



## คู่มือการปฏิบัติงาน

กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี

กรมพัฒนาที่ดิน  
แก้ไขครั้งที่ 01  
วันที่บังคับใช้ กันยายน 2553

## สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
1. วัตถุประสงค์	1
2. ผังกระบวนการทำงาน	2
3. ขอบเขต	4
4. ความรับผิดชอบ	4
5. คำจำกัดความ	5
6. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน	6
7. กฎหมาย มาตรฐาน และเอกสารที่เกี่ยวข้อง	9
8. การจัดเก็บและเข้าถึงเอกสาร	10
9. ระบบการติดตามและประเมินผล	12
10. ภาคผนวก	13

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/12

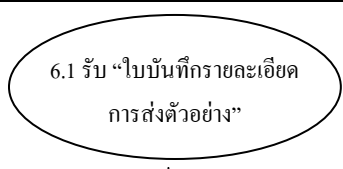
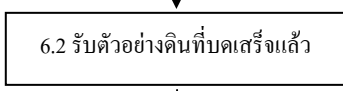
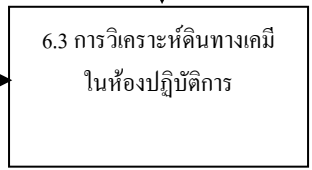


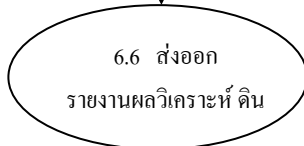
## 1. วัตถุประสงค์

เพื่อเป็นคู่มือสำหรับนักวิทยาศาสตร์และเจ้าหน้าที่ของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน และกลุ่มวิเคราะห์สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1-12 (สพข.1-12) ของกรมพัฒนาที่ดิน รวมทั้งหน่วยงานต่างๆ ได้ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมี ทำให้การปฏิบัติงานด้านวิเคราะห์ดินมีประสิทธิภาพ เป็นมาตรฐานเดียวกัน และสามารถตรวจสอบได้

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/12

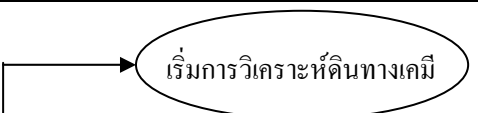

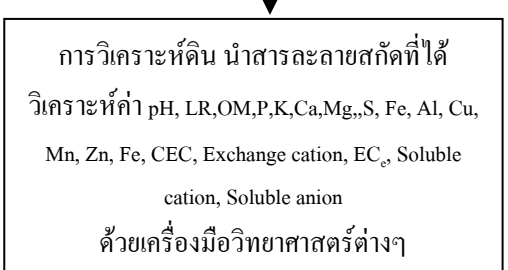



## 2. ฟังก์ชันการทำงาน (Work flow)

### 2.1 แผนผังกระบวนการทำงานของส่วนวิจัยเคมีดิน

ลำดับที่	ฟังก์ชันการทำงาน	ระยะเวลา (หน่วย)	รายละเอียดงาน	ผู้รับผิดชอบ
1	 <p>6.1 รับ “ใบบันทึกการรายละเอียดการส่งตัวอย่าง”</p>	1 วัน	1. รับ “ใบบันทึกการรายละเอียดการส่งตัวอย่าง” 2. ผู้อำนวยความสะดวก บันทึกรายละเอียดการส่งตัวอย่าง ลง Work sheet “LAB 2553”	- เจ้าหน้าที่ส่วนฯ - ผอ.ส่วนฯ
2	 <p>6.2 รับตัวอย่างดินที่บดเสร็จแล้ว</p>	1-15 วัน	1. รับตัวอย่างดินที่บดเสร็จแล้ว บันทึกลงสมุด 2. เรียงดินบนชั้นวางดิน พร้อมเขียนแผ่นป้าย (วันที่ดินขึ้น รหัสเลขที่ เลขปฏิบัติการ จำนวนตัวอย่าง) คิดที่ขึ้นดิน 3. บันทึกวันที่รับตัวอย่างดินใน Work sheet “LAB 2553” 4. ส่งวิเคราะห์ดินตามรายการที่ผู้รับบริการ ต้องการ บนบอร์ดสั่งงาน 5. จัดทำ “ใบลงผลวิเคราะห์” ใส่เพิ่ม “รองลงผลวิเคราะห์”	- เจ้าหน้าที่ส่วนฯ - เจ้าหน้าที่ส่วนฯ - ผอ.ส่วนฯ - ผอ.ส่วนฯ - เจ้าหน้าที่ส่วนฯ
3	 <p>6.3 การวิเคราะห์ดินทางเคมีในห้องปฏิบัติการ</p>	25 วัน/ 80 ตัวอย่าง	1. เตรียมน้ำยาเคมีและอุปกรณ์ 2. การสกัดดิน 3. การวิเคราะห์ดินตามรายการที่รับผิดชอบ ในใบส่งวิเคราะห์ดินที่ติดบอร์ดไว้ 4. การคำนวณผลวิเคราะห์ 5. การตรวจสอบ 6. ลงผลวิเคราะห์ดินที่ได้คำนวณเสร็จแล้ว ใน “ใบลงผลวิเคราะห์” ที่เพิ่ม “รองลงผลวิเคราะห์” และเก็บเข้าแฟ้มของผู้วิเคราะห์	- นักวิทยาศาสตร์ - เจ้าหน้าที่ส่วน - นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วน - นักวิทยาศาสตร์ - นักวิทยาศาสตร์ - นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วน
4	 <p>6.4 บันทึกผลวิเคราะห์</p>	1 วัน/ 80 ตัวอย่าง	1. บันทึกข้อมูลผลวิเคราะห์ดินลงในโปรแกรม “ระบบบริหารงานวิเคราะห์ดิน”	- เจ้าหน้าที่ส่วนฯ
5	 <p>6.5 ตรวจสอบผลวิเคราะห์</p>	2 วัน/ 80 ตัวอย่าง	1. ตรวจสอบ 2. หากมีข้อสงสัย วิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง	- ผอ.ส่วนฯ - เจ้าหน้าที่ส่วนฯ
6	 <p>6.6 ส่งออกรายงานผลวิเคราะห์ดิน</p>	1 วัน/ 80 ตัวอย่าง	1. ส่งออกรายงานผลวิเคราะห์ดิน ทางโปรแกรม “ระบบบริหารงานวิเคราะห์ดิน” ให้ศูนย์บริการครบวงจร 2. บันทึกการส่งออกใน work sheet “LAB 2553” และในสมุด 3. ที่ดินที่เหลือ หลังส่งออกผลแล้ว 2 เดือน	- ผอ.ส่วนฯ - ผอ.ส่วนฯ และเจ้าหน้าที่ส่วนฯ - เจ้าหน้าที่ส่วนฯ

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/12

## 2.2 แผนผังกระบวนการวิเคราะห์ดินทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

ลำดับ ที่	ผังกระบวนการ	ระยะเวลา ตย./วัน	รายละเอียด	ผู้รับผิดชอบ
1	 <p style="text-align: center;">เริ่มการวิเคราะห์ดินทางเคมี</p>	2 วัน	1. เตรียมน้ำยาเคมี 2. เตรียมอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการวิเคราะห์	-นักวิทยาศาสตร์ -เจ้าหน้าที่ส่วนฯ
2	 <p style="text-align: center;">การสกัดดิน ได้สารละลายสกัด</p>	1-2 วัน/ 80 ตัวอย่าง	1. ชั่งดิน 2. เติมน้ำหรือน้ำยาสกัด 3. กวน หรือ เขย่า 4. กรอง หรือ กรองด้วยแรงดึง ระบบสุญญากาศ เช่น การ paste ดิน และ การสกัดทำ CEC เป็นต้น	นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วนฯ
3	 <p style="text-align: center;">การวิเคราะห์ดิน นำสารละลายสกัดที่ได้ วิเคราะห์ค่า pH, LR, OM, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Al, Cu, Mn, Zn, Fe, CEC, Exchange cation, EC<sub>s</sub>, Soluble cation, Soluble anion ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ</p>	1-5 วัน/ 80 ตัวอย่าง/ รายการ	สารละลายสกัดที่ได้ นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ วิทยาศาสตร์ต่างๆ คือ 1. pH meter 2. Flame photometer 3. UV-Spectrophotometer 4. Atomic Absorption Spectrophotometer 5. Electrical conductivity meter 6. เครื่องกลั่น CEC 7. Titrator	นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วนฯ
4	 <p style="text-align: center;">คำนวณผลวิเคราะห์</p>	1 วัน	- คำนวณผลวิเคราะห์	นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วนฯ
5	 <p style="text-align: center;">ตรวจสอบความถูกต้อง</p> <p style="text-align: left;">ไม่ผ่าน</p> <p style="text-align: right;">ผ่าน</p>	2 วัน	- ตรวจสอบความถูกต้อง หากมีข้อสงสัย วิเคราะห์ใหม่ อีกครั้ง	นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วนฯ
6	 <p style="text-align: center;">ลงผลวิเคราะห์</p>	1 วัน	- ลงผลวิเคราะห์จากการคำนวณ ใน “ใบลงผลวิเคราะห์” ในแฟ้ม “รอผลวิเคราะห์” และเก็บข้อมูล ผลวิเคราะห์เข้าแฟ้มของผู้วิเคราะห์	นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ส่วนฯ

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/12

### 3. ขอบเขต

เริ่มจากส่วนวิจัยเคมีดิน ได้รับใบส่งตัวอย่าง จากศูนย์บริการครบวงจร ส่วนมาตรฐานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ดิน เมื่อได้รับตัวอย่างดินที่ทดสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว เริ่มดำเนินการวิเคราะห์ดินในขั้นตอนต่างๆ ตามรายการที่ผู้รับบริการร้องขอ และคำนวณผลวิเคราะห์ดิน บันทึกผลวิเคราะห์ ตรวจสอบ และส่งออกรายงานผลวิเคราะห์ ด้วยโปรแกรม “ระบบบริหารงานวิเคราะห์ดิน” ให้ศูนย์บริการครบวงจร ส่วนมาตรฐานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ดิน เพื่อส่งผู้รับบริการต่อไป และหลังส่งออกรายงานผลวิเคราะห์ให้ผู้รับบริการแล้ว 2 เดือน ไม่มีผู้ใดทักท้วง จะทิ้งดินที่เหลือ

### 4. ความรับผิดชอบ

4.1 ผู้อำนวยการส่วนวิจัยเคมีดิน มีหน้าที่บริหารจัดการ ควบคุมกำกับดูแล วิเคราะห์ ให้คำปรึกษาแนะนำ และตรวจสอบผลวิเคราะห์ด้านเคมีของดิน

4.2 นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่วิเคราะห์ตัวอย่าง ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่มีความยุ่งยากซับซ้อน ตรวจสอบผลวิเคราะห์ในเบื้องต้น ตอบคำถามและให้คำแนะนำแก่ผู้รับบริการได้

4.3 นักวิทยาศาสตร์ชำนาญการ มีหน้าที่วิเคราะห์ตัวอย่าง ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่มีความยุ่งยากปานกลาง ตอบคำถามและให้คำแนะนำแก่ผู้รับบริการได้

4.4 นักวิทยาศาสตร์ปฏิบัติการ มีหน้าที่เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง ใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์พื้นฐานได้ ภายใต้การกำกับดูแลและแนะนำตรวจสอบ

4.5 เจ้าหน้าที่วิทยาศาสตร์ชำนาญงาน มีหน้าที่เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีขั้นตอนวิเคราะห์ชัดเจน ไม่ซับซ้อน และสามารถใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ไม่ยุ่งยากได้ โดยได้รับมอบอำนาจเต็มที่มีอิสระในการทำงาน ไม่ต้องมีการกำกับ ตรวจสอบ

4.6 เจ้าหน้าที่งานการเกษตรชำนาญงาน มีหน้าที่เตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่างที่มีขั้นตอนวิเคราะห์ชัดเจน ไม่ซับซ้อน และสามารถใช้อุปกรณ์วิทยาศาสตร์ที่ไม่ยุ่งยากได้ โดยได้รับมอบอำนาจเต็มที่มีอิสระในการทำงาน ไม่ต้องมีการกำกับ ตรวจสอบ

4.7 ลูกจ้าง(จ้างเหมา) มีหน้าที่ ปฏิบัติงานระดับต้น ช่วยนักวิทยาศาสตร์เตรียมอุปกรณ์ ชั่งดิน และสกัดดิน ภายใต้การกำกับดูแล และแนะนำตรวจสอบจากนักวิทยาศาสตร์

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 5/12

## 5. คำจำกัดความ

active ion ไอออนกัมมันต์ : ไอออนเฉพาะส่วนที่สามารถทำปฏิกิริยาทางเคมีได้

Anion แอนไอออน : แอนไอออนที่มีสมบัติเป็นกรด มีประจุลบ ได้แก่ คลอไรด์ไอออน (Cl<sup>-</sup>) ซัลเฟตไอออน(SO<sub>4</sub><sup>-</sup>) คาร์บอเนตไอออน(CO<sub>3</sub><sup>-</sup>) ไบคาร์บอเนตไอออน(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Cation แคตไอออน : แคตไอออนที่มีสมบัติเป็นด่าง มีประจุบวก ได้แก่ แคลเซียมไอออน (Ca<sup>++</sup>) แมกนีเซียมไอออน(Mg<sup>++</sup>) โพแทสเซียมไอออน(K<sup>+</sup>) โซเดียมไอออน(Na<sup>+</sup>)

Available nutrient ธาตุอาหารใช้ประโยชน์ได้ : ธาตุอาหารในดินที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตได้

สารละลายสกัด : หมายถึง สารละลายที่ได้จากการสกัดตัวอย่างดิน โดยวิธีต่างๆ จนได้สารละลายสกัด เพื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์ต่างๆ ต่อไป ตามวิธีการของแต่ละรายการวิเคราะห์

Exchangeable Cation แคตไอออนแลกเปลี่ยนได้ : แคตไอออนที่มีสมบัติเป็นด่างที่คอลลอยด์ดินดูดซับไว้และสามารถถูกแทนที่ได้

Soluble Cation แคตไอออนที่ละลายน้ำได้ : แคตไอออนที่มีสมบัติเป็นด่างที่ละลายน้ำได้อยู่ในสารละลายดิน

Soluble Anion แอนไอออนที่ละลายน้ำได้ : แอนไอออนที่มีสมบัติเป็นกรดที่ละลายน้ำได้อยู่ในสารละลายดิน

Saturated soil paste ดินเหลว : ส่วนผสมของดินและน้ำในสถานะที่ดินอิ่มตัวด้วยน้ำจนมีสภาพเริ่มเหลว และไหลได้เล็กน้อยเมื่อเอียงภาชนะ

Saturated extract สารสกัดดินอิ่มตัว: สารละลายที่สกัดจากดินเมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ: หมายถึง บุคคลากรของส่วนวิจัยเคมีดิน ได้แก่ ข้าราชการตำแหน่งอื่นที่ไม่ใช่ตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ ลูกจ้างประจำ พนักงานราชการ และ ลูกจ้าง (จ้างเหมา)

ผู้รับบริการ : หมายถึง เกษตรกร งานโครงการพระราชดำรินักวิจัยของกรมฯ นักวิจัยของหน่วยงานราชการอื่นๆ บุคคลากรของสถานศึกษา และบริษัทเอกชน

ผู้วิเคราะห์ : หมายถึง นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ของส่วนวิจัยเคมีดิน ผู้ปฏิบัติงานวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 6/12

## 6. ขั้นตอนการปฏิบัติงาน

### 6.1 การรับใบบันทึกรายละเอียดการส่งตัวอย่างดิน

6.1.1 เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ รับใบบันทึกรายละเอียดการส่งตัวอย่าง จากศูนย์บริการครบวงจร ส่วนมาตรฐานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ดิน ซึ่งผู้ขอรับบริการได้กรอรายละเอียดในแบบฟอร์ม “บันทึกรายละเอียดการส่งตัวอย่าง” ว่าต้องการวิเคราะห์ตรวจสอบรายการใดบ้าง

6.1.2 ผู้อำนวยการส่วนฯ บันทึกข้อมูลลงใน work sheet “LAB 2553” รูปตาราง เลขรับเลขปฏิบัติการ จำนวนตัวอย่าง วันที่รับใบส่งตัวอย่าง จังหวัดที่มาของตัวอย่าง ชื่อผู้ส่งและหน่วยงานของผู้ส่ง และข้อมูลพื้นฐานอื่นๆ ได้แก่ ชื่อโครงการวิจัย ผู้อำนวยการส่วนฯ บันทึกเรียงตามเลขรับใน work sheet “Lab 2553”

### 6.2 การรับตัวอย่างดินที่บดเสร็จแล้ว

6.2.1 เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ รับตัวอย่างดินที่บดเสร็จเรียบร้อยแล้ว จากส่วนมาตรฐานพัฒนาวิธีวิเคราะห์ และบันทึกลงสมุด

6.2.2 เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ เรียงดินบนชั้นวางดิน พร้อมเขียน แผ่นป้ายติดที่ชั้นดิน แสดง เลขรับ เลขปฏิบัติการ จำนวนตัวอย่าง และวันที่ดินขึ้น

6.2.3 ผู้อำนวยการส่วนฯ บันทึกวันที่รับตัวอย่างดินนี้ลงใน work sheet “LAB 2553”

6.2.4 ผู้อำนวยการส่วนฯ สั่งงานวิเคราะห์ติดบอร์ดตามรายการที่ต้องวิเคราะห์ ในรูปตาราง เรียงลำดับตามเลขรับ และวันที่รับตัวอย่างดิน

6.2.5 เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ จัดทำ “ใบลงผลวิเคราะห์” เข้าเพิ่ม “รองลงผลวิเคราะห์”

### 6.3 การวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ

เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ รับผิดชอบวิเคราะห์ดินตามรายการใน “ใบสั่งวิเคราะห์ดิน” ที่ติดบอร์ดไว้ โดยผู้อำนวยการส่วนฯ จะแบ่งงานตามความสามารถ ความชำนาญงานของบุคลากร และความยุ่งยากของวิธีการวิเคราะห์ดิน มีขั้นตอนดังนี้

#### 6.3.1 เตรียมน้ำยาเคมีและอุปกรณ์

- (1) นักวิทยาศาสตร์ เตรียมน้ำยาเคมีต่างๆ และตรวจสอบเครื่องมือวิทยาศาสตร์
- (2) เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ เตรียมวัสดุ อุปกรณ์เครื่องแก้ว กรวยกรอง กระดาษกรอง เพื่อใช้ในการสกัดดิน และวิเคราะห์ดิน

#### 6.3.2 การสกัดดิน

- (1) ชั่งดินหรือตวงดิน
- (2) เติมน้ำยาสกัดลงในขวดบรรจุดินที่ชั่งไว้แล้ว
- (3) เขย่า หรือกวนดิน ทำให้เกิดปฏิกิริยา



คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 7/12

(4) กรองดิน หรือกรองด้วยระบบสุญญากาศ จนได้สารละลายสกัด

6.3.3 การวิเคราะห์ นำสารละลายสกัดที่ได้ ไปวิเคราะห์รายการต่างๆ ตามวิธีวิเคราะห์ (ในคู่มือวิเคราะห์ดินทางเคมี/ภาคผนวก) ด้วยเครื่องมือวิทยาศาสตร์เฉพาะชนิดต่างๆ ตามรายการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

- (1) ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH)
- (2) ค่าความต้องการปูน (Lime Requirement : LR)
- (3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic Matter : OM)
- (4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorous : avail. P)
- (5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available potassium : avail. K)
- (6) ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available calcium : avail. Ca)
- (7) ปริมาณแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available magnesium : avail. Mg)
- (8) ปริมาณซัลเฟอร์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available Sulphur : avail. S)
- (9) ปริมาณแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available manganese : avail. Mn)
- (10) ปริมาณทองแดงที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available copper : avail. Cu)
- (11) ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available Zinc : avail. Zn)
- (12) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available iron : avail. Fe)
- (13) ปริมาณเหล็กที่เป็นสกัดได้ (Extract iron : active Fe)
- (14) ปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable aluminum : Exch. Al)
- (15) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก Cation Exchange capacity : CEC)
- (16) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium : exch. K)
- (17) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable sodium : exch. Na)
- (18) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable calcium : exch. Ca)
- (19) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable magnesium : exch. Mg)
- (20) ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (Electrical Conductivity : EC)
- (21) ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble potassium : Sol. K<sup>+</sup>)
- (22) ปริมาณโซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble sodium : Sol. Na<sup>+</sup>)
- (23) ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble calcium : Sol. Ca<sup>++</sup>)
- (24) ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble magnesium : Sol. Mg<sup>++</sup>)
- (25) ปริมาณซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble Sulphate : Sol. SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)
- (26) ปริมาณคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้ (Soluble Carbonate: Sol. CO<sub>3</sub><sup>-</sup>)
- (27) ปริมาณไบคาร์บอเนตที่ละลายน้ำได้ (Soluble Bicarbonate: Sol. HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 8/12

(28) ปริมาณคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble chloride: Sol. Cl)

(29) ความอิ่มตัวของน้ำในดิน (Saturated Percentage: SP)

(30) ค่าความต้องการยิปซัม (Gypsum Requirement: GR)

(31) ความชื้นในดิน (Moisture content of soil: MS)

6.3.4 การคำนวณ นำค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวิทยาศาสตร์ ไปคำนวณ จะได้ผลวิเคราะห์

6.3.5 การตรวจสอบ ถ้าผลวิเคราะห์ที่ได้ไม่ถูกต้อง ต้องนำไปวิเคราะห์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

6.3.6 รายงานผลวิเคราะห์ที่ตรวจสอบเสร็จเรียบร้อยแล้ว ใน “ใบลงผลวิเคราะห์” ที่  
 แน้ม “รอผลวิเคราะห์” ส่วนข้อมูลการวิเคราะห์ เก็บไว้ในแฟ้มของผู้วิเคราะห์

#### 6.4 การบันทึกผลวิเคราะห์

6.4.1 เจ้าหน้าที่ผู้บันทึกข้อมูล จะบันทึกข้อมูลผลวิเคราะห์ดินที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว ลงใน  
 โปรแกรม “ระบบบริหารงานวิเคราะห์ดิน”

6.4.2 เจ้าหน้าที่ผู้บันทึกข้อมูล บันทึกเลขรับที่พิมพ์แล้วเสร็จลงสมุด

#### 6.5 การตรวจสอบ

6.5.1 ผู้อำนวยการส่วนฯ ตรวจสอบรายงานผลวิเคราะห์ดิน

6.5.2 หากสงสัย ทำการวิเคราะห์ใหม่อีกครั้ง

#### 6.6 การส่งออกรายงานผลวิเคราะห์

6.6.1 ผู้อำนวยการส่วนฯ ส่งรายงานผลวิเคราะห์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว ด้วยโปรแกรม  
 “ระบบบริหารงานวิเคราะห์ดิน” ให้ศูนย์บริการครบวงจร ส่วนมาตรฐานพัฒนาระบบการวิเคราะห์ดิน  
 เพื่อส่งผู้รับบริการต่อไป

6.6.2 ผู้อำนวยการส่วนฯ บันทึกวันที่ส่งตัวอย่างดินนี้ลงใน work sheet “LAB 2553”

6.6.3 ตรวจสอบข้อมูลตัวอย่างดินที่ได้ส่งออกรายงานผลวิเคราะห์แล้ว และเก็บดินที่  
 เหลือไว้รอตรวจสอบ เมื่อเวลาผ่านไปนานกว่า 2 เดือน จะทิ้งดินที่เหลือเหล่านั้น และบันทึกวันที่ทิ้ง  
 ดินนี้ลงใน work sheet “LAB 2553” และบันทึกข้อมูลลงสมุด

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 9/12

## 7. กฎหมาย มาตรฐาน และเอกสารที่เกี่ยวข้อง

7.1 ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยขั้นตอนระยะเวลาการวิเคราะห์ดินเพื่อประชาชน เป็นการเฉพาะราย พ.ศ. 2547 ใช้เพื่อการเร่งรัด กำหนดระยะเวลาดำเนินการ ตั้งแต่การให้บริการในการลงทะเบียนรับคำขอการพิจารณาอนุมัติ รวมทั้งการดำเนินการตามคำขอ หมายเหตุ เกษตรกรเป็นผู้ยื่นคำขอ ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

7.2 ประกาศกรมพัฒนาที่ดิน เรื่อง กำหนดอัตราค่าธรรมเนียมการวิเคราะห์ดิน ลงวันที่ 12 มกราคม 2521 ใช้ในการกำหนดอัตราค่าธรรมเนียม การวิเคราะห์ตรวจสอบตัวอย่างดิน และสิ่งที่เกี่ยวข้องกับดิน

7.3 สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย ปุ๋ย วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน.

7.4 เอกสารการวิเคราะห์ดินในภาคผนวก

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 10/12

## 8. การจัดเก็บและเข้าถึงข้อมูล

### 8.1 การจัดเก็บ

ชื่อเอกสาร	สถานที่เก็บ	ผู้รับผิดชอบ	การจัดเก็บ	ระยะเวลาที่เก็บ
1. ข้อมูลรับ-ส่งตัวอย่าง	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล	แผ่นบันทึกข้อมูล และเพิ่มเอกสารจัดเรียงตามเลขรับ	2552-2553
2. รายงานผลวิเคราะห์	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และเจ้าหน้าที่บันทึกข้อมูล	แผ่นบันทึกข้อมูล และเพิ่มเอกสารเรียงตามเลขรับ/ปี	2550-2553
3. รายงานประจำเดือน	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ	เพิ่มเอกสารเรียงตามเดือน/ปี	2550-2553
4. บทคัดย่องานวิจัย	ส่วนวิจัยเคมีดิน	นักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสารเรียงตามอักษร	2552-2553
5. งานถ่ายทอดเทคโนโลยี	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และนักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสารเรียงตามวัน-เดือน-ปี	2553-2553
6. ประวัติบุคลากร	ส่วนวิจัยเคมีดิน	เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ	เพิ่มเอกสารเรียงตามอักษร	2553-2553
7. บัญชีครุภัณฑ์	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และนักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสาร	2553-2553
8. บัญชีวัสดุสำนักงาน	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และนักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสาร	2553-2553
9. บัญชีสารเคมี	ส่วนวิจัยเคมีดิน	นักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสารเรียงตามอักษร	2553-2553
10. การจัดซื้อ-จ้าง วัสดุครุภัณฑ์ และสารเคมี	ส่วนวิจัยเคมีดิน	นักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสารเรียงตาม ว-ค-ป	2553-2553

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช</b>	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 11/12

ชื่อเอกสาร	สถานที่เก็บ	ผู้รับผิดชอบ	การจัดเก็บ	ระยะเวลาที่เก็บ
11. กฎระเบียบ ข้อบังคับ	ส่วนวิจัยเคมีดิน	เจ้าหน้าที่ของส่วนฯ	เพิ่มเอกสาร เรียงตาม ว-ค-ป	2552-2553
12. คำสั่งแต่งตั้ง	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และเจ้าหน้าที่ของส่วนฯ	เพิ่มเอกสาร เรียงตาม ว-ค-ป	2552-2553
13. ค่าธรรมเนียมการวิเคราะห์ดิน	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และนักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสาร เรียงตามอักษร	2521-2553
14. การซื้อสุราสามทับ	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และนักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสาร เรียงตามปีงบประมาณ	2553-2553
15. งบประมาณ	ส่วนวิจัยเคมีดิน	ผอ.ส่วนฯ และนักวิทยาศาสตร์	เพิ่มเอกสาร เรียงตามปีงบประมาณ	2553-2553
16. ดัชนีเพิ่มผลวิเคราะห์แต่ละรายการ ได้แก่ pH- LR, OM, P, K , Ca, Mg, S, Fe, Al, Cu, Zn, Mn, Fe, CEC, Exch.Cation, EC(1:5), ECe, Sol.Cation, Sol.Anion	ส่วนวิจัยเคมีดิน	เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบวิเคราะห์ในแต่ละรายการ	เพิ่มเอกสาร เรียงตามรายการวิเคราะห์	2552-2553
17. คู่มือ การปฏิบัติงาน	ส่วนวิจัยเคมีดิน	เจ้าหน้าที่ส่วนฯ	เอกสารวิชาการ	2553-2553
18. คู่มือ การวิเคราะห์ดินทางเคมี	ส่วนวิจัยเคมีดิน	เจ้าหน้าที่ส่วนฯ	เอกสารวิชาการ	2553-2553
19. คู่มือวิธีการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์	ส่วนวิจัยเคมีดิน	เจ้าหน้าที่ส่วนฯ	เอกสารวิชาการ	2553-2553
20. ผลวิเคราะห์ดินของนักวิทยาศาสตร์/เจ้าหน้าที่ส่วนฯ	ส่วนวิจัยเคมีดิน	นักวิทยาศาสตร์/เจ้าหน้าที่ส่วนฯ	สมุด/เพิ่มเอกสาร/ไฟล์	2553-2553

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปิษ	เรื่อง คู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 12/12

## 8.2 ผู้มีสิทธิเข้าถึง

เอกสารลำดับที่ 1-20 ผู้มีสิทธิเข้าถึง คือ ผู้อำนวยการส่วนวิจัยเคมีดิน นักวิทยาศาสตร์ และเจ้าหน้าที่ของส่วนฯ

## 9. ระบบการติดตามและประเมินผล

### 9.1 ชื่อตัวชี้วัด - ความถูกต้องของข้อมูล

#### 9.1.1 เกณฑ์ (ค่าเป้าหมาย) ความถูกต้องของข้อมูลมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 80

ตัวชี้วัด	ค่าเป้าหมายที่วัดความสำเร็จของการดำเนินงาน (ร้อยละ)				
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5
ความถูกต้องของข้อมูล	<70	71-75	76-80	81-85	>85

9.1.2 กลวิธี - เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปิษ ต้องแทรกตัวอย่างอ้างอิงในกระบวนการวิเคราะห์ทุกรายการวิเคราะห์ (Parameter) เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง โดยนำผลวิเคราะห์ตัวอย่างอ้างอิงมาจัดทำกราฟควบคุมคุณภาพการวิเคราะห์

### 9.2 ชื่อตัวชี้วัด - ความรวดเร็วของการวิเคราะห์ตัวอย่าง

9.2.1 เกณฑ์ (ค่าเป้าหมาย) จำนวนตัวอย่างดำเนินการแล้วเสร็จภายในเวลาดำหนด (ภายใน 45 วันทำการ) มีมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 76

ตัวชี้วัด	ค่าเป้าหมายที่วัดความสำเร็จของการดำเนินงาน (ร้อยละ)				
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3	ระดับ 4	ระดับ 5
ความรวดเร็วของการวิเคราะห์ตัวอย่าง	<70	71-75	76-80	81-85	>85

9.2.2 กลวิธี - เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปิษ ต้องจัดทำแผนระยะเวลาการวิเคราะห์ตัวอย่างจนถึงขั้นตอนรายงานผลข้อมูลแล้วเสร็จ

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/5

## การวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง ของดิน (Soil pH)

### คำนำ

ความเป็นกรด (acidity) หรือความเป็นด่าง (alkalinity) ของดิน เป็นสมบัติที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อขบวนการทางเคมีและชีวภาพในดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืช

ความเป็นกรดหรือความเป็นด่างของดินเกี่ยวข้องกับ hydrogen ion ( $H^+$ ) และ hydroxyl ion ( $OH^-$ ) ในสารละลายดิน (soil solution) โดยปกติในสารละลายดินจะมีไอออนทั้งสองชนิดนี้ และ

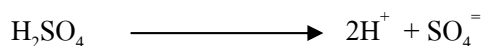
ถ้ามี  $H^+ > OH^-$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรด เรียกดินกรด

ถ้ามี  $H^+ < OH^-$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นด่าง เรียกดินด่าง

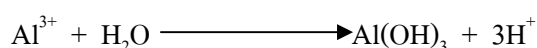
ถ้ามี  $H^+ = OH^-$  ดินมีปฏิกิริยาเป็นกลาง เรียกดินเป็นกลาง

แหล่งที่มาที่สำคัญของ  $H^+$  ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นกรดในดิน ได้แก่

1.  $H^+$  จากกรดในดิน เช่น  $H_2CO_3$ ,  $HNO_3$ ,  $H_2SO_4$  และกรดอินทรีย์ต่างๆ ดังเช่น



2.  $H^+$  ที่เกิดจาก  $Al^{3+}$  และ  $Fe^{3+}$  ในสารละลายดิน เช่น



แหล่งที่มาที่สำคัญของ  $OH^-$  ซึ่งก่อให้เกิดความเป็นด่างนั้น ได้แก่  $OH^-$  ที่เกิดจาก basic cations เช่น  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  และ  $Na^+$  เมื่ออยู่ในสารละลายดิน

การวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน นิยมวัดออกมาเป็นค่าของ pH แทนการบอกเป็นค่าความเข้มข้นของ  $H^+$  หรือ  $OH^-$  ในสารละลาย ในสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย “ผลคูณของความเข้มข้นของ  $H^+$  และ  $OH^-$  จะมีค่าคงที่เท่ากับ  $10^{-14} M$ ” ดังนั้น การวัดความเป็นกรดเป็นด่างของสารละลาย จึงนิยมวัดเฉพาะความเข้มข้นของ  $H^+$  (active acidity) เท่านั้น โดยที่

$$pH = -\log_{10}[H^+]$$

เมื่อ  $[H^+]$  คือความเข้มข้นของ  $H^+$  ในสารละลาย มีหน่วยเป็นโมลต่อลิตร

การวัด pH ของดิน ในห้องปฏิบัติการทดลอง วัดด้วยเครื่อง pH meter หลักการเหมือนกับการวัด pH โดยทั่วไป แต่การวัด pH ของดิน สามารถวัดในสารละลายได้หลายชนิด เช่น วัดใน

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช</b>	เรื่อง วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/5

น้ำ ในสารละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ ในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ หรือในสารละลายโซเดียมฟลูออไรด์ การเลือกวัด pH ในแต่ละชนิดของสารละลายแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความต้องการในการนำข้อมูลไปใช้ เพราะการใช้สารละลายต่างชนิดกัน จะเป็นตัวบ่งบอกคุณสมบัติบางอย่างของดินนั้น โดยทั่วไป เมื่อต้องการทราบเพียงว่าดินมี pH เป็นกรดหรือด่าง การวัดใช้วัดในน้ำในอัตราส่วนของดินต่อน้ำต่าง ๆ กัน ดินตั้งแต่อัตราส่วน 1:1 ;1:2 ;1:2.5 ;1:5 ผู้วัดจะเลือกใช้อัตราส่วนใดก็ได้ แต่มีข้อสังเกตว่าปริมาณสัดส่วนของน้ำที่ต่างกันจะมีผลต่อค่า pH ที่วัดได้ ในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดินโดยทั่วไปมักใช้สัดส่วนของดินต่อน้ำเป็น 1:1 หรือ 1:2

### อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter
2. เครื่องชั่ง
3. บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 มล. หรือ ขนาด 100 มล.
4. แท่งแก้วสำหรับคน
5. กระจกน็อคน้ำ
6. ช้อนตวง
7. กระจกตวง 25 มล.

### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน pH 7.0 (Standard buffer Solution)
2. สารละลายมาตรฐาน pH 4.0 (Standard buffer Solution)
3. สารละลายมาตรฐาน pH 10.0 (Standard buffer Solution)
4. สารละลาย 1 M KCl : ละลาย KCl (อบที่ 110 °C นาน 2 ชั่วโมง) 74.5 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น
5. สารละลาย 0.01 M CaCl<sub>2</sub> : ละลาย CaCl<sub>2</sub> 2 H<sub>2</sub>O (อบที่ 110 °C นาน 2 ชั่วโมง) 1.47 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น



คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์หดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/5

## วิธีการ

- การวัด pH ในน้ำ อัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1:1 (w/w)

ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก, เติมน้ำกลั่น 20 มล. คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ ให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ของดินในส่วนที่เป็นน้ำใสด้วย pH meter หรือใช้ช้อนตวงตักดินและตวงน้ำแทนการชั่งดิน เพื่อวัด pH (1:1, v/v) ก็ได้

- การวัด pH ใน 1 M KCl อัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1:1

ทำเช่นเดียวกับการวัดค่า pH ในน้ำ แต่ใช้ 1 M KCl แทนน้ำกลั่น

- การวัด pH ใน 0.01 M CaCl<sub>2</sub> อัตราส่วน ดิน: น้ำ = 1:2

ชั่งดิน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์พลาสติก เติมน้ำละลาย 0.01 M CaCl<sub>2</sub> 40 มล. คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้วเป็นระยะ ๆ ให้บ่อยครั้งในระยะ 30 นาทีแรก หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ของดินในส่วนที่เป็นน้ำใส ด้วย pH meter

## ข้อเสนอแนะ

- การวัด pH ของสารละลายดินด้วย pH meter ต้องคำนึงถึง สัดส่วนของดินต่อน้ำ การมีเกลือต่างๆ ละลายอยู่ในสารละลายดิน
- ค่า pH ของดิน เมื่อวัดในสารละลาย KCl และ CaCl<sub>2</sub> จะมีค่าน้อยกว่าเมื่อวัดในน้ำในอัตราส่วน 1:1
- CO<sub>2</sub> ในอากาศมีผลกระทบต่อ การวัด pH ของดินในน้ำได้ เพราะ CO<sub>2</sub> ในอากาศสามารถละลายในน้ำ กรณีที่เป็นงานที่ต้องการความถูกต้องมากเป็นพิเศษ ต้องป้องกันด้วยการปิด beaker ที่ใช้ผสมตัวอย่างดินกับน้ำไว้ก่อนการวัด
- ก่อนวัดค่า pH ของสารละลายดิน จะต้องเตรียมเครื่อง pH meter ให้พร้อมที่จะทำงานเสียก่อน โดยการวัด Standard buffer solution 7.0 และ 4.0 ปรับเครื่องอ่านค่า pH เป็น 7.0 และ 4.0
- ในกรณีที่ดินเป็นด่างสูง คือมี pH สูงกว่า 7.5 ให้ใช้ Standard buffer solution 7.0 และ 10.0
- เครื่อง pH meter ที่ใช้งานเสร็จแล้ว ควร Stand by ไว้ ไม่ควรปิดเครื่องเลย และ electrode ควรแช่อยู่ในสารละลายตามคำแนะนำของวิธีการใช้ electrode แต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่น
- สารละลายที่ใช้เติมใน electrode ควรซื้อตามคำแนะนำของบริษัทที่ขาย electrode เนื่องจากแต่ละยี่ห้อแต่ละรุ่นใช้สารละลายที่เติมไม่เหมือนกัน

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/5

## การแปลผล

การแปลความหมายค่า pH ของดินในน้ำ

ระดับ	ช่วง $pH_{water}$ 1:1
กรดรุนแรงมากที่สุด	< 3.5
กรดรุนแรงมาก	3.5 – 4.4
กรดจัดมาก	4.5 – 5.0
กรดจัด	5.1 – 5.5
กรดปานกลาง	5.6 – 6.0
กรดเล็กน้อย	6.1 – 6.5
เป็นกลาง	6.6 – 7.3
ด่างอ่อน	7.4 – 7.8
ด่างปานกลาง	7.9 – 8.4
ด่างจัด	8.5 – 9.0
ด่างจัดมาก	> 9.0

## เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน. 2540. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 59 หน้า.

คณะกรรมการจัดทำปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. ปทานุกรมปฐพีวิทยา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2530. คู่มือปฏิบัติการปฐพีวิทยาเบื้องต้น. คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 119 หน้า.

Beck, R. 1999. Soil Analysis Handbook of Reference Methods. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press, USA. 247 p.

Blakemore, L.C. , P.L. Searle and B.K. Daly. 1987. Methods for Chemical Analysis of Soils. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. Lower Hutt, New Zealand. 103 p.

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 5/5

Peech , M. 1965. Hydrogen-Ion Activity. pp. 914-926. In Methods of Soil Analysis Part 2. C.A. Black (ed.) American society of Agronomy, Inc., Publisher. USA

Rayment, G.E. and F.R. Higginson. 1992. Austrain Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods. Inkata Press, Sydney, Australia. 330 p.

Soil Survey Laboratory Staff. 1992. Reaction (pH). pp 274-276. In Soil Survey Laboratory Method Manual. Soil Survey Investigations report No. 42 , V.2.0.

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช	เรื่อง วิเคราะห์หาความต้องการปูนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/3

## ความต้องการปูนของดิน

### (Lime requirement, LR)

#### 1. คำนำ

ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดมักจะมีค่าอิ่มตัวด้วยเบส (base saturation) น้อยกว่า 75% จึงมีประจุบวกที่แลกเปลี่ยน เช่น  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$ ,  $K^+$  อยู่ น้อยและประจุบวกเหล่านี้ถูกชะล้างไปได้ง่ายยิ่งขึ้น ถ้าดินเป็นกรด พืชที่ปลูกบนดินกรดอาจขาดธาตุอาหารธาตุพวกแคลเซียมและแมกนีเซียม นอกจากนี้จุลินทรีย์บางชนิด เช่น เหล็ก มังกานีส สังกะสี ทองแดง และธาตุอื่นที่ไม่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น อะลูมิเนียม จะละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินมากจนกลายเป็นสารที่เป็นพิษต่อพืชได้ ดังนั้น ดินที่เป็นกรดจึงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดินที่เหมาะสมต่อพืช โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับธาตุอาหารของพืชที่มีอยู่ในดินและเป็นประโยชน์ต่อพืช โดยทั่วไป อยู่ระหว่าง pH 6.0 – 7.0

การแก้ไขดินกรดนิยมใช้ปูน (lime) โดยปกติหมายถึง สารประกอบ oxide, hydroxide และ carbonate ของแคลเซียมและแมกนีเซียมเท่านั้น เช่น ปูนขาว หินปูน ซึ่งเป็นสารสามารถทำปฏิกิริยาสะเทินกับ active acidity ( $H^+$  ในสารละลายดิน) ทำให้  $H^+$  ในสารละลายดินลดลง และ pH เพิ่มขึ้น แต่ดินมีสมบัติในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดหรือด่าง (buffer) กล่าวคือ ดินจะปลดปล่อย potential acidity ออกมาชดเชย active acidity ที่ถูกสะเทินไป ดังนั้น ถ้าต้องการยกระดับ pH ของดินให้สูงถึงระดับที่ต้องการ จะต้องใส่ปูนลงไปปริมาณมากพอที่จะสะเทิน active acidity ที่ถูกปลดปล่อยออกมาจาก potential acidity จนเมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว เหลือ active acidity ในสารละลายดินในปริมาณที่พอๆ กับ  $OH^-$  หรือ pH เป็นกลาง จะเห็นว่าดิน 2 ชนิด มี pH (active acidity) เท่ากัน แต่มี potential acidity ต่างกัน จะต้องใช้ปูนในปริมาณที่ต่างกัน เพื่อที่จะยกระดับ pH ของดินทั้งสองให้สูงขึ้นถึงระดับที่ต้องการ

ความต้องการปูนของดิน หมายถึง ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตบริสุทธิ์ ที่เมื่อใส่ลงไป ในดินหนึ่งหน่วยพื้นที่แล้วทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้นถึงระดับที่ต้องการ (โดยปกติถ้าไม่ระบุว่าเป็นระดับ pH ใด จะหมายถึง pH 7) มีหน่วยเป็น กก./ไร่, ตัน/เฮกตาร์ เป็นต้น

วิธีหาความต้องการปูนของดินมีหลายวิธี จะขอกกล่าวถึงวิธีของ Woodruff และวิธีของ Dunn

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีซ	เรื่อง วิธีวิเคราะห์ความต้องการปุ๋ยของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/3

## วิธีของ Woodruff

### 1. อุปกรณ์

1. เครื่อง pH meter
2. เครื่องชั่ง
3. บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 มล. หรือ ขนาด 100 มล.
4. แท่งแก้วสำหรับคน

### 2. สารเคมี

#### 1. การเตรียมน้ำยา Woodruff

ละลาย calcium acetate 40 กรัม, para – nitrophenol 8 กรัม และ sodium hydroxide 1.2 กรัม ในน้ำกลั่น ผสมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกันในขวดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1 ลิตร และเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตรประมาณ 980 มล. ผสมให้เข้ากัน ปรับน้ำยาที่เตรียมให้มี pH 7.0 ด้วยสารละลาย NaOH หรือ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

#### 2. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐาน (HCl) 0.1 N

ตวงกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 8.75 มิลลิลิตร ค่อยๆเทลงในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร เทียบมาตรฐาน (Standardize) ดีเตรทกับสารละลายโซเดียมเตตราโบเรตมาตรฐาน (Standard sodium tetraborate ;  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ )

### 3. วิธีการ

1. การทำกราฟมาตรฐานของน้ำยา Woodruff: ไตเตรทสารละลาย Woodruff 20 มล. ด้วยสารละลายมาตรฐาน 0.2000 N HCl ครั้งละ 0.5 มล. คนให้เข้ากันแล้ววัดค่า pH ของสารละลาย buffer นี้ทุกครั้งที่เติมกรดลงไป จนกระทั่งใช้กรดไปประมาณ 13 - 15 มล. จึงนำค่า pH กับ ปริมาณกรดที่เติมลงไป ( $\text{me H}^+$ ) มาเขียนกราฟ คำนวณ pH unit ต่อ  $\text{me H}^+$  ของ buffer จากส่วนที่เป็นเส้นตรงของกราฟนี้

#### 2. การหาปริมาณความต้องการของดิน

ซึ่งดินที่ต้องการหาปริมาณปุ๋ย 20 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ เติมน้ำและสารละลาย Woodruff อย่างละ 20 มล. คนให้เข้ากัน 30 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงวัด pH ค่า pH ที่วัดได้นี้จะต้องไม่ต่ำกว่าจุดที่ต่ำสุดที่เป็นเส้นตรงของกราฟที่ทำไว้ ถ้าต่ำกว่าต้องลดน้ำหนักของดินลงเป็น 10 กรัม นำค่า pH ที่วัดได้คำนวณหาปริมาณความต้องการปุ๋ย

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปืช	เรื่อง วิเคราะห์หาความต้องการปุ๋นของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/3

#### 4. การคำนวณ

สมมติใช้ดิน A กรัม เติม Woodruff 20 มล. วัด pH ของน้ำยา Woodruff ลดลงจาก 7.0 ไป

$\Delta$  pH

จากกราฟ pH เปลี่ยนไป 1.00 pH unit = B me H<sup>+</sup>

pH ของสารละลายดิน เมื่อเติม Woodruff เปลี่ยนไปจาก 7.0 =  $\Delta$  pH

ดังนั้น ดิน A กรัม ต้องลด H<sup>+</sup> เพื่อให้มี pH เป็น 7 = B x  $\Delta$  pH me H<sup>+</sup>

หรือต้องการปุ๋น = B x  $\Delta$  pH x 50 mg CaCO<sub>3</sub>

ดิน 1 ไร่ ต้องการ CaCO<sub>3</sub> = B x  $\Delta$  pH x 50 x 384,000,000 / A mg CaCO<sub>3</sub>

= B x  $\Delta$  pH x 50 x 384 x 10<sup>6</sup> / (A x 10<sup>6</sup>) kg CaCO<sub>3</sub>

= 19.2 x B x  $\Delta$  pH / A ตัน CaCO<sub>3</sub>

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์หัตถ์ดิน น้ำ พีซ</b>	เรื่อง วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/4

## การวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดิน

### (Walkley Black modified acid-dichromate digestion, FeSO<sub>4</sub> titration method)

#### หลักการ

คาร์บอน (carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นในการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจึงใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอนโดยการใช้สารเคมีทำให้เกิด oxidation กับคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุในดิน แล้วคำนวณปริมาณคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจากปริมาณของสารเคมีที่ใช้ไปปฏิกิริยา และเมื่อทราบปริมาณคาร์บอนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยประมาณ โดยคูณกับ “Van Bemmelen factor” ซึ่งเท่ากับ 1.724 จากหลักที่ว่า อินทรีย์วัตถุมีปริมาณคาร์บอน 58% (Allison และ Moodie, 1965) ให้ใช้เป็นตัวคูณ (factor) ที่เปลี่ยนจากอินทรีย์คาร์บอนเป็นอินทรีย์วัตถุแตกต่างกันในดินบนและดินล่าง กล่าวคือดินบนคูณด้วย 1.9 โดยประมาณ (52% C) และดินล่างคูณด้วย 2.5 (40% C) แต่อัตราส่วนการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์คาร์บอนต่ออินทรีย์วัตถุในดินที่แตกต่างกัน และระหว่างชั้นดินในดินเดียวกันไม่แน่นอน ดังนั้นจึงนิยมใช้ตัวคูณ 1.724 ดังกล่าวมากกว่า

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินนิยมใช้วิธีของ Walkley และ Black ซึ่งมีหลักการดังนี้คือ

1. ใช้ oxidizing agent (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>) ที่มากเกินไปทำปฏิกิริยากับ reducing agent ที่มีอยู่ในดินจนหมด ซึ่งในที่นี้หมายถึงอินทรีย์คาร์บอน
2. ใช้ reducing agent (FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O หรือ Fe(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·6H<sub>2</sub>O) ทำปฏิกิริยากับ K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ที่เหลือ
3. ทำ Bank อีกครั้งหนึ่งโดยไม่รวมดินตัวอย่าง
4. ปริมาณของ FeSO<sub>4</sub> ที่ทำปฏิกิริยากับ K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> ใน back จะนำมาคำนวณความเข้มข้นที่แท้จริงของ FeSO<sub>4</sub>
5. เนื่องจากปริมาณของ easily oxidizable material ที่วิเคราะห์ได้นั้นเป็นเพียงการวัด reducing power ของดินเท่านั้นเอง ดังนั้นก่อนที่จะเปลี่ยนให้เป็นปริมาณของอินทรีย์วัตถุก็ต้องผ่านสมมุติฐานหลายข้อคือ
  - 1) ถือว่าไม่มี reducing agent อื่นที่เป็นอนินทรีย์วัตถุในดินเลย จะมีแต่อินทรีย์คาร์บอนเท่านั้นที่ถูก oxidized ในการทำปฏิกิริยารั้งนี้
  - 2) ถือว่า equivalent weight ของ carbon ซึ่งถูก oxidized นั้นเท่ากับ 3
$$2H_2Cr_2O_7 + 3C + 6H_2SO_4 \longrightarrow 2Cr(SO_4)_3 + 3CO_2 + 8H_2O$$

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช</b>	เรื่อง วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/4

3) ให้ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ recovery ของ carbon ในดินเท่ากับ 74-76 % ซึ่งค่านี้ได้มาจากการเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์กับวิธี day combustion ซึ่งเราสมมุติว่าเป็นวิธีที่ให้ 100% recovery

4) จำนวนเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุจากค่าที่สมมุติให้อินทรีย์วัตถุในดินมี carbon 58% (เป็นอินทรีย์วัตถุที่อยู่ในรูปของ carbohydrate เช่น glucose เป็นต้น)

### อุปกรณ์

1. ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 มล.
2. Dispenser ขนาด 10 และ 20 มล.
3. กระบอกตวง ขนาด 100 มล.
4. บิวเรตขนาด 50 มล.
5. เครื่องกวน (magnetic stirrer)

### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1.0 N
2. กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc.  $H_2SO_4$ )
3. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium Sulfate) 0.5 N
4. สารละลายออร์โทฟีแนนโทรีน อินดิเคเตอร์

### วิธีเตรียมน้ำยาเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1.0 N  
 ละลาย  $K_2Cr_2O_7$  (A.R grade อบที่  $105\text{ }^{\circ}C$  24 ชั่วโมง) 49.04 กรัมในน้ำกลั่น แล้วทำสารละลายให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น
2. สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (FAS) 0.5 N  
 ละลาย  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  196.1 กรัม ในน้ำกลั่น 800 มล. ที่มีกรด  $H_2SO_4$  เข้มข้นอยู่ 20 มล. แล้วทำให้เป็นสารละลาย 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีน้ำตาล
3. สารละลายออร์โทฟีแนนโทรีน อินดิเคเตอร์  
 ละลายเฟอร์รัสซัลเฟต ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ) 0.7 กรัม และออร์โทฟีแนนโทรีน 1.48 กรัม ในน้ำกลั่น และทำให้มีปริมาตร 100 มล.



คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์หัตถ์ดิน น้ำ พีซ	เรื่อง วิธีวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/4

### วิธีทำ

1. ชั่งดิน 1 กรัม ใส่ขวดชมพู ขนาด 250 มล. (ปริมาณตัวอย่างดินอาจลดลงได้ตามความเหมาะสมถ้าดินนั้นมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง สังเกตได้จากสีของดิน ถ้าเป็นดินสีดำหรือ สีน้ำตาลเข้มต้องชั่งดินให้ลดลง แต่ถ้ากรณีเป็นดินทรายก็ต้องเพิ่มปริมาณดินให้มากขึ้นกว่าเดิม)
2. เติม สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1.0 N 10 มล. โดยใช้ Dispenser
3. เติม  $H_2SO_4$  เข้มข้น 20 มล. โดยใช้ Dispenser พยายามให้กรดไหลลงข้าง ๆ ขวดให้ชะล้างตัวอย่างลงไปอยู่ในขวดให้หมด เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดดินเกาะติดอยู่ตามข้างขวด เขย่าเบาๆ ให้ตัวอย่างเข้ากันดีเป็นเวลาประมาณ 1 นาที
4. ตั้งทิ้งไว้จนสารละลายเย็นเท่าอุณหภูมิห้อง
5. เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วทิ้งไว้ให้เย็น
6. หยดอินดิเคเตอร์ออร์โทฟีแนนโทรลีน 5 หยด
7. ไตเตรทด้วยสารละลาย FAS 0.5N ที่จุด end point สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง
8. ทำ Blank โดยเริ่มทำตั้งแต่ขั้นตอนที่ 2 ถึง ขั้นตอน ที่ 6

### วิธีคำนวณ

$$\% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (Organic Carbon, O.C.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 1000 \times W}$$

$$\% \text{ อินทรีย์วัตถุ (Organic Matter, O.M.)} = \frac{10 \times (B-S) \times 100 \times 100 \times 3 \times 100 \times N}{B \times 77 \times 58 \times 1000 \times W}$$

หรือ  $\% \text{ OM} = \% \text{ O.C.} \times 1.724$

B = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรท Blank (มล.)

S = ปริมาณ FAS ที่ใช้ในการไตเตรทตัวอย่าง (มล.)

W = น้ำหนักดินที่ใช้ (กรัม)

N = ความเข้มข้นของ  $K_2Cr_2O_7$  (ในกรณีที่มีความเข้มข้นไม่ใช่ 1.0 N) (หน่วย normality)

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย</b>	เรื่อง วิเคราะห์อินทรียวัตถุของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/4

## การแปลผล

### ระดับอินทรียวัตถุ

ระดับ (rating)	พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก	< 0.5
ต่ำ	0.5 – 1.0
ค่อนข้างต่ำ	1.0 – 1.5
ปานกลาง	1.5 – 2.5
ค่อนข้างสูง	2.5 – 3.5
สูง	3.5 – 4.5
สูงมาก	> 4.5

### คำแนะนำ

เนื่องจากการเตรียมสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ ) 1.0 N จะเตรียมคราวละมาก ๆ ดังนั้น normality ของสารละลาย จะไม่เท่ากับ 1.0 N จริง ในกรณีเช่นนี้ควรเตรียมสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต 1.0 N ที่แน่นอน 100 มล. เพื่อเอาไปหาความเข้มข้นของสารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  ที่เตรียมไว้มาก ๆ

### เอกสารอ้างอิง

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. กรมพัฒนาที่ดิน. 184 หน้า.

Allison, L.E. 1965.Organic Carbon. *In* Methods of soil analysis, part 2 no. 9 pp 1367-1378. Amer. Soc. Agron. Madison, Wisconsin

Walkley, A. and I.A. Black, 1947. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil. Sci. Amer. Proc. 63:257.

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์หัตดิน น้ำ พีช</b>	เรื่อง วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/6

## ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินโดยวิธี Bray II

### หลักการ

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชธาตุหนึ่งที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก และจะมีอยู่ในดินต่ำมากโดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14 และโพแทสเซียม 0.83 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุกรมฟอสเฟต คือ  $H_2PO_4^-$  และ  $HPO_4^{2-}$  ซึ่งได้จากกระบวนการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุ และจากการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่างๆ ในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายดิน (soil solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน เมื่อพืชดูดดึงฟอสเฟตในสารละลายดินไปใช้จะทำให้ปริมาณในส่วนนี้ลดลง ฟอสเฟตในส่วนของ soil solid จะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อชดเชย ซึ่งอัตราการสลายตัวของฟอสเฟตออกมาอยู่สารละลายดินจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบฟอสเฟตในดิน

วิธีวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อทราบปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน นิยมใช้น้ำยาชนิดต่างๆ ทั้งที่เป็นด่างและเป็นกรด ทั้งนี้ขึ้นกับการศึกษาวิจัยกันมาแล้วว่า น้ำยาชนิดใดเมื่อสกัดปริมาณฟอสฟอรัสในดินแล้วมีความสัมพันธ์มากที่สุดกับฟอสฟอรัสที่พืชสามารถดึงดูดไปใช้ หรือกับผลผลิตของพืช น้ำยาที่ใช้สกัดดินในห้องปฏิบัติการนี้ใช้วิธีของ Bray. II ซึ่งประกอบด้วย 0.1 N HCl และ 0.03 N  $NH_4F$  ซึ่งความเป็นกรดของน้ำยานี้ จะช่วยละลายฟอสเฟตบางส่วนของ soil solid ออกมา และ  $F^-$  ในน้ำยาสกัดจะช่วยแทนที่ฟอสเฟตไอออนที่ถูกดูดยึดอยู่ที่ผิวของ soil colloid ให้ออกมาอยู่ในรูปที่ละลาย ซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช สามารถใช้ได้กับดินส่วนใหญ่ของประเทศ แต่สำหรับดินเค็มแล้วควรใช้วิธีของ Olsen (1954)

### อุปกรณ์

- (1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง
- (2) ขวดแก้วกันแบน (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- (3) หลอดแก้ว (test tube)
- (4) กระจกกรอง เบอร์ 5 ขนาด 11 เซนติเมตร
- (5) ปิเปต (pipette)
- (6) เครื่องทำสารละลายเจือจาง (Auto dilutor)
- (7) ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร และ 1 ลิตร
- (8) บีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร
- (9) สารเคมีชนิดต่างๆ
- (10) เครื่อง Spectrophotometer

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช	เรื่อง วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/6

### สารเคมี สารละลายและวิธีเตรียม

(1) นำยาสกัด Bray II (0.03 N  $\text{NH}_4\text{F}$ , 0.1 N HCl) (Bray และ Kurtz, 1945)

ละลายแอมโมเนียมฟลูออไรด์ (ammonium fluoride,  $\text{NH}_4\text{F}$ ) 11.10 กรัม ในน้ำกลั่น 8 ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) ลงไป 86 มิลลิลิตร แล้วปรับให้มีปริมาตร 10 ลิตร ปรับ pH .ให้อยู่ระหว่าง 1.5-1.6

(2) Stock solution (Reagent A : Sulfuric-molybdate-tartrate solution) (Reid และ Copeland, 1969, Hue และ Evans, 1978)

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate,  $[(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}]$ ) 50 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตรท (antimony potassium tartrate,  $\text{KSbO}_3\cdot\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$ ) 1.213 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60 °ซ) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อยๆเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc.  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) 700 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือ ขวด pyrex สีน้ำตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น น้ำยานี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

(3) น้ำยา develop สี (Working solution, Reagent B) (The Auburn University modified Murphy and Riley (1962) ; Watanabe and Olsen, (1965) และ Mehlich,(1978))

ละลาย ascorbic acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 มิลลิลิตร เติมสารละลายข้อ (2) ลงไป 40 มิลลิลิตร ทำให้มีปริมาตร 2 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

(4) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 มก./กก. P

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ที่อบให้แห้งที่ 40 °ซ นาน 2 ชั่วโมง ) 0.2195 กรัม ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

(5) นำสารละลายมาตรฐาน ข้อ (4) มาทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 15 มก./กก. P ด้วยยาสกัด

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์หดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/6

### วิธีทำ

- (1) ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 กรัมใส่ในขวดแก้วก้นแบน (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร
- (2) เติมน้ำยาสกัด Bray II 10 มิลลิลิตร เขย่า 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 11.0 ซม
- (3) ปิเปตสารละลายที่สกัดได้ในข้อ (2) อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ working solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่า โดยใช้ Auto-dilutor) ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร
- (4) ทำ blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (standard set) เช่นเดียวกับข้อ (3)

### วิธีการคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P)} = \frac{B \times DF(\text{sample}) \times X}{A \times DF(\text{standard})} \text{ มก./กก.}$$

เมื่อ

- A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)  
 B = น้ำยาสกัด (มิลลิลิตร)  
 X = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set  
 DF = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)

ดังนั้น ถ้าไม่มีการทำเจือจาง

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (P)} = \frac{B \times X}{A} \text{ มก./กก.}$$

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์หดิน น้ำ พืช	เรื่อง วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/6

## ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินโดยวิธีน้ำยาสกัด Olsen (Olsen และคณะ, 1954)

### วิธีเตรียมน้ำยาเคมี

(1) น้ำยาสกัด Olsen (0.5 M NaHCO<sub>3</sub>, pH 8.5)

ละลายโซเดียม ไฮโดรเจนคาร์บอเนต (NaHCO<sub>3</sub>) 42.0 กรัม ในน้ำกลั่น 980 มิลลิลิตร ปรับ pH เป็น 8.5 โดยค่อยๆเติม 10 M NaOH (เตรียมโดยละลาย NaOH 40 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร) แล้วปรับให้มีปริมาตร 1 ลิตร ไม่ควรเตรียมทิ้งไว้นาน

(2) Stock solution (Reagent A : Sulfuric-molybdate-tartrate solution)(Reid และ Copeland, 1969; Hue และ Evans, 1978)

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate, [ (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>· 4H<sub>2</sub>O]) 50 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 2 ลิตร เติมน้ำกลั่น 200 มิลลิลิตร คนให้ละลาย ละลายแอนติโมนี โพแทสเซียมคาร์เตรท (antimony potassium tartrate, KSbO<sub>3</sub>·C<sub>4</sub>H<sub>4</sub>O<sub>6</sub>) 1.213 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60 °ซ) เมื่อละลายเข้ากันดีแล้ว เทใส่ในบีกเกอร์ที่ใส่แอมโมเนียมโมลิบเดต คนให้เข้ากันอีกครั้ง ค่อยๆเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น (conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 700 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด Volumetric flask ขนาด 1 ลิตร แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น เทเก็บไว้ในขวด polyethylene หรือ ขวด pyrex สีน้ำตาลและเก็บไว้ในที่มืดและเย็น น้ำยานี้ทิ้งไว้ได้นาน 6 เดือน

(3) กรดซัลฟูริก ( H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ) 1 M โดยละลาย H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 27.3 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

(4) กรดซัลฟูริก (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0.1 M โดยละลาย 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 100 มิลลิลิตรในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

(5) น้ำยา develop สี (Working solution, Reagent B) (The Auburn University modified Murphy and Riley (1962) ; Watanabe and Olsen, 1965 และ Mehlich,1978)

ละลาย ascorbic acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 1,600 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น Reagent A ข้อ (2) ลงไป 40 มิลลิลิตร และสารละลายข้อ (4) ลงไป 200 มิลลิลิตร ทำให้มีปริมาตร 2 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้ง

(6) สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 50 มก./กก. P

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช	เรื่อง วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 5/6

ละลายโพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium dihydrogen phosphate ;  $KH_2PO_4$  ที่อบให้แห้งที่  $40^\circ C$  นาน 2 ชั่วโมง ) 0.2195 กรัม ในน้ำกลั่นพอสมควร ปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรดซัลฟูริก 1-2 หยด แล้วทำให้มีปริมาตร 1 ลิตร

(7) นำสารละลายมาตรฐานข้อ (6) ทำ standard set ให้มีความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 มก./กก. P ด้วยน้ำยาสกัด

### วิธีการ

(1) ชั่งตัวอย่างดิน 1.0 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วก้นแบน (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มิลลิลิตร

(2) เติมน้ำยาสกัด Olsen 20 มิลลิลิตร เขย่า 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง No.5 ขนาด 12.5 ซม

(3) ดูดสารละลายที่สกัดได้ในข้อ (2) อัตราส่วน 1 ส่วนต่อ working solution 16 ส่วน (เท่ากับ 17 เท่า โดยใช้ Auto-dilutor) ลงในหลอดแก้ว ทิ้งไว้ครึ่งชั่วโมง นำไปอ่านค่าความเข้มข้น (concentration) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ช่วงคลื่น 882 นาโนเมตร

(4) ทำ blank และชุดของสารละลายมาตรฐาน (standard set) เช่นเดียวกับข้อ (3)

### การคำนวณ

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avai.P)} = \frac{B \times DF(\text{sample}) \times X}{A \times DF(\text{standard})} \quad \text{มก./กก.}$$

เมื่อ

A = น้ำหนักของตัวอย่างดิน (กรัม)

B = น้ำยาสกัด (มิลลิลิตร)

X = ค่าที่อ่านได้ เมื่อวัดค่าเทียบกับ standard set

DF = อัตราส่วนการเจือจาง (dilution factor)

ดังนั้น ถ้าไม่มีการทำเจือจาง

$$\text{ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (avai. P)} = \frac{B \times X}{A} \quad \text{มก./กก.}$$

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย	เรื่อง วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 6/6

### เอกสารอ้างอิง

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. กรมพัฒนาที่ดิน. 184 หน้า.

Bray II, R.H. and L.T. Kurtz. 1945 Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59: 39-45.

Rayment, G.E. and F.R. Higginson, 1992. Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods. Inkata press, Sydney, Australia. 330 p.



คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/3

## การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium)

### หลักการ

โพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของแร่ (minerals) เช่น แร่ไมก้า (biotite, muscovite) , เฟลสปาร์ (orthoclases , microclines) เป็นต้น แร่เหล่านี้เมื่อโครงสร้างของดินถูกทำลาย หรือ เปลี่ยนแปลง ชนิดแร่จะปลดปล่อย  $K^+$  ออกมาได้

ปริมาณเป็นประโยชน์ได้ของโพแทสเซียม คือ exchangeable  $K^+$  ซึ่ง exchangeable  $K^+$  จะมีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น CEC ปริมาณของแร่ดินเหนียว หรือ ประเภทเนื้อดิน ฯลฯ

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปแล้วว่าโพแทสเซียมในดินที่พืชจะนำไปใช้ได้ นั้น ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ exchangeable  $K^+$  และ  $K^+$  ในสารละลายดิน ดังนั้นถ้าเราทราบว่าดินมีโพแทสเซียมอยู่ในรูปดังกล่าวมากน้อยเท่าใด เราก็พอที่จะบอกได้ว่าดินนั้นมีระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) สูง หรือ ต่ำเพียงใด

วิธีการสกัดด้วยน้ำยาโดยทั่วไปไม่อาจจะไล่ที่ exchangeable  $K^+$  ออกมาได้หมด แต่หากใช้น้ำยาสกัดที่เหมาะสมแล้ว ค่าที่ได้ถือว่าเพียงพอสำหรับการแนะนำการใส่ปุ๋ยได้

### อุปกรณ์

1. ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มล.
2. ขวดخمพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มล.
3. ปิเปต (Pipette) ขนาด 1, 2, 5 และ 10 มล.
4. กระดาษกรอง เบอร์ 1
5. กรวยกรอง
6. Dispenser ขนาด 25 มล.
7. Flame Spectrophotometer
8. เครื่องชั่ง (Balance)
9. เครื่องเขย่า (Shaker)

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช</b>	เรื่อง วิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/3

## สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรต ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1 M pH 7.0
2. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น  $1,000 \text{ mg L}^{-1}$
3. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ  $8 \text{ mg L}^{-1}$

## วิธีเตรียมน้ำยาเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรต ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1 M pH 7.0

ละลาย 1,140 มล. Glacial acetic acid (99.5%) ในน้ำกลั่นประมาณ 16 ลิตร เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) เข้มข้น 1,380 มล. แล้วเติมน้ำกลั่น จนสารละลายทั้งหมดมีปริมาตรประมาณ 19 ลิตร ผสมให้เข้ากันดี แล้วปรับ pH ของสารละลายด้วย  $\text{NH}_4\text{OH}$  หรือ Glacial acetic acid ให้ได้ pH เท่ากับ 7.0 จึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร

2. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น  $1,000 \text{ mg L}^{-1}$

ละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.9067 กรัม (ที่อบแห้ง) ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ  $8 \text{ mg L}^{-1}$

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  10 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น  $100 \text{ mg L}^{-1}$  หลังจากนั้นปิเปตสารละลายนี้ 0, 2, 4, 6, และ 8 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ  $8 \text{ mg L}^{-1}$  ตามลำดับ

## วิธีทำ

1. ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ในขวดชมพู (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 มล.
2. เติม 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7.0 25 มล. เขย่าด้วยเครื่องเขย่า 30 นาที
3. กรองดิน และเก็บสารละลายที่กรองได้
4. วิเคราะห์ปริมาณ K ด้วยเครื่อง Flame spectrophotometer โดยเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ ปุ๋ย	เรื่อง วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/3

### วิธีคำนวณ

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน,  $\text{mg kg}^{-1} = 10 K \times df$

$K$  = ค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือ,  $\text{mg kg}^{-1}$

$df$  = dilution factor

### เอกสารอ้างอิง

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่ม 1. กรมพัฒนาที่ดิน. 184 หน้า.

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช</b>	เรื่อง วิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/6

## การวิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (Exchangeable cations)

### หลักการ

$Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  และ  $K^+$  เป็นแคตไอออนเกาะอยู่ที่อนุภาคของดิน หรือ เรียกก่าย ๆ ว่า แคตไอออนเหล่านี้สามารถแลกเปลี่ยนที่กันได้กับแคตไอออนอื่น ๆ ที่อยู่รอบ ๆ อนุภาคดิน ดังนั้น ในการตรวจวัดปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน จึงใช้หลักการของการแลกเปลี่ยนระหว่างแคตไอออน เช่น ใช้ประจุ  $NH_4^+$  จากสารละลายที่เติมลงไปในตัวอย่างดินเป็นตัวแลกเปลี่ยนแทนที่แคตไอออนที่เกาะอยู่ที่อนุภาคดินเหล่านั้น และโดยที่  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  และ  $K^+$  เป็นแคตไอออนที่มีปริมาณมากที่สุด และแลกเปลี่ยนแทนที่ได้ง่ายที่สุดของดิน ในการตรวจวัดปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน จึงมีความหมายเจาะจงถึงอนุผลของธาตุทั้ง 4 ตัวนี้ เป็นหลักการที่ใช้กันทั่วไป

วิธีการตรวจวัดปริมาณธาตุแคตไอออนทั้ง 4 ธาตุนี้ วิธีที่แพร่หลายที่สุด คือ การเติมสารละลายของ  $NH_4OAc$  1 M pH 7.0 ลงไปในดินให้มากเกินพอ เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนที่กันระหว่าง  $NH_4^+$  จากสารละลาย  $NH_4OAc$  และแคตไอออนเหล่านี้ของดิน จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการแลกเปลี่ยน ไปตรวจวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer และ flame photometer ก็จะทราบปริมาณของ  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $Na^+$  และ  $K^+$  ของตัวอย่างดินนั้น แต่ในดินที่มีปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ (soluble salts) สูง เช่นในดินเค็ม เมื่อวิเคราะห์ปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนตามวิธีนี้แล้วต้องหักส่วนของแคตไอออนที่ละลายน้ำได้ออกเสียก่อน จึงจะได้ปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ที่ถูกต้อง

### 1. แคลเซียม และ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable $Ca^{++}$ และ $Mg^{++}$ )

#### อุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
2. เครื่อง pH meter
3. เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)
4. เครื่องชั่ง (Balance)
5. ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 50 และ 125 มล.
6. ขวดกรอง (Filtering flask) ขนาด 500 มล.
7. ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 มล.
8. Buchner funnel

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์หัตดิน น้ำ พีซ</b>	เรื่อง วิเคราะห์แคดไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/6

9. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 หรือ เบอร์ 5
10. กระจกตวง 1,000 มล.
11. ขวดพลาสติกทนกรด-ด่าง ขนาด 20 ลิตร
12. กระจกนิตน้ำยา ขนาด 500 มล.
13. ปิเปตขนาด 1, 2, 5 และ 10 มล.

### สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรต ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1 M pH 7.0
2. สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 1,000  $\text{mg L}^{-1}$
3. สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 0, 2, 4, 6, 8 และ 10  $\text{mg L}^{-1}$
4. สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 1,000  $\text{mg L}^{-1}$
5. สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม 0, 1, 2, 3, 4 และ 5  $\text{mg L}^{-1}$
6. สารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ ( $\text{SrCl}_2$ ) 1,500  $\text{mg L}^{-1}$

### วิธีเตรียมสารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรต ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1 M pH 7.0

ละลาย 1,140 มล. Glacial acetic acid (99.5%) ในน้ำกลั่นประมาณ 16 ลิตร เติมแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) เข้มข้น 1,380 มล. แล้วเติมน้ำกลั่น จนสารละลายทั้งหมดมีปริมาตรประมาณ 19 ลิตร ผสมให้เข้ากันดี แล้วปรับ pH ของสารละลายด้วย  $\text{NH}_4\text{OH}$  หรือ Glacial acetic acid ให้ได้ pH เท่ากับ 7.0 จึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 ลิตร

2. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมเข้มข้น 1000  $\text{mg L}^{-1}$

ละลายแคลเซียมคาร์บอเนต ( $\text{CaCO}_3$ , อบที่  $150^\circ\text{C}$ ) 2.498 กรัม ด้วยกรดเกลือเล็กน้อยเพียงพอที่ละลาย  $\text{CaCO}_3$  หหมด แล้ว ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

3. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10  $\text{mg L}^{-1}$

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแคลเซียมเข้มข้น 1,000  $\text{mg L}^{-1}$  10 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วย สารละลาย  $\text{SrCl}_2$  1,500  $\text{mg L}^{-1}$  จะได้สารละลายมาตรฐานแคลเซียม 100  $\text{mg L}^{-1}$  หลังจากนั้นปิเปตสารละลายนี้ 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วย สารละลาย  $\text{SrCl}_2$  1,500  $\text{mg L}^{-1}$  จะได้สารละลายมาตรฐานแคลเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10  $\text{mg L}^{-1}$  ตามลำดับ

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีซ</b>	เรื่อง วิเคราะห์แคดไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/6

4. สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมเข้มข้น 1000 mg L<sup>-1</sup>

ละลายแมกนีเซียม 1.000 กรัม ด้วยกรดเกลือเพียงพอที่ละลายหมด ทิ้งไว้ให้เย็น จึงปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

5. สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 mg L<sup>-1</sup>

ปิเปตสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมเข้มข้น 1000 mg L<sup>-1</sup> 10 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วย สารละลาย SrCl<sub>2</sub> 1,500 mg L<sup>-1</sup> จะได้สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมเข้มข้น 100 mg L<sup>-1</sup> หลังจากนั้นปิเปตสารละลายนี้ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยสารละลาย SrCl<sub>2</sub> 1,500 mg L<sup>-1</sup> จะได้สารละลายมาตรฐานแมกนีเซียมเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 mg L<sup>-1</sup> ตามลำดับ

6. สารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ (SrCl<sub>2</sub>) เข้มข้น 1,500 mg L<sup>-1</sup>

ละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ (SrCl<sub>2</sub> .6H<sub>2</sub>O) 4.6 กรัม ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

**วิธีทำ**

1. ชั่งตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม.หนัก 5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask ขนาด 125 มล.
2. เติม 1 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 ประมาณ 50 มล. เขย่าให้เข้ากันดี ตั้งทิ้งไว้ค้างคืน
3. กรองดินโดยใช้ Buchner funnel ค่อย ๆ ล้างตัวอย่างดินบนกรวย อีก 3-4 ครั้ง ด้วยสารละลาย NH<sub>4</sub>OAc ครั้งละประมาณ 10 มล.
4. นำสารละลายที่กรองได้ ปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ exchangeable Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> และ K<sup>+</sup> ต่อไป
5. เจือจางสารละลายตัวอย่างด้วยสารละลายสตรอนเซียมคลอไรด์ 1,500 mg L<sup>-1</sup>
6. วัดค่าความเข้มข้นของแคลเซียม และแมกนีเซียมของสารละลายตัวอย่าง ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยกำหนดความยาวคลื่นในการวัดแคลเซียม และแมกนีเซียม เป็น 422.6 และ 285.2 นาโนเมตร ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐานมาตรฐาน แคลเซียม และแมกนีเซียม
7. คำนวณหาปริมาณ exchangeable Ca<sup>++</sup> และ Mg<sup>++</sup>

**วิธีคำนวณ**

$$Ca^{++} \text{ หรือ } Mg^{++}, \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (mg L}^{-1}) \times 2 \times \text{df}}{\text{น.น. กรัมสมมูลย์ของ } Ca^{++} \text{ หรือ } Mg^{++}}$$

$$\text{df} = \text{dilution factor}$$

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช</b>	เรื่อง วิธีวิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/6

### คำแนะนำ

1. การเตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียมและแมกนีเซียม เพื่อใช้ทำการฟลักซ์มาตรฐาน โปรดทำตามคำแนะนำของคู่มือเครื่อง AAS ของแต่ละยี่ห้อ
2. เนื่องจากการแทนที่แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ด้วย  $\text{NH}_4^+$  จากสารละลาย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M pH 7.0 นี้ มีวิธีการในการแทนที่อย่างเดียวกับการวิเคราะห์ค่า CEC ในขั้นตอนแรก ดังนั้น เพื่อประหยัดเวลา และค่าใช้จ่ายจึงสามารถทำไปพร้อมกันกับการวิเคราะห์ค่า CEC ได้ โดยการเก็บน้ำยาที่ได้จากการแทนที่ในขั้นตอนแรกไปวิเคราะห์หาปริมาณแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ และนำตัวอย่างดินนำไปวิเคราะห์ค่า CEC ตามขั้นตอนต่อไป

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช</b>	เรื่อง วิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 5/6

## 2. โปแตสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K<sup>+</sup> และ Na<sup>+</sup>)

### อุปกรณ์

1. เครื่อง Flamephotometer
2. อุปกรณ์อื่นๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้

### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน โซเดียม 1,000 mg L<sup>-1</sup>
2. สารละลายมาตรฐาน โซเดียม 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg L<sup>-1</sup>
3. สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียม 1,000 mg L<sup>-1</sup>
4. สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียม 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg L<sup>-1</sup>
5. สารละลายอื่นๆ เช่นเดียวกับการวิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้

### วิธีเตรียมสารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน โซเดียมเข้มข้น 1,000 mg L<sup>-1</sup>  
ละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 2.541 กรัม (ที่อบแห้ง) ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1

ลิตร

2. สารละลายมาตรฐาน โซเดียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mg L<sup>-1</sup>

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโซเดียมเข้มข้น 1000 mg L<sup>-1</sup> 10 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโซเดียมเข้มข้น 100 mg L<sup>-1</sup> หลังจากนั้นปิเปตสารละลายนี้ 0, 2, 4, 6, และ 8 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโซเดียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mg L<sup>-1</sup> ตามลำดับ

3. สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมเข้มข้น 1,000 mg L<sup>-1</sup>

ละลายโปแตสเซียมคลอไรด์ (KCl) 1.9067 กรัม (ที่อบแห้ง) ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mg L<sup>-1</sup>

ปิเปตสารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมเข้มข้น 1000 mg L<sup>-1</sup> 10 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมเข้มข้น 100 mg L<sup>-1</sup>



<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช</b>	เรื่อง วิเคราะห์แคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 6/6

หลังจากนั้นปิเปตสารละลายนี้ 0, 2, 4, 6, และ 8 มล. ใส่ในขวดปริมาตรและทำให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายมาตรฐานโปแตสเซียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6 และ 8 mg L<sup>-1</sup> ตามลำดับ

### วิธีทำ

1. ทำเช่นเดียวกันกับการวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้
2. นำสารละลายตัวอย่างตามข้อ 1. มาวัดปริมาณ exchangeable Na<sup>+</sup> และ K<sup>+</sup> ด้วยเครื่อง Flamephotometer โดยเปรียบเทียบกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมและโปแตสเซียม

### วิธีคำนวณ

$$\text{Na}^+ \text{ หรือ } \text{K}^+, \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1} = \frac{\text{ค่าที่อ่านได้ (mg L}^{-1}) \times 2 \times \text{df}}{\text{น.น. กรัมสมมูลย์ของ Na}^+ \text{ หรือ K}^+}$$

$$\text{df} = \text{dilution factor}$$

### คำแนะนำ

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน โซเดียมและโปแตสเซียม เพื่อใช้ทำกราฟมาตรฐาน โปรดทำตามคำแนะนำของคู่มือเครื่อง ของแต่ละยี่ห้อ

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/6

**การวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน  
(Cation Exchange Capacity, C.E.C.)  
(Ammonium saturation method)**

**หลักการ**

อนุภาคขนาดดินเหนียว (clay size particle) ในดินมีอยู่ 2 ชนิด คืออนุภาคอนินทรีย์ (inorganic particles) ได้แก่ silicate clay และ hydrous oxides ของเหล็กและอะลูมิเนียม เป็นต้น อีกชนิดหนึ่งคืออนุภาคอินทรีย์ (organic particles) อนุภาคทั้งสองชนิดนี้มีประจุ (charge) 2 ประเภทคือ ประจุถาวร (permanent charge) และประจุผันแปร (variable charge) ปริมาณประจุถาวรในดินจะไม่มีเปลี่ยนแปลงไปตามค่า pH ของดิน แต่ปริมาณประจุผันแปรในดินแปรเปลี่ยนไปเมื่อ pH ของดินเปลี่ยนไป

เนื่องจากค่า CEC สัมพันธ์กับผลรวมของปริมาณแคตไอออนที่เกิดจากประจุถาวร และประจุผันแปร การวิเคราะห์ปริมาณ CEC ในดินจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในภาพรวมทั้งหมด และศักยภาพในการตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมี นอกจากนี้สามารถใช้บ่งบอกชนิดของแร่ดินเหนียวในดินได้อย่างกว้างๆ วิธีการวิเคราะห์ CEC มีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีต้องกำหนดค่า pH

การวิเคราะห์หาค่า C.E.C. ในดินโดยการทำให้ดินอิ่มตัวด้วยสารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท ( $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 M pH 7) เป็นวิธีการอย่างหนึ่ง วิธีนี้แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ คือ :

ขั้นตอนที่ 1 การทำให้ดินอิ่มตัวและชะล้าง (Saturation and leaching step) เป็นการทำให้ดินอิ่มตัวด้วย  $\text{NH}_4^+$  ion โดยการแช่ดินด้วย neutral  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เพื่อให้  $\text{NH}_4^+$  ion จากสารละลาย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  เข้าไปแทนที่ ion ประจุบวกของดิน กรองและล้างตัวอย่างด้วยสารละลาย  $\text{NH}_4\text{OAc}$  และตามด้วย  $\text{NH}_4\text{Cl}$  เพื่อให้  $\text{NH}_4^+$  เข้าแทนที่ native cations ต่าง ๆ ในดินจนอิ่มตัว อย่างเต็มที่

ขั้นตอนที่ 2 การล้าง (Washing step) เป็นการล้างดินด้วย ethyl alcohol 95 % เพื่อไล่  $\text{NH}_4^+$  ส่วนเกินที่ไม่ได้ถูกดูดซับไว้ออกจากดินให้หมด

ขั้นตอนที่ 3 การแทนที่ (Replacing step) ให้  $\text{Na}^+$  เข้าไปแทนที่  $\text{NH}_4^+$  ในดิน โดยใช้สารละลาย acidified NaCl

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พืช</b>	เรื่อง วิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/6

**ขั้นตอนที่ 4** การวิเคราะห์ (Analyzing step) เป็นขั้นตอนการวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณ  $\text{NH}_4^+$  ที่ถูกแทนที่ออกมาจากดิน โดยการกลั่นและไตเตรท

### อุปกรณ์

1. ขวดชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 มล.
2. ขวดกรอง (Filtering flask) ขนาด 500 มล.
3. ขวดกลั่น (Kjeldahl flask) ขนาด 800 มล.
4. ขวดพลาสติกทนกรดทนด่างขนาด 10 และ 20 ลิตร
5. กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel)
6. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5
7. เครื่องปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump)
8. เครื่องกลั่น (Distillation apparatus)
9. บิวเรต (Burette) ขนาด 50 มล.
10. เครื่องกวน (Magnetic stirrer)

### สารเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตท (Ammonium acetate,  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1M pH 7.0
2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 1 M pH 7.0
3. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M
4. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride,  $\text{NaCl}$ ) 10 % acidified
5. เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol) 95 %
6. สารละลายกรดบอริก ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 3 %
7. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution)
8. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 1 %
9. สารละลายซิลเวอร์ไนเตรท ( $\text{AgNO}_3$ ) 0.10 M
10. สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรริก (HCl) 0.1 M
11. สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 M
12. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 %
13. โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลท (Potassium hydrogen phthalate)

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์หัตถ์ดิน น้ำ พีช</b>	เรื่อง วิธีวิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/6

### วิธีเตรียมน้ำยาเคมี

1. สารละลายแอมโมเนียมอะซิเตรท (Ammonium acetate,  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) 1M pH 7.0

เตรียมโดยใส่น้ำกลั่นประมาณ 16 ลิตรในขวดพลาสติกทนกรดทนด่างขนาด 20 ลิตร เติมกรดกลาเซียลอะซิติก (glacial acetic acid, 99.5 %) 1,136 มล. และสารละลายแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$  solution,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , 25 %) 1,500 มล. แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปให้มีปริมาตรประมาณ 19 ลิตร ผสมน้ำยาทั้งสองให้เข้ากัน ปรับ pH ของน้ำยาให้เป็น pH 7.0 โดยใช้สารละลายแอมโมเนียหรือกรดกลาเซียลอะซิติก แล้วจึงปรับปริมาตรให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium chloride,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) 1 M pH 7.0

ละลาย  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 กิโลกรัม ในน้ำกลั่น 18 ลิตร ปรับ pH เป็น 7.0 ด้วย  $\text{NH}_3$  solution หรือ กรด  $\text{HCl}$  แล้วจึงเติมน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 19 ลิตร

3. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.25 M pH 7.0

ตวง 2.5 ลิตร.  $\text{NH}_4\text{Cl}$  1 M (สารละลายข้อ 2) ใส่น้ำกลั่น 7 ลิตร แล้วปรับ pH เป็น 7.0 แล้วจึงปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

4. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride,  $\text{NaCl}$ ) 10 % acidified

เตรียมโดยละลาย  $\text{NaCl}$  2 กิโลกรัม ในน้ำกลั่น 18 ลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 8.35 มล. คนให้ละลาย แล้วทำให้เป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5. สารละลายกรดบอริก ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) 3 %

ค่อยๆ ละลายกรดบอริก 600 กรัม ในน้ำกลั่นอุณหภูมิประมาณ 50 – 60 °C จนกรดบอริกละลายหมด จึงปรับปริมาตรทั้งหมดเป็น 20 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6. สารละลายอินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator solution)

ละลายโบรมโครโซลกรีน (bromocresol green) 0.22 กรัม และเมทิลเรด (methyl red) 0.075 กรัม ใน 95 % เอทิลแอลกอฮอล์ (ethyl alcohol) 96 มล. ที่ใส่ 3.5 มล. ของ 0.1 M  $\text{NaOH}$  ไว้แล้ว

7. สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein) 1 %

ละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 100 มล.

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์หัตถ์ดิน น้ำ พีซ</b>	เรื่อง วิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/6

8. สารละลายกรดเกลือหรือกรดไฮโดรริก (HCl) 0.1 M

เจือจางกรดเกลือเข้มข้น 82.7 มล. ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตร

9. สารละลาย AgNO<sub>3</sub> 0.1 M

ละลายซิลเวอร์ไนเตรท 1.7 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มล. เก็บสารละลายนี้ในขวดสีชา

10. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 M

ละลาย NaOH 40 กรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

11. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 %

ละลาย NaOH 4 กิโลกรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

12. การ Standardization NaOH ด้วยโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (potassium hydrogen phthalate)

ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท (Potassium hydrogen phthalate, KHP, [C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(COOK) COOH], น้ำหนักกรัมสมมูล 204.23 กรัม) ที่อบแห้งที่อุณหภูมิ 105 °C ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ประมาณ 0.4 กรัม บันทึกน้ำหนัก KHP ใส่ในขวดชมพูขนาด 125 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มล. เขย่าจนละลายหมดจึงไปไตเตรทกับสารละลาย 0.1 M NaOH ที่เตรียมไว้ในข้อ 8 โดยเติม 1 % phenolphthalein 2 - 3 หยด ไตเตรทจนสารละลายเปลี่ยนสีจากไม่มีสีเป็นสีชมพูซึ่งเป็นจุดยุติ (end point) คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย NaOH จากสูตร:

$$\text{Normality ของ NaOH} = \frac{\text{น.น. เป็นกรัมของโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท} \times 1000}{\text{น้ำหนักกรัมสมมูลของกรด KHP} \times \text{ปริมาตรของ NaOH}}$$

**วิธีทำ**

1. ชั่งดิน 5 กรัม ใส่ในขวดชมพู ขนาด 125 มล. เติม 1 M pH 7.0 NH<sub>4</sub>OAc 50 มล. เขย่าให้เข้ากันดี ทิ้งไว้ค้างคืน
2. นำมากรองโดยใช้กรวยบุชเนอร์ (Buchner funnel) ต่อเข้ากับขวดกรอง ใช้กระดาษกรอง Whatman No. 5 จำนวน 1 แผ่น (หรือใช้ No. 42 จำนวน 1 แผ่น หรือ No. 1 จำนวน 2 แผ่น แทนกันได้) ล้างตัวอย่างดินด้วย 1 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 ทีละน้อย หลาย ๆ ครั้ง จนได้ปริมาตรเกือบ 100 มล. นำสารละลายที่กรองได้นี้ถ่ายใส่ Volumetric flask แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มล. เก็บไว้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ exchangeable cations Ca<sup>++</sup>, Mg<sup>++</sup>, Na<sup>+</sup> และ K<sup>+</sup> ต่อไป

<b>คู่มือการปฏิบัติงาน</b> <b>กระบวนการวิเคราะห์หัตดิน น้ำ พีช</b>	เรื่อง วิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 5/6

3. ล้างตัวอย่างดินในกรวยบุชเนอร์ ในข้อ.2 ต่อด้วย 1 M NH<sub>4</sub>OAc pH 7.0 อีก 5 ครั้ง ๆ ละ ประมาณ 20 มล.
4. ล้างตัวอย่างดินต่อด้วย 1 M NH<sub>4</sub>Cl pH 7.0 5 ครั้ง ๆ ละ ประมาณ 20 มล.
5. ล้างตัวอย่างดินต่อด้วย 0.25 M NH<sub>4</sub>Cl pH 7.0 ประมาณ 20 มล. 1 ครั้ง
6. ล้างด้วย ethyl alcohol 95 % อีก 5 - 6 ครั้ง ๆ ละ ประมาณ 20 มล. ทุกครั้งที่ล้างใช้กระบอกฉีด ฉีดล้างตัวอย่างดินที่อาจติดค้างอยู่ที่ปาก buchner funnel ให้ลงไปรวมอยู่ในกรวยให้หมด สารละลายที่ได้จากข้อ 3 - ข้อ 6 เททิ้งไป (การล้างด้วย alcohol เพื่อล้างแอมโมเนียมส่วนเกินที่ดินไม่ได้แลกเปลี่ยนออกให้หมด ซึ่งทดสอบได้จากปริมาณคลอไรด์ไม่มีหลงเหลืออยู่ในดินโดยหยดสารละลาย AgNO<sub>3</sub> 0.1 M 1 - 2 หยด ลงในสารละลายที่รองรับมาจาก buchner funnel โดยตรงยังไม่ได้หยดลงสู่ขวดกรอง ถ้ามีตะกอนสีขาวเกิดขึ้นแสดงว่ายังมีล้างแอมโมเนียมไม่หมด ต้องล้างตัวอย่างดินด้วย ethyl alcohol 95 % ต่อไปอีก แล้วทดสอบคลอไรด์ใหม่ดังที่กล่าวมาแล้ว จนไม่มีตะกอนสีขาวนั้นแสดงว่าล้างแอมโมเนียมหมดแล้ว)
7. เปลี่ยนขวดกรองใหม่สำหรับรองรับสารละลายใหม่ ล้างตัวอย่างดินที่ยังอยู่ในกรวยบุชเนอร์ ในข้อ 6 ด้วย acidified NaCl 10 % แต่ละครั้งที่ล้างให้ใส่สารละลาย NaCl ให้ท่วมตัวอย่างดิน จนกระทั่งได้สารละลายที่กรองได้ (leachate) ประมาณ 300-350 มล.
8. ถ่ายได้สารละลายที่กรองได้ใส่ในขวดกลั่น ล้างขวดกรองด้วยน้ำกลั่นและเทน้ำที่ล้างรวมลงไป ในขวดกลั่น
9. นำขวดกลั่นไปกลั่น โดยเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ 40 % ลงไปในขวดกลั่นให้มากเกินพอ (ประมาณ 30 มล.) โดยมีสารละลายกรดบอริก (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) 3% ประมาณ 30 มล. ใส่ในขวดชมพูขนาด 500 มล. คอยรองรับสารละลายที่กลั่นออกมาได้ และในสารละลายกรดบอริกนี้ใส่อินดิเคเตอร์ผสมประมาณ 5 หยด ใช้เวลากลั่น ประมาณ 40 - 45 นาที หรือจนกลั่นได้สารละลายประมาณ 250-275 มล.
10. นำสารละลายที่กลั่นได้ในขวดชมพูที่รองรับไปไตเตรทกับสารละลายกรดเกลือ 0.1 N จุดยุติคือสีของอินดิเคเตอร์ในสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีแดง บันทึกปริมาตรของกรดเกลือที่ใช้ไตเตรท แล้วนำมาคำนวณค่า CEC
11. นำสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 10 % ที่ใช้ล้างดินมากลั่นเป็น Blank โดยทำเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

### วิธีคำนวณ

$$CEC \text{ (cmol/kg)} = \frac{(T - B) \times N \times 100 \times AD}{\text{Sample wt. (gm.)} \times OD}$$

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์ความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุง ครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 6/6

T = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่างดิน

B = ปริมาตรกรดเกลือที่ใช้ไตเตรทกับ Blank

N = ความเข้มข้นของกรดเกลือมีหน่วยเป็นนอร์มัลลิตี (normality)

AD / OD = อัตราส่วนน้ำหนักดินกับดินอบแห้ง (airdried / oven - dried ratio)

### คำแนะนำ

ในการล้างดินแต่ละครั้งให้ค่อย ๆ ล้างล้างเกดน้ำยาที่ผ่านกรวยอย่างให้ผ่านออกเร็วมาก โดยการควบคุมเปิดระบบสูญญากาศให้น้ำยาค่อย ๆ หยด ก่อนจะล้างดินครั้งต่อไปต้องรอให้น้ำยาในการล้างครั้งแรกไหลผ่านหมดไปก่อน และขณะล้างดินด้วยเอทิลแอลกอฮอล์อย่าทิ้งให้ตัวอย่างดินแห้ง เพราะถ้าดินแห้งในการล้างครั้งต่อไป ตัวอย่างดินอาจจะร่วงลงไปอยู่ในขวดกรองที่รองรับได้

### การแปลผล

ระดับปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน

CEC, cmol/kg	ระดับ
< 5	ต่ำมาก
5 – 15	ต่ำ
15 – 25	ปานกลาง
25 – 40	สูง
> 40	สูงมาก

### เอกสารอ้างอิง

Chapman, H.D. 1965. Cation. Exchange Capacity. In Methods of soil analysis, part 2 No. 9 pp 891-913 Amer. Soc. Agron., Madison, Wis.

FAO. 1979 a. Soil Survey Investigation for Irrigation. Soil Bull. No. 42. FAO, Rome.

Landon, J.R. 1991. Booker Tropical Soil Manual. Addison Wesley Longman Limited. England.

กองวิเคราะห์ดิน. 2540. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์หัตดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์การนำไฟฟ้าของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 1/4

## การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน Electrical Conductivity (EC)

### หลักการ

ในดินมีเกลือที่ละลายได้อยู่หลายชนิด บางชนิดละลายได้ดี เช่น  $\text{NaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  เป็นต้น บางชนิดละลายได้เพียงบางส่วน เช่น  $\text{CaSO}_4$  การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดิน จึงเป็นการประเมินปริมาณเกลือที่ละลายได้ของดิน และค่าที่ได้ยังใช้เป็นตัวกำหนดระดับความเค็มของดินด้วย การวัดค่าการนำไฟฟ้าของดินใช้วิธีวัดในสารละลายของดินกับน้ำ อัตราส่วนระหว่างดินต่อน้ำอาจแตกต่างกันแล้วแต่ห้องปฏิบัติการแต่ละแห่ง แต่ที่นิยมใช้มักเป็น 1:5 หรือ เรียกว่า EC 1:5 หรือใช้วัดเมื่อทำให้ดินเป็น saturated paste แล้ววัดในสารละลายที่สกัดได้เรียกว่า EC extract ( $\text{EC}_e$ ) จะใช้สัดส่วนของดินต่อน้ำเท่าใดก็ตาม จะต้องระบุสัดส่วนนั้นไว้ด้วยทุกครั้งที่ยรายงานผล

$\text{EC}_e$  และ EC 1:5 ของตัวอย่างเดียวกันจะให้ค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณเกลือที่ละลายออกมาจากดินจะไม่เท่ากัน ในการวัด EC ในอัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:5 ปริมาณน้ำที่มากอาจละลายเกลือออกมาได้เกือบหมด แต่  $\text{EC}_e$  จะใช้น้ำน้อยกว่าวิธี EC 1:5 ทำให้มีเกลือละลายออกมาได้น้อย ดังนั้น ค่า EC 1:5 เมื่อเทียบกันเป็นความเข้มข้นของเกลือที่ละลายได้ในดินจะมากกว่าค่าที่ได้จาก  $\text{EC}_e$

ค่า  $\text{EC}_e$  เป็นค่าที่ได้เมื่อสถานะของดินต่อน้ำใกล้เคียงกับสภาพการอุ้มน้ำที่ความจุสนาม (field capacity) ซึ่งต่างกับค่า EC 1:5 ซึ่งใช้น้ำมากกว่าหลายเท่า ทำให้เปรียบเทียบกับสภาพของดินตามธรรมชาติไม่ได้ ดังนั้น ค่า  $\text{EC}_e$  จึงมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชมากกว่าค่า EC 1:5

หน่วยของค่า EC ที่นิยมใช้มี

- $\text{EC} \times 10^3 - \text{mS/cm}$  หรือ  $\text{dS/m}$
- $\text{EC} \times 10^6 - \mu\text{S/m}$

ค่า EC ของสารละลายเกลือจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น  $1^\circ\text{C}$  ดังนั้น อุณหภูมิมาตรฐานเมื่อรายงานค่า EC คือ  $25^\circ\text{C}$

### อุปกรณ์

1. เครื่องชั่ง
2. บีกเกอร์ขนาด 600 หรือ 1,000 มล.
3. spatula



คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์หดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์การนำไฟฟ้าของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 2/4

4. เครื่องอัดน้ำออกจากดิน (Baroid Press)
5. เครื่อง Electrical Conductivity meter
6. หลอดทดลองขนาด 40 มล.
7. กระจกตวง 25 มล.
8. แท่งแก้วคนสาร

#### สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐาน 0.01 M KCl : ละลาย KCl (ที่อบที่ 110 °C นานประมาณ 3 ชั่วโมง) 0.7456 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะเป็นสารละลายมาตรฐานมีค่าการนำไฟฟ้าที่ 25 °C 1.412 dS/m
2. สารละลายมาตรฐาน 0.1 M KCl : ละลาย KCl (ที่อบที่ 110 °C นานประมาณ 3 ชั่วโมง) 7.456 กรัม ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร สารละลายนี้จะเป็นสารละลายมาตรฐานมีค่าการนำไฟฟ้าที่ 25 °C 12.88 dS/m

#### วิธีเตรียมตัวอย่าง

1. ทำให้ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated paste) แล้วสกัดสารละลายออกโดยใช้เครื่องปั๊มสุญญากาศ
2. ทำให้อยู่ในรูปสารละลาย โดยใช้ดินในอัตราส่วน ดิน:น้ำ ตามที่ต้องการ เช่น 1:5

#### วิธีทำ

##### 1. การสกัดดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ

ใส่ดินในบีกเกอร์ปริมาณ 400 – 500 กรัม ค่อย ๆ เทน้ำกลั่นลงไปดิน และกวนจนดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำจะมีผิวมัน สะท้อนแสง และเมื่อใช้ spatula ตักขึ้นมาแล้วเทกลับดินจะค่อย ๆ ไหลลง โดยไม่เหลือติด spatula (ในดินเหนียว) เมื่อทำการกวนจนดีแล้ว ทิ้งไว้ค้างคืน ตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งก่อนนำไปอัดน้ำออกจากดิน ถ้าดินแห้งแข็งให้เติมน้ำลงไปอีกแล้วกวนให้เข้ากันอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีน้ำอยู่บนหน้าดิน ให้เติมดินเพิ่ม กวนจนแน่ใจว่าดินอิ่มตัวด้วยน้ำพอดีนำไปสกัดด้วยเครื่องอัดน้ำออกจากดิน แล้วจึงนำสารละลายที่ได้มาวัดค่า  $EC_c$  ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity meter โดยใช้สารละลายมาตรฐาน KCl 0.01 M หรือ 0.1 M ปรับค่าคงที่ (cell constant) ของเครื่อง Electrical Conductivity meter ที่ 25 °C จะมีค่า = 1.412 dS m<sup>-1</sup> หรือ 12.88 dS m<sup>-1</sup>

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์การนำไฟฟ้าของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 3/4

## 2. การสกัดในอัตราส่วน ดิน : น้ำ = 1 : 5

ชั่งดิน 4 กรัม ใส่ในหลอดทดลองขนาด 40 มล ใส่ น้ำ 20 มล คนให้เข้ากันด้วยแท่งแก้ว เป็นระยะ ๆ นาน ½ ชั่วโมง หลังจากนั้นตั้งทิ้งไว้ ½ ชั่วโมง แล้วจึงนำไปอ่านค่า EC โดยเครื่อง Electrical Conductivity meter โดยใช้สารละลายมาตรฐาน KCl 0.01 M หรือ 0.1 M ปรับค่าคงที่ (cell constant) ของเครื่อง Electrical Conductivity meter ที่ 25 °C จะมีค่า = 1.412 dS m<sup>-1</sup> หรือ 12.88 dS m<sup>-1</sup>

## 3. การคำนวณ

ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายสูงขึ้นประมาณ 2% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C เครื่องมือวัดที่ไม่สามารถคำนวณแปลงค่าที่วัดได้เป็นค่าที่อุณหภูมิ ควรวัดอุณหภูมิสารละลายแล้วคำนวณเป็นค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C ตามสมการ

$$EC_{25} = EC_t / [1 + 0.02(t - 25)]$$

เมื่อ  $EC_{25}$  = ค่าการนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 25 °C

$EC_t$  = ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดได้ที่อุณหภูมิ t °C

t = อุณหภูมิ (°C)

## 4. การแปลผล

ตารางที่ 1 การแปลผลค่า EC ดินอิมตัวด้วยน้ำ ที่ 25° C

dS m <sup>-1</sup>	ระดับความเค็ม	ความสัมพันธ์กับพืช
0 - 2	ไม่เค็ม	ไม่มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืช
2 - 4	เค็มน้อยมาก	อาจมีผลกระทบต่อผลผลิตของพืชที่ sensitive ต่อความเค็ม
4 - 8	เค็มปานกลาง	เป็นอุปสรรคต่อพืชหลายชนิด
8 - 16	เค็มจัด	เป็นอุปสรรคต่อพืชส่วนมาก เฉพาะพืชทนเค็มที่เติบโตได้
>16	เค็มจัดมาก	เป็นอันตรายต่อพืชทุกชนิด ยกเว้นพืชบางชนิด เช่น หญ้าทนเค็ม เป็นต้น

ที่มา: Beck, 1999; Bower และ และ Wilcox , 1965; Jackson, 1958

คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ พีช	เรื่อง วิเคราะห์การนำไฟฟ้าของดิน	
	เอกสารเลขที่ OSD-03	ปรับปรุงครั้งที่ 01 ฉบับที่ 01
	วันที่บังคับใช้ 1 ตุลาคม 2553	หน้าที่ 4/4

**ตารางที่ 2** การแปลผลค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่ได้จากการวัดด้วยอัตราส่วน 1:5 ตามประเภทของเนื้อดิน ณ อุณหภูมิอ้างอิง 25° C

ระดับความเค็ม	ค่าการนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่เนื้อดินต่างๆ				
	ทราย/ร่วนปนทราย	ร่วน	ร่วนปนเหนียว	ค่อนข้างเหนียว	เหนียวจัด
ไม่เค็ม	<0.15	<0.17	<0.25	<0.30	<0.40
เค็มน้อยมาก	0.16 – 0.30	0.18 – 0.35	0.26 – 0.45	0.31 – 0.60	0.41 – 0.80
เค็มปานกลาง	0.31 – 0.60	0.36 – 0.75	0.46 – 0.90	0.61 – 1.15	0.81 – 1.60
เค็มจัด	0.61 – 1.20	0.76 – 1.50	0.91 – 1.75	1.16 – 2.30	1.61 – 3.20
เค็มจัดมาก	>1.20	>1.50	>1.75	>2.30	>3.20

ที่มา : Patterson, 2001

## 6. ข้อสังเกต

1. EC และ  $EC_e$  ของตัวอย่างเดียวกันจะให้ค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณเกลือที่ละลายออกมาจากดินไม่เท่ากัน ในการวัด EC ในอัตราส่วน ดิน:น้ำ 1:5 ปริมาณน้ำที่มากอาจจะละลายเกลือออกมาได้เกือบหมด แต่  $EC_e$  จะใช้น้ำน้อยกว่า EC 1:5 ทำให้มีเกลือละลายออกมาได้น้อย ดังนั้น ค่า EC 1:5 จะมากกว่าค่าที่ได้จาก  $EC_e$

2. ค่า EC ของสารละลายเกลือจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิของสารละลายเพิ่มขึ้น โดยจะเพิ่มขึ้นประมาณ 2 % เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C ดังนั้น อุณหภูมิมาตรฐานเมื่อรายงานค่า EC คือ 25 °C

## 7. เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน. 2540. คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ.

กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 59 หน้า.

Beck, R. 1999. Soil Analysis Handbook of Reference Methods. Soil and Plant Analysis Council, Inc. CRC Press, USA. 247 p.

Bower, C.A. and L.V. Wilcox. 1965. Soluble salts. pp 933-951. In Methods of Soil Analysis Part 2. C.A. Black (ed). American Society of Agronomy Inc., Publisher. USA.

Jackson, M.L. 1958. Soil chemical analysis. Prestige – Hall, Inc., New York. 498 p.

Soil Survey Laboratory Staff. 1992. Reaction (pH). pp 274-276. In Soil Survey Laboratory Method Manual. Soil Survey Investigations report No. 42, V.2.0.