (15-30)	13	3	283	0.319	10	20	0.2254
232	ดิน 2 (15-30)	13	4	283	0.347	10	20	0.2452
233	ดิน 2 (15-30)	14	1	283	0.753	10	20	0.5322
234	ดิน 2 (15-30)	14	2	283	0.738	10	20	0.5216
235	ดิน 2 (15-30)	14	3	283	0.628	10	20	0.4438
236	ดิน 2 (15-30)	14	4	283	0.703	10	20	0.4968
237	ดิน 2 (15-30)	15	1	283	0.735	10	20	0.5194
238	ดิน 2 (15-30)	15	2	283	0.758	10	20	0.5357
239	ดิน 2 (15-30)	15	3	283	0.763	10	20	0.5392
240	ดิน 2 (15-30)	15	4	283	0.753	10	20	0.5322

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ดินจุดที่ 3 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
241	ดิน 3 (0-15)	1	1	306	0.002	1	20	0.0001
242	ดิน 3 (0-15)	1	2	306	0.002	1	20	0.0001
243	ดิน 3 (0-15)	1	3	306	0.002	1	20	0.0001
244	ดิน 3 (0-15)	1	4	306	0.002	1	20	0.0001
245	ดิน 3 (0-15)	2	1	306	0.002	1	20	0.0001
246	ดิน 3 (0-15)	2	2	306	0.002	1	20	0.0001
247	ดิน 3 (0-15)	2	3	306	0.002	1	20	0.0001
248	ดิน 3 (0-15)	2	4	306	0.002	1	20	0.0001
249	ดิน 3 (0-15)	3	1	306	0.002	1	20	0.0001
250	ดิน 3 (0-15)	3	2	306	0.002	1	20	0.0001
251	ดิน 3 (0-15)	3	3	306	0.002	1	20	0.0001
252	ดิน 3 (0-15)	3	4	306	0.002	1	20	0.0001
253	ดิน 3 (0-15)	4	1	306	0.002	1	20	0.0001
254	ดิน 3 (0-15)	4	2	306	0.002	1	20	0.0001
255	ดิน 3 (0-15)	4	3	306	0.002	1	20	0.0001
256	ดิน 3 (0-15)	4	4	306	0.002	1	20	0.0001
257	ดิน 3 (0-15)	5	1	306	0.025	1	20	0.0016
258	ดิน 3 (0-15)	5	2	306	0.029	1	20	0.0019
259	ดิน 3 (0-15)	5	3	306	0.020	1	20	0.0013
260	ดิน 3 (0-15)	5	4	306	0.017	1	20	0.0011
261	ดิน 3 (0-15)	6	1	306	0.002	1	20	0.0001
262	ดิน 3 (0-15)	6	2	306	0.002	1	20	0.0001
263	ดิน 3 (0-15)	6	3	306	0.002	1	20	0.0001
264	ดิน 3 (0-15)	6	4	306	0.002	1	20	0.0001
265	ดิน 3 (0-15)	7	1	306	0.003	1	20	0.0002
266	ดิน 3 (0-15)	7	2	306	0.002	1	20	0.0001
267	ดิน 3 (0-15)	7	3	306	0.007	1	20	0.0005
268	ดิน 3 (0-15)	7	4	306	0.008	1	20	0.0005

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
269	ดิน 3 (0-15)	8	1	306	0.126	1	20	0.0082
270	ดิน 3 (0-15)	8	2	306	0.130	1	20	0.0085
271	ดิน 3 (0-15)	8	3	306	0.110	1	20	0.0072
272	ดิน 3 (0-15)	8	4	306	0.092	1	20	0.0060
273	ดิน 3 (0-15)	9	1	306	0.139	1	20	0.0091
274	ดิน 3 (0-15)	9	2	306	0.142	1	20	0.0093
275	ดิน 3 (0-15)	9	3	306	0.152	1	20	0.0099
276	ดิน 3 (0-15)	9	4	306	0.128	1	20	0.0084
277	ดิน 3 (0-15)	10	1	306	0.219	1	20	0.0143
278	ดิน 3 (0-15)	10	2	306	0.253	1	20	0.0165
279	ดิน 3 (0-15)	10	3	306	0.290	1	20	0.0190
280	ดิน 3 (0-15)	10	4	306	0.232	1	20	0.0152
281	ดิน 3 (0-15)	11	1	306	0.275	1	20	0.0180
282	ดิน 3 (0-15)	11	2	306	0.283	1	20	0.0185
283	ดิน 3 (0-15)	11	3	306	0.369	1	20	0.0241
284	ดิน 3 (0-15)	11	4	306	0.298	1	20	0.0195
285	ดิน 3 (0-15)	12	1	306	0.653	1	20	0.0427
286	ดิน 3 (0-15)	12	2	306	0.533	1	20	0.0348
287	ดิน 3 (0-15)	12	3	306	0.572	1	20	0.0374
288	ดิน 3 (0-15)	12	4	306	0.541	1	20	0.0354
289	ดิน 3 (0-15)	13	1	306	0.356	1	20	0.0233
290	ดิน 3 (0-15)	13	2	306	0.354	1	20	0.0231
291	ดิน 3 (0-15)	13	3	306	0.359	1	20	0.0235
292	ดิน 3 (0-15)	13	4	306	0.399	1	20	0.0261
293	ดิน 3 (0-15)	14	1	306	0.422	1	20	0.0276
294	ดิน 3 (0-15)	14	2	306	0.335	1	20	0.0219
295	ดิน 3 (0-15)	14	3	306	0.373	1	20	0.0244
296	ดิน 3 (0-15)	14	4	306	0.431	1	20	0.0282
297	ดิน 3 (0-15)	15	1	306	0.407	1	20	0.0266
298	ดิน 3 (0-15)	15	2	306	0.330	1	20	0.0216
299	ดิน 3 (0-15)	15	3	306	0.426	1	20	0.0278
300	ดิน 3 (0-15)	15	4	306	0.377	1	20	0.0246

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ดินจุดที่ 3 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
301	ดิน 3 (15-30)	1	1	351	0.002	1	20	0.0001
302	ดิน 3 (15-30)	1	2	351	0.002	1	20	0.0001
303	ดิน 3 (15-30)	1	3	351	0.002	1	20	0.0001
304	ดิน 3 (15-30)	1	4	351	0.002	1	20	0.0001
305	ดิน 3 (15-30)	2	1	351	0.002	1	20	0.0001
306	ดิน 3 (15-30)	2	2	351	0.002	1	20	0.0001
307	ดิน 3 (15-30)	2	3	351	0.002	1	20	0.0001
308	ดิน 3 (15-30)	2	4	351	0.002	1	20	0.0001
309	ดิน 3 (15-30)	3	1	351	0.002	1	20	0.0001
310	ดิน 3 (15-30)	3	2	351	0.002	1	20	0.0001
311	ดิน 3 (15-30)	3	3	351	0.002	1	20	0.0001
312	ดิน 3 (15-30)	3	4	351	0.002	1	20	0.0001
313	ดิน 3 (15-30)	4	1	351	0.002	1	20	0.0001
314	ดิน 3 (15-30)	4	2	351	0.002	1	20	0.0001
315	ดิน 3 (15-30)	4	3	351	0.002	1	20	0.0001
316	ดิน 3 (15-30)	4	4	351	0.002	1	20	0.0001
317	ดิน 3 (15-30)	5	1	351	0.003	1	20	0.0002
318	ดิน 3 (15-30)	5	2	351	0.006	1	20	0.0003
319	ดิน 3 (15-30)	5	3	351	0.009	1	20	0.0005
320	ดิน 3 (15-30)	5	4	351	0.005	1	20	0.0003
321	ดิน 3 (15-30)	6	1	351	0.030	1	20	0.0017
322	ดิน 3 (15-30)	6	2	351	0.036	1	20	0.0021
323	ดิน 3 (15-30)	6	3	351	0.026	1	20	0.0015
324	ดิน 3 (15-30)	6	4	351	0.028	1	20	0.0016
325	ดิน 3 (15-30)	7	1	351	0.547	1	20	0.0312
326	ดิน 3 (15-30)	7	2	351	0.482	1	20	0.0275
327	ดิน 3 (15-30)	7	3	351	0.491	1	20	0.0280
328	ดิน 3 (15-30)	7	4	351	0.479	1	20	0.0273

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
329	ดิน 3 (15-30)	8	1	351	1.107	1	20	0.0631
330	ดิน 3 (15-30)	8	2	351	0.931	1	20	0.0530
331	ดิน 3 (15-30)	8	3	351	0.924	1	20	0.0526
332	ดิน 3 (15-30)	8	4	351	0.983	1	20	0.0560
333	ดิน 3 (15-30)	9	1	351	1.965	1	20	0.1120
334	ดิน 3 (15-30)	9	2	351	1.421	1	20	0.0810
335	ดิน 3 (15-30)	9	3	351	1.826	1	20	0.1040
336	ดิน 3 (15-30)	9	4	351	1.951	1	20	0.1112
337	ดิน 3 (15-30)	10	1	351	1.155	1	20	0.0658
338	ดิน 3 (15-30)	10	2	351	1.142	1	20	0.0651
339	ดิน 3 (15-30)	10	3	351	0.951	1	20	0.0542
340	ดิน 3 (15-30)	10	4	351	0.103	1	20	0.0059
341	ดิน 3 (15-30)	11	1	351	1.638	1	20	0.0933
342	ดิน 3 (15-30)	11	2	351	1.065	1	20	0.0607
343	ดิน 3 (15-30)	11	3	351	1.160	1	20	0.0661
344	ดิน 3 (15-30)	11	4	351	1.050	1	20	0.0598
345	ดิน 3 (15-30)	12	1	351	0.273	10	20	0.1556
346	ดิน 3 (15-30)	12	2	351	0.267	10	20	0.1521
347	ดิน 3 (15-30)	12	3	351	0.251	10	20	0.1430
348	ดิน 3 (15-30)	12	4	351	0.275	10	20	0.1567
349	ดิน 3 (15-30)	13	1	351	0.310	10	20	0.1766
350	ดิน 3 (15-30)	13	2	351	0.291	10	20	0.1658
351	ดิน 3 (15-30)	13	3	351	0.260	10	20	0.1481
352	ดิน 3 (15-30)	13	4	351	0.274	10	20	0.1561
353	ดิน 3 (15-30)	14	1	351	0.298	10	20	0.1698
354	ดิน 3 (15-30)	14	2	351	0.287	10	20	0.1635
355	ดิน 3 (15-30)	14	3	351	0.275	10	20	0.1567
356	ดิน 3 (15-30)	14	4	351	0.281	10	20	0.1601
357	ดิน 3 (15-30)	15	1	351	0.271	10	20	0.1544
358	ดิน 3 (15-30)	15	2	351	0.262	10	20	0.1493
359	ดิน 3 (15-30)	15	3	351	0.253	10	20	0.1442
360	ดิน 3 (15-30)	15	4	351	0.237	10	20	0.1350

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 7 ดินจุดที่ 4 (0-15) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
361	ดิน 4 (0-15)	1	1	328	0.002	1	20	0.0001
362	ดิน 4 (0-15)	1	2	328	0.002	1	20	0.0001
363	ดิน 4 (0-15)	1	3	328	0.002	1	20	0.0001
364	ดิน 4 (0-15)	1	4	328	0.002	1	20	0.0001
365	ดิน 4 (0-15)	2	1	328	0.002	1	20	0.0001
366	ดิน 4 (0-15)	2	2	328	0.002	1	20	0.0001
367	ดิน 4 (0-15)	2	3	328	0.002	1	20	0.0001
368	ดิน 4 (0-15)	2	4	328	0.002	1	20	0.0001
369	ดิน 4 (0-15)	3	1	328	0.002	1	20	0.0001
370	ดิน 4 (0-15)	3	2	328	0.002	1	20	0.0001
371	ดิน 4 (0-15)	3	3	328	0.002	1	20	0.0001
372	ดิน 4 (0-15)	3	4	328	0.002	1	20	0.0001
373	ดิน 4 (0-15)	4	1	328	0.002	1	20	0.0001
374	ดิน 4 (0-15)	4	2	328	0.002	1	20	0.0001
375	ดิน 4 (0-15)	4	3	328	0.002	1	20	0.0001
376	ดิน 4 (0-15)	4	4	328	0.002	1	20	0.0001
377	ดิน 4 (0-15)	5	1	328	0.132	1	20	0.0080
378	ดิน 4 (0-15)	5	2	328	0.144	1	20	0.0088
379	ดิน 4 (0-15)	5	3	328	0.156	1	20	0.0095
380	ดิน 4 (0-15)	5	4	328	0.149	1	20	0.0091
381	ดิน 4 (0-15)	6	1	328	0.101	1	20	0.0062
382	ดิน 4 (0-15)	6	2	328	0.100	1	20	0.0061
383	ดิน 4 (0-15)	6	3	328	0.086	1	20	0.0052
384	ดิน 4 (0-15)	6	4	328	0.108	1	20	0.0066
385	ดิน 4 (0-15)	7	1	328	0.237	1	20	0.0145
386	ดิน 4 (0-15)	7	2	328	0.259	1	20	0.0158
387	ดิน 4 (0-15)	7	3	328	0.223	1	20	0.0136
388	ดิน 4 (0-15)	7	4	328	0.238	1	20	0.0145

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
389	ดิน 4 (0-15)	8	1	328	0.397	1	20	0.0242
390	ดิน 4 (0-15)	8	2	328	0.451	1	20	0.0275
391	ดิน 4 (0-15)	8	3	328	0.294	1	20	0.0179
392	ดิน 4 (0-15)	8	4	328	0.535	1	20	0.0326
393	ดิน 4 (0-15)	9	1	328	0.261	10	20	0.1591
394	ดิน 4 (0-15)	9	2	328	0.259	10	20	0.1579
395	ดิน 4 (0-15)	9	3	328	0.244	10	20	0.1488
396	ดิน 4 (0-15)	9	4	328	0.232	10	20	0.1415
397	ดิน 4 (0-15)	10	1	328	0.265	10	20	0.1616
398	ดิน 4 (0-15)	10	2	328	0.247	10	20	0.1506
399	ดิน 4 (0-15)	10	3	328	0.216	10	20	0.1317
400	ดิน 4 (0-15)	10	4	328	0.263	10	20	0.1604
401	ดิน 4 (0-15)	11	1	328	0.281	10	20	0.1713
402	ดิน 4 (0-15)	11	2	328	0.265	10	20	0.1616
403	ดิน 4 (0-15)	11	3	328	0.252	10	20	0.1537
404	ดิน 4 (0-15)	11	4	328	0.248	10	20	0.1512
405	ดิน 4 (0-15)	12	1	328	0.311	10	20	0.1896
406	ดิน 4 (0-15)	12	2	328	0.311	10	20	0.1896
407	ดิน 4 (0-15)	12	3	328	0.300	10	20	0.1829
408	ดิน 4 (0-15)	12	4	328	0.298	10	20	0.1817
409	ดิน 4 (0-15)	13	1	328	0.329	10	20	0.2006
410	ดิน 4 (0-15)	13	2	328	0.388	10	20	0.2366
411	ดิน 4 (0-15)	13	3	328	0.374	10	20	0.2280
412	ดิน 4 (0-15)	13	4	328	0.379	10	20	0.2311
413	ดิน 4 (0-15)	14	1	328	0.357	10	20	0.2177
414	ดิน 4 (0-15)	14	2	328	0.414	10	20	0.2524
415	ดิน 4 (0-15)	14	3	328	0.382	10	20	0.2329
416	ดิน 4 (0-15)	14	4	328	0.328	10	20	0.2000
417	ดิน 4 (0-15)	15	1	328	0.358	10	20	0.2183
418	ดิน 4 (0-15)	15	2	328	0.345	10	20	0.2104
419	ดิน 4 (0-15)	15	3	328	0.294	10	20	0.1793
420	ดิน 4 (0-15)	15	4	328	0.266	10	20	0.1622

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 8 ดินจุดที่ 4 (15-30) แสดงรายละเอียดต่างๆและค่า Cd ที่สกัดได้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
421	ดิน 4 (15-30)	1	1	365	0.002	1	20	0.0001
422	ดิน 4 (15-30)	1	2	365	0.002	1	20	0.0001
423	ดิน 4 (15-30)	1	3	365	0.002	1	20	0.0001
424	ดิน 4 (15-30)	1	4	365	0.002	1	20	0.0001
425	ดิน 4 (15-30)	2	1	365	0.002	1	20	0.0001
426	ดิน 4 (15-30)	2	2	365	0.002	1	20	0.0001
427	ดิน 4 (15-30)	2	3	365	0.002	1	20	0.0001
428	ดิน 4 (15-30)	2	4	365	0.002	1	20	0.0001
429	ดิน 4 (15-30)	3	1	365	0.002	1	20	0.0001
430	ดิน 4 (15-30)	3	2	365	0.002	1	20	0.0001
431	ดิน 4 (15-30)	3	3	365	0.002	1	20	0.0001
432	ดิน 4 (15-30)	3	4	365	0.002	1	20	0.0001
433	ดิน 4 (15-30)	4	1	365	0.002	1	20	0.0001
434	ดิน 4 (15-30)	4	2	365	0.002	1	20	0.0001
435	ดิน 4 (15-30)	4	3	365	0.002	1	20	0.0001
436	ดิน 4 (15-30)	4	4	365	0.002	1	20	0.0001
437	ดิน 4 (15-30)	5	1	365	0.002	1	20	0.0001
438	ดิน 4 (15-30)	5	2	365	0.002	1	20	0.0001
439	ดิน 4 (15-30)	5	3	365	0.002	1	20	0.0001
440	ดิน 4 (15-30)	5	4	365	0.002	1	20	0.0001
441	ดิน 4 (15-30)	6	1	365	0.360	1	20	0.0197
442	ดิน 4 (15-30)	6	2	365	0.031	1	20	0.0017
443	ดิน 4 (15-30)	6	3	365	0.420	1	20	0.0230
444	ดิน 4 (15-30)	6	4	365	0.300	1	20	0.0164
445	ดิน 4 (15-30)	7	1	365	0.235	1	20	0.0129
446	ดิน 4 (15-30)	7	2	365	0.211	1	20	0.0116
447	ดิน 4 (15-30)	7	3	365	0.223	1	20	0.0122
448	ดิน 4 (15-30)	7	4	365	0.261	1	20	0.0143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

No.	Detail (cm.)	PV	Ref.	นน. ดิน (g)	Conc.(ppm)	Dilution	Final Volume	Cd
449	ดิน 4 (15-30)	8	1	365	0.275	1	20	0.0151
450	ดิน 4 (15-30)	8	2	365	0.277	1	20	0.0152
451	ดิน 4 (15-30)	8	3	365	0.247	1	20	0.0135
452	ดิน 4 (15-30)	8	4	365	0.206	1	20	0.0113
453	ดิน 4 (15-30)	9	1	365	0.465	1	20	0.0255
454	ดิน 4 (15-30)	9	2	365	0.401	1	20	0.0220
455	ดิน 4 (15-30)	9	3	365	0.236	1	20	0.0129
456	ดิน 4 (15-30)	9	4	365	0.274	1	20	0.0150
457	ดิน 4 (15-30)	10	1	365	0.326	1	20	0.0179
458	ดิน 4 (15-30)	10	2	365	0.352	1	20	0.0193
459	ดิน 4 (15-30)	10	3	365	0.214	1	20	0.0117
460	ดิน 4 (15-30)	10	4	365	0.266	1	20	0.0146
461	ดิน 4 (15-30)	11	1	365	0.372	1	20	0.0204
462	ดิน 4 (15-30)	11	2	365	0.321	1	20	0.0176
463	ดิน 4 (15-30)	11	3	365	0.254	1	20	0.0139
464	ดิน 4 (15-30)	11	4	365	0.278	1	20	0.0152
465	ดิน 4 (15-30)	12	1	365	0.489	1	20	0.0268
466	ดิน 4 (15-30)	12	2	365	0.617	1	20	0.0338
467	ดิน 4 (15-30)	12	3	365	0.472	1	20	0.0259
468	ดิน 4 (15-30)	12	4	365	0.352	1	20	0.0193
469	ดิน 4 (15-30)	13	1	365	0.399	1	20	0.0219
470	ดิน 4 (15-30)	13	2	365	0.342	1	20	0.0187
471	ดิน 4 (15-30)	13	3	365	0.231	1	20	0.0127
472	ดิน 4 (15-30)	13	4	365	0.293	1	20	0.0161
473	ดิน 4 (15-30)	14	1	365	0.454	1	20	0.0249
474	ดิน 4 (15-30)	14	2	365	0.394	1	20	0.0216
475	ดิน 4 (15-30)	14	3	365	0.449	1	20	0.0246
476	ดิน 4 (15-30)	14	4	365	0.226	1	20	0.0124
477	ดิน 4 (15-30)	15	1	365	0.629	1	20	0.0345
478	ดิน 4 (15-30)	15	2	365	0.813	1	20	0.0445
479	ดิน 4 (15-30)	15	3	365	1.267	1	20	0.0694
480	ดิน 4 (15-30)	15	4	365	0.569	1	20	0.0312

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 1 (0-15) โดยใช้ FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0001
1	2	0.0001	0.0001	0.0001
1	3	0.0001	0.0001	0.0001
1	4	0.0001	0.0001	0.0001
2	1	0.0001	0.0002	0.0001
2	2	0.0001	0.0002	0.0001
2	3	0.0001	0.0002	0.0001
2	4	0.0001	0.0002	0.0001
3	1	0.0001	0.0003	0.0002
3	2	0.0001	0.0003	0.0002
3	3	0.0001	0.0003	0.0002
3	4	0.0001	0.0003	0.0002
4	1	0.0001	0.0004	0.0003
4	2	0.0001	0.0004	0.0003
4	3	0.0001	0.0004	0.0003
4	4	0.0001	0.0004	0.0003
5	1	0.0034	0.0038	0.0027
5	2	0.0041	0.0045	0.0032
5	3	0.0038	0.0042	0.0030
5	4	0.0032	0.0036	0.0025
6	1	0.0403	0.0442	0.0314
6	2	0.0414	0.0458	0.0326
6	3	0.0417	0.0460	0.0326
6	4	0.0428	0.0464	0.0329
7	1	0.0371	0.0813	0.0577
7	2	0.0361	0.0820	0.0582
7	3	0.0352	0.0812	0.0577
7	4	0.0347	0.0811	0.0576

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0469	0.1282	0.0910
8	2	0.0412	0.1232	0.0875
8	3	0.0438	0.1250	0.0887
8	4	0.0449	0.1260	0.0895
9	1	0.0523	0.1805	0.1282
9	2	0.0541	0.1773	0.1259
9	3	0.0537	0.1787	0.1269
9	4	0.0566	0.1826	0.1296
10	1	0.0199	0.2004	0.1423
10	2	0.0183	0.1956	0.1389
10	3	0.0193	0.1980	0.1406
10	4	0.0188	0.2013	0.1429
11	1	0.0323	0.2327	0.1652
11	2	0.0309	0.2265	0.1608
11	3	0.0318	0.2298	0.1632
11	4	0.0304	0.2317	0.1645
12	1	0.0032	0.2359	0.1675
12	2	0.0037	0.2302	0.1634
12	3	0.0031	0.2329	0.1653
12	4	0.0027	0.2344	0.1664
13	1	0.0110	0.2469	0.1753
13	2	0.0097	0.2399	0.1703
13	3	0.0101	0.2430	0.1725
13	4	0.0109	0.2453	0.1741
14	1	0.0063	0.2532	0.1797
14	2	0.0052	0.2451	0.1740
14	3	0.0068	0.2497	0.1773
14	4	0.0059	0.2511	0.1783
15	1	0.0060	0.2592	0.1840
15	2	0.0064	0.2515	0.1786
15	3	0.0523	0.3021	0.2145
15	4	0.0549	0.3060	0.2173

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 1 (15-30) โดยใช้ FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0001
1	2	0.0001	0.0001	0.0001
1	3	0.0001	0.0001	0.0001
1	4	0.0001	0.0001	0.0001
2	1	0.0001	0.0002	0.0003
2	2	0.0001	0.0002	0.0003
2	3	0.0001	0.0002	0.0003
2	4	0.0001	0.0002	0.0003
3	1	0.0041	0.0043	0.0056
3	2	0.0038	0.0040	0.0052
3	3	0.0043	0.0045	0.0059
3	4	0.0036	0.0038	0.0050
4	1	0.0001	0.0044	0.0057
4	2	0.0001	0.0041	0.0054
4	3	0.0001	0.0046	0.0061
4	4	0.0001	0.0039	0.0052
5	1	0.0001	0.0045	0.0059
5	2	0.0001	0.0042	0.0055
5	3	0.0001	0.0047	0.0062
5	4	0.0001	0.0040	0.0053
6	1	0.0517	0.0562	0.0736
6	2	0.0509	0.0551	0.0722
6	3	0.0549	0.0597	0.0782
6	4	0.0496	0.0537	0.0703
7	1	0.1005	0.1567	0.2053
7	2	0.0914	0.1465	0.1920
7	3	0.1065	0.1662	0.2178
7	4	0.1037	0.1574	0.2062

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.1063	0.2630	0.3445
8	2	0.1586	0.3051	0.3997
8	3	0.1312	0.2974	0.3896
8	4	0.1140	0.2714	0.3555
9	1	0.2164	0.4794	0.6280
9	2	0.2535	0.5586	0.7318
9	3	0.2438	0.5412	0.7090
9	4	0.2359	0.5072	0.6645
10	1	0.1520	0.6314	0.8272
10	2	0.1223	0.6810	0.8921
10	3	0.1254	0.6666	0.8732
10	4	0.1358	0.6430	0.8423
11	1	0.1345	0.7659	1.0033
11	2	0.1502	0.8312	1.0888
11	3	0.1075	0.7741	1.0141
11	4	0.1282	0.7712	1.0102
12	1	0.1367	0.9026	1.1824
12	2	0.1308	0.9620	1.2602
12	3	0.1011	0.8752	1.1466
12	4	0.1089	0.8801	1.1529
13	1	0.1328	1.0354	1.3564
13	2	0.1347	1.0967	1.4367
13	3	0.1494	1.0246	1.3423
13	4	0.1014	0.9815	1.2858
14	1	0.1311	1.1665	1.5281
14	2	0.1264	1.2231	1.6023
14	3	0.1282	1.1528	1.5102
14	4	0.1322	1.1138	1.4590
15	1	0.1254	1.2919	1.6924
15	2	0.1006	1.3237	1.7341
15	3	0.1193	1.2721	1.6664
15	4	0.0937	1.2075	1.5818

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 2 (0-15) โดยใช้ไนยาสกัด FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0019	0.0019	0.0006
1	2	0.0015	0.0015	0.0005
1	3	0.0024	0.0024	0.0008
1	4	0.0014	0.0014	0.0004
2	1	0.0001	0.0020	0.0006
2	2	0.0001	0.0016	0.0005
2	3	0.0001	0.0025	0.0008
2	4	0.0001	0.0015	0.0005
3	1	0.0001	0.0022	0.0007
3	2	0.0001	0.0018	0.0006
3	3	0.0001	0.0027	0.0008
3	4	0.0001	0.0017	0.0005
4	1	0.0001	0.0023	0.0007
4	2	0.0001	0.0019	0.0006
4	3	0.0001	0.0028	0.0009
4	4	0.0001	0.0018	0.0006
5	1	0.0071	0.0094	0.0030
5	2	0.0052	0.0071	0.0023
5	3	0.0068	0.0095	0.0031
5	4	0.0078	0.0096	0.0031
6	1	0.0083	0.0177	0.0057
6	2	0.0079	0.0150	0.0048
6	3	0.0098	0.0194	0.0062
6	4	0.0133	0.0228	0.0073
7	1	0.0241	0.0419	0.0134
7	2	0.0183	0.0333	0.0107
7	3	0.0160	0.0353	0.0113
7	4	0.0139	0.0368	0.0118

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0214	0.0633	0.0203
8	2	0.0227	0.0560	0.0179
8	3	0.0259	0.0613	0.0196
8	4	0.0203	0.0571	0.0183
9	1	0.0285	0.0918	0.0294
9	2	0.0309	0.0869	0.0278
9	3	0.0363	0.0975	0.0312
9	4	0.0278	0.0849	0.0272
10	1	0.0286	0.1204	0.0385
10	2	0.0266	0.1135	0.0363
10	3	0.0323	0.1298	0.0415
10	4	0.0388	0.1237	0.0396
11	1	0.0311	0.1515	0.0485
11	2	0.0366	0.1501	0.0480
11	3	0.0347	0.1645	0.0526
11	4	0.0354	0.1591	0.0509
12	1	0.0811	0.2326	0.0744
12	2	0.0841	0.2342	0.0750
12	3	0.0826	0.2471	0.0791
12	4	0.0871	0.2461	0.0788
13	1	0.1375	0.3701	0.1184
13	2	0.1550	0.3892	0.1245
13	3	0.1777	0.4248	0.1359
13	4	0.1273	0.3734	0.1195
14	1	0.9677	1.3377	0.4281
14	2	0.8234	1.2126	0.3880
14	3	1.1630	1.5878	0.5081
14	4	0.9549	1.3283	0.4251
15	1	2.1306	3.4684	1.1099
15	2	2.0349	3.2475	1.0392
15	3	2.1357	3.7235	1.1915
15	4	2.0285	3.3568	1.0742

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 2 (15-30) โดยใช้ FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0000
1	2	0.0001	0.0001	0.0000
1	3	0.0001	0.0001	0.0000
1	4	0.0001	0.0001	0.0000
2	1	0.0001	0.0002	0.0000
2	2	0.0001	0.0002	0.0000
2	3	0.0001	0.0002	0.0000
2	4	0.0001	0.0002	0.0000
3	1	0.0001	0.0003	0.0000
3	2	0.0001	0.0003	0.0000
3	3	0.0001	0.0003	0.0000
3	4	0.0001	0.0003	0.0000
4	1	0.0001	0.0004	0.0000
4	2	0.0001	0.0004	0.0000
4	3	0.0001	0.0004	0.0000
4	4	0.0001	0.0004	0.0000
5	1	0.0031	0.0035	0.0001
5	2	0.0036	0.0040	0.0002
5	3	0.0033	0.0038	0.0002
5	4	0.0029	0.0033	0.0001
6	1	0.0153	0.0188	0.0008
6	2	0.0149	0.0190	0.0008
6	3	0.0158	0.0195	0.0008
6	4	0.0151	0.0185	0.0007
7	1	0.0770	0.0958	0.0038
7	2	0.0715	0.0905	0.0036
7	3	0.0781	0.0976	0.0039
7	4	0.0723	0.0908	0.0036

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0813	0.1770	0.0071
8	2	0.0719	0.1623	0.0065
8	3	0.0722	0.1698	0.0068
8	4	0.0792	0.1699	0.0068
9	1	0.0954	0.2725	0.0109
9	2	0.0891	0.2515	0.0101
9	3	0.0930	0.2628	0.0105
9	4	0.0936	0.2635	0.0105
10	1	0.0433	0.3157	0.0126
10	2	0.0450	0.2965	0.0119
10	3	0.0490	0.3118	0.0125
10	4	0.0453	0.3088	0.0124
11	1	0.1242	0.4399	0.0176
11	2	0.1232	0.4197	0.0168
11	3	0.1239	0.4357	0.0174
11	4	0.1215	0.4303	0.0172
12	1	0.2099	0.6498	0.0260
12	2	0.2311	0.6508	0.0260
12	3	0.2035	0.6392	0.0256
12	4	0.2424	0.6727	0.0269
13	1	0.2389	0.8886	0.0355
13	2	0.2163	0.8670	0.0347
13	3	0.2254	0.8647	0.0346
13	4	0.2452	0.9180	0.0367
14	1	0.5322	1.4208	0.0568
14	2	0.5216	1.3886	0.0555
14	3	0.4438	1.3085	0.0523
14	4	0.4968	1.4148	0.0566
15	1	0.5194	1.9402	0.0776
15	2	0.5357	1.9243	0.0770
15	3	0.5392	1.8477	0.0739
15	4	0.5322	1.9469	0.0779

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 3 (0-15) โดยใช้ไน้ยาสกัด FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0000
1	2	0.0001	0.0001	0.0000
1	3	0.0001	0.0001	0.0000
1	4	0.0001	0.0001	0.0000
2	1	0.0001	0.0002	0.0001
2	2	0.0001	0.0002	0.0001
2	3	0.0001	0.0002	0.0001
2	4	0.0001	0.0002	0.0001
3	1	0.0001	0.0003	0.0001
3	2	0.0001	0.0003	0.0001
3	3	0.0001	0.0003	0.0001
3	4	0.0001	0.0003	0.0001
4	1	0.0001	0.0004	0.0002
4	2	0.0001	0.0004	0.0002
4	3	0.0001	0.0004	0.0002
4	4	0.0001	0.0004	0.0002
5	1	0.0016	0.0020	0.0008
5	2	0.0019	0.0023	0.0009
5	3	0.0013	0.0017	0.0007
5	4	0.0011	0.0015	0.0006
6	1	0.0001	0.0022	0.0008
6	2	0.0001	0.0024	0.0009
6	3	0.0001	0.0018	0.0007
6	4	0.0001	0.0016	0.0006
7	1	0.0002	0.0023	0.0009
7	2	0.0001	0.0025	0.0010
7	3	0.0005	0.0023	0.0009
7	4	0.0005	0.0022	0.0008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0082	0.0106	0.0041
8	2	0.0085	0.0110	0.0043
8	3	0.0072	0.0095	0.0037
8	4	0.0060	0.0082	0.0032
9	1	0.0091	0.0197	0.0077
9	2	0.0093	0.0203	0.0079
9	3	0.0099	0.0194	0.0076
9	4	0.0084	0.0165	0.0064
10	1	0.0143	0.0340	0.0133
10	2	0.0165	0.0369	0.0144
10	3	0.0190	0.0384	0.0150
10	4	0.0152	0.0317	0.0124
11	1	0.0180	0.0520	0.0203
11	2	0.0185	0.0554	0.0216
11	3	0.0241	0.0625	0.0244
11	4	0.0195	0.0512	0.0200
12	1	0.0427	0.0946	0.0369
12	2	0.0348	0.0902	0.0352
12	3	0.0374	0.0999	0.0389
12	4	0.0354	0.0865	0.0337
13	1	0.0233	0.1179	0.0460
13	2	0.0231	0.1133	0.0442
13	3	0.0235	0.1233	0.0481
13	4	0.0261	0.1126	0.0439
14	1	0.0276	0.1455	0.0567
14	2	0.0219	0.1352	0.0527
14	3	0.0244	0.1477	0.0576
14	4	0.0282	0.1408	0.0549
15	1	0.0266	0.1721	0.0671
15	2	0.0216	0.1568	0.0611
15	3	0.0278	0.1756	0.0685
15	4	0.0246	0.1654	0.0645

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 14 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 3 (15-30) โดยใช้ FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0001
1	2	0.0001	0.0001	0.0001
1	3	0.0001	0.0001	0.0001
1	4	0.0001	0.0001	0.0001
2	1	0.0001	0.0002	0.0002
2	2	0.0001	0.0002	0.0002
2	3	0.0001	0.0002	0.0002
2	4	0.0001	0.0002	0.0002
3	1	0.0001	0.0003	0.0003
3	2	0.0001	0.0003	0.0003
3	3	0.0001	0.0003	0.0003
3	4	0.0001	0.0003	0.0003
4	1	0.0001	0.0004	0.0004
4	2	0.0001	0.0004	0.0004
4	3	0.0001	0.0004	0.0004
4	4	0.0001	0.0004	0.0004
5	1	0.0002	0.0006	0.0005
5	2	0.0003	0.0007	0.0007
5	3	0.0005	0.0009	0.0009
5	4	0.0003	0.0007	0.0007
6	1	0.0017	0.0023	0.0022
6	2	0.0021	0.0028	0.0026
6	3	0.0015	0.0024	0.0023
6	4	0.0016	0.0023	0.0022
7	1	0.0312	0.0335	0.0314
7	2	0.0275	0.0303	0.0284
7	3	0.0280	0.0304	0.0286
7	4	0.0273	0.0296	0.0278

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0631	0.0965	0.0907
8	2	0.0530	0.0833	0.0783
8	3	0.0526	0.0830	0.0780
8	4	0.0560	0.0856	0.0805
9	1	0.1120	0.2085	0.1960
9	2	0.0810	0.1643	0.1544
9	3	0.1040	0.1871	0.1758
9	4	0.1112	0.1968	0.1850
10	1	0.0658	0.2743	0.2579
10	2	0.0651	0.2294	0.2156
10	3	0.0542	0.2413	0.2268
10	4	0.0059	0.2026	0.1905
11	1	0.0933	0.3676	0.3456
11	2	0.0607	0.2900	0.2726
11	3	0.0661	0.3074	0.2889
11	4	0.0598	0.2625	0.2467
12	1	0.1556	0.5232	0.4918
12	2	0.1521	0.4422	0.4156
12	3	0.1430	0.4504	0.4234
12	4	0.1567	0.4192	0.3940
13	1	0.1766	0.6998	0.6578
13	2	0.1658	0.6080	0.5715
13	3	0.1481	0.5985	0.5626
13	4	0.1561	0.5753	0.5408
14	1	0.1698	0.8696	0.8175
14	2	0.1635	0.7715	0.7252
14	3	0.1567	0.7552	0.7099
14	4	0.1601	0.7354	0.6913
15	1	0.1544	1.0241	0.9626
15	2	0.1493	0.9208	0.8656
15	3	0.1442	0.8994	0.8454
15	4	0.1350	0.8704	0.8182

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 15 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 4 (0-15) โดยใช้ไน้ยาสกัด FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0000
1	2	0.0001	0.0001	0.0000
1	3	0.0001	0.0001	0.0000
1	4	0.0001	0.0001	0.0000
2	1	0.0001	0.0002	0.0000
2	2	0.0001	0.0002	0.0000
2	3	0.0001	0.0002	0.0000
2	4	0.0001	0.0002	0.0000
3	1	0.0001	0.0003	0.0000
3	2	0.0001	0.0003	0.0000
3	3	0.0001	0.0003	0.0000
3	4	0.0001	0.0003	0.0000
4	1	0.0001	0.0004	0.0000
4	2	0.0001	0.0004	0.0000
4	3	0.0001	0.0004	0.0000
4	4	0.0001	0.0004	0.0000
5	1	0.0080	0.0085	0.0004
5	2	0.0088	0.0092	0.0005
5	3	0.0095	0.0099	0.0005
5	4	0.0091	0.0095	0.0005
6	1	0.0062	0.0146	0.0007
6	2	0.0061	0.0153	0.0008
6	3	0.0052	0.0152	0.0008
6	4	0.0066	0.0161	0.0008
7	1	0.0145	0.0291	0.0015
7	2	0.0158	0.0311	0.0016
7	3	0.0136	0.0288	0.0014
7	4	0.0145	0.0306	0.0015

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0242	0.0533	0.0027
8	2	0.0275	0.0586	0.0029
8	3	0.0179	0.0467	0.0023
8	4	0.0326	0.0632	0.0032
9	1	0.1591	0.2124	0.0106
9	2	0.1579	0.2165	0.0108
9	3	0.1488	0.1955	0.0098
9	4	0.1415	0.2047	0.0102
10	1	0.1616	0.3740	0.0187
10	2	0.1506	0.3671	0.0184
10	3	0.1317	0.3272	0.0164
10	4	0.1604	0.3651	0.0183
11	1	0.1713	0.5454	0.0273
11	2	0.1616	0.5287	0.0264
11	3	0.1537	0.4809	0.0240
11	4	0.1512	0.5163	0.0258
12	1	0.1896	0.7350	0.0368
12	2	0.1896	0.7184	0.0359
12	3	0.1829	0.6638	0.0332
12	4	0.1817	0.6980	0.0349
13	1	0.2006	0.9356	0.0468
13	2	0.2366	0.9549	0.0477
13	3	0.2280	0.8918	0.0446
13	4	0.2311	0.9291	0.0465
14	1	0.2177	1.1533	0.0577
14	2	0.2524	1.2074	0.0604
14	3	0.2329	1.1248	0.0562
14	4	0.2000	1.1291	0.0565
15	1	0.2183	1.3716	0.0686
15	2	0.2104	1.4177	0.0709
15	3	0.1793	1.3040	0.0652
15	4	0.1622	1.2913	0.0646

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 แสดงปริมาณ Cd ที่สกัดออกจากดินทั้งหมดและ%Removal ดินจุดที่ 4 (15-30) โดยใช้ FeCl₃

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
1	1	0.0001	0.0001	0.0000
1	2	0.0001	0.0001	0.0000
1	3	0.0001	0.0001	0.0000
1	4	0.0001	0.0001	0.0000
2	1	0.0001	0.0002	0.0000
2	2	0.0001	0.0002	0.0000
2	3	0.0001	0.0002	0.0000
2	4	0.0001	0.0002	0.0000
3	1	0.0001	0.0003	0.0000
3	2	0.0001	0.0003	0.0000
3	3	0.0001	0.0003	0.0000
3	4	0.0001	0.0003	0.0000
4	1	0.0001	0.0004	0.0000
4	2	0.0001	0.0004	0.0000
4	3	0.0001	0.0004	0.0000
4	4	0.0001	0.0004	0.0000
5	1	0.0001	0.0005	0.0000
5	2	0.0001	0.0005	0.0000
5	3	0.0001	0.0005	0.0000
5	4	0.0001	0.0005	0.0000
6	1	0.0197	0.0202	0.0008
6	2	0.0017	0.0022	0.0001
6	3	0.0230	0.0235	0.0009
6	4	0.0164	0.0170	0.0007
7	1	0.0129	0.0331	0.0013
7	2	0.0116	0.0138	0.0006
7	3	0.0122	0.0357	0.0014
7	4	0.0143	0.0313	0.0013

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PV	Ref.	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้	ปริมาณ Cd ที่สกัดได้ทั้งหมด	%Removal
8	1	0.0151	0.0482	0.0019
8	2	0.0152	0.0290	0.0012
8	3	0.0135	0.0493	0.0020
8	4	0.0113	0.0425	0.0017
9	1	0.0255	0.0737	0.0029
9	2	0.0220	0.0509	0.0020
9	3	0.0129	0.0622	0.0025
9	4	0.0150	0.0576	0.0023
10	1	0.0179	0.0915	0.0037
10	2	0.0193	0.0702	0.0028
10	3	0.0117	0.0739	0.0030
10	4	0.0146	0.0721	0.0029
11	1	0.0204	0.1119	0.0045
11	2	0.0176	0.0878	0.0035
11	3	0.0139	0.0879	0.0035
11	4	0.0152	0.0874	0.0035
12	1	0.0268	0.1387	0.0055
12	2	0.0338	0.1216	0.0049
12	3	0.0259	0.1137	0.0045
12	4	0.0193	0.1067	0.0043
13	1	0.0219	0.1606	0.0064
13	2	0.0187	0.1404	0.0056
13	3	0.0127	0.1264	0.0051
13	4	0.0161	0.1227	0.0049
14	1	0.0249	0.1854	0.0074
14	2	0.0216	0.1619	0.0065
14	3	0.0246	0.1510	0.0060
14	4	0.0124	0.1351	0.0054
15	1	0.0345	0.2199	0.0088
15	2	0.0445	0.2065	0.0083
15	3	0.0694	0.2204	0.0088
15	4	0.0312	0.1663	0.0067

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 17 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 1ดินบน (0-15)

ANOVA1											
Removal											
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.					
Between Groups		.343	14	.024	851.495	.000					
Within Groups		.001	45	.000							
Total		.344	59								

Removal1											
Duncan											
PV	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pv1	4	.000100									
pv2	4	.000100									
pv3	4	.000200									
pv4	4	.000300									
pv5	4	.002850									
pv6	4		.032375								
pv7	4			.057800							
pv8	4				.089175						
pv9	4					.127650					
pv10	4						.141175				
pv11	4							.163425			
pv12	4							.165650	.165650		
pv13	4								.173050	.173050	
pv14	4									.177325	
pv15	4										.198600
Sig.		.526	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	.560	.057	.265	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 18 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 1 ดินล่าง (15-30)

ANOVA2					
Removal					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	21.732	14	1.552	1.183E3	.000
Within Groups	.059	45	.001		
Total	21.791	59			

Removal2												
Duncan												
PV	N	Subset for alpha = 0.05										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
pv1	4	.000100										
pv2	4	.000300										
pv3	4	.005425										
pv4	4	.005600										
pv5	4	.005725										
pv6	4		.073575									
pv7	4			.205325								
pv8	4				.372325							
pv9	4					.683325						
pv10	4						.858700					
pv11	4							1.029100				
pv12	4								1.185525			
pv13	4									1.355300		
pv14	4										1.524900	
pv15	4											1.668675
Sig.		.848	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 19 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 2 ดินบน (0-15)

ANOVA3					
Removal					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.780	14	.341	741.680	.000
Within Groups	.021	45	.000		
Total	4.800	59			

Removal3								
Duncan								
PV	N	Subset for alpha = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
pv1	4	.000575						
pv2	4	.000600						
pv3	4	.000650						
pv4	4	.000700						
pv5	4	.002875						
pv6	4	.006000	.006000					
pv7	4	.011800	.011800					
pv8	4	.019025	.019025	.019025				
pv9	4	.028900	.028900	.028900				
pv10	4		.038975	.038975				
pv11	4			.050000	.050000			
pv12	4				.076825			
pv13	4					.124575		
pv14	4						.437325	
pv15	4							1.103700
Sig.		.120	.057	.067	.084	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 20 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 2 ดินล่าง (15-30)

ANOVA4					
Removal					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.030	14	.002	3.425E3	.000
Within Groups	.000	45	.000		
Total	.030	59			

Removal4											
Duncan											
PV	N	Subset for alpha = 0.05									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pv1	4	.000000									
pv2	4	.000000									
pv3	4	.000000									
pv4	4	.000000									
pv5	4	.000150									
pv6	4	.000775									
pv7	4		.003725								
pv8	4			.006800							
pv9	4				.010500						
pv10	4					.012350					
pv11	4						.017250				
pv12	4							.026125			
pv13	4								.035375		
pv14	4									.055300	
pv15	4										.076600
Sig.		.233	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 21 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 3 ดินบน (0-15)

ANOVA5										
Removal										
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.				
Between Groups		.029	14	.002	1.027E3	.000				
Within Groups		.000	45	.000						
Total		.029	59							

Removal5										
Duncan										
Subset for alpha = 0.05										
pv	N	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pv1	4	.000000								
pv2	4	.000100								
pv3	4	.000100								
pv4	4	.000200								
pv5	4	.000750								
pv6	4	.000750								
pv7	4	.000900								
pv8	4		.003825							
pv9	4			.007400						
pv10	4				.013775					
pv11	4					.021575				
pv12	4						.036175			
pv13	4							.045550		
pv14	4								.055475	
pv15	4									.065300
Sig.		.446	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 22 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 3 ดินล่าง (15-30)

ANOVA6					
Removal					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.875	14	.348	362.489	.000
Within Groups	.043	45	.001		
Total	4.918	59			

Removal6										
Duncan										
PV	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
pv1	4	.000100								
pv2	4	.000200								
pv3	4	.000300								
pv4	4	.000400								
pv5	4	.000700								
pv6	4	.002325								
pv7	4	.029050								
pv8	4		.081875							
pv9	4			.177800						
pv10	4				.222700					
pv11	4					.288450				
pv12	4						.431200			
pv13	4							.583175		
pv14	4								.735975	
pv15	4									.872950
Sig.		.262	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 23 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 4 ดินบน (0-15)

ANOVA7										
Removal										
		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.				
Between Groups		.031	14	.002	1.643E3	.000				
Within Groups		.000	45	.000						
Total		.031	59							

Removal7										
Duncan										
PV	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
pv1	4	.000000								
pv2	4	.000000								
pv3	4	.000000								
pv4	4	.000000								
pv5	4	.000475								
pv6	4	.000775								
pv7	4	.001500	.001500							
pv8	4		.002775							
pv9	4			.010350						
pv10	4				.017950					
pv11	4					.025875				
pv12	4						.035200			
pv13	4							.046400		
pv14	4								.057700	
pv15	4									.067325
Sig.		.118	.125	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดย ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างโดยวิธี DMRT ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ของดินจุดที่ 4 ดินบน (15-30)

ANOVA8					
Removal					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.000	14	.000	126.639	.000
Within Groups	.000	45	.000		
Total	.000	59			

Removal8										
Duncan										
PV	N	Subset for alpha = 0.05								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
pv1	4	.000000								
pv2	4	.000000								
pv3	4	.000000								
pv4	4	.000000								
pv5	4	.000000								
pv6	4	.000625	.000625							
pv7	4		.001150	.001150						
pv8	4			.001700						
pv9	4				.002425					
pv10	4				.003100	.003100				
pv11	4					.003750				
pv12	4						.004800			
pv13	4							.005500		
pv14	4								.006325	
pv15	4									.008150
Sig.		.109	.125	.108	.050	.059	1.000	1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้