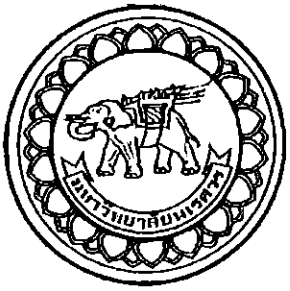


การชะแร่ธาตุและโลหะหนักในดินโดยฝนกรด

The soil leaching of minerals and heavy metals from acid rain

นางสาวนารี แสนใส รหัส 49360969

นางสาวหยาดเพชร ปิจจวงค์ รหัส 49365018

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 14 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 1507797 e.2
เลขเรียกหนังสือ ฮร. ท487ก 2552
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมโยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2552

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**การชะแร่ธาตุและโลหะหนักในดินโดยฝนกรด**	
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวนารี แสนใส**	**รหัส 49360969**
	นางสาวหยาดเพชร ปิจจวงค์	**รหัส 49365018**
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาจรีย์	ทองสนิท
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา	
ปีการศึกษา	2552	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาจรีย์ ทองสนิท)

.....ที่ปรึกษาร่วมโครงงาน
(อ.ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง)

.....กรรมการ
(อ.อำพล เดโชวาณิชย์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	**การชะแร่ธาตุและโลหะหนักในดินโดยฝนกรด**	
ผู้ดำเนินโครงงาน	**นางสาวนารี แสนใน**	**รหัส 49360969**
	นางสาวหยาดเพชร ปิจจวงค์	**รหัส 49365018**
ที่ปรึกษาโครงงาน	**ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปาจรีย์**	**ทองสนิท**
สาขาวิชา	**วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม**	
ภาควิชา	**วิศวกรรมโยธา**	
ปีการศึกษา	**2552**	

.....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ทำการศึกษาหาความเข้มข้นโลหะหนักและธาตุอาหารที่**สะสมในดินที่ชะโดยฝนกรด** โดยได้ทำการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในเขตพื้นที่ที่ทำการเกษ**ตรรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ** จำนวน 2 จุด ได้แก่ บ้านแม่จาง ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ **บ้านหัวฝาย ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ** ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในช่วงเดือน**ตุลาคม** 2552 และนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของดิน โดยวิเค**ราะห์หา สังกะสี โครเมียม แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว นิกเกิล แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทส**เซียม **ได้ทำการชะแร่ธาตุและโลหะในดินโดยใช้น้ำฝนที่เป็นกรดที่มีค่า pH แตกต่างกัน** พบว่า**โลหะหนักและแร่ธาตุต่างๆ ไม่เกินมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม พบว่าโลหะหนักที่เป็นพิษเช่น แคดเมียมในดินของบ้านหัวฝาย ชะได้ดีที่ pH 5.5 ค่าความเข้มข้นที่เหลือในดิน เท่ากับ 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตะกั่วในดินของบ้านแม่จาง ชะได้ที่ดี pH 4.5 ค่าความเข้มข้นที่เหลือในดิน เท่ากับ 44.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม**

คำสำคัญ: การชะของดิน ฝนกรด โลหะหนัก แร่ธาตุ

Project title	The soil leaching of minerals and heavy metals from acid rain
Name	Miss. Naree Sansai ID. 49360969
	Miss. Yadpetch Pijjawong ID. 49365018
Project advisor	Asst. Prof. Dr. Pajaree Thongsanit
Major	Environmental Engineering
Department	Civil Engineering
Academic year	2009

.....

Abstract

This research project was studied of the concentrations of heavy metals and nutrients in the soil deposited by acid rain at Mae Moh power plant area. The soil samples have been analyzed in the farming area around Mae Moh power plant. The two points are located in Ban Mae Chang, south of the Mae Moh power plant and Ban Hua Fai located, north of the Mae Moh power plant. Soil sampling conducted during October 2009. The samples analyzed the physical and chemical characteristics of soil . The analytical parameters were cadmium, zinc, copper, lead, nickel chromium, calcium, magnesium, potassium. The leaching of minerals and heavy metals in soil by acid rain with different pH values. The heavy metals and minerals were not exceeding soil quality standards for residential and agriculture land use. The toxic heavy metals such as cadmium in the soil leaching of Ban Hua Fai at pH 5.5 has a good. concentration remaining in the soil as 0.20 mg / kg. The lead in soil leaching of Ban Mae Chang at pH 4.5 has a good concentration remaining in soil as 44.21 mg / kg.

Keyword: Soil leaching , Acid rain, Heavy metals, Minerals

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เรียบร้อยจากการอนุเคราะห์และสนับสนุนจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้กรุณาเสียสละเวลาในการให้คำปรึกษา คำแนะนำและไต่ถามความก้าวหน้าของวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด และยังได้รับความกรุณาจาก อาจารย์ชัยวัฒน์ โพธิ์ทองที่ได้ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ไข ปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้ประสาทความรู้และขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆและประสานงานเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาในการทำวิทยานิพนธ์

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณชาวอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในการศึกษาวิจัยครั้งนี้อย่างยิ่ง

สุดท้าย ผู้วิจัยขอกราบขอบคุณพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ทุกคนในครอบครัว และเพื่อนๆพี่ๆทุกคนที่ช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้ หากมีข้อผิดพลาดหรือขาดตกบกพร่องประการใด ผู้วิจัยขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วยและยินดีน้อมรับความผิดพลาดดังกล่าว

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นางสาวนารี แสนใส
นางสาวหยาดเพชร ปิจจวงค์

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญานิพนธ์	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญ(ต่อ)	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญตาราง(ต่อ)	ซ
สารบัญตาราง(ต่อ)	ฌ
สารบัญรูป	ญ
สารบัญรูป(ต่อ)	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน	1
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี	2
2.1 การตกสะสมของกรดในประเทศไทย	2
2.2 การกำเนิดฝนกรด	5
2.3 ดินและแร่ธาตุในดิน	9
2.4 โลหะหนักและแหล่งกำเนิดโลหะหนัก	15
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน	21
3.1 พื้นที่ทำการทดลอง	21
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง	24

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน(ต่อ)	25
3.3 แผนการดำเนินการทดลอง	25
3.4 การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนัก	27
3.5 การชะแร่ธาตุและโลหะหนักในคอลัมน์ดิน	49
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์	60
4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน	60
4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำชะ	65
4.3 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนัก	68
4.4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นแร่ธาตุ	87
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	97
เอกสารอ้างอิง	99
ภาคผนวก ก	100
ภาคผนวก ข	103
ภาคผนวก ค	109
ภาคผนวก ง	111
ภาคผนวก จ	118
ภาคผนวก ฉ	125
ภาคผนวก ช	134
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	พารามิเตอร์การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี	25
3.2	พารามิเตอร์การวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนัก	25
3.3	พารามิเตอร์การวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหาร	26
3.4	พารามิเตอร์น้ำฝนสังเคราะห์	26
3.5	วันที่ทำการชะน้ำ	26
3.6	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Cu จากสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 ppm	34
3.7	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Ni จากสารละลายมาตรฐาน Ni เข้มข้น 100 ppm	35
3.8	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Cd จากสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 ppm	36
3.9	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Zn จากสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 ppm	37
3.10	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Pbจากสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 ppm	38
3.11	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Cd จากสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 ppm	39
3.12	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Cr จากสารละลายมาตรฐาน Cr เข้มข้น 100 ppm	40
3.13	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐานMg จากสารละลายมาตรฐานMg เข้มข้น 100 ppm	51
3.14	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน K จากสารละลายมาตรฐาน K เข้มข้น 100 ppm	52
3.15	เตรียมสต๊อกสารละลายมาตรฐาน Ca จากสารละลายมาตรฐาน Ca เข้มข้น 100 ppm	53
4.1	เปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน	61
4.2	เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน	62
4.3	มาตรฐานการจำแนกระดับอินทรียวัตถุในดิน	62
4.4	เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน	63
4.5	ระดับความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดิน	63
4.6	ค่าไนโตรเจนในน้ำที่ชะ	67
4.7	ปริมาณโลหะหนักในดิน	68
4.8	ความเข้มข้นโลหะหนักในดิน	68
4.9	ความเข้มข้นสังกะสีในดิน	69
4.10	ร้อยละการชะสังกะสีที่สถานีบ้านแม่จาง	71
4.11	ร้อยละการชะสังกะสีที่สถานีบ้านหัวฝาย	71
4.12	ความเข้มข้นโครเมียมในดิน	72
4.13	ร้อยละการชะโครเมียมที่สถานีบ้านแม่จาง	74
4.14	ร้อยละการชะโครเมียมที่สถานีบ้านหัวฝาย	74

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.15	ความเข้มข้นแคดเมียมในดิน	75
4.16	ร้อยละการชะแคดเมียมที่สถานีบ้านแม่จาง	77
4.17	ร้อยละการชะแคดเมียมที่สถานีบ้านหัวฝาย	77
4.18	ความเข้มข้นทองแดงในดิน	78
4.19	ร้อยละการชะทองแดงที่สถานีบ้านแม่จาง	80
4.20	ร้อยละการชะทองแดงที่สถานีบ้านหัวฝาย	80
4.21	ความเข้มข้นตะกั่วในดิน	81
4.22	ร้อยละการชะตะกั่วที่สถานีบ้านแม่จาง	83
4.23	ร้อยละการชะตะกั่วที่สถานีบ้านหัวฝาย	83
4.24	ความเข้มข้นนิกเกิลในดิน	84
4.25	ร้อยละการชะนิกเกิลที่สถานีบ้านแม่จาง	86
4.26	ร้อยละการชะนิกเกิลที่สถานีบ้านหัวฝาย	86
4.27	ปริมาณแร่ธาตุในดิน	87
4.28	ความเข้มข้นแร่ธาตุในดิน	87
4.29	ความเข้มข้นแคลเซียมในดิน	88
4.30	ร้อยละการชะแคลเซียมที่สถานีบ้านแม่จาง	90
4.31	ร้อยละการชะแคลเซียมที่สถานีบ้านหัวฝาย	90
4.32	ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดิน	91
4.33	ร้อยละการชะแมกนีเซียมที่สถานีบ้านแม่จาง	93
4.34	ร้อยละการชะแมกนีเซียมที่สถานีบ้านหัวฝาย	93
4.35	ความเข้มข้นโปแทสเซียมในดิน	94
4.36	ร้อยละการชะโปแทสเซียมที่สถานีบ้านแม่จาง	96
4.37	ร้อยละการชะโปแทสเซียมที่สถานีบ้านหัวฝาย	96
ก1	ข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่เดือนมกราคม –ธันวาคม เฉลี่ย 30 ปี (2504-2533)	101
ก2	ข้อมูลความเข้มข้นไอออนของน้ำฝนจังหวัดพิษณุโลก	102
ข1	ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในดิน	104
ข2	ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านแม่จางที่ความลึก 10-15 เซนติเมตร	105
ข3	ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านแม่จางที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	106
ข4	ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านหัวฝายที่ความลึก 10-15 เซนติเมตร	07

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ข5	ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านหัวฝายที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร	108
ค1	ความเข้มข้นของโลหะหนักในดิน	110
ค2	ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน	110
ง1	ตารางค่าความเป็นกรด-ดินในน้ำ ครั้งที่ 1	112
ง2	ตารางค่าความเป็นกรด-ดินในน้ำ ครั้งที่ 2	113
ง3	ตารางค่าความเป็นกรด-ดินในน้ำ ครั้งที่ 3	114
ง4	สภาพการนำไฟฟ้า ครั้งที่ 1	115
ง5	สภาพการนำไฟฟ้า ครั้งที่ 2	116
ง6	สภาพการนำไฟฟ้า ครั้งที่ 3	117
จ1	ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 1	119
จ2	ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 2	120
จ3	ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 3	121
จ4	ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 1	122
จ5	ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 2	123
จ6	ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 3	124
ฉ3	ข้อมูลปริมาตรน้ำฝนที่ชะในคอลัมน์	128
ฉ7	มาตรฐานอเมริกันและเปรียบเทียบกับมาตรฐานอื่น ๆ	133
ฉ8	แสดงการเรียงตะแกรงตามขนาดต่าง ๆ	133
ช1	มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมประเภทโลหะหนัก	135

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	การเกิดสารกรดในบรรยากาศ การแพร่กระจาย และการตกสะสม	2
2.2	กระบวนการเกิดฝนกรด (acid rain)	5
2.3	ส่วนประกอบของดิน	10
2.4	การแบ่งชั้นของดิน	11
2.5	สีของดิน	15
3.1	ภาพถ่ายแผนที่อำเภอแม่เมาะ จ.ลำปาง	21
3.2	แผนที่แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างการตกสะสมของกรดในอำเภอแม่เมาะ	22
3.3	จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 1บ้านแม่จาง ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	23
3.4	จุดเก็บตัวอย่าง จุดที่ 2 บ้านหัวฝาย ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ	23
3.5	ขั้นตอนการดำเนินงาน	24
3.6	อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน	27
3.7	วิธีการเก็บตัวอย่างแบบคอลัมน์	29
3.8	วิธีการเก็บตัวอย่างแบบคอลัมน์(ต่อ)	29
3.9	วิธีการเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก	30
3.10	วิธีการเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก(ต่อ)	30
3.11	แผนภาพไดอะแกรม ส่วนประกอบของเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer	32
3.12	เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer	33
3.13	เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง	42
3.14	ตะแกรงที่ใช้ร่อนตัวอย่างพร้อมถาดรองและเครื่องเขย่าตะแกรง	45
3.15	การติดตั้งอุปกรณ์	49
3.16	การติดตั้งอุปกรณ์(ต่อ)	49
3.17	เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้าแบบปากกา	56
4.1	ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดิน	60
4.2	Particle Size Distribution Curve	64
4.3	ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำชะดิน	65
4.4	สภาพการนำไฟฟ้า	66
4.5	กราฟความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	70
4.6	กราฟความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	70

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.7	กราฟความเข้มข้นของโครเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	73
4.8	กราฟความเข้มข้นของโครเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	73
4.9	กราฟความเข้มข้นของแคดเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	76
4.10	กราฟความเข้มข้นของแคดเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	76
4.11	กราฟความเข้มข้นของทองแดงที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	79
4.12	กราฟความเข้มข้นของทองแดงที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	79
4.13	กราฟความเข้มข้นของตะกั่วที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	82
4.14	กราฟความเข้มข้นของตะกั่วที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	82
4.15	กราฟความเข้มข้นของนิกเกิลที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	85
4.16	กราฟความเข้มข้นของนิกเกิลที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	85
4.17	กราฟความเข้มข้นของแคลเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	89
4.18	กราฟความเข้มข้นของแคลเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	89
4.19	กราฟความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	92
4.20	กราฟความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย	92
4.21	กราฟความเข้มข้นของโปแทสซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	95
4.22	กราฟความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง	95

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันการไฟฟ้าฝ่ายผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ตั้งอยู่ที่อำเภอแม่เมาะ มีหน่วยผลิตกระแสไฟฟ้า 13 หน่วย มีกำลังผลิตทั้งหมด 2,625 เมกะวัตต์ และใช้ถ่านหินลิกไนต์ที่มีกำมะถันสูงเฉลี่ยร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก ในการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยหากไม่มีการควบคุมใดๆโรงไฟฟ้าจะมีการปล่อยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์สูงถึง 150 ตัน/ชั่วโมง ซึ่งจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังจังหวัดต่างๆ ทั้งภาคเหนือตอนบนและล่างเชื่อมต่อไปยังภาคกลางจนถึงกรุงเทพมหานครและเชื่อมโยงกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือด้วย โดยกำลังผลิตของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ปัจจุบันคิดเป็นประมาณ 20 % ของกำลังผลิตของทั้งประเทศ เนื่องด้วยการตกสะสมของสารกรดจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์มีผลทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้นธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม โปแตสเซียม สูญเสียไปเพราะถูกชะลงไปในดินชั้นล่าง งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาถึงความเข้มข้นธาตุอาหารและโลหะหนักที่ละลายออกมาในดิน ซึ่งอยู่บริเวณรอบๆโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อาจทำให้ดินมีการปนเปื้อนโลหะหนัก และมีผลต่อการพืชที่ปลูกเพื่อการบริโภค

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 ศึกษาหาความเข้มข้นโลหะหนักและธาตุอาหารที่สะสมในดินที่ชะโดยฝนกรด

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบชนิดและความเข้มข้นของแร่ธาตุในดิน

1.3.2 ทราบชนิดและความเข้มข้นของโลหะหนักในดิน

1.3.3 ทราบการชะของธาตุอาหารและโลหะหนักในดินโดยฝนกรด

1.4 ขอบเขตการทำโครงงาน

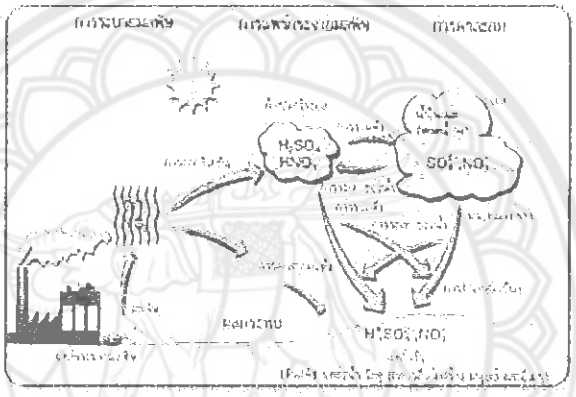
1.4.1 ศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักและธาตุอาหารในดินในพื้นที่รอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

1.4.2 ศึกษาช่วงเวลา เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2552 ถึง เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2553

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การตกสะสมของกรดในประเทศไทย

สารมลพิษ คือ ของเสียหรือมลสารใดๆที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชน



รูปที่ 2.1 การเกิดสารกรดในบรรยากาศ การแพร่กระจาย และการตกสะสม

ที่มา กรมควบคุมมลพิษ

สารมลพิษบางชนิดที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล (Fossil Fuels) ได้แก่ ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน เมื่อลอยเข้าสู่บรรยากาศจะกลายสภาพเป็นสารกรด และถูกพัดพาไปได้ไกลอย่างไร้พรมแดน ส่งผลให้หมอก น้ำค้าง ฝน เป็นกรด กลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมของภูมิภาคและของโลก สารกรดในบรรยากาศเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่รุนแรงในประเทศอุตสาหกรรม หรือประเทศที่พัฒนาแล้ว ทำความเสียหายต่อสุขภาพ ทรัพย์สิน แหล่งผลิตอาหารและทรัพยากรธรรมชาติ ต้องแสวงหาแนวทางเพื่อลดการปล่อยมลพิษและบรรเทาความเสียหายที่เกิดขึ้น

ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งในในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่กำลังมีการพัฒนาด้านเศรษฐกิจและสังคมในอัตราที่สูง ทำให้ชุมชนเมือง อุตสาหกรรม และการคมนาคมขนส่งมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้มีการใช้พลังงานจากเชื้อเพลิงฟอสซิลเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนมาก ปัญหาเรื่องสารกรดในบรรยากาศจึงได้เริ่มปรากฏขึ้นแล้ว โดยในบางครั้งตรวจพบว่าน้ำฝนที่ตกลงมาในเขตเมือง และเขตอุตสาหกรรมมีความเป็นกรดสูงกว่าน้ำฝนธรรมชาติ สำหรับประเทศไทยปัญหานี้อาจทวีความรุนแรงขึ้นได้ในอนาคต เช่นเดียวกับที่เกิดในประเทศอุตสาหกรรมที่พัฒนาแล้วสารกรดสามารถเดินทางไปในบรรยากาศได้ไกลหลายร้อยกิโลเมตรจากแหล่งกำเนิด

2.1.1 แหล่งที่มาของสารกรดในบรรยากาศ

สารมลพิษที่เป็นตัวการทำให้เกิดสารกรดในบรรยากาศ (Acid Precursors) ที่สำคัญมีอยู่ 2 ชนิด ชนิดแรก คือก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ ซึ่งรวมถึงก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) และก๊าซซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) และชนิดที่สอง คือก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน (NO_x) ซึ่งรวมถึงก๊าซไนตริคออกไซด์ (NO) และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) แหล่งที่มาของสารมลพิษเหล่านี้ มีทั้งที่เป็นแหล่งธรรมชาติ (Natural Sources) และแหล่งมนุษย์สร้าง (Man-made Sources) หรือที่เป็นกิจกรรมของมนุษย์

แหล่งธรรมชาติที่ทำให้เกิดสารกรดในบรรยากาศ ได้แก่ การดุและการระเบิดของภูเขาไฟ ไฟไหม้ป่าตามธรรมชาติ ทะเลและมหาสมุทร การเน่าเปื่อยและการย่อยสลายของซากพืช สัตว์ และสารอินทรีย์ประเภทต่างๆ เป็นต้น แหล่งธรรมชาติมีบทบาทความสำคัญต่อการตกสะสมของกรดน้อยกว่าแหล่งมนุษย์สร้าง

ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน ส่วนใหญ่ถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและพลังงานมาให้มนุษย์เราใช้อยู่ทุกวันนี้ กิจกรรมดังกล่าวได้แก่ การเผาถ่านหินและน้ำมันเตาในโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรม การเผาขยะ และการเผาน้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันเจต ในยานพาหนะประเภทต่างๆ เช่น รถยนต์ รถบรรทุก รถโดยสารประจำทาง รถไฟ เรือ และเครื่องบิน เป็นต้น ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์เกิดจากการรวมตัวของสารกำมะถันในเชื้อเพลิงฟอสซิลกับก๊าซออกซิเจนในอากาศขณะเผาไหม้ โดยปริมาณก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณเชื้อเพลิงที่เผาและปริมาณสารกำมะถันที่เจือปนอยู่ใน

เชื้อเพลิงนั้น นอกจากนี้ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ยังเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันปิโตรเลียม อุตสาหกรรมผลิตกรดกำมะถัน และอุตสาหกรรมถลุงสินแร่โลหะที่มีสารกำมะถันเจือปนอยู่ เช่น ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว เป็นต้น

ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนเกิดขึ้นในระหว่างการเผาเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ เช่นเดียวกับก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ โดยเกิดจากการรวมตัวของก๊าซไนโตรเจนในอากาศและสารไนโตรเจนในเชื้อเพลิงกับก๊าซออกซิเจนในอากาศในระหว่างการเผาไหม้ ยิ่งอุณหภูมิการเผาไหม้สูงๆ และมีปริมาณก๊าซออกซิเจนในการเผาไหม้มากๆจะยิ่งเกิดก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนมาก นอกจากนี้ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนยังเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ ได้แก่ อุตสาหกรรมผลิตกรดดินประสิวและสารประกอบ อุตสาหกรรมผลิตปุ๋ย และอุตสาหกรรมผลิตวัตถุระเบิด เป็นต้น จากการคาดประมาณพบว่าบนโลกของเรามีปริมาณก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่เกิดจากธรรมชาติน้อยกว่าร้อยละสิบของปริมาณก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์ที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลและเช่นเดียวกันปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลมีเป็นสองเท่าของปริมาณก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนที่เกิดจากธรรมชาติ สำหรับประเทศไทยของเราในปี พ.ศ. 2541 จากการคาดประมาณพบว่าการปล่อยก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์และก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจนจากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อผลิตพลังงานในรูปแบบต่างๆ มีปริมาณรวมกันทั่วประเทศ 0.884 ล้านตัน และ 0.904 ล้านตัน ตามลำดับ

2.1.2 กลไกการตกสะสมของกรด

ก๊าซออกไซด์ของซัลเฟอร์และออกไซด์ของไนโตรเจนที่ถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดเข้าสู่บรรยากาศจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกรดซัลฟูริกและกรดไนตริกด้วยปฏิกิริยากับออกซิเจนและความชื้นแล้วตกกลับสู่พื้นดิน ในเวลาต่อไปนานเข้าจะเกิดการสะสมของกรดขึ้น การตกสะสมของกรดเกิดได้ 2 ทาง คือ การตกสะสมเปียก และการตกสะสมแห้ง

2.1.2.1 การตกสะสมเปียก (Wet Deposition) เป็นกระบวนการที่กรดซัลฟูริก และกรดไนตริกในบรรยากาศรวมตัวกับเมฆ และต่อมากลายเป็นฝนตกลงสู่พื้นดิน ที่รู้จักกันดีในชื่อ ฝนกรด หรือ ในรูปของหิมะ และหมอกที่มีสภาพเป็นกรด

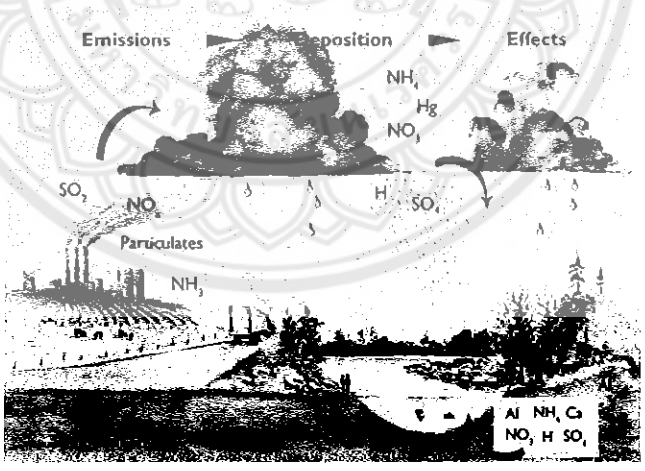
2.1.2.2 การตกสะสมแห้ง (Dry Deposition) เป็นการตกของกรดในสภาวะที่ไม่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ ได้แก่ การตกของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ก๊าซออกไซด์ของไนโตรเจน อนุภาค/

ละอองซัลเฟต และไนเตรท กรดที่แขวนลอยในบรรยากาศจะถูกพัดพาไปโดยลมและตกสะสมบนผิวดิน ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง รวมถึงการเข้าสู่ระบบการหายใจของมนุษย์ด้วย

การตกสะสมของกรดจะทำให้ดิน แหล่งน้ำจืด และอื่นๆ มีสภาพความเป็นกรดมากขึ้น ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตต่างๆ เช่น ต้นไม้ และปลา ผลกระทบจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของกรดที่ตกสะสม หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง กรดอ่อน (ค่าพีเอชสูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่ (ค่าพีเอชต่ำ) แต่ตกในปริมาณน้อย การประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่าพีเอชอย่างเดียว เราจะต้องพิจารณาปริมาณการตกสะสมของกรดโดยรวมด้วย

2.2 การกำเนิดฝนกรด

ฝนกรดเกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิลต่างๆ การเผาไหม้คือปฏิกิริยาเคมีที่ออกซิเจน (O_2) ในอากาศรวมตัวกับคาร์บอน (C), ไนโตรเจน (N), ซัลเฟอร์ (S) และสารอื่นๆ ที่ประกอบอยู่ในสารที่เกิดการเผาไหม้ เมื่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และไนโตรเจนออกไซด์เข้าสู่บรรยากาศแล้ว จะทำปฏิกิริยากับไอน้ำและสารเคมีอื่นๆ ในบรรยากาศ ก่อให้เกิดกรดซัลฟูริก กรดไนตริกและสารพิษอื่นๆ ประเภทไนเตรตและซัลเฟต โดยสารเหล่านี้อาจละลายตัวลงไปในฝน แล้วตกลงมาพร้อมกัน



รูปที่ 2.2 กระบวนการเกิดฝนกรด (acid rain)

ที่มา http://th.wikipedia.org, http://www.state.me.us/dep/air/acidrain/

2.2.1 ผลกระทบจากฝนกรด

ฝนกรดเมื่อตกลงมาในแหล่งน้ำและผืนดิน ก็จะทำให้น้ำและดินมีความเป็นกรดมากขึ้น เกิดความเสียหายกับพืช สัตว์ มนุษย์ และระบบนิเวศวิทยา รวมทั้งก่อให้เกิดการสึกกร่อนของวัสดุต่างๆ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1.1 ผลกระทบของการตกสะสมของกรดต่อวัสดุ

สารประกอบซัลเฟอร์สามารถกัดกร่อนวัสดุและสิ่งก่อสร้างต่างๆได้ เป็นตัวเร่งให้เกิดการกัดกร่อนของโลหะ การลดความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบรรยากาศจาก 0.15 ppm ไปที่ 0.05 ppm จะสามารถลดอัตราการกัดกร่อนของสังกะสีลงได้สี่เท่า ส่วนอลูมิเนียมค่อนข้างจะดงทนต่อก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ อย่างไรก็ตามที่ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่า70% อัตราการกัดกร่อนจะเพิ่มสูงขึ้น ละอองกรดซัลฟูริกยังสามารถกัดกร่อนวัสดุก่อสร้างอื่น ๆ ได้อีกหลากหลายชนิด รวมทั้งหินปูน หินอ่อน หินชนวน กระเบื้องหลังคา และปูนซิเมนต์ โดยเมื่อทำปฏิกิริยาจะกลายเป็นสารละลายแคลเซียมซัลเฟตเกิดการสึกกร่อนขึ้น เมื่อถูกฝนชะล้างออกไปพื้นผิวหน้าวัสดุถูกเปิดการกัดกร่อนก็จะกินลึกลงไปเรื่อย ๆ นอกจากนี้ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์และกรดซัลฟูริกจะทำให้เส้นไนล่อนลดความแข็งแรงลงด้วย

2.2.1.2 ผลกระทบของการตกสะสมของกรดต่อธาตุอาหารพืชและป่าไม้

ฝนกรดเป็นเป็นพิษต่อพืชโดยตรง พืชที่ไวต่อกรด เมื่อถูกฝนกรดจะไหม้เป็นแผลและตายไป ส่งผลให้ป่าไม้ถูกทำลาย ปฏิกิริยาของฝนกรดที่ส่งผลกระทบต่อพืช มีดังนี้

ก. ฝนกรดมีผลเสียหายโดยตรงต่อพืชและการสังเคราะห์แสง

ข. ฝนกรดมีผลต่อการแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) มีผลต่อการสูญเสียธาตุอาหาร ที่เป็นแคดไอออนเบส เช่น แคลเซียม (Ca), แมกนีเซียม (Mg), โปแตสเซียม (K) ของพรรณไม้ในป่า และมีผลต่อการลดลงของธาตุฟอสฟอรัส (P) และไนโตรเจน (N) ในต้นไม้ในป่าด้วย การสูญเสียแคลเซียมและแมกนีเซียมมีผลต่อผนังเซลล์ในคอร์เท็กซ์ มีผลต่อการส่งลำเลียงน้ำ ซึ่งกระทบต่อการเจริญเติบโตของไม้ยืนต้น

ข.1 กรดกำมะถันทำให้อะลูมิเนียมและธาตุโลหะหนักในดินละลาย และเป็นอันตรายต่อรากฝอยในพืช ทำให้การดูดน้ำและการเจริญเติบโตของพืชลดลง และทำให้พืชอ่อนแอ เกิดการทำลายโดยโรคราและแมลงได้มากขึ้น

ข.2 ทำให้การทดแทนของพรรณไม้ในป่าลดลง และเกิดการยืนตายของต้นไม้จากบนลงล่าง (dieback) ของพรรณไม้ในป่า

ข.3 ฝนกรดมีผลให้ผลิตผลของพืชเศรษฐกิจ เช่น ถั่วเหลืองลดลง นอกจากนี้ SO_2 ที่อยู่ในบรรยากาศยังไปปิดปากใบทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง ใบเหลือง และร่วงหล่นลงในที่สุด ยิ่งกว่านั้น SO_2, NH_3 และ O_3 ในบรรยากาศทำให้ความต้านทานต่อความหนาวเย็นของพืชพรรณในเขตอบอุ่นและเขตหนาวลดลง

2.2.1.3 ผลกระทบของการตกสะสมของกรดต่อดิน

การตกสะสมของกรดมีผลกระทบต่อสมบัติของดินและสภาพแวดล้อมในดิน โดยมีผลทำให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น ทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิด เช่น Ca , Mg และ K สูญเสียไปเนื่องจากถูกทำให้เคลื่อนที่ลงไปในดินชั้นล่างนอกบริเวณรากพืชโดยกระบวนการทางเคมี ซึ่งมีผลทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง นอกจากนั้นทำให้ธาตุโลหะหนักในดิน เช่น แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), ปรอท (Hg) และธาตุโลหะหนักอื่นๆ ละลายออกมาได้มากขึ้น ทำให้ดินมีแนวโน้มที่เกิดมลพิษเนื่องจากการปนเปื้อนของโลหะหนักมากขึ้น มีผลต่อเนื่องให้พืชที่ปลูกในบริเวณดังกล่าวดูดโลหะหนักขึ้นไปสะสมไว้ในต้นและผลผลิตซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ความเป็นกรดของดินที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการตกสะสมของกรดมีผลกระทบต่อจำนวนและ กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินบางชนิด ทำให้การย่อยสลายวัสดุอินทรีย์และวัฏจักรของธาตุอาหารบางชนิดเปลี่ยนแปลงไป การลดลงของจำนวนจุลินทรีย์ในดินมีผลต่อวัฏจักรคาร์บอน และวัฏจักรไนโตรเจน การตรึงไนโตรเจนของสาหร่ายและดินจะลดลง

การลดลงของค่า pH ในดินที่ได้รับฝนกรดจะไม่เท่ากัน ขึ้นกับชนิดของดินและการแลกเปลี่ยนของแคทไอออน (Cation Exchange Capacity, CEC) ดินที่มีความไวต่อฝนกรด จะมีค่า pH ลดลงตามค่า CEC คือ CEC ต่ำมีความไวต่อฝนกรดมาก ธาตุอาหารในดินจะถูกชะล้างไป อะลูมิเนียม (Al) จึงถูกปล่อยเป็นอิสระและเป็นธาตุที่เป็นพิษ เมื่อถูกรากพืชดูดขึ้นไปแทนที่ Ca และ Mg จะมีผลทำให้พืชขาดธาตุอาหารเหล่านี้แล้วตายไปในที่สุด

2.2.1.4 ผลกระทบของการตกสะสมของกรดต่อแหล่งน้ำ

เมื่อฝนกรดตกลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะทำให้แหล่งน้ำมีสภาพเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของปลาเป็นอย่างมาก ปลาบางชนิดจะมีความไวต่อค่า pH ต่ำ ปลาหลายชนิดจะหยุดขยายพันธุ์ เมื่อค่า pH ต่ำกว่า 5.5 นอกจากนั้นปริมาณของแพลงตอนจะลดลง เมื่อค่า pH ของน้ำต่ำลงและจะมีผลต่อเนื่องถึงปลาและสัตว์น้ำต่างๆ เพราะแพลงตอนเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของปลาและสัตว์น้ำต่าง ๆ และในที่สุด ห่วงโซ่อาหารจะถูกทำลายไป

2.2.1.5 ผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่งผลกระทบต่อสุขภาพในด้านของระบบทางเดินหายใจเป็นหลัก ผลกระทบมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในอากาศ ปฏิกิริยาและความไวในการรับก๊าซนี้ของแต่ละบุคคลไม่เท่ากัน ผู้ที่ไวต่อสิ่งกระตุ้นในสิ่งแวดล้อม เช่น เป็นโรคหอบ หืด จะได้รับผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในระดับที่สูงกว่าผู้ที่มีสุขภาพปกติ ผลกระทบของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ต่อสุขภาพของประชาชน

ก. ผลกระทบเฉียบพลัน

ก.1 อาการระคายเคืองเยื่อบุต่างๆ ได้แก่ เยื่อบุตา เยื่อบุคอและเยื่อบุทางเดินหายใจ ทำให้มีอาการแสบ คัน เคืองและอาจตามมาด้วยการติดเชื้อภายหลังจากการระคายเคือง

ก.2 อาการผิดปกติต่อทางเดินหายใจ ทำให้เกิดการบีบรัดตัวของท่อทางเดินหายใจทั้งส่วนปลายและหลอดลมขนาดเล็ก ทำให้มีอาการหายใจลำบากมีอาการหอบหืดแน่นหน้าอก

ก.3 สมรรถภาพการทำงานของปอดลดลง

ก.4 อาการระคายเคืองต่อผิวหนัง

ก.5 มีอาการใจสั่น หัวใจเต้นเร็วขึ้น หายใจเร็วขึ้น วิงเวียนศีรษะรบกวนประสาทสัมผัสและอาจมีอาการซึมเศร้าได้

ข. ผลกระทบเรื้อรัง

ทำให้ทางเดินหายใจทั้งส่วนบนและส่วนล่างอักเสบเรื้อรัง และมีโอกาสติดเชื้อทางเดินหายใจบ่อยขึ้นและง่ายขึ้นแต่ยังไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ที่ชัดเจนกับมะเร็งปอด

2.3 ดินและแร่ธาตุในดิน

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติชนิดหมุนเวียนที่มีส่วนเกื้อหนุนต่อสิ่งมีชีวิต ทำให้สิ่งมีชีวิตสามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกได้ โดยใช้ผลิตผลที่เกิดจากดินหรือได้จากใต้ดิน ความสำคัญของดินที่มีต่อชีวิตของมนุษย์ ดินเป็นแหล่งกำเนิดและแหล่งผลิตปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการดำรงชีวิต ซึ่งได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค นอกจากนี้บริเวณผิวโลกส่วนที่ลึกยังประกอบด้วยทรัพยากรที่มีค่า เช่น น้ำมันปิโตรเลียม แร่ธาตุชนิดต่างๆ เป็นต้น

ดินเกิดจากการสลายตัวของหิน แร่ และการสลายตัวของสารอินทรีย์ โดยหินและแร่สลายตัวเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้ วัตถุต้นกำเนิดดิน สารอินทรีย์สลายตัวได้ ฮิวมัส จากนั้นวัตถุต้นกำเนิดผสมกับฮิวมัส โดยพืชและสัตว์ช่วยให้กลายเป็นดิน ดินต่างถิ่นมีลักษณะต่างกัน เพราะดินเหล่านั้นมีกำเนิดแตกต่างกัน เนื่องจากสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ วัตถุต้นกำเนิดดิน กาลเวลาและส่วนผสมจากฮิวมัสของสิ่งมีชีวิตต่างๆ

2.3.1 ส่วนประกอบของดิน

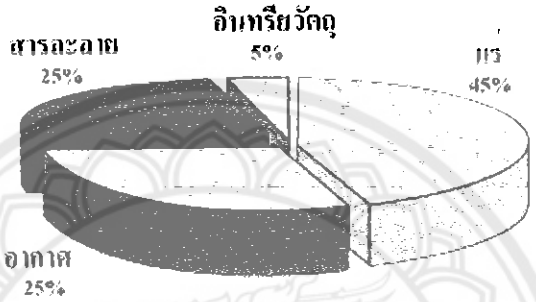
โดยธรรมชาติดินจะมีส่วนประกอบ 4 ส่วน คือ

2.3.1.1 **สารอินทรีย์** เกิดจากการสลายตัวของสิ่งมีชีวิตที่เน่าเปื่อยผุพังสลายตัวทับถมอยู่ในดินของซากพืช ซากสัตว์ และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก เช่น ไส้เดือน แมลง จุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเหล่านี้ช่วยให้ดินมีลักษณะร่วนซุย มีสีดำหรือสีน้ำตาล ที่เรียกว่า ฮิวมัส (Humus)

2.3.1.2 **สารอินทรีย์** ได้จากการสลายตัวของหินและแร่อนินทรีย์สารเหล่านี้ประกอบด้วยธาตุซิลิกอน และอะลูมีเนียมเป็นส่วนใหญ่ มีเหล็ก แคลเซียม โพแทสเซียมและแมกนีเซียม ปนบ้างเล็กน้อย ธาตุเหล่านี้พบอยู่ในรูปแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ไมกา แร่พวกเฟอร์โรแมกนีเซียนซิลิเกตและแร่ดิน ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของดิน ดินแต่ละที่จะมีแร่ธาตุในดินในปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิดเดิมของดิน

2.3.1.3 น้ำ แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน น้ำในดินจะช่วยละลายแร่ธาตุต่าง ๆ ทำให้รากพืชสามารถดูดธาตุอาหารขึ้นไปใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์แสงได้

2.3.1.4 อากาศ แทรกอยู่ตามช่องว่างระหว่างเม็ดดิน มีก๊าซคาร์บอนมอนไดออกไซด์ สูงกว่าอากาศบนผิวดิน ดินที่โปร่งมีรูพรุนมาก จะมีการระบายอากาศได้ดี ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นต่อการหายใจของสิ่งมีชีวิตในดิน



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของดิน

ที่มา http://www.cmw.ac.th/elibrary/fileselibrary/Science/amporn003/p6.htm

2.3.2 ชั้นของดิน

ดินแต่ละชั้นมีลักษณะแตกต่างกันเนื่องจากสมบัติทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และลักษณะอื่นๆ เช่นสี โครงสร้าง เนื้อดิน การยึดตัว และความเป็นกรดเป็นด่างของดินแตกต่างกัน การแบ่งชั้นดินออกเป็น 5 ชั้น ได้แก่

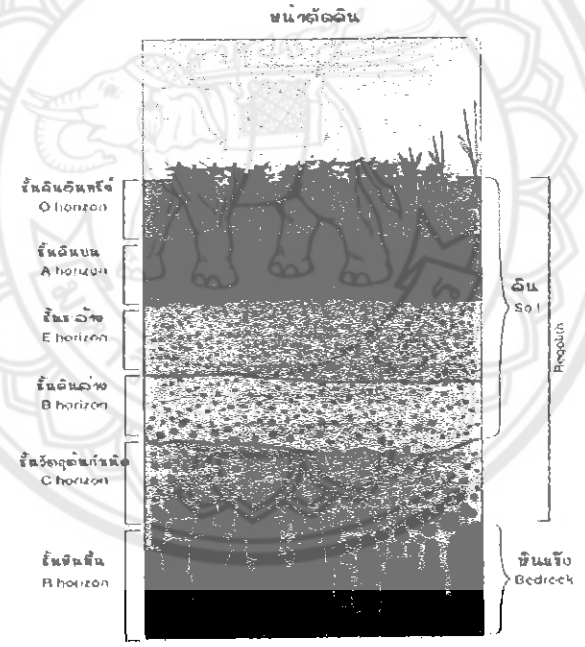
2.3.2.1 ชั้นโอ (O-horizon) เป็นช่วงชั้นดินที่มีสารอินทรีย์สะสมตัวอยู่มาก มักมีสีเทาหรือเทาดำ

2.3.2.2 ชั้นเอ (A-horizon) เป็นเขตการชึมชะ (Zone of Leaching) เป็นชั้นที่น้ำชึมผ่านจากชั้นบน แล้วทำปฏิกิริยากับแร่บางชนิด เกิดการสลายตัวของแร่ สารละลายที่ได้จะชึมผ่านลงไปสะสมตัวในชั้นมีสีจาง

2.3.2.3 ชั้นบี (B-horizon) เป็นเขตสะสมของแร่ในชั้นดิน (Zone of Accumulation) เป็นชั้นที่มีการตกตะกอน และสะสมตัวของแร่จากสารละลายที่ไหลลงมาจากชั้นเอ ชั้นดิน มักมีสีแดง

2.3.2.4 ชั้นซี (C-horizon) เป็นชั้นหินผุ (Weathered rock) ที่หินบางส่วนผุพัง กลายเป็นดินปะปนกับเศษหินที่แตกหักมาจากชั้นหินดินดานเดิม

2.3.2.5 ชั้นอาร์ (R-horizon) เป็นชั้นหินดาน ที่ชั้นหินเดิมยังไม่มีการผุพังสลายตัวเป็นดิน



รูปที่ 2.4 การแบ่งชั้นของดิน

ที่มา http://osl101.ldd.go.th/easysoils/s_profile.htm

2.3.3 ธาตุอาหารในดิน

ธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช นอกจากธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนที่พืชได้จากอากาศและน้ำ เพื่อนำมาผลิตเป็นอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำตาลและแป้งแล้ว พืชยังต้องการธาตุอาหารอีก 13 ธาตุ ทั้งหมดนี้รากพืชจะต้องดูดดึงขึ้นมาจากดิน ธาตุเหล่านี้จะมาจากการผุพังสลายตัวของส่วนที่เป็นแร่ธาตุในดินและอินทรียวัตถุหรือฮิวมัส ธาตุอาหารเหล่านี้ได้แก่ ไนโตรเจนฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน ธาตุทั้ง 6 ตัวนี้พืชต้องการใช้เป็นปริมาณมาก เมื่อเทียบกับธาตุที่จำเป็นอีกกลุ่มหนึ่ง คือ เหล็ก สังกะสี แมงกานีส โบรอน โมลิบดีนัม ทองแดง และคลอรีน ซึ่งพืชต้องการใช้เป็นปริมาณน้อยมาก ธาตุอาหารกลุ่มแรกเรียกว่า "มหาธาตุ" และธาตุกลุ่มหลังเรียกว่า "จุลธาตุ" อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นธาตุในกลุ่มมหาธาตุ หรือจุลธาตุ อาหารต่างๆ ก็มีความสำคัญและจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเท่าเทียมกัน พืชจะขาดธาตุหนึ่งธาตุใดไม่ได้ เมื่อพืชขาดธาตุอาหารแม้แต่เพียงธาตุเดียว พืชจะไม่เจริญเติบโต แคระแกร็น ไม่ให้ผลผลิต และตายในที่สุด

2.3.3.1 หน้าที่ของธาตุอาหาร ผลที่เกิดขึ้นเมื่อพืชขาดธาตุอาหาร ธาตุอาหารพืชแต่ละธาตุมีหน้าที่แตกต่างกันไป ถ้าพืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอก็จะแสดงอาการขาดธาตุอาหารแตกต่างกันไปตามชนิดของธาตุอาหารนั้นๆ ในที่นี้จะกล่าวเพียง 3 ธาตุเท่านั้น คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ซึ่งในดินมีน้อย พืชต้องการมาก และมักขาดแคลนอยู่บ่อย ๆ ดังต่อไปนี้

ก. ธาตุไนโตรเจน

ธาตุไนโตรเจนปกติจะมีอยู่ในอากาศในรูปของก๊าซไนโตรเจนเป็นจำนวนมากแต่ไนโตรเจนในอากาศในรูปของก๊าซนั้น พืชนำเอาไปใช้ประโยชน์อะไรไม่ได้ (ยกเว้นพืชตระกูลถั่วเท่านั้นที่มีระบบรากพิเศษสามารถแปรรูปก๊าซไนโตรเจนจากอากาศเอามาใช้ประโยชน์ได้) ธาตุไนโตรเจนที่พืชทั่วๆไปดึงดูดขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้นั้นจะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบ เช่น แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) และไนเทรตไอออน (No_3) ธาตุไนโตรเจนในดินที่อยู่ในรูปเหล่านี้จะมาจากการสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินโดยจุลินทรีย์ในดินและได้มาจากการที่เราใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในดินด้วย

ข. ธาตุฟอสฟอรัส

ธาตุฟอสฟอรัสในดินมีกำเนิดมาจากการสลายตัวผุพังของแร่บางชนิดในดิน การสลายตัวของสารอินทรียวัตถุในดินก็จะสามารถปลดปล่อยฟอสฟอรัสออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืชที่ปลูกได้เช่นเดียวกับไนโตรเจน ดังนั้นการใช้ปุ๋ยคอกนอกจากจะได้ธาตุไนโตรเจนแล้วก็ยังได้ฟอสฟอรัสอีกด้วย ธาตุฟอสฟอรัสในดินที่จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้จะต้องอยู่ในรูปของอนุมูลของสารประกอบที่เรียกว่า ฟอสเฟตไอออน ($H_2PO_4^-$ และ HPO_4^-) ซึ่งจะต้องละลายอยู่ในน้ำในดิน สารประกอบของฟอสฟอรัสในดินมีอยู่เป็นจำนวนมากแต่ส่วนใหญ่ละลายน้ำยาก ดังนั้นจึงมักจะมีปัญหาเสมอว่าดินถึงแม้จะมีฟอสฟอรัสมากก็จริงแต่พืชก็ยังขาดฟอสฟอรัส เพราะส่วนใหญ่อยู่ในรูปที่ละลายน้ำยากนั่นเอง นอกจากนั้นแร่ธาตุต่างๆ ในดินชอบที่จะทำปฏิกิริยากับอนุมูลฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้ ดังนั้นปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายน้ำได้เมื่อใส่ลงไปในดินประมาณ 80-90% จะทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุในดินกลายเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากไม่อาจเป็นประโยชน์ต่อพืชได้

ค. ธาตุโพแทสเซียม

ธาตุโพแทสเซียมในดินที่พืชนำเอาไปใช้เป็นประโยชน์ได้กำเนิดมาจากการสลายตัวของหินและแร่มากมายหลายชนิดในดิน โพแทสเซียมที่อยู่ในรูปอนุมูลบวกหรือโพแทสเซียมไอออน (K^+) เท่านั้นที่พืชจะดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์ได้ ถ้าธาตุโพแทสเซียมยังคงอยู่ในรูปของสารประกอบยังไม่แตกตัวออกมาเป็นอนุมูลบวก (K^+) พืชก็ยังดึงดูดไปใช้เป็นประโยชน์อะไรไม่ได้อนุมูลโพแทสเซียมในดินอาจจะอยู่ในน้ำในดินหรือดูดยึดอยู่ที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียวก็ได้ ส่วนใหญ่จะดูดยึดที่พื้นผิวของอนุภาคดินเหนียว ดังนั้นดินที่มีเนื้อดินละเอียด เช่น ดินเหนียว จึงมีปริมาณของธาตุนี้สูงกว่าดินพวกเนื้อหยาบ เช่น ดินทรายและดินร่วนปนทราย ถึงแม้โพแทสเซียมไอออนจะดูดยึดอยู่ที่อนุภาคดินเหนียว รากพืชก็สามารถดึงดูดธาตุนี้ไปใช้ประโยชน์ได้ง่ายๆ พอกันกับเมื่อมันละลายอยู่ในน้ำในดิน

2.3.4 คุณสมบัติสำคัญของดิน

2.3.4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพเป็นลักษณะภายนอกของดินที่สามารถมองเห็นและจับต้องหรือสัมผัสได้ เช่น เนื้อดิน โครงสร้างของดิน สีของดิน ชั้นของดิน เป็นต้น

ก. เนื้อดิน เนื้อดินเป็นคุณสมบัติที่บ่งบอกถึงความหยาบ หรือละเอียดของชิ้นส่วนเล็กๆ ของดิน ซึ่งเราเรียกว่า "อนุภาคของดิน" ขนาดและรูปร่างของอนุภาคของดินนี้ แบ่งเนื้อดินออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้

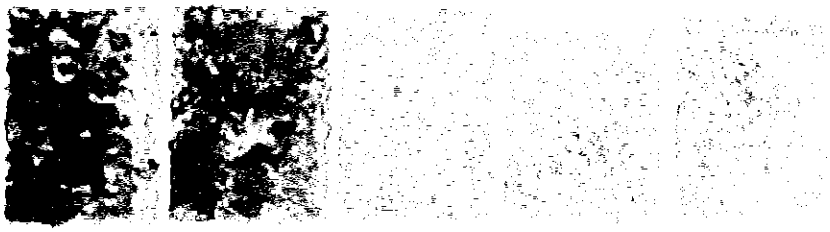
ก.1 พวกดินทราย ได้แก่ ดินทราย ดินทรายร่วน

ก.2 พวกดินร่วน ได้แก่ ดินร่วนปนทราย ดินร่วน ดินร่วนปนตะกอนดินตะกอน ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย

ก.3 พวกดินเหนียว ได้แก่ ดินเหนียวปนตะกอน ดินเหนียวปนทราย เนื้อดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชมาก ดินที่เป็นดินทรายจะอุ้มน้ำไม่ได้ดี ดินจะแห้งง่าย และจะมีธาตุอาหารพืชอยู่น้อยกว่าดินชนิดอื่น ส่วนดินเหนียวนั้นจะอุ้มน้ำได้มาก และมีธาตุอาหารอยู่มาก แต่ก็มีข้อเสียที่การระบายน้ำไม่ดี คือ มักจะมีน้ำขังทำให้มีอากาศไม่พอสำหรับรากพืชใช้ในการหายใจ ดินร่วนจึงนับเป็นดินที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าดินเหนียวและดินทราย

ข. **โครงสร้างของดิน** โครงสร้างของดินเป็นคุณสมบัติของดินที่เกิดขึ้นจากการเกาะจับกันเป็นเม็ดหรือเป็นก้อนดินของอนุภาคที่เป็นของแข็งของดิน (แร่ธาตุของดินและอินทรียวัตถุ) เม็ดหรือก้อนดินที่เกิดขึ้นจะมีขนาดและรูปร่างต่างๆ เช่น เป็นเม็ดขนาดเท่าถั่วเขียวมีเหลี่ยมบ้าง มนบ้าง มีชื่อเรียกว่า "แกรนูล" หรือ "แกรนูล่า" จะพบอยู่ในดินชั้นบน มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ขนาดความกว้าง-ยาว-สูง 3-5 เซนติเมตร เรียกว่า "บล็อกกี้" หรืออาจจะเป็นแผ่นบาง ๆ เรียกว่า "เพลตตี้" โครงสร้างรูปแบบต่างๆของดินจะพบอยู่ในดินชั้นล่างเป็นส่วนใหญ่ยกเว้นโครงสร้างที่เป็นแกรนูล่าที่พบว่ามีอยู่ในดินชั้น

ค. สีของดิน สีของดินเป็นคุณสมบัติของดินที่สามารถเห็นได้ชัดเจนกว่าคุณสมบัติอื่น ๆ สีของดินมีหลายสี ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงสีแดง ดำ เหลืองแดง เหลือง เหลืองเทา เทาและน้ำตาล สีของดินมีประโยชน์ในการจำแนกชนิดของดินและชั้นของดินในทางวิชาการ แสดงความสัมพันธ์กับธาตุอาหารในดิน เช่น ดินเหนียวสีดำ เป็นดินที่มีอินทรียวัตถุและธาตุอาหารพอสมควร



ดินสีดำ ดินสีแดง ดินสีเหลือง ดินสีเทา ดินสีน้ำตาล

รูปที่ 2.5 สีของดิน

ที่มา http://osl101.ldd.go.th/easysoils/s_profile.htm

2.3.4.2 คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีเป็นลักษณะภายในของดินที่เราไม่สามารถจะมองเห็นหรือสัมผัสได้โดยตรง และมีคุณสมบัติที่เป็นทางเคมี หรือมีปฏิกิริยาที่เป็นทางเคมีที่สำคัญก็มี เช่นความเป็นกรดเป็นด่างของดิน หรือ พีเอช (pH) ของดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน หรือที่เรียกกันว่า พีเอช จะบอกเป็นค่าตัวเลขตั้งแต่ 0 ถึง 14 โดยที่ถ้าดินมีค่า พีเอช น้อยกว่า 7 ดินนั้นจะเป็นดินกรดยิ่งน้อยกว่า 7 มาก ก็จะเป็นกรดมาก ถ้าดินมี พีเอช มากกว่า 7 จะเป็นดินด่างแต่ปกติแล้ว พีเอช ของดินทั่วไปจะอยู่ระหว่าง 5 หรือ 8 ถ้าดินมี พีเอช เท่ากับ 7 พอดี แสดงว่าดินเป็นกลาง ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน มีความสำคัญต่อการปลูกพืชมาก เพราะเป็นตัวควบคุมการละลายธาตุอาหารในดินออกมาอยู่ในสารละลาย(น้ำ)ในดิน ถ้าดินมีค่าพีเอชไม่เหมาะสม ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินจะละลายออกมาได้น้อย ไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืช หรือในทางตรงข้ามธาตุอาหารบางชนิดอาจจะละลายออกมามากเกินไป จนทำให้เป็นพิษกับรากพืชได้พืชแต่ละชนิดจะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีช่วงพีเอชต่างกัน แต่พืชทั่วๆไป จะเจริญได้ดีที่ช่วงพีเอช 6.0 - 7.0 ช่วงพีเอชของดินที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

2.4 โลหะหนักและแหล่งกำเนิดของโลหะหนัก

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัม / ลบ.ซม.

2.4.1 ความเป็นพิษของโลหะหนัก

เกิดจากโลหะหนักที่ร่างกายได้รับทางระบบต่างๆของร่างกายไปรบกวนการทำงานของระบบเอ็นไซม์ของเซล และจับยึดกับเยื่อหุ้มเซลทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลผิดปกติไป โลหะหนักบางชนิดมีผลต่อสมบัติทางด้านโครงสร้าง หรือเคมีไฟฟ้าของเซล ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิด และเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่นทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง ผลของความเป็นพิษของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตเกิดจากกลไกระดับเซลล์ 5 แบบ คือ

1. ทำให้เซลล์ตาย
2. เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซล
3. เป็นตัวการชักนำให้เกิดมะเร็ง
4. เป็นตัวการทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม
5. ทำความเสียหายต่อโครโมโซม ซึ่งเป็นปัจจัยทางพันธุกรรม

ก. ตะกั่ว (Pb)

ตะกั่ว เป็นโลหะหนักมีสีเทาเงิน หรือแกมน้ำเงินเกิดขึ้นตามธรรมชาติ ปัจจุบันอุตสาหกรรมหลายประเภทมีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบเป็นจำนวนมาก เช่น ใช้สังเคราะห์สารเตตะ-เอทิลเลด (tetraethyllead,TEL $Pb(C_2H_5)_4$) ในเบนซินเพื่อเพิ่มค่าออกเทน (octane number) เมื่อมีการออกซิไดซ์จะได้ PbO ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ได้โลหะตะกั่วออกสู่สภาวะแวดล้อม ตะกั่วยังใช้ทำอุปกรณ์อิเล็คโทรนิคและคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดการปลดปล่อยตะกั่วและสารประกอบของตะกั่วในรูปของสารมลพิษออกสู่สภาวะแวดล้อม ทำให้มีการปนเปื้อนของตะกั่วทั้งในดิน น้ำ และอากาศ ตะกั่วสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางอาหาร ทางการหายใจ และทางผิวหนัง เมื่อสาร ตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่จะจับยึดอยู่กับเม็ดเลือดแดงจะไปลดการสร้าง heme ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของเม็ดเลือดแดงโดยไปยับยั้งเอ็นไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้าง heme นอกจากนี้ ตะกั่วยังมีผลต่อตับ หัวใจและเส้นเลือด ภาวะเจริญพันธุ์ โครโมโซม และเป็นก่อให้เกิดโรคมะเร็ง และความพิการแต่กำเนิดอีกด้วย

ข. แคดเมียม (Cd)

แคดเมียมเป็นโลหะมีสีเงิน มีอยู่น้อยตามธรรมชาติ โดยทั่วไปแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะพบในแหล่งทำเหมืองสังกะสีและตะกั่ว ในอุตสาหกรรม ยาสูบและบุหรี่ พลาสติกและยาง นอกจากนี้ยังนิยมใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตแบตเตอรี่ อุปกรณ์ไฟฟ้า โลหะผสม อะไหล่รถยนต์ โลหะผสมในอุตสาหกรรมเพชรพลอยอีกด้วย แคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำ อาหาร และในยาสูบเมื่อเข้าสู่ร่างกายจะถูกดูดซึมในกระเพาะอาหาร แล้วแพร่กระจายไปที่ตับ ม้ามและลำไส้ และสะสมเพิ่มขึ้นในปริมาณสูงจะทำให้เกิดมะเร็ง ไตทำงานผิดปกติ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดโรคความดันโลหิตสูง ปวดกระดูกสันหลัง แขนขา ซึ่งจะทำให้ไตพิการได้ โรคที่เกิดจากพิษของแคดเมียมเรียกว่า โรคอิไต-อิไต (Itai Itai disease)

ค.ทองแดง (Cu)

ทองแดงส่วนมากพบทั้งในรูปไอและเกลือของทองแดงเนื่องจากการหลอมโลหะทองแดง ทองเหลือง การเชื่อมและบัดกรีโลหะโดยใช้โลหะผสมของทองแดง ซึ่งโทษ ทำให้เกิดการระคายเคืองและอักเสบที่ตา ระบบหายใจ ระบบ ทางเดินอาหารและประสาทรสสัมผัสเสีย ถ้าร่างกายได้รับไอทองแดงมาก ๆ จะทำให้เกิด การคลื่นไส้ อาเจียน เป็นไข้ (metal fume fever) อาจทำให้ผิวหนังและผมเปลี่ยน สีได้ ถ้าได้รับในปริมาณมาก ทำให้เนื้อเยื่อจมูกอักเสบ และเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

ง. สังกะสี (Zn)

สังกะสีที่พบในอากาศส่วนใหญ่อยู่ในรูปของ ZnO, ZnS และ $ZnSO_4$ จากอุตสาหกรรมทำเหมืองแร่ เช่น การบด ย่อยแร่ ส่วนประกอบรั้วบ้านหลังคา หรือวัสดุ อื่นที่ใช้สังกะสีเป็นโลหะผสม นอกจากนี้ยังเกิดจากสารประกอบของสังกะสีที่นำมาทำยาฆ่าเชื้อรา เช่น zinc dimethyl - dithiocarbamate ผลที่เกิดต่อมนุษย์ ทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ และอาการท้องร่วง ถ้าได้รับไอฝุ่นของ Zn เข้าร่างกายมาก ๆ จะเกิดอาการไข้ที่เรียกว่า Zinc chills ซึ่งมีอาการจับไข้ หนาวสั่น ปวดกล้ามเนื้อ อาเจียน

จ. นิกเกิล (Ni)

นิกเกิลคือธาตุเคมี ที่มีหมายเลขอะตอม 28 และสัญลักษณ์คือ Ni นิกเกิลอยู่ในตารางธาตุหมู่ 2B เป็นธาตุในกลุ่มทรานสิชั่น นิกเกิลเป็นโลหะที่มีความมันวาวสีขาวอยู่กลุ่มเดียวกับเหล็กมีความแข็งแต่ดีเป็นแผ่นได้ ในธรรมชาติจะทำปฏิกิริยาเคมีกับกำมะถันเกิดเป็นแร่มิลเลอร์ไรต์ (millerite) ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับสารหนู (arsenic) จะเกิดเป็นแร่นิกกอไลต์ (niccolite) แต่ถ้าทำปฏิกิริยาเคมีกับทั้งสารหนูและกำมะถันจะเป็นก้อนนิกเกิลกลานซ (nickel glance) โดยส่วนใหญ่นิกเกิลจะถูกใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมมากกว่ามีการค้นพบในภายหลังว่ามีประโยชน์ในด้านโภชนศาสตร์ แต่มีประโยชน์น้อยมากเมื่อเทียบกับแร่ธาตุอื่นๆ นิกเกิลในธรรมชาติ นิกเกิลจะพบมากในเลือด ปอด ตับอ่อน สมอง กระดูก ไต หลอดเลือดแดง ผิวหนัง นิกเกิลส่วนมากจะขับออกทางปัสสาวะ และอุจจาระ หน้าที่ของนิกเกิล เป็นตัวกระตุ้น ของเอนไซม์บางชนิด และอาจเกี่ยวกับการเผาผลาญน้ำตาลในร่างกาย, เป็นปัจจัยของฮอร์โมน ไขมัน และการเผาผลาญเยื่ออ่อน, อาจทำให้กรดอาร์ เอ็น เอ (RNA) และดี เอ็น เอ (DNA) คงสภาพ เพราะพบในปริมาณมาก ถ้าขาดเกลือแร่นิกเกิลทำให้ ตับแข็ง ไตทำงานไม่เต็มที่ และไม่ทำงานในที่สุด เหงื่อออกมาก การดูดซึมของลำไส้บกพร่อง เครียด ขาดเหล็ก อาจจะทำให้เกิดโรคโลหิตจาง นิกเกิลพบในน้ำมันเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้ควันบุหรี่ ควันดำจากรถ จากภาชนะหุงต้ม จากเครื่องจักรที่ใช้ในการขัดสี จากอุปกรณ์ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคของอาหารบางชนิด เช่น การทำเนยเทียม (Margarine) เป็นต้น นอกจากนี้พบในอาหารทะเล ซีเรียล ข้าวต่างๆ ถั่วเมล็ดพืช ไตเป็นอวัยวะที่ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณของนิกเกิลในร่างกาย ถ้ามีนิกเกิลมากเกินไปจะทำให้กล้ามเนื้อหัวใจตาย เป็นลม เป็นมะเร็งมดลูก และโลหิตเป็นพิษในหญิงมีครรภ์

ที่มา http://www.pcd.go.th/info_serv/air_aciddeposition.html

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นายจำเนียร ธนสีลังกูร และคณะ. (2547) ทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ,ดินตะกอน(Pomacea canaliculata) บริเวณหนองบัว จังหวัดอุดรธานี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ และดินตะกอน บริเวณหนองบัว จังหวัดอุดรธานี และยังเป็นข้อมูลพื้นฐานในการติดตามตรวจสอบ เฝ้าระวังการปนเปื้อนของโลหะหนักในห่วงโซ่อาหารจากระบบนิเวศหนองบัว โดยทำการศึกษาในช่วงเดือนมีนาคม – พฤษภาคม พ.ศ. 2547 ได้ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง นำมาตรวจสอบปริมาณโลหะหนัก 6 ชนิด ได้แก่ แคดเมียม (Cd), ตะกั่ว (Pb), ทองแดง (Cu), เหล็ก (Fe), แมงกานีส (Mn) และ สังกะสี (Zn) ด้วยวิธีอะตอมมิกแอปซอร์ปชันสเปคโตรเมตรี ได้ผลดังนี้ ปริมาณโลหะหนักในน้ำ ระหว่างเดือนมีนาคม – เดือนพฤษภาคม 2547 พบว่า ปริมาณแคดเมียมมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0024 – 0.0029 mg/l ปริมาณตะกั่วมีค่าอยู่ระหว่าง 0.0106 – 0.013 mg/l ปริมาณทองแดงมีค่าอยู่ระหว่าง 0.119 – 0.128 mg/l ปริมาณเหล็กมีค่าอยู่ระหว่าง 0.322 – 0.580 mg/l ปริมาณแมงกานีส มีค่าอยู่ระหว่าง 0.043 – 0.117 mg/l และ ปริมาณสังกะสี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.345 – 1.213 mg/l ซึ่งโลหะหนักทุกชนิดมีปริมาณไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน ประเภทที่ 2 ยกเว้น ทองแดง ทั้ง 3 เดือนที่เกินเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดไว้ไม่ควรเกิน 0.1 mg/l และ สังกะสี ในเดือนมีนาคม มีค่าเท่ากับ 1.213 ซึ่งกำหนดไว้ต้องไม่เกิน 1 mg/l ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ระหว่างเดือนมีนาคม – เดือนพฤษภาคม 2547 พบว่า ปริมาณแคดเมียมมีค่าอยู่ระหว่าง 4.67 – 5.71 mg/kg dry wt. ปริมาณตะกั่วมีค่าอยู่ระหว่าง 9.27 – 9.968 mg/kg dry wt. ปริมาณทองแดง มีค่าอยู่ระหว่าง 33.80 – 34.20 mg/kg dry wt. ปริมาณเหล็ก มีค่าอยู่ระหว่าง 38.67 – 53.07 mg/kg dry wt. ปริมาณแมงกานีส มีค่าอยู่ระหว่าง 53.20 – 72.4 mg/kg dry wt. และปริมาณสังกะสี มีค่าอยู่ระหว่าง 7.42 – 36.58 mg/kg dry wt. ซึ่งจะเห็นว่ามีการสะสมโลหะหนักในปริมาณที่ค่อนข้างสูง เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพตะกอนดินสำหรับแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ทะเลของต่างประเทศ ปรากฏว่าโลหะหนักทุกชนิดมีค่าสูงแต่ก็ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ยกเว้นปริมาณแคดเมียมที่มีค่าสูงเกินเกณฑ์มาตรฐาน อาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Cd < 0.68 mg/kg dry wt.)

ขวดี เชี่ยววัฒนา และคณะ. (2551). ศึกษาการพัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบต่อเนื่องสำหรับการศึกษาการดูดซึมได้ของแร่ธาตุและโลหะหนัก.

การวิเคราะห์ปริมาณของโลหะหนักหรือแร่ธาตุในตัวอย่างมีประโยชน์จำกัด เพราะธาตุต่าง ๆ อาจดำรงอยู่ได้ในรูปฟอร์มที่ต่างกัน ซึ่งมีความสามารถในการเคลื่อนตัว การดูดซึม หรือการนำไปใช้ได้ของโลหะหนักหรือแร่ธาตุนั้นๆ แตกต่างกัน แร่ธาตุต่างๆจึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและชีวิตของมนุษย์ต่างกันด้วย งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีใหม่ในการประเมินผลกระทบของการปนเปื้อนของโลหะหนักจากกิจกรรมอุตสาหกรรมหลอมโลหะและอุตสาหกรรมการถลุงแร่ โดยใช้ระบบการสกัดเป็นลำดับขั้นแบบไหลต่อเนื่องที่พัฒนาขึ้นใหม่ ทั้งนี้ได้เลือกกรณีการปนเปื้อนจากโรงงานที่น่าจะมีปัญหาในประเทศไทย คือปัญหาจากการหลอมโลหะตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่า และปัญหาจากการถลุงโลหะสังกะสีที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของแคดเมียม โดยศึกษาถึงความสามารถในการเคลื่อนตัวของตะกั่วและแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในดิน ดินตะกอน และอากาศในบริเวณใกล้เคียงโรงงาน และศึกษาถึงรูปฟอร์มของตะกรันเหล็กที่เกาะอยู่ในท่อนำส่งแก๊สธรรมชาติ

การพัฒนาการวิเคราะห์แบบไหลต่อเนื่องเพื่อศึกษาการดูดซึมหรือการนำไปใช้ได้ของแร่ธาตุในอาหาร ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นการจำลองในหลอดแก้วให้เหมือนเป็นระบบการย่อยในกระเพาะอาหาร และการดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็ก โดยอาศัยวิธีแบบจำลองการย่อยในกระเพาะอาหาร และใช้ระบบการซึมผ่านเยื่อบางแบบไหลต่อเนื่อง (Continuous-Flow Dialysis, CFD) ในการจำลองการดูดซึมสารอาหารในลำไส้เล็ก ด้วยระบบ CFD ทำให้สามารถเก็บสารละลายตัวอย่างที่ซึมผ่านเยื่อบางออกมาเพื่อวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุโดยใช้หน่วยตรวจวัดประเภทต่างๆได้เช่น การวัดการดูดซึมกลืนแสงโดยอาศัยเปลวไฟและความร้อน การวัดการคายแสงของธาตุโดยอาศัยพลาสมาเป็นแหล่งพลังงาน ซึ่งได้ศึกษาถึงวิธีการเชื่อมต่อระบบ CFD ที่พัฒนาขึ้นใหม่ เปรียบเทียบกับวิธีแบบแบทช์ที่ใช้กันอยู่เดิมในด้านความแม่นยำ ความถูกต้อง และประสิทธิภาพ เพื่อประยุกต์ใช้ในการประเมินค่าการดูดซึมได้ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อค่าการดูดซึมได้ของแร่ธาตุในอาหาร

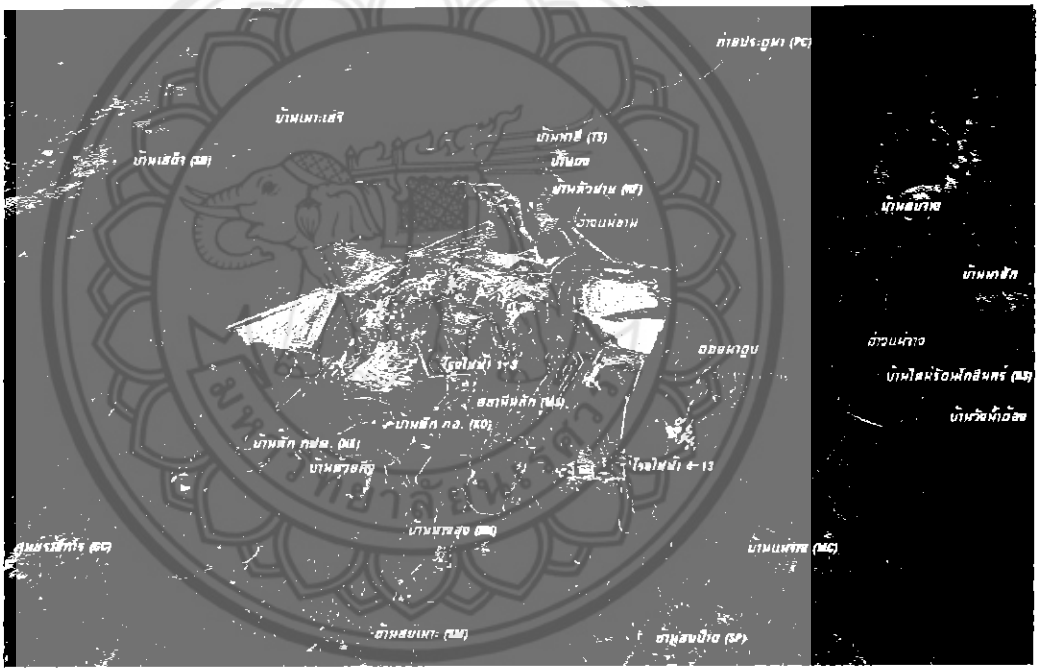
บทที่ 3

วิธีการดำเนินโครงการ

การศึกษาผลกระทบการตกสะสมของกรดต่อการชะแร่ธาตุและโลหะหนักที่อยู่ในดิน บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

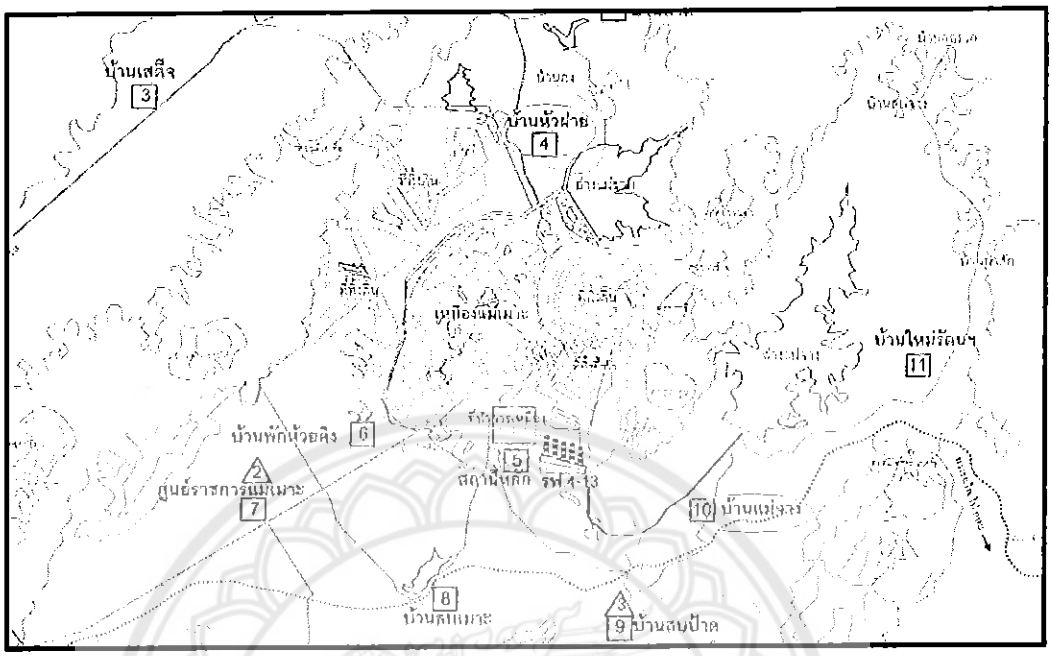
3.1 พื้นที่ทำการทดลอง

3.1.1 ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไป



รูปที่ 3.1 ภาพถ่ายแผนที่อำเภอแม่เมาะ จ.ลำปาง

3.1.2 สถานที่เก็บตัวอย่าง



รูปที่ 3.2 แผนที่แสดงบริเวณเก็บตัวอย่างดิน 2 จุด บริเวณโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

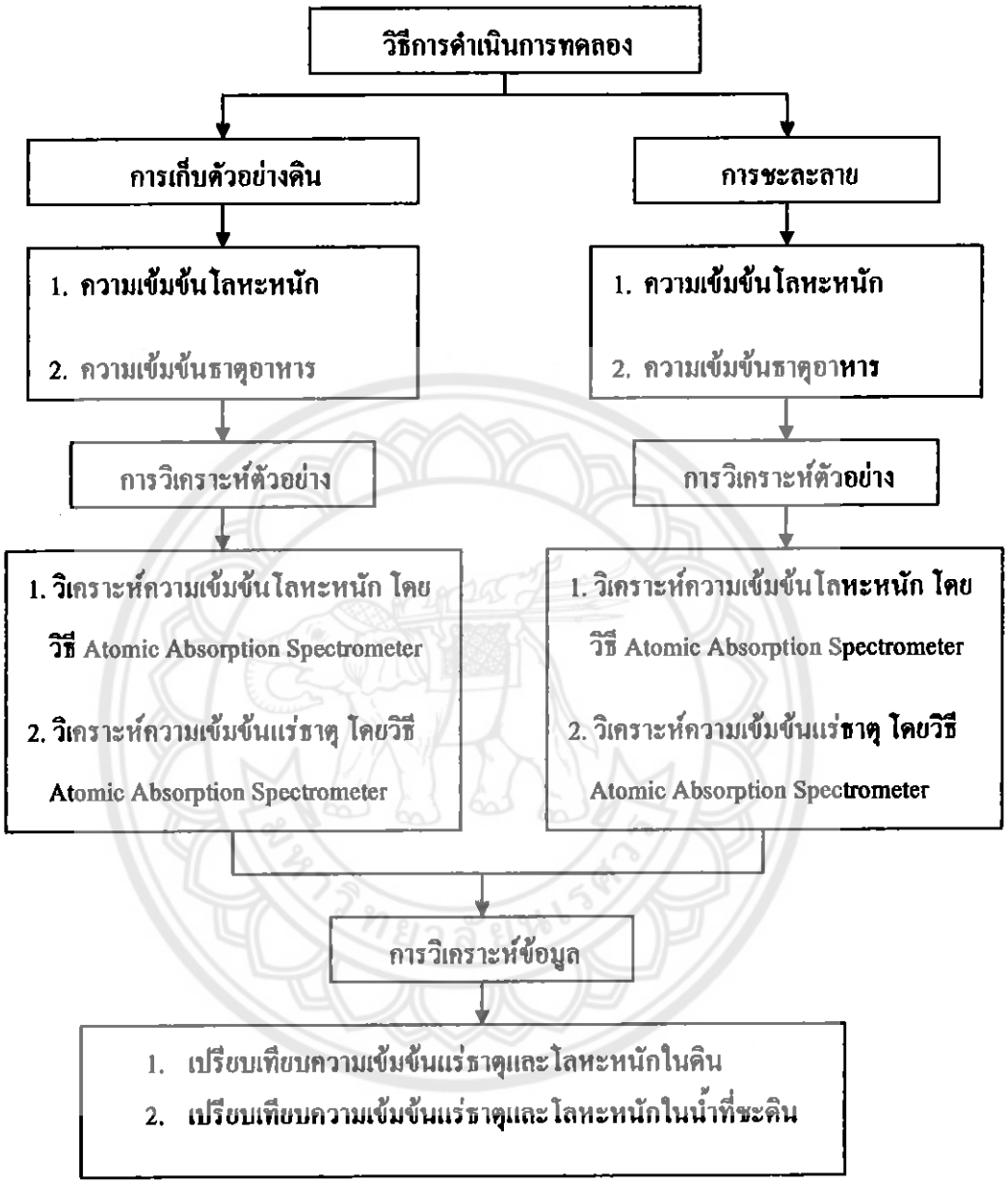
3.1.3 ลักษณะพื้นที่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง

เลือกพื้นที่ทำการเก็บตัวอย่างของดินบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ อ.แม่เมาะ จ. ลำปาง เพื่อนำตัวอย่างดินที่เก็บมาวิเคราะห์ธาตุอาหารและโลหะหนักในดิน เพื่อให้ตัวอย่างของดินที่ได้เป็นตัวแทนของดินที่เกิดการตกสะสมของกรดที่ห่างจากโรงไฟฟ้าประมาณ 10 – 20 กิโลเมตร ลักษณะพื้นที่เก็บตัวอย่างดิน เลือกพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายกัน เป็นบริเวณโล่งที่ใช้ทำการเกษตร มีการปลูกพืชและการเจริญเติบโตอยู่ในระดับเดียวกัน แต่ละจุดที่มีการเก็บตัวอย่างดินจะมีความลึกประมาณ 30 เซนติเมตร

รูปที่ 3.3 จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 1 บ้านแม่จาง ตั้งอยู่ทางทิศใต้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

รูปที่ 3.4 จุดเก็บตัวอย่างจุดที่ 2 บ้านหัวฝาย ตั้งอยู่ทางทิศเหนือของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ

3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง



รูปที่ 3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

I 5072797

3.3 แผนการดำเนินการทดลอง

3.3.1 จุดเก็บตัวอย่างการตกสะสมของกรด

ในการวิจัยนี้เก็บตัวอย่างดินที่มีการตกสะสมของกรดจากจุดเก็บตัวอย่างในเขตชุมชนรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะจำนวน 2 จุด นำมาวิเคราะห์ทางลักษณะกายภาพและทางเคมีของดิน

ปร.
ฉ4870
2552
ค.2

ตาราง 3.1 พารามิเตอร์การวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี

จุดเก็บตัวอย่างดิน	พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง
ในเขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 2 จุด ได้แก่ บ้านแม่จาง บ้านหัวฝาย	- ความเป็นกรด-ด่าง - ความชื้นในดิน - การหาขนาดเม็ดดิน - อินทรียวัตถุ - ฟอสฟอรัส - ไนโตรเจน	30

ตาราง 3.2 พารามิเตอร์การวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนัก

จุดเก็บตัวอย่างดิน	พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง
ในเขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 2 จุด ได้แก่ บ้านแม่จาง บ้านหัวฝาย	- ตะกั่ว(Pb) - แคดเมียม(Cd) - โครเมียม(Cr) - ทองแดง(Cu) - สังกะสี(Zn) - นิกเกิล(Ni)	30

ตาราง 3.3 พารามิเตอร์การวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหาร

จุดเก็บตัวอย่างดิน	พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง
ในเขตอำเภอแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จำนวน 2 จุด ได้แก่ บ้านแม่จาง บ้านหัวฝาย	- แคลเซียม(Ca) - แมกนีเซียม(Mg) - โปแทสเซียม(K)	30

ตาราง 3.4 พารามิเตอร์น้ำฝนสังเคราะห์

น้ำฝนสังเคราะห์	พารามิเตอร์	จำนวนตัวอย่าง
น้ำฝนจังหวัดพิษณุโลก	กำหนด pH ดังนี้ pH 4.5, pH 5.0, pH 5.5, pH 6.0, pH 6.5	30

ตาราง 3.5 วันที่ทำการชะน้ำ

พารามิเตอร์	ธ.ค. 2552	ม.ค. 2553	ก.พ. 2553
ตัวอย่างทุกคอลัมน์			
- โลหะหนัก			
- แร่ธาตุ			

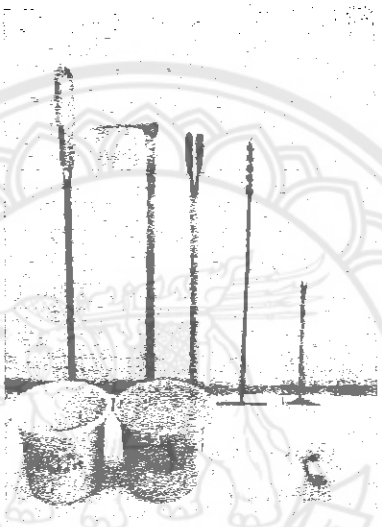
หมายเหตุ:

- คอลัมน์ดินทั้งหมด 10 คอลัมน์
- แต่ละตัวอย่างใช้เวลา 30 วัน เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 3 เดือน
- รวมทั้งสิ้น 30 ตัวอย่าง

3.4 การเก็บตัวอย่างดิน

3.4.1 หลักการวิเคราะห์ดิน

1. การเก็บตัวอย่างดินอย่างถูกต้อง
2. วิธีการวิเคราะห์ดินที่เป็นมาตรฐาน มีความน่าเชื่อถือ
3. การแปลความหมายของค่าวิเคราะห์ ใช้ค่าวิเคราะห์ดินเป็นหลักเป็นไปอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.6 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน

อุปกรณ์

1. เครื่องมือในการขุด ได้แก่ จอบ เสียม
2. ท่อพลาสติก (PVC) จำนวน 10 แท่ง เพื่อใช้รวบรวมตัวอย่างดิน
3. แผ่นพลาสติกและถุงพลาสติก แผ่นพลาสติกใช้สำหรับคลุกดิน และถุงพลาสติกใช้บรรจุดินเพื่อส่งวิเคราะห์

วิธีการเก็บ

1. เลือกและแบ่งพื้นที่ กำหนดจุดที่จะทำการเก็บตัวอย่าง
2. จุดที่กำหนดจะทำการเก็บตัวอย่างไม่ควรเป็นดินเก่า ขอบรั้ว คอกสัตว์ กองปุ๋ยเก่า ฯลฯ
3. ทำความสะอาดผิวดินบริเวณจุดที่กำหนด

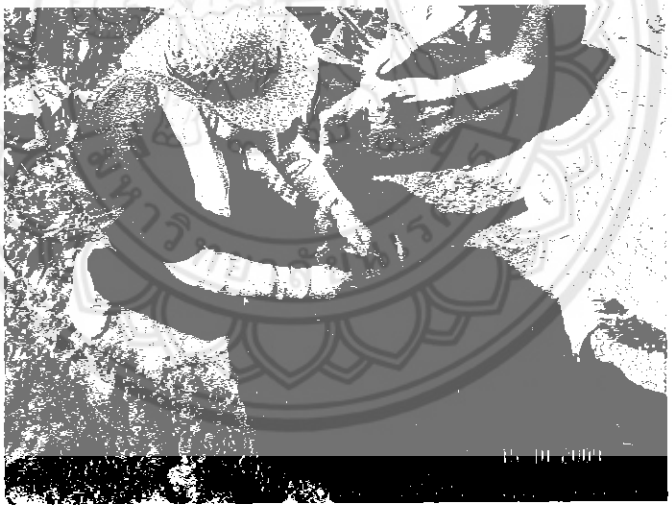
4. นำท่อพลาสติกตั้งฉากกับพื้นดิน ใช้เสียมแซะรอบท่อพลาสติก ค่อยๆกดท่อพลาสติกลงไปที่ความลึก 30 เซนติเมตร จนครบจำนวน 10 แท่ง พร้อมเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติกโดยเก็บที่ความลึก 1-15 เซนติเมตร และ 15-30 เซนติเมตร

5. ปิดด้วยพลาสติกทั้งหัวและท้ายท่อพลาสติกให้มิดชิด

รูปที่ 3.7 วิธีการเก็บตัวอย่างแบบคอลัมน์

รูปที่ 3.8 วิธีการเก็บตัวอย่างแบบคอลัมน์

รูปที่ 3.9 วิธีการเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก



รูปที่ 3.10 วิธีการเก็บตัวอย่างใส่ถุงพลาสติก

3.4.2 การเตรียมตัวอย่างดินขั้นต้นสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ

3.4.2.1 นำตัวอย่างดินมาผึ่งในถาดสแตนเลสหรือถาดอลูมิเนียม (ถ้าตัวอย่างดินเป็นก้อนใหญ่ควรใช้ค้อนยางทุบให้มีขนาดเล็กลง) ให้แห้งในร่มอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30 - 35 องศาเซลเซียส โดยปกติจะใช้เวลาประมาณ 3 - 7 วัน เพื่อให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ลดลงอยู่ในระดับต่ำ ไม่มีการเปลี่ยนสมบัติทางเคมีและกายภาพ

3.4.2.2 แยกส่วนที่เป็นหินแข็งขนาดใหญ่ออกมาต่างหาก

3.4.2.3 นำตัวอย่างดินปริมาณ1กิโลกรัมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ควรมีการ sampling ดิน ให้เหลือพอเหมาะกับการวิเคราะห์ การ sampling ทำได้โดยนำดินมากองรวมกันเป็นทรงกลมผสมให้เข้ากันอย่างดี แบ่งดินออกเป็น 4 ส่วน โดยเส้นแบ่งผ่านจุดศูนย์กลางของกองดิน นำส่วนที่อยู่ตรงข้ามมารวมกันเป็นตัวแทนของตัวอย่างดิน ส่วนที่เหลือเก็บใส่ถุงพลาสติกหรือถุงกระดาษเพื่อเป็นส่วนสำรอง ถ้าตัวอย่างดินยังคงเหลือมากให้ทำซ้ำอีกจนเหลือตัวอย่างประมาณ 0.5 กิโลกรัม

3.4.2.4 นำดินมาร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชนิดรูกลม หรือ ช่องสี่เหลี่ยม นำดินส่วนที่ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร (fine earth) เก็บในถุงกระดาษอย่างหนาเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.4.3 การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อหาปริมาณโลหะหนัก

3.4.3.1 นำตัวอย่างดินขนาด 2 มิลลิลิตร จำนวน 0.2 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่

3.4.3.2 เติมสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น (Conc. HNO_3) และกรดไฮโดรคลอริก (HCl)

3.4.3.3 นำมาย่อยบนเตาไฟฟ้า อย่างช้าๆ ระวังอย่าให้สารละลายเดือดต้มย่อย จนกระทั่งเกือบแห้ง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

3.4.3.4 เติมไนตริกเข้มข้น (Conc. HNO_3) 10 มิลลิลิตร แล้วย่อยต่อจนเกือบแห้ง ตั้งทิ้งให้เย็น

3.4.3.5 เติมไนตริกเจือจาง (0.1M HNO_3) 20 มิลลิลิตร แล้วย่อยต่อจนเกือบแห้ง ตั้งทิ้งให้เย็น

3.4.3.6 หลังจากเย็นแล้ว นำมากรองด้วยกระดาษกรอง GF/A เสร็จแล้วปรับปริมาตรเป็น 50 มิลลิลิตร ด้วย ไนตริกเจือจาง (0.1 M HNO_3)

3.4.3.7 นำไปวิเคราะห์หาโลหะหนักหนักด้วยเครื่อง AAS

3.4.4 การตรวจวัดความเข้มข้นของแร่ธาตุและโลหะหนักในดิน

3.4.4.1 ปริมาณแร่ธาตุและโลหะหนักในดิน

เครื่องมือวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก (Atomic Absorption Spectrometer)

หลักการ

เครื่องมือวิเคราะห์ธาตุโลหะหนัก เป็นเครื่องวิเคราะห์หาปริมาณธาตุโลหะหนักความเข้มข้นต่ำ (Trace elements) ในตัวอย่าง โดยวิธีการดูดกลืนแสงของอะตอมอิสระด้วยเทคนิคระบบกราไฟต์เฟอร์เนส (Graphite Furnace AAS) รวมถึงระบบที่สามารถวัดปริมาณธาตุออกมาอย่างพร้อมเพรียงกัน

หลักการทั่วไปของ Atomic Absorption Spectrometer มีดังนี้

1. อะตอมทุกอะตอมสามารถดูดกลืนแสงได้
2. มีการใช้แหล่งกำเนิดแสงที่ให้ความยาวคลื่นที่จำเพาะสำหรับธาตุแต่ละชนิด
3. ปริมาณของแสงที่ถูกดูดกลืนไปเท่ากับจำนวนอะตอมของธาตุที่มีอยู่ในตัวอย่าง

Atomic Absorption Spectrometer เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการหาปริมาณของธรรมในตัวอย่างโดยอาศัยหลักการ Atomic Absorption

รูปที่ 3.11 แผนภาพไดอะแกรม ส่วนประกอบของเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

รูปที่ 3.12 เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer

การเตรียมสารละลายมาตรฐานในการวิเคราะห์ (Atomic Absorption Spectroscopy)

สารละลายมาตรฐานทองแดง (Cu)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปีเปตสารละลายมาตรฐาน Cu 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.6 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cu จากสารละลายมาตรฐาน Cu เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Cu ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานนิเกิล (Ni)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Ni 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.7 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Ni จากสารละลายมาตรฐาน Ni เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Ni ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานแคดเมียม (Cd)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำDI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.8 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd จากสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Cd ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานสังกะสี (Zn)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Zn 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.9 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Zn จากสารละลายมาตรฐาน Zn เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Zn ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Pb)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Pb 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.10 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Pb จากสารละลายมาตรฐาน Pb เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Pb ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานแคดเมียม (Cd)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cd 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.11 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cd จากสารละลายมาตรฐาน Cd เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Cd ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานโครเมียม (Cr)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Cr 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.12 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Cr จากสารละลายมาตรฐาน Cr เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Cr ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

3.4.5 ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

หลักการ

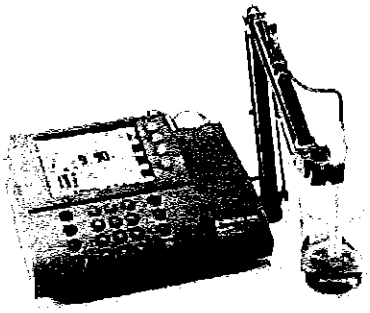
การวัดค่า pH ของดินโดยใช้ pH meter เป็นการวัดค่าความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลายดินซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของ H^+ ดังสมการ $pH = -\log[H^+]$ ในการวัดความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลายดิน ในห้องปฏิบัติการเป็นการวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น เมื่อ glass electrode ลงในสารละลายที่มี H^+ โดยการเปรียบเทียบกับ reference electrode ค่าต่างศักย์ที่วัดได้จะถูกเปลี่ยนเป็นหน่วย pH

อุปกรณ์

1. Beaker ขนาด 50 ml
2. แท่งแก้ว
3. pH meter

ขั้นตอนการวัด

1. ชั่งดินที่ผึ่งแห้งและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ปริมาณ10 กรัม ลงใน Beaker ขนาด 50 ml
2. เติมน้ำกลั่น10 ml ใช้แท่งแก้วคนเป็นครั้งคราวทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ทำปฏิกิริยา
3. ทำการstandardize pH meterด้วย buffer solution pH 7.0 และ4.0 ก่อนการวัด pH ของดิน
4. วัด pH ของดินด้วยเครื่อง pH meter



รูปที่ 3.13 เครื่อง pH meter

3.4.6 ความชื้นในดิน

การวิเคราะห์ความชื้นในดิน

หลักการ

เก็บตัวอย่างดินเพื่อนำมาวิเคราะห์ จะพบว่าในดินมีความชื้นอยู่ดังนั้นจึงนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และนำไปชั่งน้ำหนัก จะพบว่าน้ำหนักของดินจะหายไป ซึ่งน้ำหนักดังกล่าวเป็นน้ำหนักของน้ำที่อยู่ในช่องว่างในดินและน้ำส่วนที่เกาะยึดติดกับเม็ดดิน เรียกน้ำส่วนนี้ว่าน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

อุปกรณ์

1. กระป๋องเก็บตัวอย่างดิน
2. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
3. ตู้อบ
4. Desiccator
5. ถ้วยกระเบื้อง
6. ปากคีบ
7. ช้อนตักสาร

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักที่ต้องการหาความชื้น ใส่ตัวอย่างดินลงในถ้วยกระเบื้องสำหรับหาความชื้น น้ำหนักที่ชั่งได้ คือ น้ำหนักของดิน + น้ำหนักน้ำ + น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง เท่ากับ $W_w + W_s$

2. นำตัวอย่างดินไปอบที่อุณหภูมิ 105 - 110 °C เป็นเวลาประมาณ 12 -15 ชั่วโมง หรือจนกระทั่งได้น้ำหนักที่คงที่ (สำหรับตัวอย่างที่มีปริมาณมาก) เมื่อนำดินเข้าตู้อบควรเปิดฝากระป๋อง เพื่อให้น้ำระเหยจากดินได้สะดวก น้ำหนักที่ชั่งได้ คือ น้ำหนักดินแห้ง+ น้ำหนักกระป๋อง

3. ทำความสะอาดกระป๋องและฝา แล้วชั่งน้ำหนัก

3.4.7 ปริมาณอินทรียวัตถุ

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ

หลักการ

อินทรียวัตถุ หมายถึง อินทรียสารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน มีความสำคัญต่อกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยอินทรียวัตถุจะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืช ที่สำคัญคือ ไนโตรเจน ช่วยดูดยึดธาตุอาหารไม่ให้สูญเสียไปจากดินกับการชะล้าง ทำให้ดินเกาะกันเป็นเม็ดดิน ดินร่วนโปร่ง ระบายอากาศและน้ำดี เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ในดินที่ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ

วิธีการ Walkley and Black (หน่วยวัด %)

อุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask 250 ml
2. Volumetric flask 1,000 ml
3. Volumetric pipette 5 ml,10 ml

สารเคมี

1. 1.0 N Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) 1,000 ml
2. 0.5 N Ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4$-$7H_2O$) 1,000 ml
3. Redox indicator 0.025 M O-phenathroline ferrous sulfate 100 ml

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดินซึ่งบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร หนักประมาณ 0.500-2.00 กรัมใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml บันทึกน้ำหนักดินที่ใช้

2. เติม$K_2Cr_2O_7$ เข้มข้น 1.0 N ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงใน Erlenmeyer flask ที่บรรจุดิน ด้วย Volumetric pipette แล้วแกว่งเบาๆเพื่อให้ดินและสารละลายผสมกัน

3. เติมกรดH_2SO_4 เข้มข้น1.0 N ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ตามลงไปโดยเร็ว แกว่ง flask ประมาณ 1-2 นาที ให้น้ำยาและดินผสมกันดีและไม่มีเม็ดดินเกาะอยู่ข้าง flask แล้ววาง flask ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที

4. เติมน้ำกลั่นลงไป 15 มิลลิลิตร และหยด redox indicator 0.025 M

5. O-phenathroline ferrous sulfate ลงไป 3 หยด

6. Titrate soil suspension ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ ความเข้มข้น 0.5 N จนสีของ suspension เปลี่ยนจากเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง บันทึกปริมาตร $FeSO_4.7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ในการtitrate ถ้า titrate ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ มากเกินไปให้เติม $K_2Cr_2O_7$ ลงไป 1 มิลลิลิตร แล้ว titrate ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ อีกครั้งจนถึง end point บันทึกปริมาตร $FeSO_4.7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$

7. ทำ blank และบันทึกปริมาตรของ $FeSO_4.7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$ ไว้เพื่อคำนวณหา normality ที่แท้จริงของ $FeSO_4.7H_2O$

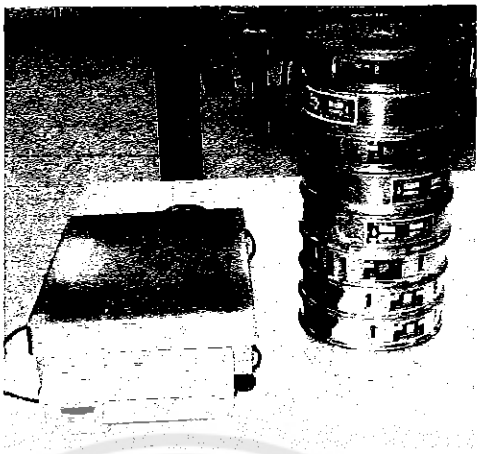
3.4.8 การหาขนาดของเม็ดดิน

การทดสอบหาขนาดของเม็ดดินโดยใช้ตะแกรงมาตรฐาน

หลักการ

การหาขนาดของเม็ดดินโดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงจะใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิดแตกต่างกันออกไป สำหรับเบอร์ตะแกรงที่นิยมใช้กันก็คือขนาด 3/8 นิ้ว เบอร์ 4, 10, 20, 40, 100, และ 200 เบอร์ตะแกรงที่จะขาดไม่ได้ คือ เบอร์ 4, 100, 200

อุปกรณ์ที่ใช้เฉพาะ



รูปที่ 3.14 ตะแกรงที่ใช้ร่อนตัวอย่างพร้อมถาดรองและเครื่องเขย่าตะแกรง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ทั่วไป

1.ถาดใส่ตัวอย่าง
2. ค้อนยาง
3. เครื่องชั่ง
4. แปรงทำความสะอาดตะแกรง

ขั้นตอนการทดสอบ

1. ทำความสะอาดตะแกรงทั้งหมดด้วยแปรงทำความสะอาด แล้ว**ทำการชั่งน้ำหนักของตะแกรงแต่ละเบอร์บันทึกค่า (ชั่งน้ำหนักของ Pan ด้วย)**

2. **นำตะแกรงมาเรียงซ้อนกันโดยให้ตะแกรงที่มีขนาดช่องใหญ่อยู่บน แล้วเรียงขนาดเล็กลงมาตามลำดับจนถึงตะแกรงขนาดเล็กสุด ดังนี้ No. 3/8, 4, 10, 20, 40, 100, 200 และ Pan**

3. **นำตัวอย่างดินที่เตรียมไว้เทใส่ลงบนตะแกรงชั้นบนสุด ปิดฝาแล้วนำเข้าเครื่องเขย่า ใช้เวลาในการเขย่าอย่างน้อย 10 นาที เสร็จแล้วนำตะแกรงไปชั่งน้ำหนัก จะได้น้ำหนัก**

ตะแกรงรวมกับดินที่ค้างบนตะแกรง นำดินที่ค้างอยู่บนตะแกรงออกทิ้งแล้วทำความสะอาดตะแกรงให้เรียบร้อย

3.4.9 ไนโตรเจนในดิน

การวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด

หลักการ

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับไนโตรเจนนั้นแหล่งที่มาดั้งเดิมมาจากก๊าซ N_2 ในอากาศ ซึ่งถูกแปรรูปโดยขบวนการต่างๆ มาอยู่ในรูปของสารอินทรีย์และอนินทรีย์ต่างๆในที่สุด อยู่ในรูปของ NH_4^+ และ NO_3^- ซึ่งพืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ ปริมาณและรูปของไนโตรเจนทั้ง 2 แบบมีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ มีทั้งเพิ่มขึ้นและสูญหาย ดังนั้นการวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจนในดิน จึงมักใช้ค่าอินทรียวัตถุมาประกอบด้วยการวิเคราะห์ธาตุไนโตรเจนก็ใช้หลักการให้ความร้อนและทำให้ธาตุไนโตรเจนเปลี่ยนสภาพมาอยู่ในรูปของก๊าซ และหาสารมาดูดซับ

วิธี Micro Kjedahl Method

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องย่อยตัวอย่าง(Digestion)
2. เครื่องจับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์(Scrubber)
3. เครื่องกลั่นไนโตรเจน(Distillation)
4. เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง

อุปกรณ์

1. หลอดตัวอย่าง(Digestion tube)
2. ที่วางหลอดย่อยตัวอย่าง
3. ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร
4. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
5. บีกเกอร์(Beaker)
6. บิวเรต (Burette)
7. ช้อนตวงสาร
8. กระดาษชั่งสาร

สารเคมี

1. 0.1 N HCl
2. Boric acid mixed indicator
3. 40% NaOH
4. Catalyst สำเร็จรูป (K_2SO_4+$CuSO_4$)
5. Conc.H_2SO_4
6. Bromocresol green
7. Methy red
8. 0.1 N NaOH

วิธีการทดลอง

1. ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิลิตรแล้วจำนวน 0.1 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน)ใส่ในหลอดเติม Catalyst สำเร็จ 2 ก้อน และ Conc.H_2SO_4 15 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน
2. ทำ blank ควบคู่ตัวอย่าง โดยใส่ Catalyst สำเร็จ 2 ก้อน ลงไปในหลอดย่อยที่ไม่มีตัวอย่าง เติม Conc.H_2SO_4 15 มิลลิลิตร
3. นำไปย่อยในเตาย่อยที่อุณหภูมิ 400 °C จนกระทั่งได้สารละลายใสและมีสีฟ้า ถ้าเศษมีตัวอย่างติดข้างหลอดให้ใช้น้ำกลั่นฉีดเล็กน้อย เพื่อให้เศษตัวอย่างหลุดออก แล้วย่อยต่ออีก 30 นาที
4. นำหลอดย่อยออกจากเตาตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
5. นำหลอดย่อยเข้าเครื่องกลั่นที่ตั้งโปรแกรมการทำงานไว้เรียบร้อย
6. เมื่อกลั่นเสร็จ นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 N HCl จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีชมพู จดปริมาตร 0.1 N HCl ที่ใช้ในการไตเตรท
7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน

3.4.10 ฟอสฟอรัสในดิน

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในดิน

หลักการ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารหลักชนิดหนึ่งที่จำเป็นต่อการเจริญต่อการเจริญเติบโตของพืช ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินขึ้นกับ pH ของดิน เมื่อ pH ของดินต่ำกว่า 6.8 จะมีฟอสฟอรัสในรูปที่พืชดูดใช้ง่ายอยู่มาก แต่หาก pH ดินสูงกว่า 7.2 ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปที่พืชดูดใช้ได้ยากเป็นส่วนใหญ่ การขาดฟอสฟอรัส ของพืชมีผลกระทบต่อการเจริญพันธุ์อย่างมาก เช่นออกดอกช้า จำนวนดอกและเมล็ดน้อยลง ทั้งนี้เนื่องจากฟอสฟอรัสช่วยส่งเสริมการพัฒนาดอก

ฟอสฟอรัสในดินได้มาจาก 2 แหล่งคือ การแปรสภาพของอินทรียวัตถุ และการสลายตัวออกมาอยู่ในสารละลายดิน เมื่อพืชดูดเอาไปใช้ ก็ทำให้เสียสมดุล ส่วนของฟอสฟอรัสที่เกาะติดอยู่ในดินก็จะถูกปลดปล่อยออกมาแทน เพื่อรักษาสมดุล

วิธีการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสมักจะนิยมใช้วิธีการสกัดดิน ด้วยน้ำยาต่างๆที่เป็นกรดหรือด่างก็ได้ โดยทั่วไปนิยมใช้ Bray II ซึ่งความเป็นกรดของน้ำยาทำให้ฟอสเฟตละลายออกมา ก็สามารถวิเคราะห์หาปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างดิน 5 กรัมใส่ใน flask
2. เติมน้ำยา Bray II จำนวน 50 ml. เขย่า 1 นาที วางทิ้งไว้ซักพัก
3. เตรียมขวดเก็บสารละลาย
4. กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 รอจนได้สารละลายใส
5. เตรียมอุปกรณ์ทำ standard และ blank
6. ดูด standard P 0,1,2,3,4,5 ml. ใส่Volumetric flask ขนาด 25 ml. รวม 6 ใบ และ Regent B 4 ml.ส่วน blank ดูด Bray II มา 5 ml. ทำเช่นเดียวกับstandard
7. เขย่าและปรับปริมาตร 25 ml.ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที
8. วัดด้วยเครื่องSpectrophotometer อ่านค่า

3.5 การชะแร่ธาตุและโลหะหนักในคอลัมน์ดิน

3.5.1 การติดตั้งคอลัมน์ดิน

รูปที่ 3.15 การติดตั้งอุปกรณ์

รูปที่ 3.16 การติดตั้งอุปกรณ์

3.5.2 การเก็บตัวอย่างน้ำฝน

อุปกรณ์

1. ถังพลาสติกขนาดความจุ 3 ลิตร พร้อมฝาปิด

วิธีการ

1. ทำความสะอาดถังพลาสติกให้สะอาด นำไปผึ่งให้แห้ง
2. นำไปรองน้ำฝนให้เต็ม ถ้ามีเศษใบไม้ให้เก็บออก แล้วปิดฝาให้สนิท

3.5.3 การปรับน้ำฝนสังเคราะห์ (ช่วง pH 4.5-6.5)

อุปกรณ์

1. บีกเกอร์
2. เครื่องวัดพีเอชพร้อมอิเลคโตรด

สารเคมี

1. สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4)
2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

วิธีการ

1. ปรับค่า pH โดยใช้สารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) และสารละลายโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

3.5.4 การเตรียมสารละลายน้ำ

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ml
2. ขวดปริมาตรขนาด 100 ml
3. ช้อนตักสาร

วิธีการ

1. นำน้ำตัวอย่างและน้ำกลั่นมาใส่ขวดรูปชมพู่อย่างละ 50 ml
2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 1 ml จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 N

3. นำไปต้มในตู้ดูดควันจนมีปริมาตร 1 ml ให้ได้สารละลายใส ทำให้เย็นใส่น้ำกลั่นลงไป 20 ml

3.5.5 ปริมาณแร่ธาตุโดย Atomic Absorption Spectrometer

การเตรียมสารละลายมาตรฐานในการวิเคราะห์ (Atomic Absorption Spectroscopy)

สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม (Mg)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Mg 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.13 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Mg จากสารละลายมาตรฐาน Mg เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Mgที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานโปแทสเซียม (K)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน K 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.14 เตรียมสารละลายมาตรฐาน K จากสารละลายมาตรฐาน K เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย K ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

สารละลายมาตรฐานแคลเซียม (Ca)

ความเข้มข้นเริ่มต้นที่ 1000 ppm เตรียมสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm โดยการปิเปตสารละลายมาตรฐาน Ca 5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI ในขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร

ตาราง 3.15 เตรียมสารละลายมาตรฐาน Ca จากสารละลายมาตรฐาน Ca เข้มข้น 100 ppm

ลำดับที่	ปริมาตรสารละลาย Ca ที่ใช้ (มล.)	ปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยน้ำ DI (มล.)
1	0.5	50
2	1.0	50
3	1.5	50
4	2.0	50
5	2.5	50
6	3.0	50
7	3.5	50
8	4.0	50
9	4.5	50
10	5.0	50

หมายเหตุ: เครื่องแก้วที่ใช้ต้องล้างด้วยกรดไนตริก 10% และแยกเป็นสัดส่วนไม่นำไปวิเคราะห์รวมกับงานวิเคราะห์อื่นๆ

3.5.6 ความเป็นกรด-ด่าง

วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH)

หลักการ

พีเอชหรือความเป็นกรด-ด่างของน้ำเป็นสิ่งแสดงให้เห็นว่าน้ำมีคุณสมบัติเป็นกรดหรือด่าง ถ้าพบว่าน้ำมีค่าพีเอชต่ำกว่า 7 แสดงว่า น้ำมีสภาพเป็นกรด แต่ถ้ามีพีเอชมากกว่า 7 ขึ้นไป แสดงว่าน้ำมีสภาพเป็นด่าง

อุปกรณ์

1. เครื่องมือวัดพีเอชพร้อมอิเลคโตรด
2. บีกเกอร์ ทำด้วยแก้วหรือพลาสติกโพลีเอธิลีนหรือเทฟลอน
3. เครื่องกวนแม่เหล็กไฟฟ้าพร้อมแท่งกวนที่หุ้มด้วยเทฟลอน

สารเคมี

1. สารละลายบัฟเฟอร์ค่าพีเอช 4.0 กับ 7.0
2. น้ำกลั่น

วิธีการ

1. ล้างแท่งอิเลคโตรดโดยน้ำกลั่นให้สะอาด แล้วเช็ดให้แห้ง
2. เทสารละลายบัฟเฟอร์หรือน้ำตัวอย่างลงในบีกเกอร์ที่สะอาดในปริมาณที่มากเพียงพอ ทำให้ท่วมบริเวณที่เซนซิทีฟของอิเลคโตรด และให้มีระยะห่างระหว่างแท่งกวนกับอิเลคโตรดพอประมาณ
3. ปรับเครื่องวัดตามคำแนะนำคู่มือการใช้เครื่องวัดนั้นๆ ซึ่งในปกติจะใช้สารละลายบัฟเฟอร์ทั้งสอง และจะทำการปรับจนกระทั่ง สามารถใช้เครื่องวัดอ่านพีเอชของสารละลายบัฟเฟอร์ได้คลาดเคลื่อนไม่เกิน 0.05 ของค่าพีเอชของสารละลายบัฟเฟอร์

4. ล้างแท่งอิเลคโตรดด้วยน้ำกลั่นอีกครั้งหนึ่งแล้วใช้กระดาษทิสชูซับให้แห้ง

5. วัดค่าพีเอชของน้ำตัวอย่าง โดยที่น้ำตัวอย่างที่จะนำมาวัดค่าพีเอชจะต้องมีอุณหภูมิเท่ากับหรือใกล้เคียงกับสารละลายบัฟเฟอร์ ต่างกันไม่เกิน ± 2 °C ต่างกันมากเกินกว่านี้จะต้องทำการปรับค่าพีเอชที่อ่านได้ให้ถูกตามวิธีการ

3.5.7 สภาพการนำไฟฟ้า

การวัดสภาพการนำไฟฟ้า

หลักการ

สภาพการนำไฟฟ้าเป็นตัวเลขที่บอกถึงความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำตัวอย่าง ซึ่งมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารมีประจุทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำและอุณหภูมิที่ทำการวัด จากการศึกษาพบว่า สภาพการนำไฟฟ้าจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิในอัตราส่วน 2 % ต่อเนื่ององศาเซลซียส เพราะฉะนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการวัดอุณหภูมิของน้ำตัวอย่างให้ถูกต้องทุกครั้งที่ทำการวัดสภาพการนำไฟฟ้า

อุปกรณ์

1. เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน 84 µs/cm ที่ 25°ซ
2. สารละลายมาตรฐาน 1413 µs/cm ที่ 25°ซ

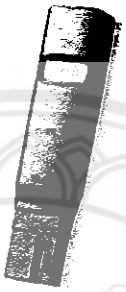
วิธีการ

ให้ปฏิบัติตามคำแนะนำในคู่มือการใช้เครื่องวัดสภาพการนำไฟฟ้า โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกใช้ Mode ที่ทำการวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้า
2. ทำการ Calibrate เครื่องด้วยสารละลายมาตรฐาน 2 ค่า โดยเริ่มจากสารละลายมาตรฐาน 84 µs/cm ที่ 25°ซ ก่อน ทั้งนี้ก่อนจุ่ม Probe ลงในสารละลายต้องวัดอุณหภูมิของ

สารละลายมาตรฐานเพื่อที่จะได้คำนวณค่าสภาพการนำไฟฟ้าที่แท้จริงของสารละลายมาตรฐานโดยการเทียบจากค่าที่เขียนติดไว้ข้างขวด จากนั้นจึงปรับค่าที่แท้จริงแล้วทำการ Calibrate ได้ ทั้งนี้การวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้าจะต้องจุ่ม Probe ที่ทำการวัดในสารละลาย 2 อัน โดยจะเป็น Probe ที่ทำการวัดค่าสภาพการนำไฟฟ้ากับการวัดอุณหภูมิ ล้าง Probe ด้วยน้ำกลั่น หลังจากนั้นจึงทำการ Calibrate ครั้งที่สองด้วยสารละลายมาตรฐาน 1413 µs/cm ที่ 25°ซ

3. ทำการวัดน้ำตัวอย่างโดยการจุ่ม Probe ทั้ง 2 ในน้ำตัวอย่าง



รูปที่ 3.17 เครื่องมือวัดค่าการนำไฟฟ้าแบบปากกา

3.5.8 ปริมาณอินทรียวัตถุ

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ

หลักการ

อินทรียวัตถุ หมายถึง อินทรียสารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน มีความสำคัญต่อกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยอินทรียวัตถุจะเป็นแหล่งให้ธาตุอาหารแก่พืช ที่สำคัญคือ ไนโตรเจน ช่วยดูดยึดธาตุอาหารไม่ให้สูญเสียไปจากดินกับการชะล้าง ทำให้ดินเกาะกันเป็นเม็ดดิน ดินร่วนโปร่ง ระบายอากาศและน้ำดี เป็นแหล่งอาหารและพลังงานของจุลินทรีย์ในดินที่ช่วยย่อยสลายอินทรียวัตถุ

วิธีการ Walkley and Black (หน่วยวัด %)

อุปกรณ์

1. Erlenmeyer flask 250 ml
2. Volumetric flask 1,000 ml
3. Volumetric pipette 5 ml,10 ml

สารเคมี

1. 1.0 N Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$) 1,000 ml
2. 0.5 N Ferrous sulfate heptahydrate ($FeSO_4$-$7H_2O$) 1,000 ml
3. Redox indicator 0.025 M O-phenathroline ferrous sulfate 100 ml

วิธีการวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างดินซึ่งบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 mm. หนักประมาณ 0.500-2.00 g ใส่ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml บันทึกน้ำหนักดินที่ใช้
2. เติม$K_2Cr_2O_7$ เข้มข้น 1.0 N ปริมาตร 5 ml ลงใน Erlenmeyer flask ที่บรรจุดินด้วย Volumetric pipette แล้วแกว่งเบาๆเพื่อให้ดินและสารละลายผสมกัน
3. เติมกรดH_2SO_4 เข้มข้น1.0 N ปริมาตร 10 ml ตามลงไปโดยเร็ว แกว่ง flask ประมาณ 1-2 นาที ให้น้ำยาและดินผสมกันดีและไม่มีเม็ดดินเกาะอยู่ข้าง flask แล้ววาง flask ตั้งทิ้งไว้ให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 30 นาที
4. เติมน้ำกลั่นลงไป 15 ml และหยด redox indicator 0.025 M O-phenathroline ferrous sulfate ลงไป 3 หยด
5. Titrate soil suspension ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ ความเข้มข้น 0.5 N จนสีของ suspension เปลี่ยนจากเขียวเป็นน้ำตาลปนแดง บันทึกปริมาตร $FeSO_4.7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้ในการtitrate ถ้า titrate ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ มากเกินไปให้เติม $K_2Cr_2O_7$ ลงไป 1 ml แล้ว titrate ด้วย $FeSO_4.7H_2O$ อีกครั้งจนถึง end point บันทึกปริมาตร $FeSO_4.7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$
6. ทำ blank และบันทึกปริมาตรของ $FeSO_4.7H_2O$ และ $K_2Cr_2O_7$ ไว้เพื่อคำนวณหา normality ที่แท้จริงของ $FeSO_4.7H_2O$

3.5.9 ฟอสฟอรัส

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสทั้งหมด

หลักการ

ฟอสฟอรัสมีอยู่ในน้ำตามธรรมชาติและน้ำเสียในรูปแบบต่างๆสามารถแบ่งออกเป็น ออโธฟอสเฟต คอนแดนซ์ฟอสเฟต และฟอสเฟตที่เป็นส่วนประกอบอยู่ในสารอินทรีย์ ฟอสฟอรัสเหล่านี้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำหรือเป็นอนุภาคแขวนลอยเล็กๆหรือในตัวสิ่งมีชีวิตในน้ำ

อุปกรณ์

1. ขวดรูปชมพู่ขนาด 50 ml
2. ขวดปริมาตรขนาด 100 ml
3. ช้อนตักสาร

วิธีการ

1. นำน้ำตัวอย่างและน้ำกลั่นมาใส่ขวดรูปชมพู่อย่างละ 50 ml
2. เติมกรดซัลฟุริกเข้มข้นลงไป 1 ml จากนั้นเติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 N
3. นำไปต้มในตู้ดูดควันจนมีปริมาตร 1 ml ให้ได้สารละลายใส
4. ทำให้เย็นแล้วใสน้ำกลั่นลงไป 20 ml
5. หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 หยด เติม NaOH 6 N จนกระทั่งได้สีชมพู
6. เทสารใส่ขวดปริมาตร 100 ml แล้วเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดปริมาตรแล้วตวงสาร 50 ml ใส่ขวดรูปชมพู่ตามเดิม
7. เติมกรดซัลฟุริก 5 N ลงไปทีละหยดจนได้สารละลายสีใส
8. เติมสารละลายผสมลงไป 8 ml แกว่งขวดสารผสมกันตั้งทิ้งไว้ 10 นาที จะได้สารละลายสีฟ้า นำไปอ่านค่าAbs ที่ 880 โดยไม่ให้เกิน 30 นาที โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัว calibrate

3.5.10 ไนโตรเจน

การวิเคราะห์หาค่าไนโตรเจน

หลักการ

สำหรับการหาปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบในสารอินทรีย์นั้น ทำได้โดยการย่อยสารอินทรีย์ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น เพื่อเปลี่ยนไนโตรเจนในสารอินทรีย์ให้กลายเป็นแอมโมเนีย แล้วทำการกลั่นเพื่อแยกแอมโมเนียออกจากสารรบกวน จากนั้นจึงนำไปดำเนินการด้วย

วิธีการเจดาลไนโตรเจน

อุปกรณ์

1. ขวดเจดาล
2. เครื่องกลั่น
3. ลูกแก้ว

วิธีการ

1. นำน้ำตัวอย่างใส่ลงในขวดเจดาล
2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นลงไป 10 มล. ทำในตู้ดูดควัน
3. เติม $CuSO_4$ ลงไป 1 กรัม เขย่าให้ละลาย ใส่ลูกแก้วหรือเศษกระเบื้อง
4. นำไปย่อยจนกระทั่งเกิดควันขาวแล้วต้มต่อไปอีก 30 นาที หรือจนได้สารละลายสีใสหรือมีสีน้ำตาลแดง ทิ้งไว้ให้เย็น
5. ค่อยๆ เติมน้ำกลั่นลงไป 300 มล. ห้ามเขย่าขวด
6. นำไปต่อเข้ากับเครื่องกลั่นแล้วจึงเขย่าขวดให้สารผสมกัน
7. จากนั้นดำเนินการเช่นเดียวกับการหาปริมาณแอมโมเนีย

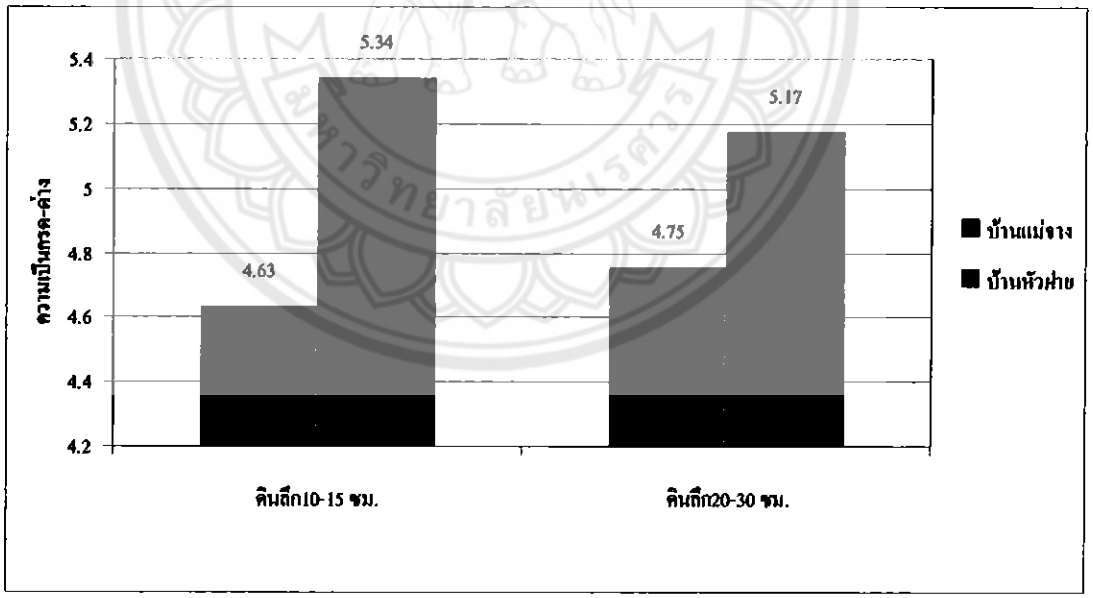
บทที่ 4
ผลการทดลองและวิเคราะห์

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาความเข้มข้นโลหะหนักโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer และศึกษาความเข้มข้นของแร่ธาตุในดินและน้ำที่ชะ ได้แก่ ตะกั่ว (Pb), แคดเมียม (Cd), โครเมียม (Cr), ทองแดง (Cu), สังกะสี (Zn) และนิเกิล (Ni) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมด 2 จุด จำนวน 10 คอลัมน์บริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ได้แก่ บ้านแม่จาง และบ้านหัวฝาย โดยมีผลการทดลองดังต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของดิน

4.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 2 จุด จุดละ 2 ตัวอย่าง ที่ระดับความลึก 10 -20 เซนติเมตร และความลึก 20-30 เซนติเมตร ดังผลแสดงในภาพ



รูปที่ 4.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างดิน

ทำการวัดค่าด้วยเครื่องวัดพีเอช พบว่าค่าพีเอชของดินบ้านแม่จางอยู่ในช่วง 4.63 ที่ความลึก 10 -15 เซนติเมตร และช่วง 4.75 ที่ความลึก 20 -30 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.69 และค่าพีเอชของดินบ้านหัวฝายอยู่ในช่วง 5.17 ที่ความลึก 10 -15 เซนติเมตร และช่วง 5.34 ที่ความลึก 20 -30 เซนติเมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.25 เมื่อเทียบระดับความรุนแรงของค่าพีเอชระหว่างดินบ้านแม่จางกับดินบ้านหัวฝาย พบว่าดินบ้านแม่จางจะมีค่าความเป็นกรดมากกว่า จากผลการตรวจวัดจะเห็นได้ว่า ตัวอย่างดินที่นำมาทดสอบทั้งสองจัดเป็นดินกรด เนื่องจากดินมีค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 7.0 โดยปกติดินทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 5 - 8

4.1.2 ความชื้นในดิน

เก็บตัวอย่างดินนำมาวิเคราะห์ โดยนำดินมาทั้งหมด 4 ตัวอย่าง โดยแบ่งดินเป็นช่วงของความลึกดิน

ตารางที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ความชื้นในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	น้ำหนักถ้วยเปล่า หลังอบ,กรัม	น้ำหนักถ้วย+ดิน ก่อนอบ,กรัม	น้ำหนักถ้วย+ดิน หลังอบ,กรัม	% ความชื้น
แม่จาง ลึก10-20 ซม.	95.79	105.79	105.52	0.26
แม่จาง ลึก20-30 ซม.	99.99	109.99	108.03	1.81
หัวฝาย ลึก10-20ซม.	69.72	79.72	78.93	1.00
หัวฝาย ลึก20-30ซม.	103.25	113.25	112.92	0.29

จากการวิเคราะห์ค่าความชื้นในดิน จากตารางพบว่าดินบ้านแม่จางมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในช่วง 0.26 -1.81% และดินบ้านหัวฝายมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นในช่วง 0.29 -1.00% ดินทั้งสองจุดมีความชื้นน้อยมาก เนื่องจากเป็นดินชั้นบน (ความลึกประมาณ 20 – 30 เซนติเมตร) เม็ดดินขนาดใหญ่ มีความพรุนมาก มีช่องว่างในดินที่มีขนาดใหญ่ ที่เป็นที่อยู่ของอากาศมากกว่าน้ำ และยังเป็นพื้นที่ทำการเกษตร ทั้งในเรื่องการใช้น้ำและเป็นช่วงฤดูหมดฝนพอดี

4.1.3 อินทรียวัตถุในดิน

ตารางที่ 4.2 เปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุในดิน

จุดเก็บดิน	อินทรียวัตถุในดิน (%)
บ้านแม่จาง ลึก10-15 เซนติเมตร	0.98
บ้านแม่จาง ลึก20-30 เซนติเมตร	0.76
บ้านหัวฝาย ลึก10-15 เซนติเมตร	0.72
บ้านหัวฝาย ลึก20-30 เซนติเมตร	0.80

ตารางที่ 4.3 มาตรฐานการจำแนกระดับอินทรียวัตถุในดิน

% อินทรียวัตถุ	ระดับอินทรียวัตถุในดิน
< 0.5	ต่ำมาก
0.5-1.0	ต่ำ
1.0-1.5	ค่อนข้างต่ำ
1.5-2.5	ปานกลาง
2.5-3.5	ค่อนข้างสูง
3.5-4.5	สูง
> 4.5	สูงมาก

ที่มา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2545)

จากการจำแนกระดับอินทรียวัตถุในดินโดยวิธี wet oxidation พบว่าตัวอย่างดินที่ศึกษามีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุอยู่ในระดับต่ำ คือ ดินบ้านแม่จางมีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ 0.76 - 0.98 % และดินบ้านหัวฝายมีเปอร์เซ็นต์อินทรียวัตถุ 0.72 - 0.80 % ซึ่งดินโดยทั่วไปมีอินทรียวัตถุอยู่ ≈ 1 - 6 % โดยน้ำหนัก เนื่องจากอินทรียวัตถุในดินไม่ได้คงทนอยู่ในดินได้ตลอดไป เพราะมีการสลายตัวตลอดเวลา และพื้นที่เก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่เกษตรกรรม การใช้ปุ๋ยเคมีมีส่วนเร่งการสลายตัวโดยเฉพาะเมื่อมี

สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการสลายตัวอินทรียวัตถุจะสูญเสียไปจากดินในรูปของก๊าซ CO_2 และก๊าซอื่นๆ ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินลดลงเรื่อย ๆ

4.1.4 การหาค่าไนโตรเจนในดิน

ตารางที่ 4.4 เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนในดิน

จุดเก็บดิน	ไนโตรเจนในดิน (%)
บ้านแม่จาง ลึก10-15 เซนติเมตร	0.04
บ้านแม่จาง ลึก20-30 เซนติเมตร	0.03
บ้านหัวฝาย ลึก10-15 เซนติเมตร	0.03
บ้านหัวฝาย ลึก20-30 เซนติเมตร	0.06

ตารางที่ 4.5 ระดับความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดิน

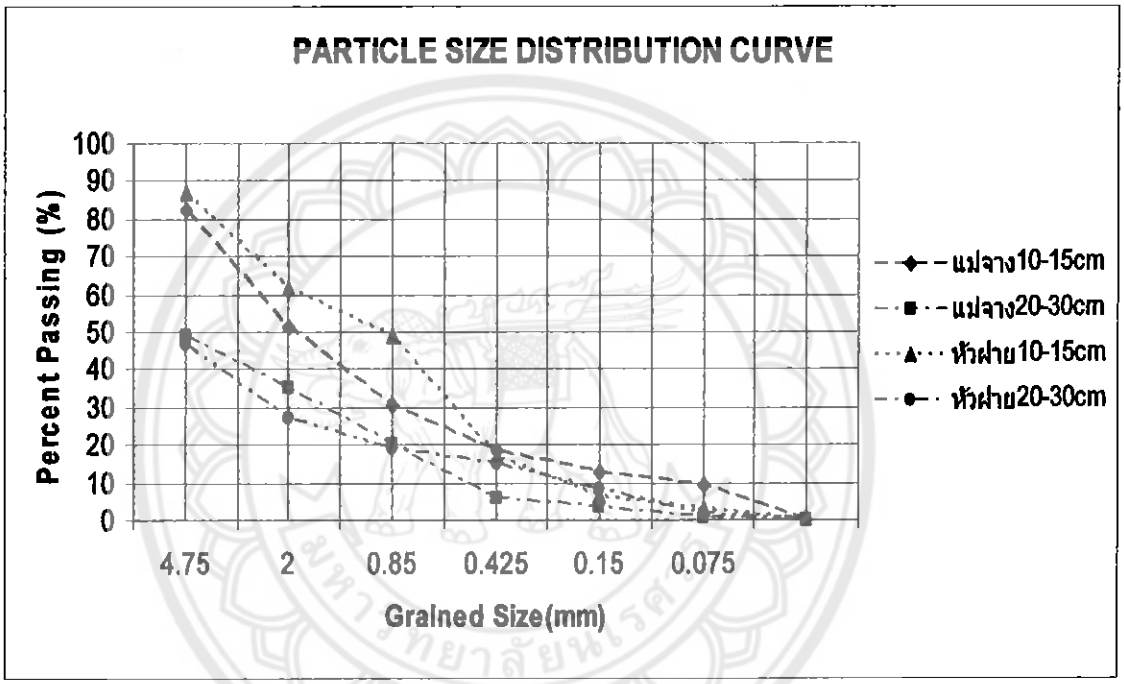
% ความเข้มข้นไนโตรเจน	ระดับการจำแนก
< 0.1	ต่ำมาก
0.1-0.3	ต่ำ
0.3-0.6	ปานกลาง
0.6-1.0	สูง
>1.0	สูงมาก

จากตารางสรุปได้ว่าการหาธาตุไนโตรเจนโดยวิธี K Jeldahl method เป็นการวิเคราะห์ไนโตรเจนที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ พบว่าความเข้มข้นไนโตรเจนดินบ้านแม่จาง 0.03 - 0.04 % และดินบ้านหัวฝาย 0.03 - 0.06 % ซึ่งมีความอุดมสมบูรณ์ของไนโตรเจนในดินอยู่ในระดับต่ำมาก คือ มีเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นไนโตรเจนอยู่ในช่วง 0.03 - 0.06 ปกติดินชั้นบน อุ้มน้ำได้น้อย เมื่อน้ำชะละลายจะ

พาไนโตรเจนลงไปในดินชั้นล่างด้วย การเผาเศษที่เหลือจากการเพาะปลูก การไถพรวนดินเพื่อเตรียมการเพาะปลูก ชนิดของพืชที่ทำการเพาะปลูกเป็นการทำลายไนโตรเจนที่พืชดูดมาจากดิน

4.1.6 การหาขนาดเม็ดดิน

การหาขนาดของเม็ดดิน โดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงจะใช้ตะแกรงที่มีขนาดช่องเปิดแตกต่างกันออกไป สำหรับเบอร์ตะแกรงที่นิยมใช้กันก็คือขนาด 3/8 นิ้ว เบอร์ 4, 10, 20, 40, 100, และ 200



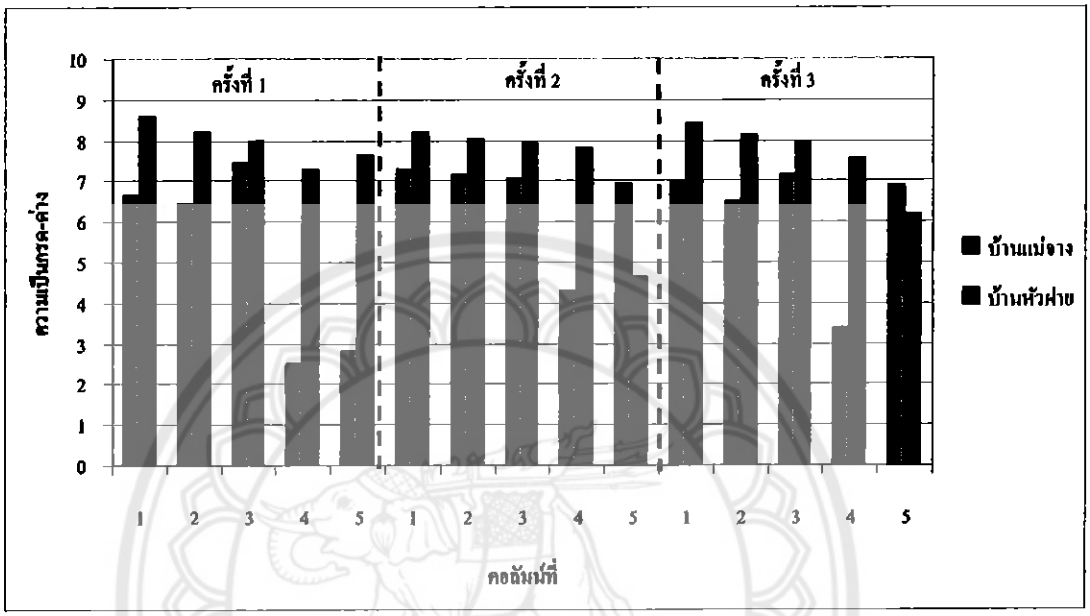
รูปที่ 4.2 Particle Size Distribution Curve

จากกราฟแสดงขนาดเม็ดดินของดินบ้านแม่จางและบ้านหัวฝาย เป็นดินร่วนปนทราย มีค่าสัมประสิทธิ์ความสม่ำเสมอ(Cu) = 7.99 และสัมประสิทธิ์ความโค้ง(Cc) = 0.91 แสดงลักษณะดินที่มีขนาดเม็ดคละกัน

4.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำชะ

4.2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 10 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นบ้านแม่จาง 5 ตัวอย่าง บ้านหัวฝาย 5 ตัวอย่าง ดังผลแสดงในภาพ

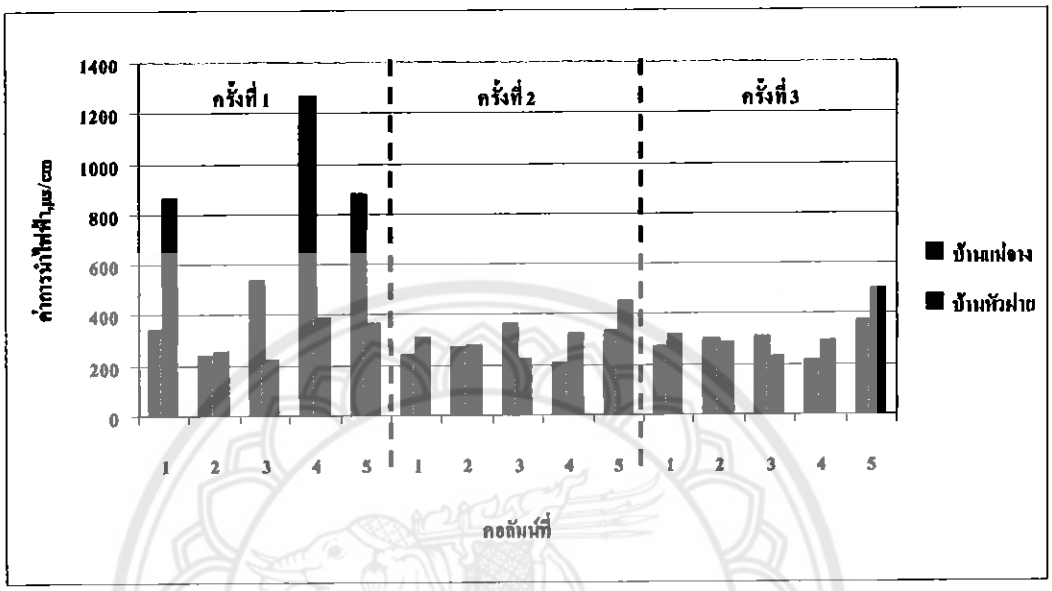


รูปที่ 4.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างน้ำชะดิน

จากการวัดค่าด้วยเครื่องวัดพีเอช พบค่าพีเอชบ้านแม่จางมีค่าเฉลี่ย 3 ครั้งเท่ากับ 5.97 ค่าสูงสุดมีค่า 7.45 และค่าต่ำสุดมีค่า 2.81 ในการชะครั้งที่ 1 ส่วนบ้านหัวฝายมีค่าเฉลี่ย 3 ครั้งเท่ากับ 7.64 ค่าสูงสุดมีค่า 8.60 ในการชะครั้งที่ 2 และค่าต่ำสุดมีค่า 4.65 ในการชะครั้งที่ 2 และเมื่อเทียบระหว่างบ้านแม่จางกับบ้านหัวฝายพบว่าบ้านแม่จางจะมีค่าความเป็นกรดต่ำสุดที่พีเอชเท่ากับ 2.81

4.2.2 สภาพการนำไฟฟ้า

ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 10 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นบ้านแม่จาง 5 ตัวอย่าง บ้านหัวฝาย 5 ตัวอย่าง



รูปที่ 4.4 สภาพการนำไฟฟ้า

จากการวัดค่าการนำไฟฟ้าในหน่วยไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร(μS/cm) พบว่าค่าการนำไฟฟ้าบ้านแม่จางมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 408.96 μS/cm ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดพบในครั้งที่ 1 มีค่า 1263.63 μS/cm และต่ำสุดพบในครั้งที่ 2 มีค่า 205.89 μS/cm และค่าการนำไฟฟ้าบ้านหัวฝายมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 352.98 μS/cm ค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดและต่ำสุดพบในครั้งที่1มีค่า 863.95 μS/cm และ 218 μS/cm ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจุดเก็บพบว่าบ้านแม่จางมีค่าการนำไฟฟ้าเฉลี่ยสูงกว่าบ้านหัวฝาย เนื่องจากมีการสะสมของความเข้มข้นของอิออน โดยรวมในน้ำและประกอบกับมีการเผาหญ้าและพืชหลังเก็บเกี่ยว โดยสภาพการนำไฟฟ้าที่สูงแสดงถึงการปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำค่ายิ่งมากแสดงถึงการปนเปื้อนของสารละลายอยู่มาก

4.2.3 ไนโตรเจน

ตารางที่ 4.6 ค่าไนโตรเจนในน้ำที่ชะ

จุดเก็บตัวอย่าง	ค่าไนโตรเจนในน้ำ			ค่าเฉลี่ย TKN
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	4.23	2.59	2.05	2.96
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	5.324	2.594	2.05	3.32
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	2.59	2.87	2.87	2.78
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	4.23	2.87	2.59	3.23
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	2.87	-	-	2.87
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	3.41	-	-	3.41
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	3.41	4.23	2.87	3.50
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	4.50	3.14	2.59	3.41
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	4.23	3.41	3.41	3.69
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	2.87	2.59	2.87	2.78

จากกราฟสรุปได้ว่าค่าไนโตรเจน ในน้ำโดยวิธี เจดาล-ไนโตรเจน พบว่าบ้านแม่จางที่ pH 5.0 มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 3.32 mg/l และบ้านแม่จางที่ pH 5.5 มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนน้อยสุดเท่ากับ 2.78 mg/l ส่วนบ้านหัวฝายที่ pH 6.0 มีค่าเฉลี่ยไนโตรเจนสูงสุดเท่ากับ 3.69 mg/l และค่าเฉลี่ยไนโตรเจนน้อยสุดบ้านหัวฝายที่ pH 6.5 เท่ากับ 2.78 mg/l ค่าไนโตรเจนที่พบทำให้ทราบปริมาณของไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบในสารอินทรีย์ ซึ่งสารอินทรีย์เหล่านี้ได้จากซากพืชซากสัตว์

4.3 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นโลหะหนัก

4.3.1 ความเข้มข้นโลหะหนักในดิน

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโลหะหนักในดิน

จุดเก็บดิน	สังกะสี (mg)	โครเมียม (mg)	แคดเมียม (mg)	ทองแดง (mg)	ตะกั่ว (mg)	นิกเกิล (mg)
บ้านแม่จาง ลึก10-15ซม.	47.10	85.37	0.65	2.36	110.10	154.84
บ้านแม่จาง ลึก20-30ซม.	50.04	91.26	0.65	3.53	98.91	210.77
บ้านหัวฝาย ลึก10-15ซม.	37.09	264.35	0.59	1.77	104.80	492.78
บ้านหัวฝาย ลึก20-30ซม.	37.68	68.30	0.59	1.77	96.56	521.63

ตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นโลหะหนักในดิน

จุดเก็บดิน	สังกะสี (mg/kg)	โครเมียม (mg/kg)	แคดเมียม (mg/kg)	ทองแดง (mg/kg)	ตะกั่ว (mg/kg)	นิกเกิล (mg/kg)
บ้านแม่จาง ลึก10-15ซม.	20.00	36.25	0.28	1.00	46.75	65.75
บ้านแม่จาง ลึก20-30ซม.	21.25	38.75	0.28	1.50	42.00	89.50
บ้านหัวฝาย ลึก10-15ซม.	15.75	112.25	0.25	0.75	44.50	209.25
บ้านหัวฝาย ลึก20-30ซม.	16.00	29.00	0.25	0.75	41.00	221.50

จากการศึกษาโลหะหนักในดินบ้านแม่จางและบ้านหัวฝาย สรุปได้ดังนี้ตำแหน่งที่บ้านแม่จางได้รับผลกระทบจากฝนกรดมากกว่าบ้านหัวฝาย จะเห็นได้ว่าที่บ้านแม่จางมีโลหะหนักมากกว่าบ้านหัวฝาย ทำให้พืชที่ปลูกขาดธาตุอาหารมีผลต่อจุลินทรีย์ในดินและมีผลต่อวัฏจักรคาร์บอน การตึงไนโตรเจน เมื่อนำข้อมูลตารางที่ 4.8 ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินเปรียบเทียบกับมาตรฐาน

คุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมประเภทโลหะหนัก ดังตารางในภาคผนวกที่ ช1 พบว่าแคดเมียม โครเมียม และนิกเกิล ไม่เกินมาตรฐาน

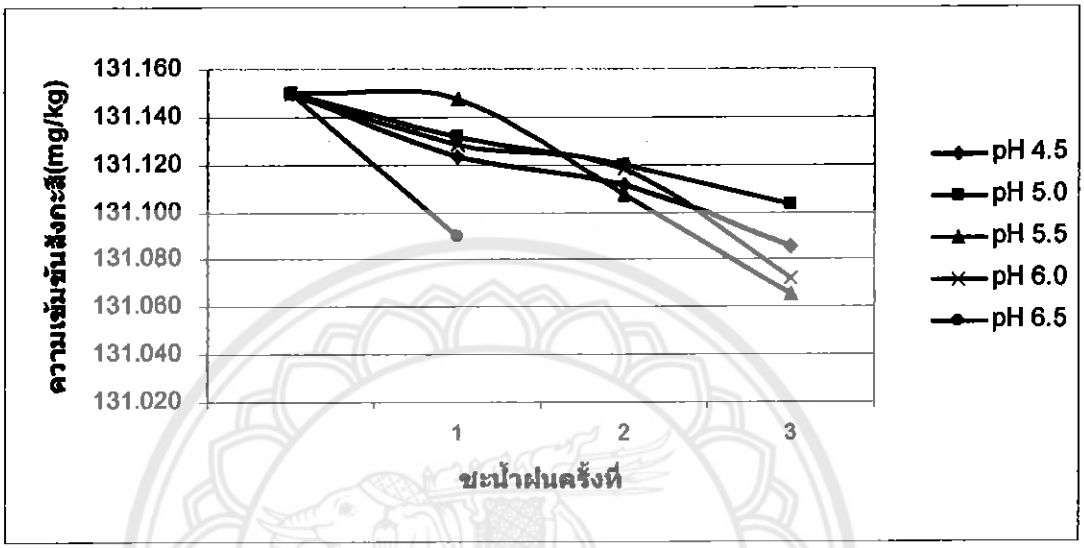
4.3.2 สังกะสี (Zn)

ตารางที่ 4.9 ความเข้มข้นสังกะสีในดิน

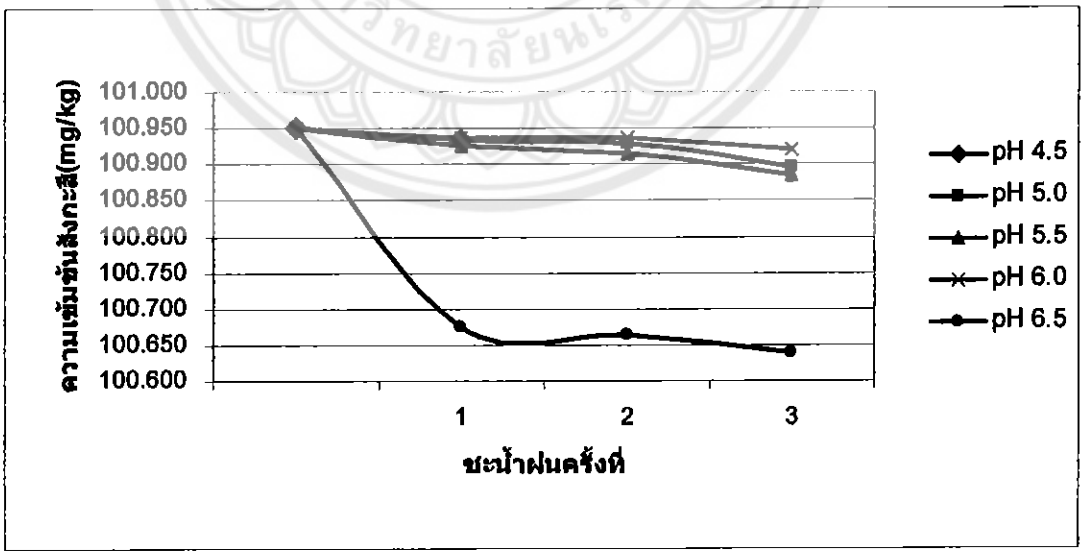
จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณสังกะสีในดิน (mg)	ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณสังกะสีที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของสังกะสีที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	131.15	0.0271	0.0118	0.0257	131.08	20.61
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	131.15	0.0188	0.0113	0.0165	131.10	20.62
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	131.15	0.0023	0.0406	0.0419	131.06	20.61
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	131.15	0.0218	0.0104	0.0456	131.07	20.61
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	131.15	0.0601	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	100.95	0.0155	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	100.95	0.0153	0.0053	0.0349	100.89	15.87
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	100.95	0.0238	0.0113	0.0300	100.88	15.87
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	100.95	0.0131	0.0017	0.0148	100.92	15.87
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	100.95	0.2766	0.0086	0.0268	100.64	15.83

จากตารางสรุปได้ว่าค่าโลหะหนักของสังกะสี(Zn) ที่ตกค้างในดินของบ้านแม่จาง พบว่าที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 20.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 20.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายค่าโลหะหนักของสังกะสี(Zn) พบว่าที่ pH 6.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 15.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 15.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่า pH สูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่ (ค่าpH ต่ำ)

แต่ตกในปริมาณน้อยการประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่า pH อย่างเดียว จะต้องไปเทียบกับฝนที่ตกลงมา และกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้น



รูปที่ 4.5 กราฟความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง



รูปที่ 4.6 กราฟความเข้มข้นของสังกะสีที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.10 ร้อยละการชะสังกะสีในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.021	0.009	0.020
pH 5.0	0.014	0.009	0.013
pH 5.5	0.002	0.031	0.032
pH 6.0	0.017	0.008	0.035
pH 6.5	0.046	-	-

ตารางที่ 4.11 ร้อยละการชะสังกะสีในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

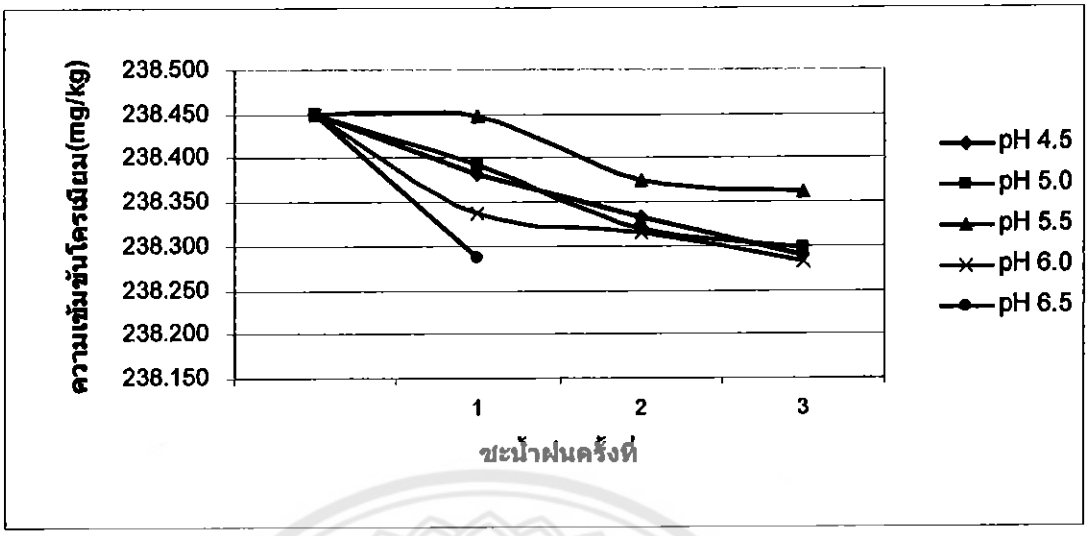
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.015	-	-
pH 5.0	0.015	0.005	0.035
pH 5.5	0.024	0.011	0.030
pH 6.0	0.013	0.002	0.015
pH 6.5	0.274	0.009	0.027

4.3.3 โครเมียม (Cr)

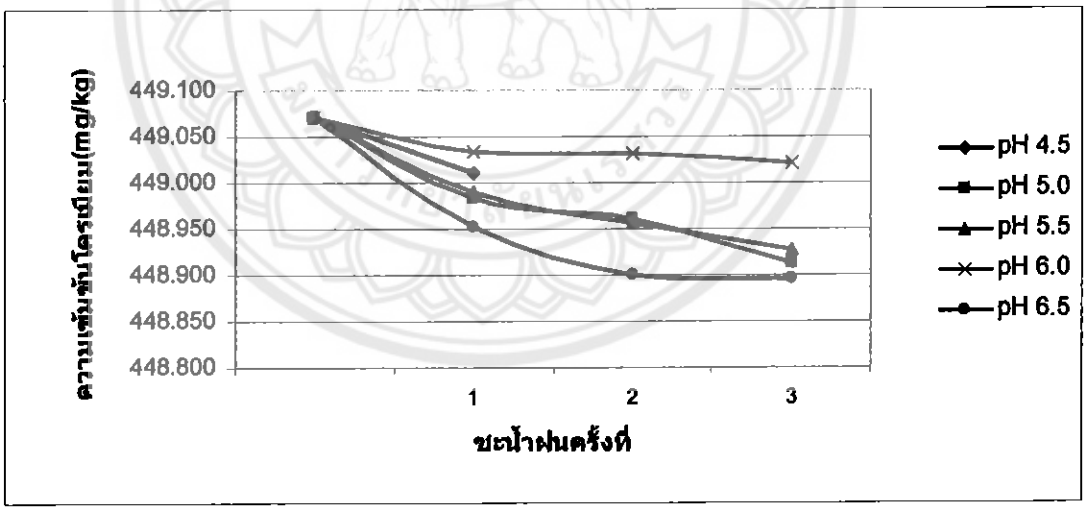
ตารางที่ 4.12 ความเข้มข้นโครเมียมในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโครเมียมในดิน (mg)	ปริมาณโครเมียมที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณโครเมียมที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	238.45	0.0689	0.0482	0.0450	238.29	37.48
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	238.45	0.0583	0.0712	0.0235	238.30	37.48
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	238.45	0.0030	0.0735	0.0128	238.36	37.49
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	238.45	0.1133	0.0223	0.0315	238.28	37.47
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	238.45	0.1639	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	449.07	0.0593	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	449.07	0.0873	0.0216	0.0492	448.91	70.60
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	449.07	0.0814	0.0332	0.0288	448.93	70.60
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	449.07	0.0357	0.0028	0.0110	449.02	70.62
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	449.07	0.1187	0.0523	0.0042	448.89	70.60

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นโลหะหนักของโครเมียม(Cr) ที่ตกค้างในดินของบ้านแม่จาง พบว่าที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 37.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 37.49 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายค่าความเข้มข้นโลหะหนักของโครเมียม(Cr) พบว่าที่ pH 6.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 70.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 70.62 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่า pH สูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่แต่ตกในปริมาณน้อยการประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่า pH อย่างเดียวจะต้องไปเทียบกับฝนที่ตกลงมาและกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้น



รูปที่ 4.7 กราฟความเข้มข้นของโครเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง



รูปที่ 4.8 กราฟความเข้มข้นของโครเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.13 ร้อยละการชะโครเมียมในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.029	0.020	0.019
pH 5.0	0.024	0.030	0.010
pH 5.5	0.001	0.031	0.005
pH 6.0	0.048	0.005	0.013
pH 6.5	0.069	-	-

ตารางที่ 4.14 ร้อยละการชะโครเมียมในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

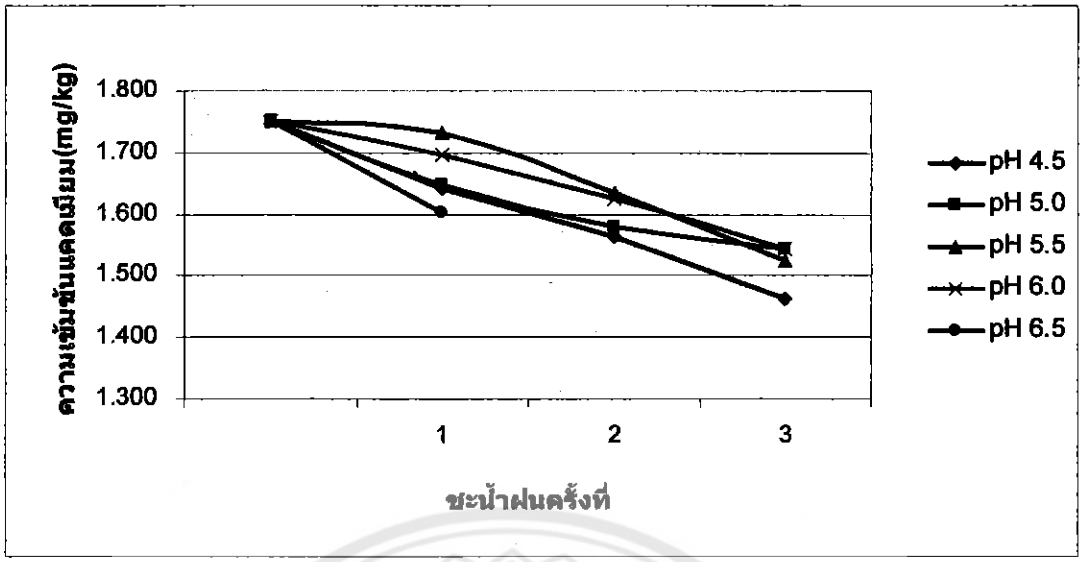
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.013	-	-
pH 5.0	0.019	0.005	0.011
pH 5.5	0.018	0.007	0.006
pH 6.0	0.008	0.001	0.012
pH 6.5	0.026	0.012	0.001

4.3.4 แคดเมียม (Cd)

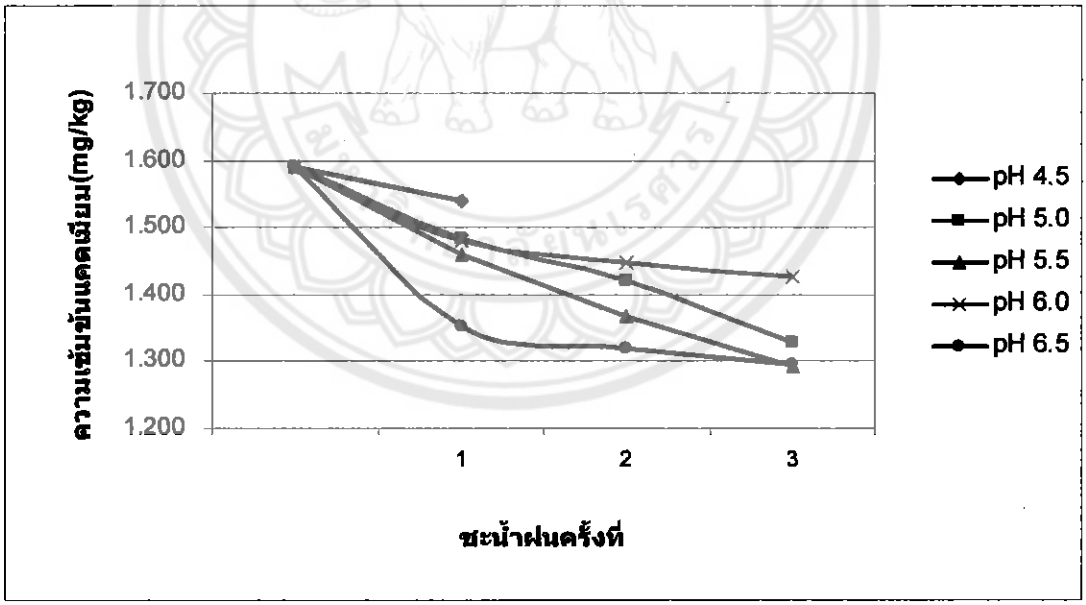
ตารางที่ 4.15 ความเข้มข้นแคดเมียมในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณแคดเมียมในดิน (mg)	ปริมาณแคดเมียมที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณแคดเมียมที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของแคดเมียมที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	1.75	0.1085	0.0801	0.1006	1.46	0.23
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	1.75	0.1025	0.0667	0.0388	1.54	0.24
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	1.75	0.0196	0.0973	0.1100	1.52	0.24
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	1.75	0.0525	0.0719	0.0823	1.54	0.24
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	1.75	0.1484	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	1.59	0.0512	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	1.59	0.1086	0.0624	0.0899	1.33	0.21
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	1.59	0.1299	0.0929	0.0738	1.29	0.20
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	1.59	0.1096	0.0346	0.0206	1.43	0.22
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	1.59	0.2386	0.0326	0.0230	1.30	0.20

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นโลหะหนักของแคดเมียม(Cd) ที่ตกค้างในดินของบ้านแม่จาง พบว่าที่ pH 4.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.0 และ 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 0.24 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายค่าความเข้มข้นโลหะหนักของแคดเมียม(Cd) พบว่าที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 0.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่า pH สูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่แต่ตกในปริมาณน้อยการประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่า pH อย่างเดียว จะต้องไปเทียบกับฝนที่ตกลงมา และกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้น



รูปที่ 4.9 กราฟความเข้มข้นของแคดเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานี**บ้านแม่จาง**



รูปที่ 4.10 กราฟความเข้มข้นของแคดเมียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.16 ร้อยละการชะแคดเมียมในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**
pH 4.5	6.200	4.880	6.443
pH 5.0	5.857	4.049	2.454
pH 5.5	1.120	5.623	6.736
pH 6.0	3.000	4.236	5.063
pH 6.5	8.480	-	-

ตารางที่ 4.17 ร้อยละการชะแคดเมียมในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

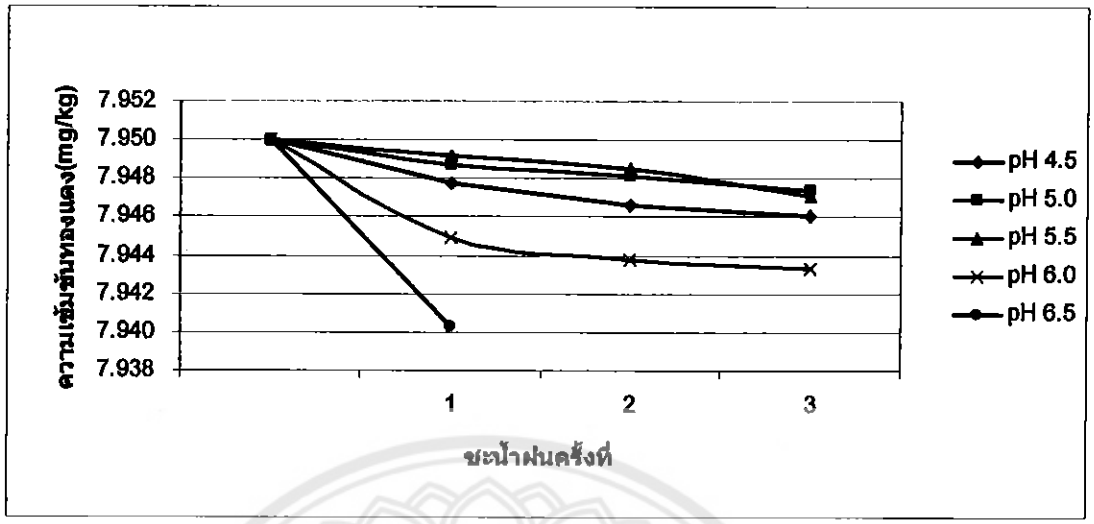
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**
pH 4.5	3.220	-	-
pH 5.0	6.830	4.212	6.335
pH 5.5	8.170	6.363	5.398
pH 6.0	6.893	2.337	1.425
pH 6.5	15.006	2.412	1.744

4.3.5 ทองแดง (Cu)

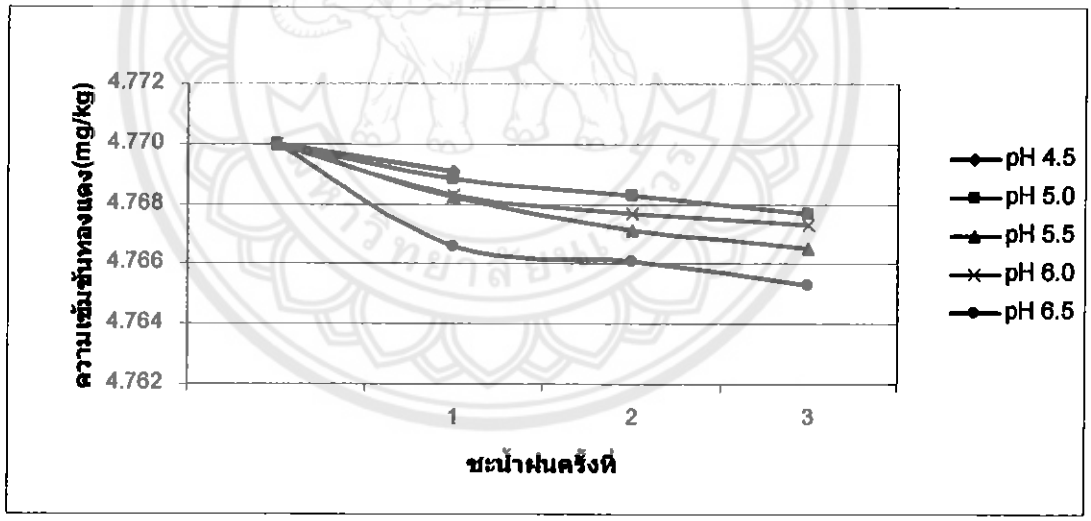
ตารางที่ 4.18 ความเข้มข้นทองแดงในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณทองแดงในดิน (mg)	ปริมาณทองแดงที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณทองแดงที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของทองแดงที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	7.95	0.0023	0.0011	0.0006	7.95	1.25
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	7.95	0.0013	0.0006	0.0007	7.95	1.25
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	7.95	0.0008	0.0007	0.0014	7.95	1.25
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	7.95	0.0051	0.0011	0.0005	7.94	1.25
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	7.95	0.0097	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	4.77	0.0009	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	4.77	0.0012	0.0005	0.0006	4.77	0.75
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	4.77	0.0018	0.0011	0.0006	4.77	0.75
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	4.77	0.0017	0.0006	0.0004	4.77	0.75
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	4.77	0.0034	0.0005	0.0008	4.77	0.75

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นโลหะหนักของทองแดง(Cu) ที่ตกค้างในดินของบ้านแม่จางจะพบ ว่าที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 1.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 4.5 ,pH 5.0 และpH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 1.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายค่าความเข้มข้นโลหะหนักของทองแดง(Cu) พบว่าที่ทุกpH มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินเท่ากับ 0.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ค่า pH สูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่แต่ตกในปริมาณน้อยการประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่า pH อย่างเดียว จะต้องไปเทียบกับฝนที่ตกลงมา และกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้น



รูปที่ 4.11 กราฟความเข้มข้นของทองแดงที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง



รูปที่ 4.12 กราฟความเข้มข้นของทองแดงที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.19 ร้อยละการชะทองแดงในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.029	0.014	0.008
pH 5.0	0.016	0.008	0.009
pH 5.5	0.010	0.009	0.018
pH 6.0	0.064	0.014	0.006
pH 6.5	0.122	-	-

ตารางที่ 4.20 ร้อยละการชะทองแดงในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

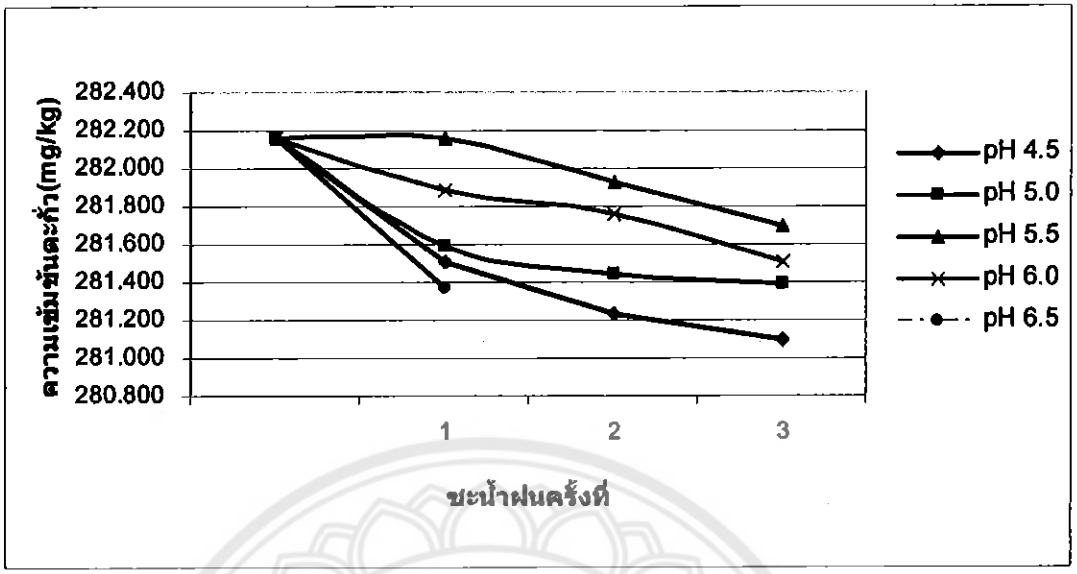
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.019	-	-
pH 5.0	0.025	0.010	0.013
pH 5.5	0.038	0.023	0.013
pH 6.0	0.036	0.013	0.008
pH 6.5	0.071	0.010	0.017

4.3.6 ตะกั่ว (Pb)

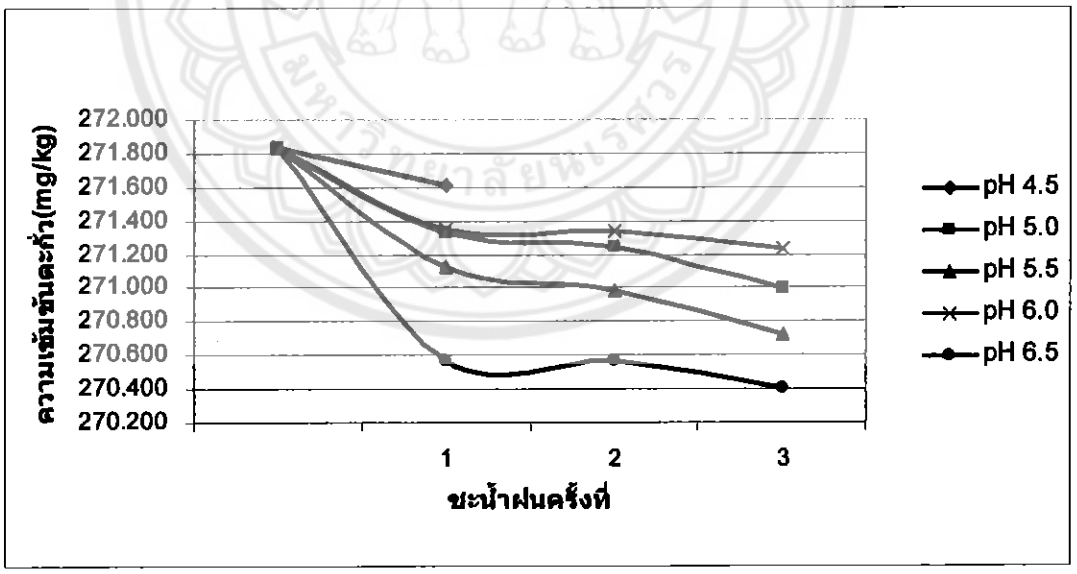
ตารางที่ 4.21 ความเข้มข้นตะกั่วในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณตะกั่วในดิน (mg)	ปริมาณตะกั่วที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณตะกั่วที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของตะกั่วที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	282.16	0.6599	0.2682	0.1410	281.09	44.21
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	282.16	0.5688	0.1537	0.0515	281.39	44.25
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	282.16	0.0030	0.2282	0.2322	281.70	44.30
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	282.16	0.2714	0.1324	0.2458	281.51	44.27
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	282.16	0.7964	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	271.83	0.2197	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	271.83	0.5050	0.0802	0.2556	270.99	42.62
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	271.83	0.7091	0.1379	0.2675	270.72	42.58
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	271.83	0.4863	0.0023	0.1094	271.23	42.66
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	271.83	1.2600	0.0019	0.1613	270.41	42.53

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นโลหะหนักของตะกั่ว(Pb)ที่ตกค้างในดินของบ้านแม่จาง พบว่าที่ pH 4.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 44.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 44.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝาย ค่าความเข้มข้นโลหะหนักของตะกั่ว(Pb) พบว่าที่ pH 6.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 42.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 42.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากทั้งสองพื้นที่จะพบว่าที่ pH ต่ำจะมีการชะโลหะหนักออกมาได้มากกว่า pH สูงๆ แต่ต้องไปเทียบกับฝนที่ตกลงมา และกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้น



รูปที่ 4.13 กราฟความเข้มข้นของตะกั่วที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง



รูปที่ 4.14 กราฟความเข้มข้นของตะกั่วที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.22 ร้อยละการชะตะกั่วในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**
pH 4.5	0.234	0.095	0.050
pH 5.0	0.202	0.055	0.018
pH 5.5	0.001	0.081	0.082
pH 6.0	0.096	0.047	0.087
pH 6.5	0.283	-	-

ตารางที่ 4.23 ร้อยละการชะตะกั่วในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

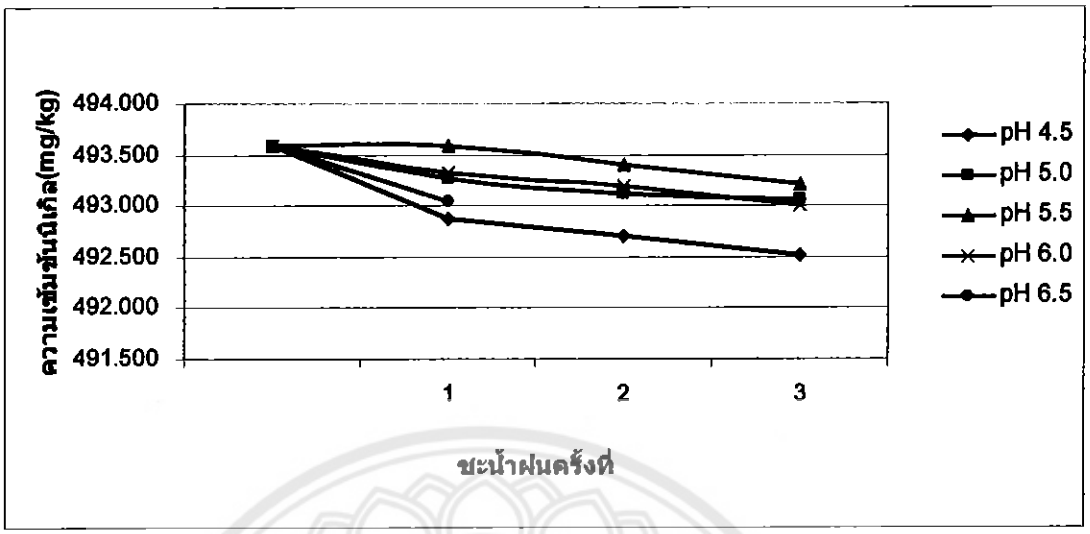
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**
pH 4.5	0.081	-	-
pH 5.0	0.186	0.030	0.094
pH 5.5	0.261	0.051	0.099
pH 6.0	0.179	0.001	0.040
pH 6.5	0.464	0.001	0.060

4.8.7 นิกเกิล (Ni)

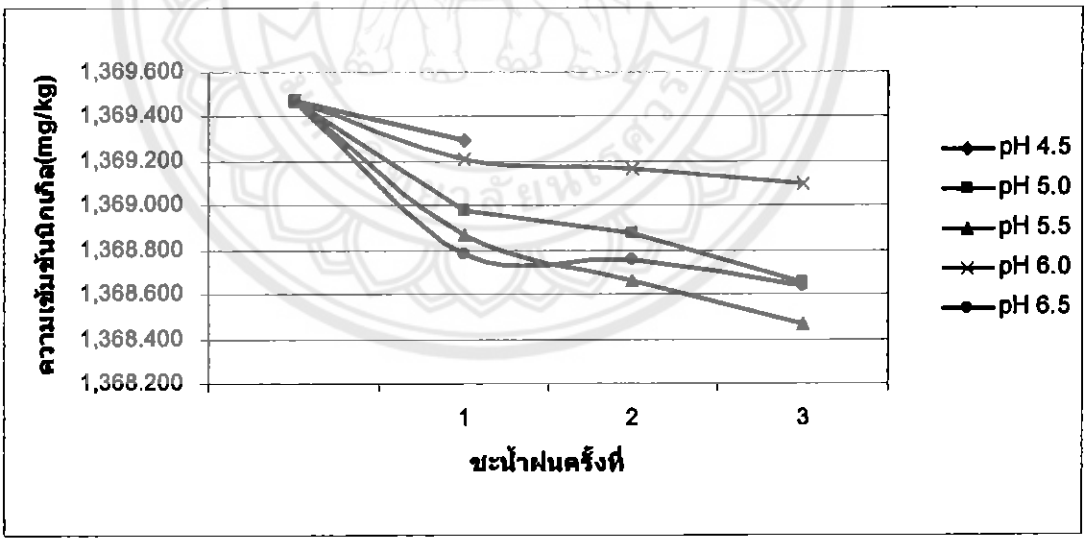
ตารางที่ 4.24 ความเข้มข้นนิกเกิลในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณนิกเกิลในดิน (mg)	ปริมาณนิกเกิลที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณนิกเกิลที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของนิกเกิลที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	493.58	0.7063	0.1652	0.1925	492.52	77.46
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	493.58	0.3203	0.1367	0.0677	493.06	77.54
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	493.58	0.0008	0.1806	0.1951	493.20	77.57
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	493.58	0.2477	0.1499	0.1880	492.99	77.53
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	493.58	0.5354	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	1369.47	0.1750	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	1369.47	0.4909	0.1075	0.2226	1368.65	215.25
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	1369.47	0.6030	0.2083	0.1944	1368.46	215.22
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	1369.47	0.2662	0.0352	0.0710	1369.10	215.32
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	1369.47	0.6899	0.0226	0.1244	1368.63	215.24

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นโลหะหนักของนิกเกิล(Ni) ที่ตกค้างในดินของบ้านแม่จางพบว่า ที่ pH 4.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 77.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 77.57 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายค่าความเข้มข้นโลหะหนักของนิกเกิล(Ni) พบว่าที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 215.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 215.32 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ที่บ้านแม่จาง(ค่า pH สูง) ที่ตกลงมาในปริมาณมากจะก่อให้เกิดผลกระทบสูงกว่ากรดแก่แต่ตกในปริมาณน้อยการประเมินผลกระทบจึงไม่ได้ดูที่ค่า pH อย่างเดียว จะต้องไปเทียบกับฝนที่ตกลงมา และกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้น



รูปที่ 4.15 กราฟความเข้มข้นของนิกเกิลที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานี**บ้านแม่จาง**



รูปที่ 4.16 กราฟความเข้มข้นของนิกเกิลที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.25 ร้อยละการชะนิกเกิลในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.143	0.034	0.039
pH 5.0	0.065	0.028	0.014
pH 5.5	0.0002	0.037	0.040
pH 6.0	0.050	0.030	0.038
pH 6.5	0.108	-	-

ตารางที่ 4.26 ร้อยละการชะนิกเกิลในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.013	-	-
pH 5.0	0.036	0.008	0.016
pH 5.5	0.044	0.015	0.014
pH 6.0	0.019	0.003	0.005
pH 6.5	0.050	0.002	0.009

4.4 ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นแร่ธาตุ

4.4.1 ความเข้มข้นแร่ธาตุในดิน

ตารางที่ 4.27 ปริมาณแร่ธาตุในดิน

จุดเก็บดิน	แคลเซียม(mg)	แมกนีเซียม (mg)	โพแทสเซียม(mg)
แม่จางความลึก 10-20 ซม.	1781.97	1828.07	715.33
แม่จางความลึก 20-30 ซม.	317.93	360.84	1252.62
หัวฝายความลึก 10-20 ซม.	10620.28	767.79	904.50
หัวฝายความลึก 20-30 ซม.	338.59	519.81	740.77

ตารางที่ 4.28 ความเข้มข้นแร่ธาตุในดิน

จุดเก็บดิน	แคลเซียม (mg/kg)	แมกนีเซียม (mg/kg)	โพแทสเซียม (mg/kg)
แม่จางความลึก 10-20 ซม.	280.25	287.5	112.50
แม่จางความลึก 20-30 ซม.	50.00	56.75	197.00
หัวฝายความลึก 10-20 ซม.	1670.25	120.75	142.25
หัวฝายความลึก 20-30 ซม.	53.25	81.75	116.50

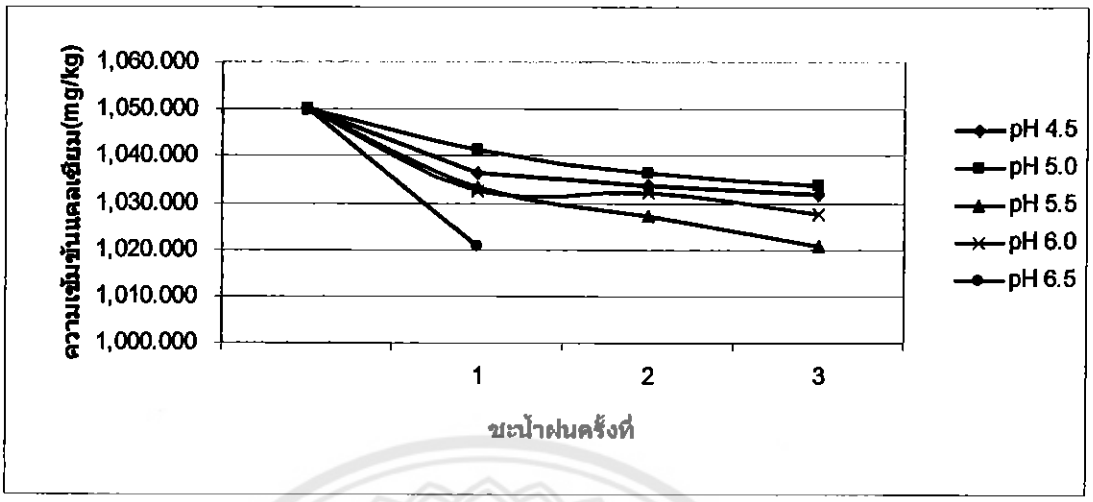
จากการศึกษาแร่ธาตุในดินบ้านแม่จางและบ้านหัวฝาย สรุปได้ดังนี้ที่ความลึก10-15 เซนติเมตร มีแร่ธาตุในดินมากกว่าช่วงความลึก 20 - 30 เซนติเมตร เกิดจากพื้นที่ที่เก็บตัวอย่างนั้นเป็นพื้นที่ทำการเกษตรกิจกรรมที่เกิดขึ้นนั้นส่งผลให้ดินมีแร่ธาตุอาหารมากขึ้นสาเหตุเกิดมาจากการใช้ปุ๋ยเคมี

4.4.2 แคลเซียม (Ca)

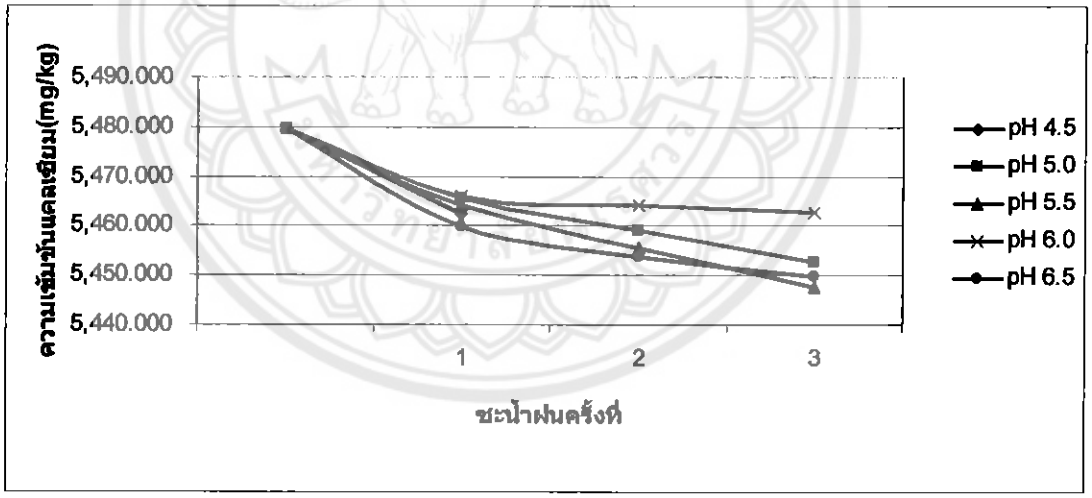
ตารางที่ 4.29 ความเข้มข้นแคลเซียมในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณแคลเซียมในดิน (mg)	ปริมาณแคลเซียมที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณแคลเซียมที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	1049.95	13.7013	2.7703	1.7971	1031.68	162.25
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	1049.95	8.7180	4.7420	2.6698	1033.82	162.59
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	1049.95	16.8146	6.1208	6.4496	1020.56	160.50
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	1049.95	17.4208	0.5941	4.4782	1027.46	161.59
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	1049.95	29.3076	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	5479.44	17.1278	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	5479.44	13.7387	6.4910	6.5709	5452.64	857.54
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	5479.44	15.2860	8.6370	8.0813	5447.44	856.72
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	5479.44	13.6320	1.6932	1.5574	5462.56	859.10
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	5479.44	19.7266	6.2078	3.6595	5449.85	857.10

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นของแคลเซียม(Ca) ที่เหลือในดินของบ้านแม่จางพบว่าที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 160.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 162.59 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายพบว่าค่าความเข้มข้นของแคลเซียม(Ca) ที่เหลือในดิน ที่ pH 5.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 856.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 859.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบว่าทั้งสองพื้นที่จะถูกชะแร่ธาตุในช่วง pH 5.0-6.0 ออกมามาก เนื่องกิจกรรมของพื้นที่บริเวณนั้นต่างกัน รวมทั้งยังเป็นเพราะกระแสลมและฝนที่ตกลงมาอีกด้วย



รูปที่ 4.17 กราฟความเข้มข้นของแคลเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง



รูปที่ 4.18 กราฟความเข้มข้นของแคลเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.30 ร้อยละการชะแคลเซียมในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	1.305	0.267	0.174
pH 5.0	0.830	0.455	0.258
pH 5.5	1.601	0.592	0.628
pH 6.0	1.659	0.058	0.434
pH 6.5	2.791	-	-

ตารางที่ 4.31 ร้อยละการชะแคลเซียมในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

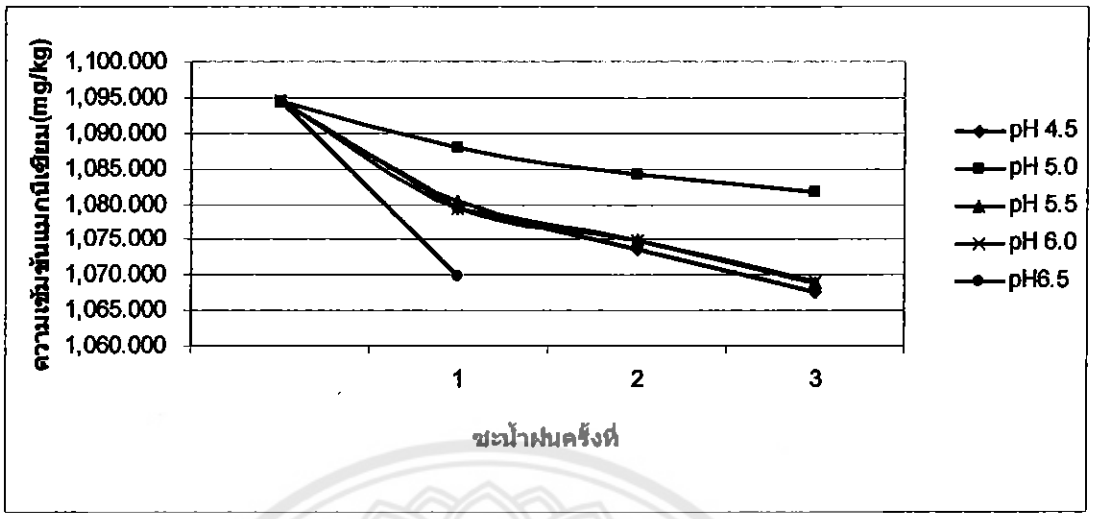
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.313	-	-
pH 5.0	0.251	0.119	0.120
pH 5.5	0.279	0.158	0.148
pH 6.0	0.249	0.031	0.029
pH 6.5	0.360	0.114	0.067

4.4.3 แมกนีเซียม (Mg)

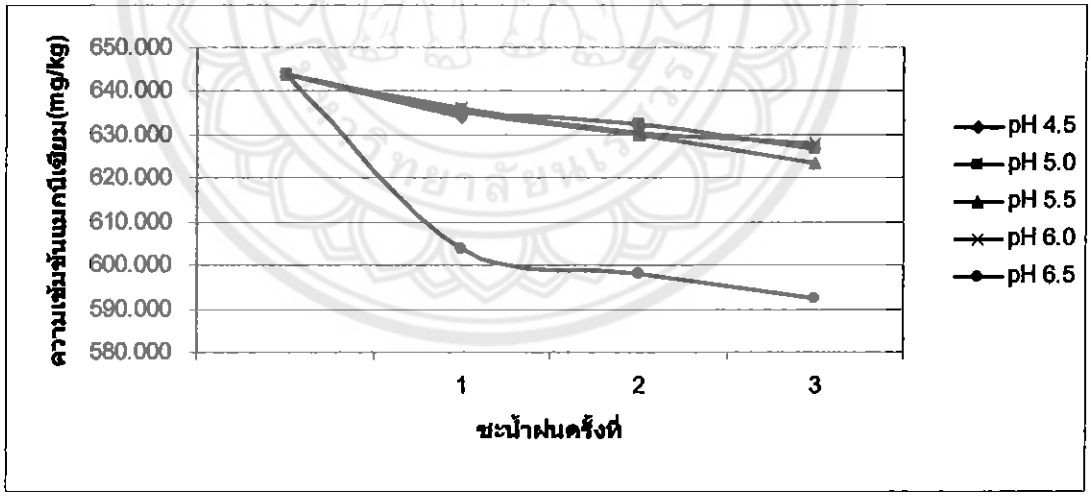
ตารางที่ 4.32 ความเข้มข้นแมกนีเซียมในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณแมกนีเซียมในดิน (mg)	ปริมาณแมกนีเซียมที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณแมกนีเซียมที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	1094.46	14.9793	5.8845	5.9746	1067.62	167.90
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	1094.46	6.4896	3.8703	2.4071	1081.69	170.12
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	1094.46	13.9864	5.5111	6.1290	1068.83	168.10
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	1094.46	14.9811	4.6091	5.9126	1068.96	168.11
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	1094.46	24.5992	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	643.80	9.8113	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	643.80	8.0441	3.4886	5.6613	626.61	98.55
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	643.80	8.4647	5.4420	6.3831	623.51	98.06
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	643.80	7.8178	5.7368	2.3680	627.88	98.75
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	643.80	39.9190	5.9530	5.6867	592.24	93.14

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียม(Mg) ที่เหลือในดินของบ้านแม่จางจะพบว่าที่ pH 4.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 167.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 170.12 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝายพบว่าค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียม(Mg) ที่เหลือในดิน ที่ pH 6.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 93.14 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 98.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่าพื้นที่ทั้งสองจะถูกชะแร่ธาตุออกไปมาก ฝนกรดส่งผลให้แร่ธาตุสูญเสียไปเนื่องจากถูกดึงลงไปชั้นล่างของดิน ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ส่งผลต่อการทำการเกษตร



รูปที่ 4.19 กราฟความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านแม่จาง



รูปที่ 4.20 กราฟความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.33 ร้อยละการชะแมกนีเซียมในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	1.369	0.545	0.557
pH 5.0	0.593	0.356	0.222
pH 5.5	1.278	0.510	0.570
pH 6.0	1.369	0.427	0.550
pH 6.5	2.248	-	-

ตารางที่ 4.34 ร้อยละการชะแมกนีเซียมในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

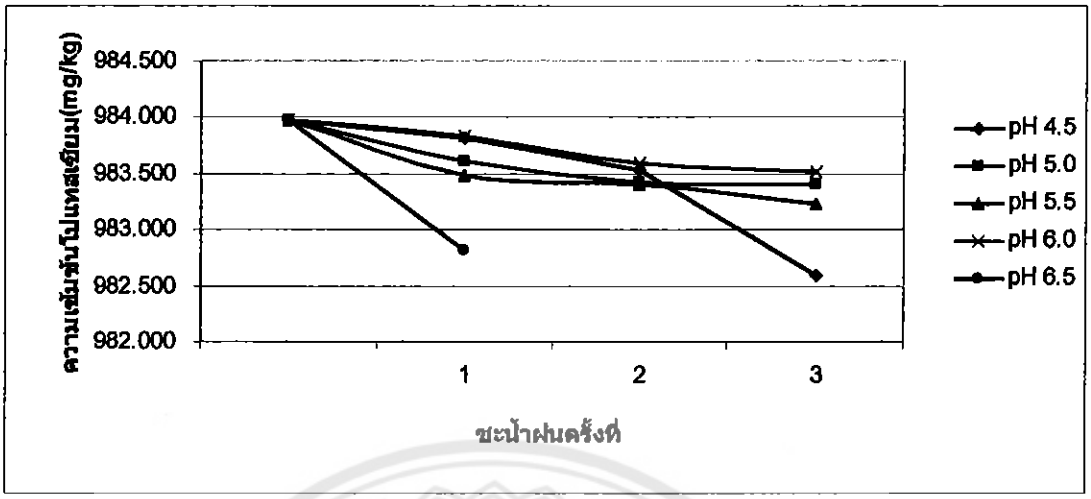
	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	1.524	-	-
pH 5.0	1.249	0.549	0.895
pH 5.5	1.315	0.857	1.013
pH 6.0	1.214	0.902	0.376
pH 6.5	6.201	0.986	0.951

4.4.4 โปแทสเซียม (K)

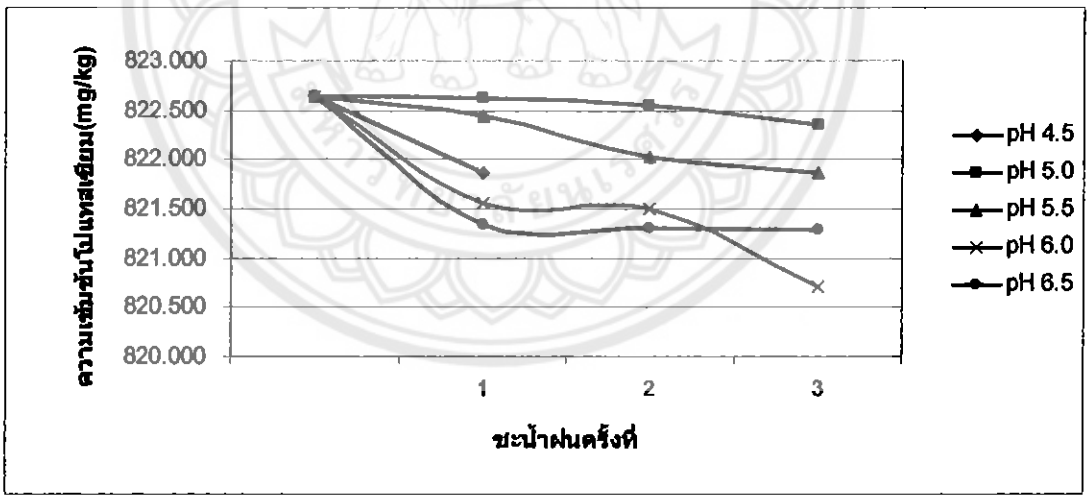
ตารางที่ 4.35 ความเข้มข้นโปแทสเซียมในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาณโปแทสเซียมในดิน (mg)	ปริมาณโปแทสเซียมที่ถูกชะละลาย (mg)			ปริมาณโปแทสเซียมที่เหลือในดิน (mg)	ความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่เหลือในดิน (mg/kg)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3		
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	983.98	0.1627	0.2834	0.9495	982.58	154.53
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	983.98	0.3652	0.1966	0.0120	983.41	154.66
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	983.98	0.4930	0.0917	0.1627	983.23	154.63
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	983.98	0.1504	0.2442	0.0653	983.52	154.68
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	983.98	1.1698	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	822.64	0.7706	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	822.64	0.0248	0.0734	0.1986	822.34	129.33
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	822.64	0.2031	0.4048	0.1663	821.87	129.25
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	822.64	1.0945	0.0449	0.7967	820.70	129.07
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	822.64	1.3070	0.0250	0.0218	821.29	129.16

จากตารางสรุปได้ว่าค่าความเข้มข้นของโปแตสเซียม(K) ที่เหลือในดินของบ้านแม่จาง พบว่าที่ pH 4.5 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 154.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุดเท่ากับ 154.68 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และบ้านหัวฝาย พบว่าค่าความเข้มข้นของโปแตสเซียม(K) ที่เหลือในดินที่ pH 6.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินน้อยสุด เท่ากับ 129.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และที่ pH 5.0 มีค่าความเข้มข้นที่เหลือในดินมากสุด เท่ากับ 129.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่าพื้นที่ทั้งสองจะถูกชะแร่ธาตุออกไปมาก ฝนกรดส่งผลให้แร่ธาตุสูญเสียไปเนื่องจากถูกดึงลงไปชั้นล่างของดินทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ส่งผลต่อการทำการเกษตร



รูปที่ 4.21 กราฟความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถา**นีบ้านแม่จาง**



รูปที่ 4.22 กราฟความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่ถูกชะโดยน้ำฝน 3 ครั้ง ที่สถานีบ้านหัวฝาย

ตารางที่ 4.36 ร้อยละการชะโปแทสเซียมในดินที่สถานีบ้านแม่จาง

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.017	0.029	0.097
pH 5.0	0.037	0.020	0.001
pH 5.5	0.050	0.009	0.017
pH 6.0	0.015	0.025	0.007
pH 6.5	0.119	-	-

ตารางที่ 4.37 ร้อยละการชะโปแทสเซียมในดินที่สถานีบ้านหัวฝาย

	ร้อยละการชะของน้ำฝน		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
pH 4.5	0.094	-	-
pH 5.0	0.003	0.009	0.024
pH 5.5	0.025	0.049	0.020
pH 6.0	0.133	0.005	0.097
pH 6.5	0.159	0.003	0.003

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลวิจัย

จากการศึกษาปริมาณโลหะหนักและแร่ธาตุที่สะสมอยู่ในดินบริเวณรอบโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ซึ่งได้ทำการเก็บตัวอย่างจากจุดเก็บตัวอย่าง 2 จุด ได้แก่ บ้านแม่จาง และบ้านหัวฝาย สรุปได้ ดังนี้

ปริมาณโลหะหนักที่ตรวจพบ

บริเวณจุดเก็บตัวอย่างบ้านแม่จาง ได้แก่ สังกะสีในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 5.5 ค่าความเข้มข้นของสังกะสีที่เหลือในดิน เท่ากับ 20.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และสังกะสีในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.5 ค่าความเข้มข้นของสังกะสีที่เหลือในดิน เท่ากับ 15.83 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โครเมียมในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.0 ค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 37.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโครเมียมในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.5 ค่าความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 70.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แคดเมียมในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 4.5 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 0.23 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแคดเมียมในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 5.5 ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 0.20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทองแดงในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.5 และ ทองแดงในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.5 ค่าความเข้มข้นของทองแดงที่เหลือในดิน เท่ากับ 0.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตะกั่วในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 4.5 ค่าความเข้มข้นของตะกั่วที่เหลือในดิน เท่ากับ 44.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตะกั่วในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.5 ค่าความเข้มข้นของตะกั่วที่เหลือในดิน เท่ากับ 42.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม นิกเกิลในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 4.5 ค่าความเข้มข้นของนิกเกิลที่เหลือในดิน เท่ากับ 77.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และนิกเกิลในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 5.5 ค่าความเข้มข้นของนิกเกิลที่เหลือในดิน เท่ากับ 215.22 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

โดยรวมค่าปริมาณโลหะหนักที่บ้านหัวฝายมีค่ามากกว่าบ้านแม่จาง ซึ่งเกิดจากค่าพีเอชของน้ำฝน การตกสะสมปริมาณของกรดซัลฟูริกและกรดไนตริกโดยการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและความชื้น แล้วตกสู่กลับพื้นดิน ในระยะเวลานานเข้าจะเกิดการสะสมของกรดขึ้น ส่งผลกระทบต่อดิน แล้วยังทำให้อะลูมิเนียมและธาตุโลหะหนักในดินละลาย ได้มากขึ้น

ปริมาณแร่ธาตุที่ตรวจพบ

บริเวณจุดเก็บตัวอย่างบ้านแม่จาง ได้แก่ แคลเซียมในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 5.5 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 160.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแคลเซียมในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 5.5 ค่าความเข้มข้นของแคลเซียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 856.72 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แมกนีเซียมในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 4.5 ค่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 167.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และแมกนีเซียมในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.5 โปแทสเซียมในดินที่บ้านแม่จางร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 4.5 ค่าความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 154.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโปแทสเซียมในดินที่บ้านหัวฝายร้อยละการชะได้ดีที่สุด pH 6.0 ค่าความเข้มข้นของโปแทสเซียมที่เหลือในดิน เท่ากับ 129.07 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นว่าฝนกรดส่งผลให้แร่ธาตุสูญเสียไปเนื่องจากถูกดึงลงไปชั้นล่างของดิน ทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ส่งผลต่อการทำการเกษตร

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการติดตามผลทางอุตุนิยมวิทยา ณ จุดเก็บตัวอย่าง เพื่อให้ผลสอดคล้องตามหลักความจริง
2. เพิ่มระยะเวลาการศึกษาตามช่วงฤดูกาล เพื่อนำผลมาใช้ในการเปรียบเทียบ

เอกสารอ้างอิง

คณะทำงานปรับปรุงมาตรฐาน. (2536). วิธีวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ

นายจำเนียร ธนสีลังกูร และคณะ.(2547) อาจารย์ประจำโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานีฯ

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. (2543). คู่มือวิเคราะห์น้ำ. (พิมพ์ครั้งที่ 3). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ

มัลลิกา ปัญญาคะโป และคณะ. (2548). การตกสะสมของกรดในพื้นที่ภาคตะวันตกของประเทศไทย. ในเอกสารประชุมทางวิชาการ สิ่งแวดล้อมนเรศวร ครั้งที่ 2 . พิษณุโลก;มหาวิทยาลัยนเรศวร

ยุวดี เชี่ยววัฒนา และคณะ. (2551). การพัฒนาและการประยุกต์ใช้ระบบต่อเนื่องสำหรับการศึกษาการดูดซึมได้ของแร่ธาตุและโลหะหนัก. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 82 แผ่น. ภาพประกอบ. (ส.ร. 546.3 ย474กล)

ยงยุทธ โอสถสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ชวลิต ยงประยูร. (2551). ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

สืบค้นเมื่อวันที่ 16 มกราคม 2553 จาก http://osl101.ldd.go.th/easysoils/s_profile.htm ของสำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

สืบค้นเมื่อวันที่ 16 มกราคม 2553 จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/air_aciddeposition.html ของกรมควบคุมมลพิษ

สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มกราคม 2553 จาก http://server.thaigoodview.com/node/19702

ภาคผนวก ก

ข้อมูลปริมาณน้ำฝน

ตารางที่ ก1 ข้อมูลน้ำฝนตั้งแต่เดือนมกราคม –ธันวาคม เฉลี่ย 30 ปี (2504-2533)

เดือน	อุณหภูมิต่ำสุด (°C)	อุณหภูมิสูงสุด (°C)	ปริมาณฝน (มม)	จำนวนวันฝนตก (วัน)
มกราคม	13.9	30.2	6.2	1
กุมภาพันธ์	15.7	33.4	6.5	1
มีนาคม	19.1	36.2	18.8	2
เมษายน	22.6	37.5	65.9	7
พฤษภาคม	24.0	35.0	158.7	15
มิถุนายน	24.1	33.2	118.2	15
กรกฎาคม	23.9	32.6	132.4	17
สิงหาคม	23.6	32.2	198.7	19
กันยายน	23.2	31.9	211.8	18
ตุลาคม	21.9	31.4	119.4	13
พฤศจิกายน	18.8	30.4	34.9	4
ธันวาคม	14.7	29.2	5.3	1

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยาลำปาง, 2551

ตารางที่ ก2 ข้อมูลความเข้มข้นไอออนของน้ำฝนจังหวัดพิษณุโลก

พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์	ความเข้มข้นไอออน
sulfate	0.898
phosphate	n.a
fluoride	0.028
chloride	0.4241
bromine	n.a
nitrate	3.032
Na	0.623
NH_4	0.026
Mg	0.157
K	0.874
Ca	4.032

ภาคผนวก ข

ข้อมูลด้านกายภาพและเคมีของดิน

ตาราง ข1 ข้อมูลความเป็นกรด-ด่างในดิน

จุดเก็บตัวอย่าง	pH
บ้านแม่จาง ความลึก 10-15ซม.	4.63
บ้านแม่จาง ความลึก 20-30ซม.	4.75
บ้านหัวฝาย ความลึก 10-15ซม.	5.34
บ้านหัวฝาย ความลึก 20-30ซม.	5.17

ตาราง ข2 ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านแม่จางที่ความลึก 10-15 เซนติเมตร

Sieve No.	Sieve Opening (mm)	Weight Sieve (g)	Weight Sieve +Soil (g)	Weight Sieve Retained (g)	Percent Retained (%)	Cumulative Percent Retained	Percent Passing (%)
4	4.75	510	651	141	17.74	17.74	82.26
10	2.00	495	743	248	31.19	48.93	51.07
20	0.85	450	612	162	20.38	69.31	30.69
40	0.425	380	480	100	12.58	81.89	18.11
100	0.150	305	350	45	5.66	87.55	12.45
200	0.075	290	315	25	3.14	90.69	9.31
Pan		315	389	74	9.31	100.00	0.00

ตาราง ข3 ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านแม่จางที่ความลึก 20-30 เซนติเมตร

Sieve No.	Sieve Opening (mm)	Weight Sieve (g)	Weight Sieve +Soil (g)	Weight Sieve Retained (g)	Percent Retained (%)	Cumulative Percent Retained	Percent Passing (%)
4	4.75	510	913	403	51.21	51.21	48.79
10	2.00	495	605	110	13.98	65.18	34.82
20	0.85	450	565	115	14.61	79.80	20.20
40	0.425	380	494	114	14.49	94.28	5.72
100	0.150	305	325	20	2.54	96.82	3.18
200	0.075	290	310	20	2.54	99.36	0.64
Pan		315	320	5	0.64	100.00	0.00

ตาราง ข4 ข้อมูลการหาขนาดเม็ดดินบ้านหัวฝายที่ความลึก 10-15 เซนติเมตร

Sieve No.	Sieve Opening (mm)	Weight Sieve (g)	Weight Sieve +Soil (g)	Weight Sieve Retained (g)	Percent Retained (%)	Cumulative Percent Retained	Percent Passing (%)
4	4.75	510	620	110	13.41	13.41	86.59
10	2.00	495	700	205	25.00	38.41	61.59
20	0.85	450	555	105	12.80	51.22	48.78
40	0.425	380	645	265	32.32	83.54	16.46
100	0.150	305	390	85	10.37	93.90	6.10
200	0.075	290	315	25	3.05	96.95	3.05
Pan		315	340	25	3.05	100.00	0.00

ภาคผนวก ค

ข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักและธาตุอาหารในดิน

ตาราง ค1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในดิน

จุดเก็บดิน	ตะกั่ว	ทองแดง	โครเมียม	นิกเกิล	สังกะสี	แคดเมียม
แม่จางความลึก10-15 ซม	0.187	0.004	0.145	0.263	0.08	0.0011
แม่จางความลึก20-30ซม	0.168	0.006	0.155	0.358	0.085	0.0011
หัวฝายความลึก10-15 ซม	0.178	0.003	0.449	0.837	0.063	0.001
หัวฝายความลึก20-30 ซม	0.164	0.003	0.116	0.886	0.064	0.001

หมายเหตุ : หน่วยที่ใช้ ppm

ตาราง ค2 ความเข้มข้นของธาตุอาหารในดิน

จุดเก็บดิน	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โปแทสเซียม
แม่จางความลึก10-15 ซม	1.121	1.150	0.45
แม่จางความลึก20-30 ซม	0.200	0.227	0.788
หัวฝายความลึก10-15 ซม	6.681	0.483	0.569
หัวฝายความลึก20-30 ซม	0.173	0.327	0.466

หมายเหตุ : หน่วยที่ใช้ ppm

ภาคผนวก ง

ข้อมูลด้านกายภาพและเคมีของน้ำ

ตาราง ง1 ค่าความเป็นกรด-ดินในน้ำ

ครั้งที่ 1

คอลัมน์ดิน	pH น้ำ
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	6.66
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	6.43
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	7.45
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	2.49
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	2.81
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	8.6
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	8.21
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	7.99
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	7.3
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	7.64

ตาราง ง2 ค่าความเป็นกรด-ดินในน้ำ

ครั้งที่ 2

ดอลัมน์ดิน	pHน้ำ
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	7.28
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	7.16
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	7.04
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	4.3
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	6.95
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	8.19
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	8.04
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	7.94
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	7.81
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	4.65

ตาราง ง2 ค่าความเป็นกรด-ดินในน้ำ

ครั้งที่ 3

คอลัมน์ดิน	pHน้ำ
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	6.97
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	6.79
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	7.24
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	3.39
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	4.88
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	8.4
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	8.12
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	7.96
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	7.55
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	6.14

ตาราง ง4 สภาพการนำไฟฟ้า

1. สภาพการนำไฟฟ้าของน้ำที่ชะในคอลัมน์

<u>ครั้งที่ 1</u>

คอลัมน์ดิน	Conductivity, ppm	Conductivity, µs/cm
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	170	343.157
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	117	236.173
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	265	534.921
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	626	1263.626
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	436	880.097
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	428	863.949
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	125	252.321
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	108	218.006
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	193	389.584
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	180	363.343

ตาราง ง5 สภาพการนำไฟฟ้า

ครั้งที่ 2

คอลัมน์ดิน	Conductivity, ppm	Conductivity, µs/cm
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	119	240.210
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	133	268.470
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	179	361.324
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	102	205.894
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	166	335.083
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	154	310.860
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	136	274.526
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	109	220.024
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	162	327.008
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	223	450.141

ตาราง ง6 สภาพการนำไฟฟ้า

ครั้งที่ 3

คอลัมน์ดิน	Conductivity, ppm	Conductivity, µs/cm
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	134	270.489
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	149	300.767
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	153	308.841
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	105	211.950
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	185	373.436
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	157	316.916
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	142	286.637
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	112	226.080
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	146	294.711
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	248	500.606

ภาคผนวก จ

ข้อมูลความเข้มข้นโลหะหนักและแร่ธาตุในน้ำชะ

ตาราง จ1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 1

คอลัมน์ดิน	ความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำ (ppm)					
	สังกะสี	โครเมียม	แคดเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	นิกเกิล
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	0.024	0.061	0.096	0.002	0.584	0.625
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	0.028	0.087	0.153	0.002	0.849	0.478
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	0.003	0.004	0.026	0.001	0.004	0.001
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	0.034	0.177	0.082	0.008	0.424	0.387
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	0.062	0.169	0.153	0.010	0.821	0.552
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	0.036	0.138	0.119	0.002	0.511	0.407
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	0.013	0.074	0.092	0.001	0.428	0.416
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	0.026	0.089	0.142	0.002	0.775	0.659
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	0.015	0.041	0.126	0.002	0.559	0.306
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	0.027	0.106	0.213	0.003	1.125	0.616

ตาราง จ2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 2

คอลัมน์ดิน	ความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำ (ppm)					
	สังกะสี	โครเมียม	แคดเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	นิกเกิล
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	0.021	0.086	0.143	0.002	0.479	0.295
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	0.020	0.126	0.118	0.001	0.272	0.242
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	0.058	0.105	0.139	0.001	0.326	0.258
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	0.019	0.041	0.132	0.002	0.243	0.275
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	-	-	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	-	-	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	0.011	0.045	0.13	0.001	0.167	0.224
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	0.020	0.059	0.165	0.002	0.245	0.370
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	0.003	0.005	0.061	0.001	0.004	9.062
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	0.018	0.109	0.068	0.001	0.004	0.047

ตาราง จ3 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 3

คอลัมน์ดิน	ความเข้มข้นโลหะหนักในน้ำ (ppm)					
	สังกะสี	โครเมียม	แคดเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	นิกเกิล
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	0.044	0.077	0.172	0.001	0.241	0.329
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	0.070	0.100	0.165	0.003	0.219	0.288
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	0.062	0.019	0.163	0.002	0.344	0.289
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	0.097	0.067	0.175	0.001	0.523	0.400
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	-	-	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	-	-	-	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	0.054	0.076	0.139	0.001	0.395	0.344
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	0.048	0.046	0.118	0.001	0.428	0.311
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	0.070	0.052	0.097	0.002	0.516	0.335
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	0.064	0.010	0.055	0.002	0.385	0.297

ตาราง จ4 ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 1

คอลัมน์ดิน	ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำ (ppm)		
	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โปแทสเซียม
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	24.250	26.512	0.288
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	26.024	19.372	1.090
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	44.542	37.050	1.306
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	54.440	46.816	0.470
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	60.428	50.720	2.412
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	79.664	45.634	3.584
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	23.286	13.634	0.042
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	33.412	18.502	0.444
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	31.338	17.972	2.516
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	35.226	71.284	2.334

ตาราง จ5 ความเข้มข้นธาตุอาหารในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดิน ครั้งที่ 2

คอลัมน์ดิน	ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำ (ppm)		
	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โปแทสเซียม
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	9.894	21.016	1.012
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	16.786	13.700	0.696
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	17.488	15.746	0.262
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	2.180	16.914	0.896
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	27.046	14.536	0.306
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	30.682	19.332	1.438
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	5.962	20.200	0.158
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	25.866	24.804	0.104

ตาราง จ6 ความเข้มข้นธาตุอาหารในน้ำที่ชะละลายคอลัมน์ดินครั้งที่ 3

คอลัมน์ดิน	ความเข้มข้นแร่ธาตุในน้ำ (ppm)		
	แคลเซียม	แมกนีเซียม	โปแทสเซียม
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	3.072	10.213	1.623
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	11.361	10.243	0.051
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	9.555	9.080	0.241
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	9.528	12.580	0.139
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	-	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	10.156	8.750	0.307
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	12.930	10.213	0.266
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	7.346	11.170	3.758
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	8.734	13.573	0.052

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างการคำนวณ

คำนวณ ฉ1 ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นโลหะหนักและแร่ธาตุในดิน

ตัวอย่าง การคำนวณสังกะสี บ้านแม่จาง ความลึก 10-15 เซนติเมตร

มีข้อมูลดังนี้ ตัวอย่างดิน = 0.2 g ย่อยแล้วปรับปริมาตร = 50 ml

ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน = 0.08 mg/l

น้ำ 1000 ml มีสังกะสี 0.08 mg

น้ำ 50 ml มีสังกะสี $\frac{50 \times 0.08}{1000} = 0.004$ mg

ดิน 0.2 g มีสังกะสี 0.004 mg

ดิน 1000 g มีสังกะสี $\frac{1000 \times 0.004}{0.2} = 20.00$ mg/kg

น้ำหนักดินในคอลัมน์ = 6.3585 kg

$\therefore$ ความเข้มข้นสังกะสีในดิน = 6.3585 kg X 20.00 mg/kg

= 127.17 mg

คำนวณ ฉ2 ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นโลหะหนักและแร่ธาตุในน้ำ

ตัวอย่าง การคำนวณสังกะสี บ้านแม่จาง ที่ pH 4.5

มีข้อมูลดังนี้ ชะครั้งที่ 1 ปริมาตรน้ำชะทั้งหมด = 1130 ml

ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำ = 0.024 mg/l

น้ำ	**1000**	**ml**	**มีสังกะสี**	**0.024 mg**
น้ำ	**1130**	**ml**	**มีสังกะสี**	**$\frac{1130 \times 0.024}{1000}$ = 0.0271 mg**

ชะครั้งที่ 2 ปริมาตรน้ำชะทั้งหมด = 560 ml

ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำ = 0.021 mg/l

น้ำ	1000	ml	มีสังกะสี	0.021 mg
น้ำ	560	ml	มีสังกะสี	$\frac{560 \times 0.021}{1000}$ = 0.0118 mg

ชะครั้งที่ 3 ปริมาตรน้ำชะทั้งหมด = 585 ml

ความเข้มข้นของสังกะสีในน้ำ = 0.044 mg

น้ำ	1000	ml	มีสังกะสี	0.044 mg/l
น้ำ	585	ml	มีสังกะสี	$\frac{585 \times 0.044}{1000}$ = 0.0257 mg

ตาราง ฉ3 ข้อมูลปริมาตรน้ำฝนที่ชะในคอลัมน์

จุดเก็บตัวอย่าง	ปริมาตรน้ำที่ชะออกมา(ml)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
บ้านแม่จางที่ pH 4.5	1130	560	585
บ้านแม่จางที่ pH 5.0	670	565	235
บ้านแม่จางที่ pH 5.5	755	700	675
บ้านแม่จางที่ pH 6.0	640	545	470
บ้านแม่จางที่ pH 6.5	970	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 4.5	430	-	-
บ้านหัวฝายที่ pH 5.0	1180	480	647
บ้านหัวฝายที่ pH 5.5	915	563	625
บ้านหัวฝายที่ pH 6.0	870	568	212
บ้านหัวฝายที่ pH 6.5	1120	480	419

คำนวณ ฉ4 ตัวอย่างการคำนวณหาความเข้มข้นโลหะหนักแร่ธาตุที่เหลือในดิน

ตัวอย่าง การคำนวณสังกะสี บ้านแม่จาง ที่ pH 4.5

มีข้อมูลดังนี้ ความเข้มข้นของสังกะสีในดิน = 48.57 mg

ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะละลาย ครั้งที่ 1 = 0.0271 mg

ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะละลาย ครั้งที่ 1 = 0.0118 mg

ปริมาณสังกะสีที่ถูกชะละลาย ครั้งที่ 1 = 0.0257 mg

$$\text{โลหะหนักที่เหลือในดิน} = \frac{\text{ความเข้มข้นโลหะหนักในดิน}-(\text{ชะครั้งที่1}+\text{ชะครั้งที่2}+\text{ชะครั้งที่3})}{\text{น้ำหนักดินในคอลัมน์}}$$

$$\text{สังกะสีที่เหลือในดิน} = \frac{48.57\ \text{mg} - (0.0271+0.0118+0.0257)\text{mg}}{6.3585\ \text{kg}}$$

$$= 7.63\ \text{mg/kg}$$

คำนวณ ฉ5 ตัวอย่างการคำนวณหาความชื้นในดิน

$$\text{ความชื้น(\%)} = \frac{\text{(น้ำหนักตัวอย่างดินก่อนอบ – น้ำหนักตัวอย่างดินหลังอบ)}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างดินหลังอบ}} \times 100$$

จากตารางภาคผนวก ความชื้นในดินของแม่จางที่ความลึก 10-15 เซนติเมตร มีข้อมูลดังนี้

น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง = 95.793 กรัม

น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง+ดินชื้น = 105.793 กรัม

น้ำหนักถ้วยกระเบื้อง+ดินแห้ง = 105.525 กรัม

น้ำหนักดินก่อนอบ = 105.793-95.793 = 10 กรัม

น้ำหนักดินหลังอบ = 105.525-95.793 = 9.732 กรัม

$$\text{ความชื้น(\%)} = \frac{(10 - 9.732)}{9.732} \times 100$$

$$= 2.75$$

คำนวณ ฉ6 ตัวอย่างการคำนวณหาความขนาดเม็ดดินโดยตะแกรงมาตรฐาน

มาตรฐาน ASTM 422 - 63 (PARTICLE SIZE ANALYSIS OF SOILS)

1. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของดินที่ค้างบนตระแกรงแต่ละตะแกรง (Percent Retained) ได้จากสูตร

$$\text{Percent Retained} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างดินที่ค้างบนตะแกรงขนาดต่าง ๆ}}{\text{น้ำหนักของดินทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ}} \times 100$$

2. การคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของดินที่ผ่านตะแกรง โดยน้ำหนัก (Percent Passing or Percent Finer) ได้จากสูตร

$$\text{Percent Passing} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงขนาดต่าง ๆ}}{\text{น้ำหนักของดินทั้งหมดที่ใช้ทดสอบ}} \times 100$$

หรือ

Percent Passing = 100% - เปอร์เซ็นต์ค้างสะสมของตะแกรงนั้น ๆ

3. การคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ค้างสะสม (Cumulative Percent Retained) ได้จากสูตร

Cumulative Percent Retained = ผลบวกเปอร์เซ็นต์ค้างของดินจากตะแกรง**ที่ใหญ่กว่าถึง**ตะแกรงที่ต้องการทราบ

การรายงานผล

1. หลังจากการทดสอบ บันทึกค่าที่ได้ตามตารางที่กำหนด หลังจากนั้นนำค่าที่ได้ตามสูตรข้างต้น

2. นำค่าที่ได้จากการคำนวณมา Plot การกระจาย (Grain – size Distribution) เป็นเส้นโค้งบนแผ่นกราฟแบบ Semi logarithmic (ถ้ามีดินผ่านตระแกรงเบอร์ 200 มากกว่า 10 % ควรจะหาขนาดของเม็ดดินด้วยวิธีการของ Hydrometer Analysis

จากตารางภาคผนวก

1. การคำนวณหา Percent Retained (ตะแกรงเบอร์ 4)

$$\text{Percent Retained} = \frac{\text{Wt. Soil Retained}}{\text{Original Wt.}} \times 100$$

$$= \frac{141}{795} \times 100$$

$$= 17.74\ \%$$

2. การคำนวณหา Cumulative Percent Retained (ตะแกรงเบอร์ 4)

Cumulative Percent Retained = ผลบวกของเปอร์เซ็นต์จากตะแกรง ที่ใหญ่กว่าถึงตระแกรงที่ต้องการทราบ

= 17.74 %

3. การคำนวณหา Percent Final (ตะแกรงเบอร์ 4)

Percent Finer = 100 - Cumulative Percent Retained

= 100 –17.74

= 82.26 %

ตาราง ฉ7 ตามมาตรฐานอเมริกันและเปรียบเทียบกับมาตรฐานอื่น ๆ

ก่อน ค.ศ. 1970	ปัจจุบัน
4 นิ้ว (101.6 มิลลิเมตร)	100 มิลลิเมตร
1 1/2 นิ้ว (38.1 มิลลิเมตร)	3.75 มิลลิเมตร
1/4 นิ้ว (6.35 มิลลิเมตร)	6.30 มิลลิเมตร
เบอร์ 20 (0.81 มิลลิเมตร)	0.85 มิลลิเมตร
เบอร์100 (0.149 มิลลิเมตร)	0.15 มิลลิเมตร
เบอร์ 200 (0.074 มิลลิเมตร)	0.075 มิลลิเมตร

ตาราง ฉ8 แสดงการเรียงตะแกรงตามขนาดต่าง ๆ

การเรียงตะแกรงโดยทั่วไป	
เบอร์ตะแกรง	ขนาดของช่องเปิด(มิลลิเมตร)
ฝาปิด	-
3/4"	19.1
3/8"	9.52
4	4.76
8	2.38
16	1.19
30	0.590
40	0.420
50	0.297
100	0.149
200	**0.074**
Pan	-

ภาคผนวก ช

มาตรฐานคุณภาพดิน

ตาราง ช1 มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมประเภทโลหะหนัก

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
1)สารหนู (Arsenic)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 3.9	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
2) แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 37	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
3) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 300	ใช้วิธี Coprecipitation หรือวิธี Colorimetric หรือวิธี Chelation/Extraction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
4) ตะกั่ว (Lead)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 400	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ตาราง ช1(ต่อ) มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมประเภทโลหะหนัก

ดัชนีคุณภาพ	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	วิธีการตรวจวัด
5) แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 1,800	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ"
6) ปรอทและสารประกอบปรอท (Mercury and compounds)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 23	ให้ใช้วิธี Cold-Vapor Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
7) นิกเกิลในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Nickel, soluble salts)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 1,600	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ
8) ซีลีเนียม (Selenium)	มิลลิกรัม/กิโลกรัม	ต้องไม่เกิน 390	ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ