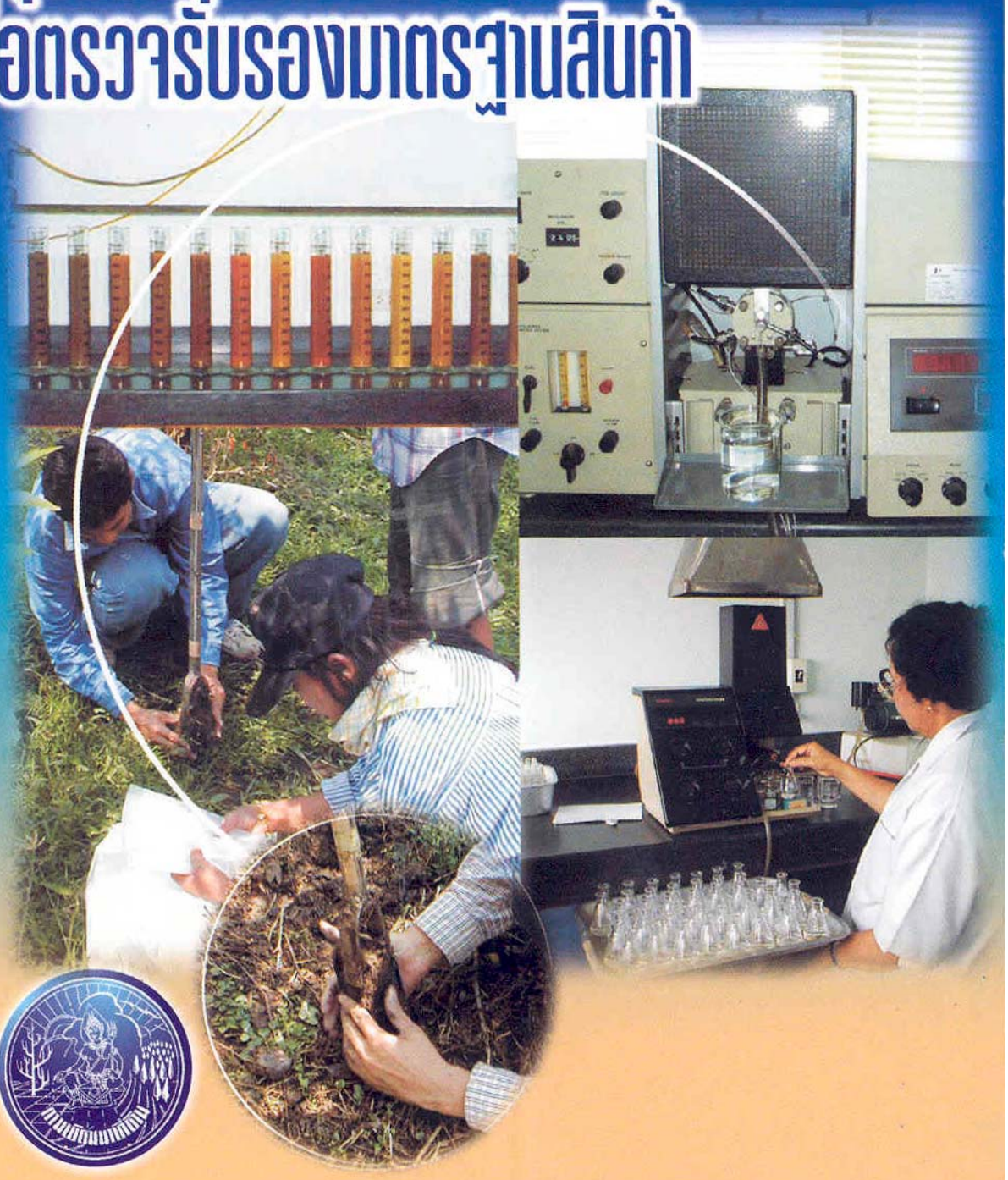
คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า



สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน 2547

2

คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน 2547

คำนำ

คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้านี้ จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับรุงดิน ในสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน และกลุ่มวิเคราะห์ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขตต่างๆ ให้มีการวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานเดียวกัน โดยมีการแบ่งเนื้อหาออกเป็น 2 เล่ม 6 ส่วน คือ

เล่มที่ 1

ส่วนที่ 1 กายภาพดิน

ส่วนที่ 2 เคมีดิน

เล่มที่ 2

ส่วนที่ 3 สิ่งแวดล้อมดิน

ส่วนที่ 4 พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน

ส่วนที่ 5 มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร

ส่วนที่ 6 วิทยบริการ

การรวบรวมคู่มือวิเคราะห์ที่ใช้ปฏิบัติงานในส่วนฯ ต่างๆ ของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินเข้าด้วยกันนี้เป็นการรวบรวมครั้งแรกจึงอาจจะมีข้อผิดพลาดหลายประการ หากผู้ใช้คู่มือนี้พบข้อผิดพลาดต่างๆ กรุณาส่งข้อผิดพลาดดังกล่าวมายังผู้ประสานงานเพื่อการแก้ไขต่อไป

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดินหวังว่าคู่มือเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์ และงานวิจัยในห้องปฏิบัติการของกรมพัฒนาที่ดิน

นายณรงค์ ชินบุตร

ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน

กันยายน 2547

สารบัญ

	หน้า
การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งในน้ำ	14
การวิเคราะห์ความขุ่น (Turbidity)	18
การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรทไอออน	22
การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส	28
การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียม	34
การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม (Ca, Mg)	40
การวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียม (Al)	45
การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์	50
การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตไอออนในน้ำ	55
การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอเนต-ไบคาร์บอเนตในน้ำ	60
การวิเคราะห์ปริมาณโลหะต่างๆ ในน้ำโดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrometry	65
มาตรฐานคุณภาพน้ำ	74
ส่วนที่ 4 พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน	79
การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน	81
การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช	82
น้ำหนักแห้ง (Dry weight)	86
ไนโตรเจน (Total N)	88
การเตรียมตัวอย่างพืชในรูปสารละลาย (aliquot)	95
ฟอสสอรัส (Total P)	99
โพแทสเซียม (Total K)	104
โซเดียม (Total Na)	107
กำมะถัน (Total S)	110
คลอไรด์ (Total Chloride)	114

สารบัญ

	หน้า
อะลูมินัม (Total Aluminum)	118
การตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์กับการวิเคราะห์ที่จำเป็น	123
การสุ่มตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างปุ๋ย	126
อินทรียคาร์บอน (Total C)	128
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	132
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)	134
การตรวจสอบขนาดของวัสดุจำพวกปูน	137
ความชื้นวัสดุจำพวกปูน และปุ๋ยอินทรีย์	141
การวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืชและปุ๋ย โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปคโทรสโกปี	144
การวิเคราะห์ Fe, Mn, Zn, Cu ในพืชและปุ๋ย โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปคโทรสโกปี	149
การวิเคราะห์แคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ในปูน	152
การวิเคราะห์ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตในปูน	155
การวิเคราะห์สิ่งเจือปนในปุ๋ยอินทรีย์	160
การวิเคราะห์ยิปซัมในปูน	164
ภาคผนวก	165
ส่วนที่ 5 มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร	**173**
วิธีเก็บตัวอย่าง	175
ขั้นตอนการส่งตัวอย่าง	177
ขั้นตอนการประเมินผลวิเคราะห์	180
รายการวิเคราะห์ตัวอย่างสินค้าพอสังเขป	181
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	183
ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)	186

สารบัญ

	หน้า
การหาความชื้นโดยการอบแห้ง (Oven-dried method)	189
การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง	192
การตรวจสอบขนาดอนุภาค	195
การตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช	197
ส่วนที่ 6 วิทยบริการ	**203**
การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อการวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่	205
วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างและความต้องการปูนของดิน	211
วิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน	224
วิธีสกัดดินด้วยสารละลาย Double Acid (DA)	228
วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P)	231
วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม (K^{+})	239
วิธีวิเคราะห์แคลเซียม (Ca^{+2})	246

สารบัญตาราง

เล่มที่ 1 **หน้า**

ตารางที่

1.1 ตัวอย่างการคำนวณหาการกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธี Hydrometer สมมุติ ชั่งดิน 50 g ล้างอินทรียวัตถุแล้วเหลือน้ำหนักดิน 40.00 g 14

1.2 การจำแนกอนุภาคเดี่ยวขนาดโตตามระบบกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา 19

1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินและการอุ้มน้ำของดินที่สภาวะต่างๆ (% ความชื้นโดยน้ำหนัก) 23

2.1 ปริมาณความต้องการปูนโดยวิธีสารละลายบัฟเฟอร์ของ Woodruff 75

2.2 ความต้องการปูนโดยวิธีอะลูมินัมแลกเปลี่ยนได้ 78

เล่มที่ 2

3.1 แนวทางสำหรับแปลค่าวิเคราะห์โซเดียมและโพแทสเซียมในน้ำเพื่อการเกษตร 38

3.2 แนวทางสำหรับแปลค่าวิเคราะห์คลอไรด์ในน้ำเพื่อการเกษตร 53

3.3 ช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ 68

3.4 ค่าสูงสุดของโลหะต่างๆ ที่แนะนำให้มีได้ในน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช 72

3.5 การกำหนดคุณภาพน้ำที่ใช้ในการบริโภคและการเพาะปลูก 76

6.1 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH_w 1:1) 215

6.2 ช่วงของความเป็นกรด-ด่าง ของดินที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และแนวทางแก้ไขปรับปรุงดิน 216

6.3 pH กับชนิดและปริมาณปูนที่ต้องการใช้เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดิน 220

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
6.4	ค่า $EC_{1:5}$ โดยประมาณที่แปลงจาก EC_{se} จัดเป็น 4 ช่วง ของปริมาณดิน เหนียว (Peverill et al., 1999) และผลกระทบ ที่จะทำให้ผลผลิตพืชลดลง 10% (Mass and Hoffman,1997)	225
6.5	การใช้ Hand diluter	233
6.6	หลักการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA (ดินทราย)	235
6.7	หลักการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA (ดินเหนียว)	236
6.8	เนื้อดินกับสัดส่วนที่ใช้ในการทำให้สารละลายที่สกัดได้เจือจาง	241
6.9	หลักการประเมินปริมาณโพแทสเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA	243
6.10	เนื้อดินกับสัดส่วนที่ใช้ในการทำให้สารละลาย ที่สกัดได้เจือจาง	248
6.11	หลักการประเมินแคลเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย (DA)	250

สารบัญตารางผนวก

ตารางผนวกที่	หน้า
4.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากพืชชนิดต่างๆ	165
4.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากสัตว์ชนิดต่างๆ	167
4.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ	168
4.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดชนิดต่างๆ	169
4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากสัตว์	170

สารบัญภาพ

เล่มที่ 1 **หน้า**

ภาพที่

1.1 ไดอะแกรมสามเหลี่ยมแจงประเภทเนื้อดิน ตามระบบของกระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา 15

2.1 แสดงการแบ่งแปลงเก็บตัวอย่างดินตามลักษณะความแตกต่างของพื้นที่ 50

2.2 แสดงจำนวนหลุมที่เจาะเก็บตัวอย่างดินในหนึ่งแปลง 52

เล่มที่ 2

6.1 แสดงจำนวนหลุมที่เจาะเก็บตัวอย่างใน 1 แปลง 208

6.2-6.6 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน 209

6.7 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง 214

6.8 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH และความต้องการปูน LR) 222

6.9 เครื่องวัด Electrical Conductivity (EC) 225

6.10 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน ($EC_{1:5}$) 226

6.11 เครื่อง Spectrophotometer 234

6.12 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P) 237

6.13 เครื่อง Microprocessor Ion Analyzer (MIA) 240

6.14 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม (K^{+}) 244

6.15 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์แคลเซียม (Ca^{+2}) 251

คำย่อ

mm	มิลลิเมตร
cm	เซนติเมตร
mg	มิลลิกรัม
g	กรัม
kg	กิโลกรัม
L	ลิตร
mL	มิลลิลิตร
g cm^{-3}	กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
ds m^{-1}	เดซิซีเม็น/เมตร
˚c	องศาเซลเซียส

หมายเหตุ : ได้เปลี่ยนหน่วย ส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็น mg L^{-1} หรือ mg kg^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหา

ส่วนที่ 3
สิ่งแวดล้อมดิน

การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาต้องเป็นตัวแทนของน้ำทั้งหมดที่ต้องการศึกษาหรือวิเคราะห์ เพื่อทราบคุณภาพเวลาเก็บตัวอย่างจะต้องพิจารณาถึงชนิดและแหล่งน้ำ ว่าเป็นชนิดใดน้ำดี หรือ น้ำเสีย เก็บตัวอย่างจาก แม่น้ำลำธาร อ่างเก็บน้ำ หรือบ่อน้ำ และจะต้องมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันออกไป ข้อบกพร่องของการวิเคราะห์ต่าง ๆ อาจเกิดได้เพราะเนื่องจากการเก็บตัวอย่างไม่ดีพอ

ข้อบกพร่องของผลวิเคราะห์ต่าง ๆ อาจไม่ได้เกิดจากความผิดพลาดของเทคนิคที่ใช้แต่เกิดจากการเก็บตัวอย่างน้ำที่ไม่ดีพอ ตัวอย่างน้ำที่ดีควรเป็นตัวแทนของน้ำที่จะศึกษา ตัวอย่างน้ำที่จะเก็บมาอาจจะเก็บแบบตัวอย่างแยก (Grab sample) หรือ แบบตัวอย่างรวม (Composite samples) ก็ได้แล้วแต่ชนิดของน้ำ และดุลยพินิจของผู้เก็บ ข้อสำคัญขอให้ได้ตัวอย่างน้ำที่เป็นตัวแทนของน้ำนั้นจริง ๆ

ตัวอย่าง ตัวอย่างแยก คือ ตัวอย่างน้ำที่เก็บมาและแยกวิเคราะห์เป็นตัวอย่าง ๆ ไป อาจจะเก็บบ่อย หรือนาน ๆ เก็บครั้งก็ได้ ตัวอย่างแยกมักใช้กับน้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพช้า หรือ คุณภาพคงที่ เช่น น้ำในแม่น้ำใหญ่ ๆ ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงช้า การเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียวในวันหนึ่งก็เป็นการพอเพียง หรือน้ำในบ่อลึก ซึ่งมักจะมีคุณภาพคงที่ การเก็บตัวอย่างเพียงครั้งเดียว (a single grab sample) จะบอกสภาวะของน้ำในบ่อนั้นได้ น้ำที่มีการเปลี่ยนแปลงของสารในเวลา 24 ชั่วโมง จะต้องใช้ตัวอย่างแยกในช่วงเวลาต่าง ๆ ตามแต่จะกำหนด

ปริมาณ ในการตรวจหาสมบัติของน้ำทางกายภาพ และเคมีควรใช้ปริมาณอย่างน้อย 1-2 ลิตร ข้อควรจำ คือ จะต้องไม่ใช้ตัวอย่างน้ำนี้มาทำการตรวจทางแบคทีเรีย เพราะวิธีที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำแตกต่างกัน ขวดที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำควรเป็นขวดที่ทำด้วยสารเฉื่อย คือไม่เกิดปฏิกิริยากับสารที่มีในน้ำ เช่น ขวดพลาสติก ข้อสำคัญต้องล้างให้สะอาดก่อนนำมาใช้ เมื่อจะเก็บตัวอย่างน้ำจะ ต้องล้างขวดด้วยน้ำตัวอย่าง 2-3 ครั้ง

ทุกคราวไป

เวลา เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำมาแล้วควรทำการวิเคราะห์ให้เร็วที่สุด เพราะส่วนประกอบของตัวอย่างน้ำอาจจะเปลี่ยนไป เนื่องจากการเติบโตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ (organism) ซึ่งความผิดพลาดข้อนี้อาจลดให้น้อยลงได้โดยเก็บตัวอย่างน้ำไว้ในที่มืด และอุณหภูมิต่ำ (4 ^{O}C) จนถึงเวลาที่จะวิเคราะห์ สำหรับกรณีที่ยังทำการวิเคราะห์ไม่ได้ (กรรณิการ์, 2522)

ข้อควรปฏิบัติทั่ว ๆ ไปในการเก็บตัวอย่างน้ำ

1. ภาชนะ

ภาชนะที่ใช้เก็บตัวอย่างน้ำควรเป็นภาชนะที่ทำด้วยวัสดุเฉื่อย (Inert Material) เช่น แก้ว Pyrex พลาสติก (Plastic) Polyethylene หรือพวกยางแข็ง (Hard Rubber) เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้ คือ ขวดพลาสติก เพราะเบาและราคาถูก ขนส่งสะดวก แต่ถ้าเป็นขวดแก้ว Pyrex ก่อนใช้ควรล้างด้วย cleaning solution (เตรียมโดยเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นลงไปในสารละลายโพแทสเซียม ไดโครเมทอิ่มตัว 35 mL จนได้หนึ่งลิตร) สำหรับขวดพลาสติกควรล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก 6 นอร์มอลถึงเข้มข้น ขึ้นอยู่กับว่าขวดสกปรกมากน้อยเพียงไร และล้างด้วยน้ำจนสะอาด จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นอีก 2-3 ครั้ง จุกขวดที่ใช้ไม่ควรทำด้วยโลหะ เพราะจะเกิดการกัดกร่อนได้ง่าย ควรเป็นจุกพลาสติก หรือ polyethytene

2. ฉลาก

ควรเขียนฉลากหรือป้ายติดที่ขวดตัวอย่างให้เรียบร้อย มีรายละเอียดบอกชื่อผู้เก็บ เวลา สถานที่ ระดับความลึก อุณหภูมิ และวันเดือนปีที่เก็บตัวอย่าง

3. ถ้าต้องการวิเคราะห์พวกอนุมูลประจุบวก (cation) อาทิ เช่น ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) ตะกั่ว (Pb) แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) จะต้องแยกขวดเก็บตัวอย่างต่างหากอีกขวดหนึ่ง และเติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น หรือ กรดไนตริก (HNO_3) เข้มข้นลงไปประมาณ 2 mL ต่อตัวอย่างน้ำ 100 mL เพื่อป้องกันการตกตะกอนของไอออน (Ion) และป้องกันการสูญเสียโดยดูดซึม (Adsorb)

หรือเพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนของไอออน (Ion Exchange) ในตัวอย่างน้ำและไอออนจากผิวภาชนะ

4. ถ้าเป็นตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำลำธาร อ่างเก็บน้ำ หรือบ่อน้ำ ควรเก็บตัวอย่างน้ำจากผิวจนถึงก้นแม่น้ำตรงใจกลางแม่น้ำ หรืออ่างเก็บน้ำ แล้วนำมารวมกัน หรือมิฉะนั้นควรบอกว่าเก็บตัวอย่างที่ความลึกเท่าใด ห่างจากฝั่งเพียงใด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการศึกษา เพราะเนื่องจากค่าวิเคราะห์ที่ได้จะแปรผันไปตามความลึก อัตราการไหล และระยะห่างจากฝั่ง

5. เมื่อเก็บตัวอย่างน้ำได้แล้ว ควรรีบส่งวิเคราะห์ทันที หรือถ้ายังไม่สามารถจะส่งได้ก็ควรเก็บรักษาตัวอย่างไว้ในที่เย็น อุณหภูมิประมาณ 4 ˚C ระยะเวลานานที่สุดที่เก็บตัวอย่างน้ำไว้เพื่อวิเคราะห์ทางเคมีและกายภาพ กำหนดไว้ดังนี้

น้ำสะอาด (unpolluted water)	72	ชั่วโมง
น้ำค่อนข้างสกปรก (slightly polluted water)	48	ชั่วโมง
น้ำสกปรก (polluted water)	24	ชั่วโมง

วิธีเก็บตัวอย่างน้ำในตู้เย็นที่อุณหภูมิใกล้หรือต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง เป็นการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำที่ดีที่สุดในปัจจุบัน แต่ไม่สามารถรักษาคุณภาพของส่วนประกอบทุกชนิดของตัวอย่างน้ำได้

6. ตัวอย่างน้ำที่วิเคราะห์ต้องเก็บมาให้เต็มขวด (ขนาด 1 ลิตร) ระหว่างทำการเก็บตัวอย่างต้องไม่ให้อากาศเข้าข้างในขวด และระวังอย่าให้มีฟองอากาศเกิดขึ้น (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครกและการวิเคราะห์. พิมพ์ที่ บริษัท สารมวลชน จำกัด กรุงเทพฯ. 387 น.

กองวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) (โดย Electrometric Method)

บทนำ

การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง เป็นการวิเคราะห์ความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออน (H^+) ในน้ำ ซึ่งสามารถแสดงค่าให้สะดวกต่อการนำไปใช้ โดยคำนวณเป็นค่าลบของ log ไฮโดรเจนไอออนที่มีความเข้มข้นเป็นโมล/ลิตร ดังสมการ

$$pH = - \log [H^+] \quad (1)$$

ในน้ำบริสุทธิที่ 22 ˚C ปริมาณไฮโดรเจนไอออนจะมีค่าเท่ากับปริมาณไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) คือ 1.0×10^{-7} โมล/ลิตร หรือ pH = 7 จากการคำนวณ pH ด้วย log ฐาน 10 ดังนั้นเมื่อ pH เปลี่ยนไป 1 หน่วย แสดงว่าความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนเปลี่ยนไป 10 เท่า

pH เป็นค่าที่แสดงว่าน้ำนั้นเป็นกรด หรือเป็นด่าง เป็นตัวแปรที่ใช้ประเมินคุณภาพน้ำในเบื้องต้น ว่าน้ำนั้นผิดปกติหรือไม่ pH มีค่าอยู่ระหว่าง 1 ถึง 14 ถ้า pH มีค่าน้อยกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีความเป็นกรด ถ้า pH มีค่ามากกว่า 7 แสดงว่าน้ำนั้นมีความเป็นด่าง ค่า pH ปกติที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชมีค่าระหว่าง 6.0 ถึง 8.5 ถ้า pH มีค่านอกเหนือจากนี้ก็อาจใช้ในการเพาะปลูกได้ แต่อาจมีปัญหาอื่นตามมา เช่น ปัญหาความสมดุลของธาตุอาหารพืช ความเป็นพิษของธาตุบางธาตุที่ละลายอยู่ในน้ำ หรือเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ไม่พึงประสงค์ เช่น การตกตะกอนของแคลเซียมคาร์บอเนตหรือเกิดสนิมเหล็ก ที่ทำให้ระบบการให้น้ำแก่พืชอุดตันได้ (Ayers and Wescot, 1985) น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่า 0.2 dS m^{-1} อาจมีค่า pH อยู่นอกช่วงปกติ เนื่องจากน้ำนั้นมีสมบัติในการต้านทานความเปลี่ยนแปลง (Buffering capacity) ต่ำ ซึ่งควรวิเคราะห์ตัวแปรอื่น ๆ ประกอบเพื่อประเมินคุณภาพของน้ำ โดยทั่วไปแล้วน้ำที่มีสมบัติเช่นนี้จะมีปัญหาน้อย แต่อาจเกิดการกัดกร่อนเครื่องมือที่ให้น้ำแก่พืช และมีแนวโน้มที่จะชะละลายแร่ธาตุออกจากหน้าดิน (อรทัย, 2546)

หลักการ

การวัด pH คือ การวัดสภาพความเป็นกรดหรือเป็นด่างของสารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย โดยวัดความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโทรดอ้างอิง (Reference Electrode) กับอิเล็กโทรดตรวจวัด (Sensing Electrode) ความต่างศักย์ที่ได้เกิดขึ้นจากจำนวนของไฮโดรเจนไอออน (H^+) อิเล็กโทรดจะเปลี่ยนความต่างศักย์ที่เกิดจากไอออนให้เป็นความต่างศักย์ไฟฟ้า แล้วขยายให้มีความต่างศักย์สูงขึ้นด้วยเครื่องวัด pH (มั่นสิน, 2543)

เครื่องมือ

1. pH meter, combination electrode
2. Beaker
3. เครื่องกวนแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)

สารเคมี

1. Buffer Solution pH 4 (0.05 N $KHC_5H_4O_4$)

ละลาย 10.1200 g ของ Anhydrous Potassium Hydrogen Phthalate ($KHC_5H_4O_4$ โดยการอบสารที่อุณหภูมิ 110-130 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน desiccator ละลายสารเคมีด้วยน้ำกลั่นและทำให้เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น)

2. Buffer Solution pH 7

ละลาย 1.3610 g ของ Anhydrous Potassium Dihydrogen Phosphate (KH_2PO_4) และ 1.4200 g ของ Anhydrous Disodium Hydrogen Phosphate (Na_2HPO_4) (อบสารเคมีทั้งสองที่อุณหภูมิ 110-130 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator) ละลายสารเคมีด้วยน้ำกลั่น และทำให้เป็นหนึ่งลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. Buffer Solution pH 9 (0.01 N $Na_2B_2O_7.10H_2O$)

ละลาย 3.8000 g ของ Sodium Tetraborate Decahydrate ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 1 ลิตร

วิธีวิเคราะห์ (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

1. ต่อ Combinatiion electrode เข้ากับ pH meter เพื่อให้ครบวงจร
2. ปรับเครื่อง pH ด้วย Buffer Solution หลังอุ่นเครื่องไว้ประมาณ 30 นาที จะใช้ช่วง Buffer ช่วงใดขึ้นอยู่กับ pH ของตัวอย่าง
3. จุ่ม electrode ลงในน้ำตัวอย่าง
4. ค่าที่วัดได้เป็นค่าความเป็นกรดเป็นด่างของตัวอย่าง

การแปลผล

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ที่เหมาะสำหรับการเกษตรมีค่าระหว่าง 6.0-8.5

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. ปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 461 น.

อรทัย ศุกรียพงศ์. 2546. การแปลผลข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 40 น.

การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า
(Electrical Conductivity, EC)

บทนำ

ค่าการนำไฟฟ้า (EC) เป็นตัวแปรสำคัญที่แสดงถึงปริมาณไอออนของธาตุต่าง ๆ ซึ่งละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นการวัดค่าการนำไฟฟ้าจึงเป็นการวัดปริมาณไอออนที่เคลื่อนที่ระหว่างขั้วบวก และขั้วลบ ซึ่งหมายถึงการวัดปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำนั่นเอง ค่าการนำไฟฟ้าจึงขึ้นกับปริมาณความเข้มข้น ชนิดและไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำ และค่าการนำไฟฟ้านี้จะแปรผันตามอุณหภูมิ น้ำที่มีเกลือละลายอยู่ในปริมาณมากย่อมไม่เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการเพาะปลูกพืช เนื่องจากทำให้เพิ่มความดันออสโมติกในสารละลายดิน เกิดภาวะแห้งแล้งทางสรีระของพืช แม้ว่าดินจะมีความชื้นก็ตาม เมื่อพืชคายน้ำในปริมาณที่มากกว่าน้ำที่ดูดขึ้นจากรากทำให้พืชเหี่ยว ใบมีสีเข้ม สีเขียวน้ำเงิน บางครั้งใบหนาหรือเหมือนมีขี้ผึ้งเคลือบใบ อาการจะผันแปรตามระยะการเจริญเติบโตและชนิดของพืช พืชจะชะงักการเจริญเติบโตซึ่งในบางครั้งไม่สามารถสังเกตเห็นได้เนื่องจากมีอัตราเจริญเติบโตลดลงทั่วทั้งแปลง พืชแต่ละชนิดทนต่อความเค็มได้ไม่เท่ากัน (อรทัย, 2546)

หลักการ

การวัดค่าการนำไฟฟ้าเป็นการวัดความสามารถของน้ำที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้น ชนิด หรือไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำและแปรผันไปตามอุณหภูมิ การนำไฟฟ้ามีหน่วยเป็น S m^{-1} (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

เครื่องมือ

1. Electrical Conductivity Bridge
2. Specific Conductance Cell

สารเคมี

Standard Potassium Chloride Solution 0.01 N ละลาย 0.7456 g ของ Anhydrous Potassium Chloride (อบที่อุณหภูมิ 105-110 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทำให้เย็นใน Desiccator) ด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น ปรับสารละลายให้อยู่ที่อุณหภูมิ 25 °C จะวัดค่าการนำไฟฟ้าได้ 1.4118 dS m^{-1}

วิธีวิเคราะห์

1. ต่อ Specific Conductance Cell กับ Electrical Conductivity Bridge เพื่อให้ครบวงจร อุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที ตรวจ cell ด้วยน้ำยา Standard Potassium Chloride Solution 0.01 N ที่ 25 ± 0.1 °C จะได้ค่าเท่ากับ 1.4118 dS m^{-1} แสดงว่าเครื่องถูกต้องและใช้งานได้

2. วัดค่า EC จากตัวอย่างน้ำ

การแปลผล

น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 0.7 dS m^{-1} จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาความเป็นพิษอันเนื่องมาจากความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 0.7-3.0 dS m^{-1} ทำให้พืชที่ไวต่อความเค็มมีการเจริญเติบโตลดลง ถ้าน้ำมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 3.0 dS m^{-1} ถือว่าเป็นข้อจำกัดของการใช้น้ำอย่างรุนแรง ถ้าน้ำใต้ดินในพื้นที่เพาะปลูกพืชมีความเค็ม และระดับน้ำตื้น (น้อยกว่า หรือประมาณ 2 เมตร จากผิวดิน) อาจทำให้เกลือสะสมบนผิวดิน ในกรณีนี้การควบคุมระดับน้ำใต้ดินจึงมีความสำคัญ (อรทัย, 2546)

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. ปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

อรทัย ศุกรียพงศ์. 2546. การแปลผลข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 40 น.

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งในน้ำ

บทนำ

ปริมาณของแข็งในน้ำ หมายถึง สารทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำ รวมทั้งรูปที่ละลายได้ และแขวนลอยในน้ำ ปริมาณของแข็งในน้ำเป็นสาเหตุของความขุ่น ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน สามารถแบ่งของแข็งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total residue, TR)

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Dissolved Solid, TDS)

ปริมาณของแข็งแขวนลอย (Total Solid, TS)

(กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด ตัวอย่างน้ำที่ผสมกันดีใน beaker ที่ทราบน้ำหนักจะถูกนำไประเหยและอบที่อุณหภูมิ 103-105 ˚C ทำให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักส่วนที่เพิ่มคือน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดในน้ำ

การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C ใน beaker ที่ทราบน้ำหนักแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 ˚C ทำให้เย็นแล้วชั่งน้ำหนัก น้ำหนักที่เพิ่มคือน้ำหนักของของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (มั่นสิน, 2543)

เครื่องมือ

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical Balance)
2. เครื่องแก้ว
3. กระดาษกรองชนิด GF/C (glass micro fiber)
4. เตาอบไฟฟ้า

วิธีวิเคราะห์

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TR)

1. อบ beaker แก้ว ขนาด 150 mL ที่อุณหภูมิ 103-105 °C ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนัก beaker ทำเช่นนี้หลายครั้งจนได้น้ำหนักคงที่ของ beaker

2. เขย่าตัวอย่างน้ำให้เข้ากันดี และตวงมา 100 mL ใส่ลงใน beaker ที่มีน้ำหนักคงที่จากข้อ (1) นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C จนน้ำใน beaker แห้งสนิท ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักของ beaker ที่มีของแข็ง

การคำนวณ

ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TR) = $(B-A)*10^6/C$ mg L^{-1}

เมื่อ A = น้ำหนักของ beaker g

B = น้ำหนักของ beaker + ของแข็ง g

C = ปริมาตรตัวอย่างน้ำ mL

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TDS)

1. หาน้ำหนักคงที่ของ beaker เช่นเดียวกับการหาค่า TR

2. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองชนิด GF (glass micro fiber) หรือ centrifuge ที่ 5,000 รอบ/นาที และตวงเอาแต่น้ำใสมา 100 mL ใส่ใน beraker นำไปอบที่อุณหภูมิ 103-105 °C จนน้ำใน beaker แห้งสนิท ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักของ beaker ที่มีของแข็ง

การคำนวณ

ปริมาณของแข็งที่ละลายได้

(TDS) = $(B-A) * 10^6 / D$ mg L^{-1}

เมื่อ A = น้ำหนักของ beaker g

B = น้ำหนักของ beaker + ของแข็งที่ละลายได้ g

D = ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่กรอง หรือ centrifuge mL

ปริมาณของแข็งแขวนลอย (TS)

$$TS = TR - TDS \qquad mg\ L^{-1}$$

การแปลผล

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำ (TDS) เป็นตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่แสดงถึงปริมาณเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำ สามารถใช้ค่า TDS เพื่อประเมินความเสี่ยงที่เกิดจากความเค็มของน้ำได้ ถ้าน้ำที่มี TDS มากกว่า 500 ถึง 2,000 mg L^{-1} แสดงว่าน้ำเริ่มมีปัญหาเรื่องความเค็ม และถ้าน้ำมีปริมาณของแข็งละลายอยู่มากกว่า 2,000 mg L^{-1} แสดงว่ามีปัญหาในเรื่องความเค็มอย่างรุนแรง (http://www.ext.colostate.edu)

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. ปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ. 98 น.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์ . 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 461 น.

http://www.ext.colostate.edu Irrigation Water Quality Criteria. 19/1/46.

การวิเคราะห์ความขุ่น (Turbidity)

บทนำ

ความขุ่น หมายถึง สิ่งแขวนลอยที่กั้นทางเดินแสงในน้ำ ความขุ่นของน้ำเกิดจากสิ่งแขวนลอยนานาชนิดที่มีขนาดแตกต่างกัน อาจเป็นพวกอินทรียสาร แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ๆ สิ่งเหล่านี้ ทำให้เกิดการกระจัด กระจาย (Scattered) และดูดซึม (Absorbed) ของแสงแทนที่จะปล่อยให้แสงผ่านไปเป็นเส้นตรง สิ่งแขวนลอยที่เป็นความขุ่นในน้ำจะเป็นสิ่งใดขึ้นอยู่กับการสัมผัสของน้ำที่ไหลผ่าน ดังนั้น จึงอาจกล่าวได้ว่าความขุ่นเป็นลักษณะสมบัติเฉพาะของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินมักไม่มีความขุ่น ความขุ่นสามารถสังเกตได้ง่าย น้ำขุ่นทำให้ไม่น่าใช้ จึงเป็นปัจจัยที่ตัดสินว่าผู้บริโภคต้องการใช้น้ำหรือไม่ และยังเป็นอุปสรรคต่อการฆ่าเชื้อโรคในการผลิตน้ำประปา เพราะเชื้อโรคอาจแฝงตัวหลบซ่อนอยู่กับอนุภาคที่ทำให้เกิดความขุ่นได้

ความขุ่นของน้ำวัดได้ 2 วิธี คือ วัดปริมาณแสงที่ส่องทะลุความขุ่น (Turbidimetry) หรือวัดปริมาณแสงที่กระทบความขุ่น และสะท้อนออกมาในทิศทางตั้งฉากกับลำแสง (Naphelometry) ความขุ่นในน้ำอาจมีหน่วยเป็น NTU (Naphelometric Turbidity Unit) เป็นหน่วยความขุ่นที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Naphelometer ส่วน JTU (Jackson Turbidity Unit) เป็นหน่วยความขุ่นที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า Jackson Turbidimeter ซึ่งวัดปริมาณแสงที่เหลือจากการส่องผ่านอนุภาคความขุ่น ไม่ว่าหน่วยวัดความขุ่นจะเป็นชนิดใดล้วนมีค่าเท่ากัน เนื่องจากได้มีการเปรียบเทียบให้มีค่าเท่ากับความขุ่นมาตรฐานซิลิกา (SiO_2) 1 mg ในน้ำ 1 ลิตรถือว่ามีความขุ่นเท่ากับ 1 หน่วยมาตรฐาน ในปัจจุบันนิยมใช้ Naphelometer มากกว่า เนื่องจากวัดความขุ่นได้ง่ายและสะดวก (มั่นสิน, 2543)

หลักการ

การวัดความขุ่นโดยเปรียบเทียบความเข้มแสงที่กระจัดกระจายของตัวอย่างกับของสารมาตรฐาน ภายใต้สภาวะเดียวกัน ความเข้มแสงที่กระจัด

กระจายมากก็จะมีความขุ่นมาก สารละลายมาตรฐานที่ใช้ คือ ฟอร์มาซีน-โพลิเมอร์ (Formazin Polymer) ประกอบด้วยสารละลาย 2 อย่าง คือ สารละลายไฮดราซีนซัลเฟต (Hydrazine Sulfate) กับสารละลายเฮกซาเมธิลลีนเตตระมีน (Hexamethylene Tetramine) (มั่นสิน, 2543)

สารเคมี (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

1. Stock Standard Turbidity Suspension (เก็บไว้ได้ ประมาณ 1 เดือน)

1.1 ละลาย 1.00 g ไฮดราซีนซัลเฟต $(NH_3)_2H_2SO_4$ ในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 mL

1.2 ละลาย 10 g เฮกซะเมทิลลีน เตตระมีน $(CH_2)_6N_4$ ในน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 100 mL

1.3 นำสารละลาย (1.1) และสารละลาย (1.2) อย่างละ 5 mL ผสมให้เข้ากันและทำเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 °C จะมีความขุ่น 400 NTU

2. Working Standard Turbidity Suspension

นำสารละลาย (1.3) มาทำเป็นสารละลายให้มีความขุ่น 0, 5, 10, 20, 30, 40 NTU และวัดค่าความขุ่นโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 420 nm และทำกราฟมาตรฐานจะได้เส้นตรงผ่านจุดเริ่มต้น

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. UV - VIS Spectrophotometer
2. Cuvette Cell
3. Magnetic Stirrer
4. Magnetic bar
5. Volumetric flask
6. Pipette
7. Beaker

วิธีวิเคราะห์

ตัวอย่างน้ำ เขย่าให้เข้ากัน และเทมาวัดโดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ นำค่าที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐานในข้อ 2 จะคำนวณค่าออกมาในหน่วย NTU

การคำนวณ

ค่าที่วัดได้จากเครื่อง	=	A	NTU
จำนวนเท่าของตัวอย่างน้ำที่ถูกเจือจาง	=	B	เท่า
ปริมาณความขุ่น	=	A x B	NTU

การแปลผล

ความขุ่นแปรผันตรงกับปริมาณสิ่งแขวนลอย จำพวกอินทรียสาร อนินทรียสาร แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ และการนำไฟฟ้าในน้ำ (มั่นสิน, 2543) ความขุ่นของน้ำไม่มีผลต่อการเพาะปลูก แต่น้ำที่ใช้ในการประมง จำพวกปลาความขุ่นไม่เกินอัตราสูงสุด 10 mg L^{-1} จำพวกหอยความขุ่นอัตราสูงสุดไม่เกิน 50 mg L^{-1} ถ้าสัตว์เลี้ยงเป็นอาหารความขุ่นอัตราสูงสุดไม่เกิน 100 mg L^{-1} (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

เอกสารอ้างอิง

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 461 น.

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

การวิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียและไนเตรทไอออน (NH_4 - N & NO_3 - N)

บทนำ

แอมโมเนียเกิดจากการย่อยสลายทางชีวภาพของสารอินทรีย์ไนโตรเจน ดังนั้นน้ำที่มีแอมโมเนีย จึงมักมีแนวโน้มว่าเป็นน้ำที่สัมผัสกับน้ำเสีย หรือน้ำสกปรก และอาจมีเชื้อโรค แอมโมเนียไนโตรเจนที่พบในน้ำธรรมชาติมีปริมาณไม่มากนักเมื่อเทียบกับที่พบในน้ำเสียชุมชน

วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจนมีหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

1. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน : วิธีเนสเลอไรเซชัน (Nesslerization)
2. วิธีฟีเนต (Phenate)
3. วิธีไทเทรต

การเลือกวิธีวิเคราะห์ มีหลักในการพิจารณาที่สำคัญ 2 อย่าง คือ ความเข้มข้นของแอมโมเนีย สิ่งรบกวนการวิเคราะห์ ถ้าเป็นน้ำธรรมชาติ น้ำดื่ม น้ำสะอาด ตลอดจนน้ำทิ้งของระบบบำบัดที่มีคุณภาพดี สามารถเลือกใช้วิธีเนสเลอร์ และวิธีฟีเนตโดยตรงได้ แต่ถ้ามีสิ่งรบกวนและต้องการความแน่นอนสูง ควรจะกลั่นตัวอย่างก่อนแล้วค่อยนำมาวิเคราะห์ต่อไป ส่วนน้ำเสีย หรือน้ำที่มีสิ่งรบกวนซึ่งมีปริมาณสูง ๆ ควรใช้วิธีกลั่นตัวอย่างก่อนแล้วไทเทรต ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะ 2 วิธีเท่านั้น คือ วิธีเนสเลอไรเซชัน และวิธีการไทเทรต สารประกอบไนโตรเจนที่สำคัญอย่างหนึ่งก็คือ ไนเตรท (NO_3) ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนเพื่อเป็นอาหารของคนและสัตว์ต่อไป ไนเตรทเกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตปล่อยของเสียซึ่งมีสารประกอบไนโตรเจนออกมาและเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง โปรตีนภายในสิ่งมีชีวิตจะถูกย่อยสลาย เปลี่ยนเป็นแอมโมเนีย ซึ่งพืชนำไปใช้ในการสร้างโปรตีนได้ ถ้ามีปริมาณมากเกินความต้องการ แอมโมเนียจะถูกออกซิไดส์โดยแบคทีเรียไปเป็นไนไตรต์และไนเตรทต่อไป ในน้ำผิวดินจะพบไนเตรทในปริมาณน้อย มักต่ำกว่า 1 mg L^{-1} และตัวอย่างสูงไม่เกิน 5

mg L^{-1} แต่สำหรับน้ำใต้ดินอาจมีไนเตรทสูงตั้งแต่ 0 - 1,000 mg L^{-1} ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิประเทศ ไนเตรทนอกจากเข้าสู่แหล่งน้ำจากการเน่าเปื่อยของสิ่งมีชีวิตแล้ว ยังมาจากปุ๋ยที่ใช้เพื่อการเกษตรกรรมและน้ำเสียอีกด้วย น้ำที่มีปริมาณไนเตรทสูงเกินไปอาจทำให้เด็กทารกเกิดโรค Methemoglobinemia ดังนั้นจึงกำหนดให้น้ำดื่มไม่ควรมีไนเตรทเกิน 10 mg L^{-1} (มั่นสิน, 2543)

หลักการ

เมื่อปรับ pH ให้ใกล้เคียง 9.5 ด้วยการใช้ผงแมกนีเซียมออกไซด์ แอมโมเนียมไนโตรเจนจะถูกกลั่นออกมาพร้อมกับไอน้ำ ถ้า pH สูงเกินไป สารอินทรีย์ไนโตรเจนและไซยาเนตที่มีอยู่ในน้ำจะถูกเปลี่ยน เป็นแอมโมเนีย แต่ถ้า pH ต่ำเกินไป แอมโมเนียจะถูกกลั่นออกมาไม่หมด แอมโมเนียที่ถูกกลั่นออกมาจะรวมกับกรดบอริกเกิดเป็นไอออนแอมโมเนีย (NH_4^+) และไอออนบอเรต ($H_2BO_3^-$) (มั่นสิน, 2543)

$$NH_3(aq) + H_3BO_3(aq) \rightarrow NH_4^+(aq) + H_2BO_3^-(aq)$$

ปริมาณแอมโมเนียวิเคราะห์ได้โดยการไทเทรตด้วยกรดแก่ ซึ่งจะรวมกับบอเรตไอออน (BO_3^-) ของสารละลายกรดบอริก (H_3BO_3) pH ของสารละลายจะลดลงจนเท่าค่าเริ่มต้น ดังนั้นปริมาณของกรดแก่ที่เติมลงไปสมดุลกับปริมาณแอมโมเนียที่มีจุดยุติ ดูได้จากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์จากสีเขียวเป็นสีม่วง

สารเคมี (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

1. Boric Acid Solution 4%

   ละลาย 40 g ของกรดบอริก (H_3BO_3) ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2. Mixed Indicator

   ละลาย 0.3 g โบรโมกรีซอลกรีน และ 0.2 g เมทิลเรด ใน 95% ของเอทานอล 400 mL สีของอินดิเคเตอร์จะเปลี่ยนเป็นสีแดงในสภาพของสารละลายกรด แต่จะเป็นสีน้ำเงินไปถึงสีเขียวในสภาวะที่สารละลายเป็นด่าง (ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลายด่าง)

3. Methyl Red Indicator 0.1%

ละลาย 0.1 g เมทิลเรด ในน้ำกลั่น 100 mL

4. Hydrochloric acid 0.01 N

เจือจาง 1 mL กรดไฮโดรคลอริก 37% ในน้ำกลั่น 1 ลิตร และต้องทำให้เป็นสารละลายกรดมาตรฐาน

5. Sodium Tetraborate ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)

6. Magnesium Oxide Powder

7. Devadar ' s Alloy

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Tecator Kjentec
2. Burette
3. Cylender
4. Volumetric pipette
5. Dropper
6. Erlenmeyer Flask 250 mL
7. Beaker
8. Tecator Tube

วิธีวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างมา 75 mL ลงในหลอดกลั่น (Tecator Tube) เติมแมกนีเซียมออกไซด์ลงไป 1 g นำหลอดกลั่นเข้าเครื่องกลั่น

2. ปิเปตต์สารละลายกรดบอริก 25 mL ลงในขวดก้นแบน ขนาด 250 mL หยดมิกซ์อินดิเคเตอร์ ลงไป 5 หยด สารละลายจะมีสีม่วงแดง นำไปรองรับจนได้สารละลายในขวดประมาณ 150 mL (ประมาณ 5 นาที) สารละลายที่รองรับจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวของแอมโมเนียมไอออน

3. นำหลอดกลั่นออกมาจากเครื่องแล้วเติม Davarda ' s Alloy ลงไป 1 g แล้วนำหลอดกลั่นเข้าเครื่องกลั่นอีกครั้ง

4. ปิเปตต์สารละลายกรดบอริก 25 mL ลงในขวดก้นแบน ขนาด 250 mL หยดมิกซ์อินดิเคเตอร์ลงไป 5 หยด สารละลายจะมีสีม่วงแดง นำไปรองรับจนได้สารละลายในขวด 150 mL (ประมาณ 5 นาที) สารละลายที่รองรับจะเปลี่ยนเป็นสีเขียวของไนเตรทไอออน

5.นำสารละลายที่กลั่นได้มาไทเทรตด้วยกรดมาตรฐาน สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง

6. ทำ blank เช่นเดียวกับการทำตัวอย่าง แต่ใช้น้ำกลั่นแทนตัวอย่าง

สารละลายกรดมาตรฐาน

ชั่ง Sodium Tetraborate ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) มา 0.2000 g ละลายในน้ำกลั่น 25 mL หยด Methyl Red Indicator 0.1% ลงไป 3 หยด สารละลายจะเป็นสีเหลือง นำมาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วนำปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไปมาคำนวณหาค่าความเป็นกรดมาตรฐานจากสูตร

ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน (นอร์มอล)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเป็น g ของ } Na_2B_4O_7.10H_2O}{\text{mL ของกรดที่ใช้ x } 0.1907}$$

การคำนวณ

A = mL ของตัวอย่างน้ำ

B = mL ของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตกับแบลงค์

T_1 = mL ของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตกับตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2

T_2 = mL ของกรดไฮโดรคลอริกที่ไทเทรตกับตัวอย่างที่ได้จากข้อ 4

N = ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานหน่วยเป็นนอร์มอล

ปริมาณแอมโมเนียมไนโตรเจน (NH_4^+ - N)

$$= \frac{(T_1 - B) \times N \times 14 \times 1000}{A} \text{ mg } L^{-1}$$

ปริมาณไนเตรทไนโตรเจน (NO_3^- - N)

$$= \frac{(T_2 - B) \times N \times 14 \times 1000}{A} \text{ mg } L^{-1}$$

(คำนวณในรูปแอมโมเนียมไนโตรเจน)

การแปลผล

ปริมาณแอมโมเนียม - ไนโตรเจนในน้ำไม่เกิน 5 mg L^{-1} และปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจนในน้ำไม่เกิน 10 mg L^{-1} จะใช้เพื่อการเกษตรได้ (อรทัย, 2546)

เอกสารอ้างอิง

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ 461 น.

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน . 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

อรทัย ศุกรียพงศ์. 2546. การแปลผลข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 40 น.

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

บทนำ

ฟอสฟอรัสในน้ำจะอยู่ในรูปของฟอสเฟตต่างชนิดกัน ดังนี้

รูปแบบ	สารประกอบหลัก
Orthophosphates	$H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-}, PO_4^{3-}, $FeHPO_4^+$, $CaH_2PO_4^+$
Polyphosphates	$Na_3(PO_4)_6$, $Na_4P_2O_7$

Organic orthophophates Nucleic acid, phospholipids

สารประกอบฟอสฟอรัสที่ปะปนในน้ำธรรมชาติมีสาเหตุจาก

1. domestic sewage ได้แก่ ครัวเรือนซึ่งการใช้ผงซักฟอก (ในรูป phosphates หรือ polyphosphates)

2. industrial sewage ได้แก่ อุตสาหกรรม โรงงานที่มีการใช้ไอน้ำจากหม้อต้มน้ำที่มีการเติม complex phosphate เพื่อไม่ให้เกิดตะกรัน

3. agricultural sewage จากปุ๋ยที่ใช้ในการเกษตร (ในรูปของ Orthophosphates) เนื่องจากธาตุฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช และสัตว์ จึงมักจะพบว่าเป็น growth limiting nutrient ซึ่งจะก่อให้เกิดการเจริญเติบโตของพืช และสัตว์น้ำอย่างรวดเร็ว

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช หน้าที่สำคัญคือช่วยในการสังเคราะห์โปรตีน และสารอินทรีย์ที่สำคัญในพืช เป็นองค์ประกอบของสารที่ทำหน้าที่ถ่ายทอดพลังงานในกระบวนการต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสง และการหายใจ

อาการของพืชที่ขาดธาตุฟอสฟอรัส คือ ใบล่างเริ่มมีสีม่วงตามแผ่นใบ ต่อมาใบเป็นสีน้ำตาล และร่วงหล่น ลำต้นแกร็น ไม่ผลิตดอกออกผล (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

หลักการ

สารประกอบพวก Polyphosphate จะถูก hydrolized ด้วยน้ำกลายเป็น Orthophosphates ได้ ส่วนใหญ่จะนิยมวัดในรูป Orthophosphates ion

(PO_4^{3-}) โดยให้ทำปฏิกิริยากับ molybdate ion ให้ phosphomolybdate ซึ่งจะถูกรีดิวซ์ให้เป็น molybdenum blue ดังนี้

$$PO_4^{3-} + 12(NH_4)_2MoO_4 + 12\ H^+ \rightarrow (NH_4)_3PO_4.12MoO_3 + 21NH_4^+ + 12H_2O$$

$$\downarrow$$

Molybdenum blue (กุลยา, 2545)

Molybdenum ใน Ammoniaphosphomolybdate จะถูกรีดิวซ์เกิดเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งสีที่เกิดจะแปรผันโดยตรงกับปริมาณฟอสเฟตในน้ำ ปริมาณ Ammonium molybdate ที่มากเกินพอจะไม่ถูกรีดิวซ์ แต่จะไม่ขัดขวางการวิเคราะห์

การหาปริมาณ Orthophosphates โดยวิธี Ascorbic Acid Method

Ammonium molybdate และ Potassium antimony tartrate จะทำปฏิกิริยาในสารละลายที่เป็นกรดกับสารละลาย Orthophosphates เจือจางเป็น heteropoly acid-phospho-molybdic acid ซึ่งจะถูกรีดิวซ์โดย ascorbic acid ได้ molybdenum blue วิธีนี้วัดได้ถึงความเข้มข้นต่ำสุด 10 ug L^{-1} (กรรณิการ์. 2525)

เครื่องมือ

1. UV - Vis - Spectrophotometer
2. Erlenmeyer flask
3. Pipette
4. Volumnmetric flask

สารเคมี

1. Sulfuric Acid เข้มข้น (conc H_2SO_4)
2. Potassium antimony tartrate ($KSbOC_4H_4O_6.1/2H_2O$)
3. Ammonium molybdate ($(NH_4)_6MoO_{24}.4H_2O$)
4. Ascorbic acid
5. KH_2PO_4(Anhydrous)

วิธีวิเคราะห์

การเตรียมสารเคมี

1. Sulfuric Acid Solution (H_2SO_4) 5 N เติม conc H_2SO_4 70 mL ลงในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 500 mL ด้วยน้ำกลั่น

2. Antimony Potassium Tartrate Solution ละลาย $KSbOC_4H_4O_6 . 1/2\ H_2O$ 1.3715 g ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตร จนได้ 500 mL ด้วยน้ำกลั่น เก็บในขวดแก้ว pyrex

3. Ammonium molybdate Solution ละลาย $(NH_4)_6MoO_{24}.4H_2O$ 20 g ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรจนได้ 500 mL ด้วยน้ำกลั่น เก็บในขวด polyethyline

4. Ascorbic acid Solution 0.1 M ละลาย Ascorbic acid 1.76 g ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตร จนได้ 100 mL ด้วยน้ำกลั่น เก็บสารละลายนี้ไว้ในตู้เย็นได้ 1 สัปดาห์

5. Mixed reagent

5.1 50 mL Sulfuric Acid Solution (1)

5.2 5 mL Antimony potassium tartrate Solution (2)

5.3 5 mL Ammonium molybdate Solution (3)

5.4 30 mL Ascorbic acid Solution (4)

ผสมสารละลาย (1), (2) และ (3) ให้เข้ากันทิ้งไว้ 2-3 นาที และเติมสารละลาย (4) mixed reagegt นี้ต้องใช้ทันทีภายใน 4 ชั่วโมง

6. Standard Phosphorus Solution 50 mg L^{-1} ละลาย KH_2PO_4 (Anhydrous) 0.2196 g ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรจนได้ 1,000 mL ด้วยน้ำกลั่น

การวิเคราะห์

1. เตรียม Standard Phosphorus โดยปิเปตต์ Standard Phosphorous Solution จากข้อ 6 มา 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7 และ 0.9 mL ลงใน volume metric flask ขนาด 50 mL แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้นที่ได้ คือ 0, 0.1,

0.3, 0.7 และ 0.9 mL^{-1} ตามลำดับ

1.1 ปิเปตต์สารที่เตรียมได้ จำนวน 5 mL ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 25 mL

1.2 เติม Mixed reagent ลงใน Erlenmeyer flask 1 mL

1.3 เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที

1.4 วัดด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น (λ max) 880 nm ภายใน 10-30 นาที จากนั้นทำกราฟมาตรฐานและต้องทำทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

2. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No. 42 เทส่วนใสเก็บไว้

3. ปิเปตต์ตัวอย่างน้ำ 5 mL และเติม Mixed reagent ที่เตรียมไว้ 1 mL ดำเนินขั้นตอนเหมือนการทำกราฟมาตรฐาน วัดค่าเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐาน (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

4. กรณีที่น้ำมีสี หรือความขุ่นต้องทำ correction โดยมีวิธีการดังนี้

4.1 นำ 50 mL Sulfuric acid Solution (H_2SO_4) 5 N ผสมกับ 15 mL Ammonium molybdate Solution ให้เข้ากัน แล้วปิเปตต์มา 1 mL ลงในตัวอย่างน้ำ แล้วนำไป วัดด้วย Spectrophotometer (วัดได้ ABS_0)

4.2 ปิเปตต์ Mixed reagent มา 1 mL ลงในตัวอย่างน้ำ แล้วนำไปวัดด้วย Spectrophotometer (วัดได้ ABS_1)

4.3 นำค่า 2 ค่านี้มาหักลบกันจะได้ค่าที่ลบ blank แล้ว

$ABS_1 - ABS_0$ = ABS ที่แก้ไขแล้ว นำ ABS ค่านี้ไปใช้ในการคำนวณผลวิเคราะห์ (กรรณิการ์, 2525)

การคำนวณ

เนื่องจากค่าที่วัดได้นั้นเป็นค่าของฟอสฟอรัส (หน่วย mg L^{-1}) ดังนั้นการรายงานจะรายงานในรูปของ Orthophosphates ion (PO_4^{3-}) ดังนี้

ตัวอย่างน้ำ 10 mL วัดได้ x mg L^{-1}

ดังนั้นปริมาณ PO_4^{3-} = 3.0645 * x mg L^{-1}

การแปลผล

สามารถให้น้ำที่มีฟอสเฟตฟอสฟอรัสเข้มข้นระหว่าง 0-2 mg L^{-1} ได้อย่างปลอดภัย

โดยปกติแล้วจะมีฟอสฟอรัสละลายอยู่ในน้ำในความเข้มข้นที่ไม่สูง ถ้าพบฟอสฟอรัสที่มีค่าสูงมากในน้ำจะมีผลกระทบต่อการให้น้ำกับพืช ในการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อมปริมาณฟอสฟอรัสที่มีค่ามากเกินปกติจะกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่าย พืชน้ำ และแพลงก์ตอนพืช (อรทัย, 2546)

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. บริษัทประยูรวงศ์ จำกัด กรุงเทพฯ. 387 น.

กุลยา โอตากะ. 2545. เคมีสิ่งแวดล้อม . มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ. 588 น.

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 97 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 น.

อรทัย ศุกรียพงศ์. 2546. การแปลผลข้อมูลคุณภาพน้ำเพื่อการเกษตร. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 32 น.

การวิเคราะห์ปริมาณโซเดียม และโพแทสเซียม
(Sodium and Potassium : Na and K)

บทนำ

โซเดียม (Na^+) และ โพแทสเซียม (K^+) พบอยู่ในน้ำตามธรรมชาติ โดยทั่วไป ปกติพบโพแทสเซียมในปริมาณที่น้อยกว่าโซเดียมมาก โซเดียมอาจพบในปริมาณที่ค่อนข้างสูง อัตราส่วนของโซเดียมต่ออนุมูลบวกทั้งหมดที่มีอยู่ในน้ำนับเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการเกษตร เพราะถ้าอัตราส่วนนี้สูงเกินไปจะมีผลต่อการซาบซึมน้ำของดินได้ การนำน้ำไปใช้ในการเพาะปลูกจะเป็นอันตรายต่อพืช การใช้น้ำที่มีโซเดียมต่อพืชบ่อย ๆ เมื่อพืชคายน้ำออก โซเดียมจะไปสะสมที่ใบ ความเป็นพิษจะเกิดขึ้น ใบพืชจะไหม้เกรียมตามขอบใบ ไม้ยืนต้นจะแสดงความเป็นพิษของโซเดียม เมื่อมีโซเดียมในพืชมากกว่าร้อยละ 0.25-0.50 ของน้ำหนักแห้ง การวิเคราะห์โซเดียม และโพแทสเซียมด้วยวิธี Flame photometery สามารถกระทำได้รวดเร็ว มีความไวสูง และโดยทั่ว ๆ ไปแล้วให้ความเที่ยงตรงมากกว่าวิธีอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับโซเดียมที่มีความเข้มข้นต่ำ 10 mg L^{-1} (เปรมจิตต์, 2532; จักรพงษ์, 2536; กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

หลักการ Flame Photometry

1. Emission spectroscopy

ธาตุที่สามารถเปลี่ยนจากสถานะที่มีพลังงานต่ำ (ground state) ไปสู่สถานะที่มีพลังงานสูง (excited or unstable state) เมื่อได้รับการกระตุ้นจากพลังงานภายนอก เช่น ความร้อน หรือไฟฟ้า แต่ถ้าพลังงานที่ธาตุนั้นได้รับไม่มากพอที่จะทำให้ธาตุนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือเกิดการแยกตัว มันจะกลับคืนสู่สภาพที่มีระดับพลังงานต่ำตามเดิม และปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสง คือ electromagnetic radiation ธาตุแต่ละชนิดจะ emit แสงซึ่งมีความยาวของคลื่นแตกต่างกันไป คือจะมี wavelength ที่เฉพาะเจาะจงสำหรับธาตุนั้น ๆ และความเข้มของแสงจะปฏิภาคโดยตรงกับความเข้มข้นของธาตุนั้น

การใช้ emission spectroscopy ในการวิเคราะห์ปริมาณจะได้ผลก็ต่อเมื่อการ excite ทำกับ uncombined อะตอม ไอออนหรือโมเลกุล ทั้งนี้เพราะอะตอม หรือไอออน หรือโมเลกุลโดด ๆ เท่านั้นที่จะให้แสงที่มี wavelength ที่ชัดเจน ดังนั้นวิธีนี้จึงจำกัดอยู่กับการหาปริมาณของธาตุที่เป็นโลหะ คือ Na, K, Rb, Cs, Mg, Ca, Sr และ Ba

2. Flame photometry

Emission spectroscopy นี้ใช้ flame ในการ excite ธาตุ instrumental method แบบนี้เรียกว่า Flame Photometry องค์ประกอบของ flame photometry คล้ายกับ absorption radiation instruments ยกเว้น source ของ radiation ถูกเปลี่ยนเป็น atomizer-burner ซึ่งเป็นที่กำเนิดของ flame excitation

2.1 Flame and Flame temperature

หน้าที่ของ Flame มีดังนี้

1) เปลี่ยน sample ในสภาพ solid หรือ solution ให้ไปอยู่ในสภาพของแก๊ส

2) เปลี่ยนโมเลกุลที่ซับซ้อนให้อยู่ในรูปโมเลกุล หรืออะตอมที่ไม่ซับซ้อน

3) กระตุ้นธาตุเพื่อให้ปลดปล่อยแสง

อุณหภูมิของ Flame ขึ้นอยู่กับ gas mixtures ซึ่งใช้เป็น fuel ปกติ air-fuel mixture จะให้ flame ที่มี temperature ต่ำกว่า fuel ที่ผสมกับ oxygen

2.2 Excitation and Emission

เมื่อไอออนของของเหลวและแก๊สถูกส่งเข้าไปยัง Flame จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว และต่อเนื่องกันดังนี้

1) ธาตุที่ทำละลายจะระเหยเป็นไอเหลืออนุภาคเล็ก ๆ ของเกลือทิ้งไว้

2) Flame ซึ่งมีอุณหภูมิสูงจะทำให้เกลือที่แห้งระเหย กลายเป็นโมเลกุลของแก๊สซึ่งเมื่อได้รับความร้อนต่อไปจะ dissociate เป็น neutral อะตอมซึ่งจะสามารถเปล่งพลังงานออกมา

3) อะตอมอิสระของโลหะบางอะตอมจะเข้ารวมกับอะตอมที่มีอยู่ใน flame gas หรือกับอะตอมที่มาจากสารละลายทดสอบ

4) Flame excite neutral metal atoms หรือโมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของโลหะจะทำให้อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงนอกของโลหะนั้นเคลื่อนที่ไปอยู่ในระดับที่มีพลังงานสูงกว่าเดิม หรือไม่อะตอมอาจจะถูก excite มากพอที่จะสูญเสียอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกซึ่งก่อให้เกิด ionization

5) อะตอมที่ถูก excite จะกลับเข้าสู่สภาพเดิมและปลดปล่อยแสงอย่างต่อเนื่องกันออกมาซึ่งมี wave length ที่แน่นอน และเฉพาะเจาะจงไปในแต่ละชนิดของธาตุ ใน flame radiation ที่เปล่งออกมาจะมาจากอะตอมที่ถูก excite แต่ที่อุณหภูมิสูง ๆ emissionline จะมาจาก ionized atom Flame photometry เป็นวิธีวิเคราะห์ที่รวดเร็วและถูกต้อง (จงรักษ์, 2544)

สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้

สารเคมี

1. Stock Standard Sodium Solution 1,000 mg L^{-1}

ละลาย 2.5418 g ของ NaCl (อบ NaCl ที่อุณหภูมิ 105 - 110 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator) ด้วยน้ำกลั่นจนเป็น 1 ลิตร

2. Stock Standard Potassium Solution 1,000 mg L^{-1}

ละลาย 1.9070 g ของ KCl (อบ KCl ที่อุณหภูมิ 105 - 110 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator) ด้วยน้ำกลั่นจนเป็น 1 ลิตร

3. Working Standard Sodium Solution

เตรียมสารละลายโซเดียมเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg L^{-1} โดยเตรียมจากสารละลายข้อ (1) และทำกราฟมาตรฐานทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

4. Working Standard Potassium Solution

เตรียมสารละลายโพแทสเซียมเข้มข้น 0,2,4,6,8 และ 10 mg L^{-1} โดยเตรียมจากสารละลายข้อ (2) และทำกราฟมาตรฐานทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

เครื่องมือ

Flame Photometer (Clinical Flame Photometer 410C)

วิธีวิเคราะห์

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No. 42 หรือ Centrifuge ที่ความเร็ว 3,000 รอบต่อนาที จนได้สารละลายใส เก็บตัวอย่างส่วนที่ใสไว้สำหรับการวิเคราะห์โซเดียมและโพแทสเซียม

2. วัดปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียมของตัวอย่างน้ำจากข้อ (1) ด้วยเครื่อง Flame Photometer ที่ความยาวคลื่น 295 และ 383 nm ตามลำดับ และเทียบกับกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้ในสารเคมีข้อ (3) และข้อ (4) จะทราบปริมาณโซเดียมและโพแทสเซียม ดังกล่าวในหน่วยของ mg L^{-1}

การคำนวณ

ถ้าตัวอย่างน้ำมีปริมาณของโซเดียมหรือโพแทสเซียมสูง จะต้องเจือจางด้วยน้ำกลั่น

ตัวอย่างน้ำ A mL → เจือจางเป็น B เท่า → อ่านได้ C mg L^{-1}

ดังนั้น ปริมาณ K หรือ Na = (C) x (B) mg L^{-1}

การแปลผล

การแปลผลค่าโซเดียมและโพแทสเซียม จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเพื่อใช้ตรวจสอบว่าคุณภาพน้ำนั้นเหมาะสมที่จะใช้ในการเกษตรหรือไม่ จากค่าที่วัดได้และนำมาคำนวณตามขั้นตอนที่กล่าวมาข้างต้นจะสามารถแปลผลที่วิเคราะห์ได้โดยเทียบกับตารางที่ 3.1 ค่าที่สูงกว่าตารางมาตรฐานนี้พบว่าไม่เหมาะสมต่อการนำน้ำนั้นมาใช้เพื่อการเกษตร

ตารางที่ 3.1 แนวทางสำหรับแปลค่าวิเคราะห์โซเดียมและโพแทสเซียมในน้ำเพื่อการเกษตร

ตัวแปร	สัญลักษณ์	หน่วย	ค่าปกติในน้ำที่ให้กับพืช
โซเดียม	Na^+	meq L^{-1}	0 - 40
โพแทสเซียม	K^+	mg L^{-1}	0 - 2

ที่มา : Ayers and Westcot (1985)

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำของกลุ่มนิเวศน์วิทยาของดิน. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

จักรพงษ์ เจิมศิริ. 2536. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติบางอย่างของน้ำ. คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 123 น.

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2544. การวิเคราะห์ดินและพืชทางเคมี. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 213 น.

เปรมจิตต์ แทนสถิตย์. 2532. คู่มือปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 136 น.

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. Food and agriculture organization of the United Nation. Rome, Italy. 174 p.

การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียม (Ca, Mg)

บทนำ

แคลเซียมและแมกนีเซียมพบทั่วไปในแหล่งน้ำธรรมชาติโดยเฉพาะน้ำใต้ดิน และแหล่งน้ำที่ไหลผ่านชั้นดินชั้นหินที่มีหินปูนเป็นองค์ประกอบจะมีปริมาณค่อนข้างสูง ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมนำมาหาความกระด้างของน้ำได้อย่างคร่าว ๆ คาร์บอเนตและไบคาร์บอเนตของแคลเซียม และแมกนีเซียมทำให้เกิดตะกอนอุดตันปลายท่อในการให้น้ำเพื่อปลูกพืชแบบน้ำหยดและแบบ sprinkle และยังทำให้เกิดตะกรันจับในหม้อน้ำเมื่อต้ม แต่ถ้ามีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่พอเหมาะก็เป็นประโยชน์ต่อพืช และจะทำให้ไม่เกิดการกัดกร่อนต่อภาชนะ (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

หลักการ

การวิเคราะห์วิธี Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) อาศัยหลักการทำให้เกิดอะตอมอิสระ (Atomizatiion) โดยแยกโมเลกุลออกจากสารตัวอย่าง และพลังงานความร้อนจากเปลวไฟที่เหมาะสม ทำให้อะตอมอิสระที่เป็นไอ และอยู่ที่สภาวะพื้น เมื่อผ่านรังสีที่มีความยาวคลื่นเฉพาะธาตุอะตอมนี้จะดูดกลืนปริมาณรังสีไว้ จึงทำให้ปริมาณรังสีผ่านเข้าเครื่องตรวจหาน้อยลง เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) จะมีวงจรตัดปริมาณรังสีจากแหล่งกำเนิดรังสีเป็นจังหวะ (สัญญาณแบบกระแสสลับ) อะตอมอิสระจะดูดกลืนปริมาณ รังสีกระแสสลับ และเครื่องตรวจหา (Detector) มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่รับเฉพาะสัญญาณกระแสสลับ ดังนั้นปริมาณรังสีที่เกิดจากเปลวไฟ และธาตุอื่นที่มีความยาวคลื่นตรงกับความยาวคลื่นที่วิเคราะห์จึงมารบกวนไม่ได้เนื่องจากสัญญาณเหล่านี้ เป็นแบบกระแสตรง เครื่องตรวจหา (Detector) จะรับเฉพาะสัญญาณกระแสสลับจากแหล่งกำเนิดรังสี และสารตัวอย่างเท่านั้น (ณรงค์, 2541)

สมมติว่าอะตอมของธาตุที่ต้องการวิเคราะห์คือ M อยู่ในรูปของอะตอมอิสระในสถานะที่เป็นแก๊สโดยใช้พลังงานความร้อนจาก Flame เมื่อผ่านคลื่น

แสงเฉพาะธาตุจากแหล่งกำเนิดแสงเข้าไปในกลุ่มอะตอม M° (g) ซึ่งอยู่ที่สภาวะพื้น (Ground State) อะตอม M° (g) จะดูดกลืนพลังงานจากคลื่นแสง แล้วเปลี่ยนสถานะไปอยู่ในสภาวะเร้า (Excited State) เรียกว่าการเกิด Excitation ความเข้มบางส่วนของแสงจะถูกดูดกลืนไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของธาตุ M ในตัวอย่างเครื่องวัดความเข้มของคลื่นแสงที่ผ่านออกมาจากกลุ่มอะตอมของสารตัวอย่าง

$$MX \xrightarrow{\Delta} M^{O}(g) + X^{O}(g)$$

(อะตอมอิสระ)

$$M^{\circ}(g) \xrightarrow{h\nu} M^{*}(g)$$

(Ground State) (Excited State)

การเกิด Excitation นี้ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นกับอิเล็กตรอนที่อยู่ชั้นนอกสุดของอะตอมเท่านั้น เรียกว่าเกิด Electronic Transition การดูดกลืนพลังงานแสงจะเกิดขึ้นที่ระดับไหนขึ้นอยู่กับสมบัติเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด เช่น อะตอม Ca ดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 422.7 nm เพราะแสงที่มีความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่ทำให้อิเล็กตรอนของอะตอม Ca เกิดการเปลี่ยนสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น เนื่องจากการวิเคราะห์ธาตุโดยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) เป็นวิธีที่ค่อนข้างเฉพาะมาก ดังนั้น ในการวิเคราะห์จะต้องมีการกำจัดสิ่งรบกวนที่มีผลต่อค่าการดูดกลืนแสง เช่น การวิเคราะห์ Ca, Mg การเติม $SrCl_2$ จะช่วยในการแตกตัวเป็นอะตอม เพราะในตัวอย่างอาจมี aluminate, phosphate, sulphate และ organic substance ที่มักจะเกิดสารประกอบที่สลายตัวยากกับ Ca, Mg มีผลรบกวนกลาย เป็นอะตอมอิสระของธาตุทั้งสอง ดังนั้นเมื่อ Sr เกิดสารประกอบกับไอออนรบกวนดังกล่าว การวัดค่า absorbance จะถูกต้องมากขึ้น

เครื่องมือ

Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

สารเคมี

1. Strontium Chloride Solution 1500 mg L^{-1}

ละลาย 4.60 g ของ Strontium Chloride ($SrCl_2.6H_2O$) ในน้ำกลั่น 1 ลิตร

2. Stock Standard Calcium Solution 400 mg L^{-1}

ละลาย 0.4995 g ของ Calcium Carbonate ($CaCO_3$ อบแห้งที่ 105 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะทำให้เย็นใน desiccator) ละลายในกรดเกลือเข้มข้นจนหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 500 mL

3. Working Standard Calcium Solutioin

เตรียมสารละลายเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 และ 10 mg L^{-1} ตามลำดับ จากสารละลาย (2) ใน Volumetric flask ขนาด 100 mL ปรับปริมาตรด้วยสารละลาย (1) วัดปริมาตรด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโมเมตร และทำกราฟมาตรฐานทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

4. Stock Standard Magnesium Solution 1000 mg L^{-1}

ละลาย 0.8289 g ของ Magnesium Oxide (MgO) อบแห้งที่ 105˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator ละลายในกรดเกลือเข้มข้นจนหมด ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 500 mL

5. Working Standard Magnesium Solution

เตรียมสารละลาย Magnesium เข้มข้น 0, 2, 3, 4 และ 5 mg L^{-1} ตามลำดับ จากสารละลายในข้อ (4) ใน volumetric flask ขนาด 100 mL และปรับปริมาตรด้วยสารละลาย (1) วัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotomer ที่มีความยาวคลื่น 285.2 nm และทำกราฟมาตรฐานต้องทำทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์

กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No. 42 ปิเปตต์ตัวอย่าง และทำให้เจือจางด้วยสารละลาย (1) อัตราส่วนเท่าใดขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของ

ปริมาณแคลเซียมกับแมกนีเซียม นำไปวัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่มีความยาวคลื่น 422.7 และ 285.2 nm ตามลำดับ และนำค่าที่ได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน

การคำนวณ

ตัวอย่างน้ำ A mL $\xrightarrow{\text{เจือจางเป็น}}$ B mL $\longrightarrow$ วัดได้ X mg L^{-1}

ปริมาณแคลเซียมหรือ แมกนีเซียม $= \frac{X * B}{A}$ mg L^{-1}

$= (X)(d_f)$ mg L^{-1}

เมื่อ x = mg L^{-1} ที่วัดได้

d_f = dilution factor

การแปลผล

ปริมาณแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ที่เป็นค่าปกติในน้ำที่ให้กับพืช คือ 0-20 meq L^{-1} และ 0 - 5 meq L^{-1} ตามลำดับ (Ayers and Westcol, 1985)

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. ปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ . กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 98 น.

ณรงค์ ไชยสุต. 2541. วิธีวิเคราะห์โดยอุปกรณ์. ภาควิชาเคมี. คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 964 น.

Ayers, R.S., and D.W. Westcol. 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome. 174 p.

การวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียม (Al)

บทนำ

อะลูมิเนียมเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของผิวโลกมีในดิน หิน แร่ทั่ว ๆ ไป และในแหล่งน้ำธรรมชาติ อะลูมิเนียมอาจจะอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ หรือในรูป Colloid น้ำที่มีสภาพเป็นกรดการละลายได้ของอะลูมิเนียม จะสูง การวิเคราะห์ปริมาณทำได้หลายวิธี โดยวัดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer วิธีนี้เหมาะสำหรับตัวอย่างที่มี Fluoride และ Phosphate ปะปนอยู่ในตัวอย่างน้ำในปริมาณมาก ถ้ามีปริมาณอะลูมิเนียมน้อยเหมาะที่จะใช้วิธีการปรับสี แล้ววัดโดย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 nm เพราะวิธีนี้สามารถวัดได้ถึง 6 ug L^{-1} (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

หลักการ

อะลูมิเนียมทำปฏิกิริยากับ Alumminon (Aurin tricarboxylic acid) ในสภาวะที่เป็นกรด และให้ความร้อนโดยการต้มแล้วได้สารละลายสีแดงเข้ม ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นสามารถวัดค่าด้วย Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 nm แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานจะสามารถทราบปริมาณอะลูมิเนียมที่มีในตัวอย่างน้ำ

ดังนั้นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการวิเคราะห์ปริมาณอะลูมิเนียมในตัวอย่างน้ำ คือ pH และสิ่งรบกวน (Interference) ในสารละลาย ซึ่งการปรับ pH ด้วย acetate buffer ที่มี gum acacia เป็นองค์ประกอบจะให้สารละลายมีสภาพเป็นกรด (pH 3.7-4.0) และแขวนลอยคงที่ การแก้ไข สิ่งรบกวน (Interference) ที่เกิดจากเหล็กด้วย Thioglycolic acid ส่วนไอออน รบกวนอื่นๆ เช่น ฟอสเฟต และซิลิเกตนั้น แก้ไขโดยการทำให้สารละลายที่เป็นกรดนั้นร้อนด้วยการต้ม และทิ้งไว้ 1-2 ชั่วโมง การพัฒนาสีแดงด้วย Aluminon จะคงที่เป็นเวลาประมาณ 24 ชั่วโมง (พจนีย์ และชูจิตต์, 2544)

เครื่องมือ

1. Spectrophotometer
2. Water Bath ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้

สารเคมี

1. Standard Aluminium Solution 500 mg L^{-1}

ละลาย 8.7920 g $KAl(SO_4)_2.12H_2O$ ในน้ำกลั่น และหยดกรดกำมะถันเข้มข้น 1-2 หยด และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ 1 L

2. Potassium Chloride 1 N

ละลาย 7.46 g KCl ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 mL

3. Thioglycolic Acid Solution 1%

ละลาย Thioglycolic Acid 1 mL ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 mL

4. Aluminium Buffer Solution

4.1 ละลาย 0.75 g NH_4 - Aurine Tricarboxylate ด้วยน้ำกลั่น 200 mL

4.2 ละลาย 15 g Gum Acacia ด้วยน้ำกลั่นที่ต้มเดือด 200 mL

4.3 ละลาย 200 g NH_4OAc ด้วยน้ำกลั่น 200 mL

4.4 HCl เข้มข้น 189 mL

รวมสารละลาย 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4 เข้าด้วยกัน เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเกือบ 1,500 mL ปรับ pH ของสารละลายให้ได้ pH 3.5 ด้วย NH_4OH หรือ HCl จากนั้นปรับปริมาตรของสารละลายจนได้ 1,500 mLด้วยน้ำกลั่น แล้วกรองด้วยกระดาษกรองสารละลายนี้เก็บไว้ได้นาน 6 เดือน

5. Standard Aluminium Solution 5 mg L^{-1}

เจือจาง 5 mL ของสารละลาย (1) และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 mL

6. Working Standard Aluminium Solution

เตรียมสารละลายอะลูมิเนียมเข้มข้น 0, 1, 3, 4 และ 5 mg L^{-1}

ตามลำดับ จากสารละลาย (5) ใน volumetric flask 25 mL และแต่ละขวดเติมสารละลาย (3) กับ (4) ปริมาตร 1 mL และ 5 mL ตามลำดับ เติมน้ำเล็กน้อย เขย่าให้เข้ากัน อุ่นใน Water batch ที่ 100 °C เป็นเวลา 16 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น 1 ½ - 2 ชั่วโมง และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 mL เขย่าให้เข้ากัน วัดปริมาณด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 530 nm ทำกราฟมาตรฐานทุกครั้งที่ทำการวิเคราะห์

วิธีวิเคราะห์

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No.42 ปิเปตต์ตัวอย่างน้ำ 15 mL ลงใน volumetric flask 25 mL

2. ดำเนินการเช่นเดียวกับกราฟมาตรฐานโดยเติม
   - 1 mL ของสารละลาย Potassium Chloride 1 N
   - 1 mL ของสารละลาย Thioglycolic Acid Solution 1%
   - 5 mL ของสารละลาย Aluminium Buffer Solution
   - น้ำกลั่นเล็กน้อย
   - อุ่นใน Water bath ที่ 100 °C เป็นเวลา 16 นาที
   - ทิ้งไว้ให้เย็น 1 ½ - 2 ชั่วโมง
   - ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 25 mL เขย่าให้เข้ากัน
   - วัดที่ 530 nm ด้วย Spectrophotometer
   - เทียบค่ากับกราฟมาตรฐาน

การคำนวณ

ตัวอย่างน้ำ A mL $\xrightarrow{\text{ทำตามขั้นตอน}}$ 25 mL $\longrightarrow$ วัดได้ X $mg\ L^{-1}$

ปริมาณอะลูมิเนียม (Al) $= \dfrac{X * 25}{A}$ $mg\ L^{-1}$

$= (X)\ (d_f)$ $mg\ L^{-1}$

เมื่อ X = $mg\ L^{-1}$ ที่วัดได้

d_f = dilution factor

การแปลผล

ปริมาณอะลูมิเนียม (Al) สูงสุดที่มีได้ในน้ำที่ใช้เพาะปลูกพืชไม่ควรเกิน 5.0 mg L^{-1} (Ayers and Westcot, 1985)

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. ปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กองวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 98 น.

พจนีย์ มอญเจริญ และ ชูจิตต์ สงวนทรัพยากร. 2544. วิธีวิเคราะห์ดินทางเคมี. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 129 น.

Ayers, R.S. , and D.W. Westcot. 1985. Water Quality for Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation. Rome. 174 p.

การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์
(Chloride : Cl)

บทนำ

คลอไรด์ (Cl^-) พบในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่ว ๆ ไป ในความเข้มข้นแตกต่างกันปริมาณของคลอไรด์เพิ่มมากขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของเกลือแร่ที่เพิ่มขึ้น น้ำตามภูเขาและที่สูงมักมีปริมาณคลอไรด์น้อย น้ำในแม่น้ำและน้ำใต้ดินมีปริมาณคลอไรด์มาก สำหรับน้ำในทะเลและมหาสมุทรจะมีคลอไรด์อยู่ในปริมาณสูงมาก น้ำธรรมชาติอาจจะได้รับคลอไรด์เพิ่มขึ้นหลายทาง ขึ้นอยู่กับความสามารถการละลายของน้ำ ว่าสามารถละลายคลอไรด์จากชั้นดินต่าง ๆ ได้ คลอไรด์ในน้ำเกินกว่า 250 mg L^{-1} จะทำให้น้ำมีรสเค็ม ถ้าเป็นคลอไรด์ของโซเดียม แต่บางกรณีน้ำอาจมีคลอไรด์มากกว่า 1,000 mg L^{-1} แต่ยังไม่มีรสเค็ม เพราะน้ำมีปริมาณโซเดียมต่ำแต่มีปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมสูง ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อพืชและเป็นผลเสียต่อน้ำ (เปรมจิตต์, 2532; จักรพงษ์, 2536; กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

หลักการ Mohr's method กรรณิการ์ (2522)

Mohr method วิธีนี้ใช้ $AgNO_3$ เป็น titrant และใช้ K_2CrO_4 เป็น indicator ความเข้มข้นของ $AgNO_3$ ที่ใช้คือ 0.01 N ซึ่งแต่ละมิลลิลิตรของ $AgNO_3$ จะพอดีกับ 0.5 มิลลิกรัมของคลอไรด์

สารละลาย $AgNO_3$ ที่ใช้จะต้อง standardize ด้วยสารละลายมาตรฐาน NaCl ซึ่งเตรียมจากเกลือแกงบริสุทธิ์ ในการไทเทรตคลอไรด์ไอออนจะได้ตะกอนสีขาวของ AgCl ดังสมการ

$$Ag^+ + Cl^- \longleftrightarrow AgCl \quad (Ksp = 3 \times 10^{-10}) \quad \text{.....1}$$

end point ของปฏิกิริยาไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตา ดังนั้นจึงต้องใช้ indicator เป็นตัวช่วยในที่นี้ใช้ K_2CrO_4 ซึ่งจะให้ CrO_4^{-2}

ในการนี้โครเมตไอออนจะทำหน้าที่เป็น indicator โดยให้สีแดงของ

Ag_2CrO_4 ซึ่งเป็นตะกอน และ solubility ของ Ag_2CrO_4 จะต้องมากกว่า AgCl เพื่อว่า Cl^- ทั้งหมดจะได้ตกตะกอนก่อนที่ปริมาณที่มองเห็นได้ของ Ag_2CrO_4 จะเกิดขึ้น นั่นหมายความว่า effective solubility product (Ksp) ของ Ag_2CrO_4 จะต้องมากกว่าของ AgCl เล็กน้อย เนื่องจาก indicator ชนิดนี้ต้องการปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการไทเทรตจำนวนมากเกินพอ เพื่อที่จะทำให้เกิดตะกอนที่มีสี ซึ่งตาสามารถมองเห็นได้เราจึงต้องหาค่าที่เกินพอนี้ ซึ่งเรียกว่า indicator error หรือ blank ซึ่งต้องทำการไทเทรต แล้วเอาไปลบออกจากค่าที่ได้จากการ ไทเทรตตัวอย่างเพื่อทราบปริมาณของ $AgNO_3$ ที่ทำปฏิกิริยากับคลอไรด์

ในขณะที่ถึง end point นั้นคลอไรด์ในน้ำจะหมดไป เมื่อหยด $AgNO_3$ ลงมาอีก Ag^+ จะทำปฏิกิริยากับ CrO_4^{2-} ทำให้เกิดตะกอนสีน้ำตาลแดงของ Ag_2CrO_4 ดังสมการ

$$2\ Ag^+ + CrO_4^{2-} \longleftrightarrow Ag_2CrO_4 \quad \text{.....2}$$

ซึ่งเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่า ในขณะนั้นคลอไรด์ในน้ำได้กลายเป็นตะกอน AgCl หมดแล้ว ดังนั้น Ag^+ ที่เกินจะทำปฏิกิริยากับ CrO_4^{2-} ดังกล่าว

ในการหาปริมาณคลอไรด์นี้ เพื่อให้ได้ผลที่แน่นอนต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ต้องใช้ปริมาตรของตัวอย่างเท่ากันทุกครั้ง โดยทั่วไปใช้ 100 mL เพื่อว่า ionic concentration ที่ต้องการในการใช้บอก end point จะได้คงที่

2. pH ควรอยู่ระหว่าง 7-8 เพราะ Ag^+ จะตกตะกอนเป็น AgOH ที่ pH สูง และ CrO_4^{2-} จะถูกเปลี่ยนไปเป็น $Cr_2O_7^{2-}$ ที่ pH ต่ำ

3. ปริมาณของ indicator ที่ใช้ควรแน่นอนเท่ากันทุกครั้ง เพื่อที่จะให้ความเข้มข้นที่แน่นอนของ CrO_4^{2-} มิฉะนั้น Ag_2CrO_4 อาจเกิดเร็วหรือช้าไป สำหรับค่า blank ควรอยู่ระหว่าง 0.2-0.4 mL ของ titrant

การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์โดยวิธี Mohr's method

สารเคมี

1. Silver Nitrate Solution 0.01 N ($AgNO_3$ FW = 169.9)

ละลาย $AgNo_3$ จำนวน 1.6989 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น

1,000 mL เก็บในขวดแก้วสีชาเข้ม

2. Potassium Chromate 5% (indicator)

ละลาย K_2CrO_4 จำนวน 5.0000 g ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 100 mL

3. Standard Sodium Chloride Solution 0.01 N (NaCl FW = 58.5)

ละลาย 0.5850 g ของ NaCl (อบแห้งที่ 140 ° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และทำให้เย็นใน desiccator) ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

4. Standard Silver Nitrate Solution

ปิเปตต์สารละลาย (3) 10 mL ไทเทรตด้วยสารละลาย (1) โดยใช้สารละลาย (2) เป็น indicator สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีน้ำตาลแดง ดังปฏิกิริยาข้างล่าง

$$NaCl + AgNO_3 \longrightarrow AgCl + NaNO_3$$

ความเข้มข้นของสารละลายซิลเวอร์มาตรฐาน =

$$\frac{(0.01\ \text{N NaCl}) \times (10\ \text{mL NaCl})}{\text{ปริมาตรของ } AgNO_3\ \text{(mL)}}$$

วิธีวิเคราะห์

1. ปิเปตต์ตัวอย่างน้ำ 0.3-1 mL (ขึ้นอยู่กับปริมาณของคลอไรด์ โดยการดูจากค่าการนำไฟฟ้า) ใส่ในขวด Erlenmeyer flask ขนาด 125 mL

2. เติมน้ำกลั่นลงไป 5 mL แล้วไทเทรตด้วยสารละลาย 0.01 N $AgNO_3$ มาตรฐาน โดยมี K_2CrO_4 เป็น indicator (3 หยด) สารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นน้ำตาลแดง

3. ทำ blank โดยใช้น้ำกลั่นในปริมาตรเดียวกับที่เติมลงไปในตัวอย่างและไทเทรต เช่นเดียวกันกับตัวอย่าง

การคำนวณ

ความเข้มข้น $AgNO_3$ มาตรฐาน	=	N	นอร์มอล
ปริมาณตัวอย่าง	=	V	mL

ปริมาตรของ $AgNO_3$ มาตรฐานที่ใช้กับ blank = A mL

ปริมาตรของ $AgNO_3$ มาตรฐานที่ใช้กับตัวอย่าง = B mL

$$\text{ปริมาณคลอไรด์} = \frac{(B - A)\ N \times 10^3 \times 35.5}{V} \quad mg\ L^{-1}$$

การแปลผล

การแปลผลคลอไรด์ จากค่าวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเพื่อใช้ตรวจสอบว่าคุณภาพน้ำนั้นเหมาะสมที่จะใช้ในการเกษตรหรือไม่ สามารถแปลผลได้โดยเทียบกับตารางที่ 3.2 ค่าที่มีลำดับอยู่ในระดับรุนแรงนี้ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตร

ตารางที่ 3.2 แนวทางสำหรับแปลค่าวิเคราะห์คลอไรด์ในน้ำเพื่อการเกษตร

ตัวแปร	สัญลักษณ์	หน่วย	ลำดับความรุนแรง		
			ไม่มี	น้อยถึงปานกลาง	รุนแรง
ไอออนบวกและไอออนลบ					
โซเดียม	Na^+				
การให้น้ำทางผิวดิน		SAR	< 3	3 - 9	> 9
การให้น้ำโดยฉีดพ่น		meq L^{-1}	< 3	> 3	
คลอไรด์	Cl^-				
การให้น้ำทางผิวดิน		meq L^{-1}	< 4	4 - 10	> 10
การให้น้ำโดยฉีดพ่น		meq L^{-1}	< 3	> 3	

ที่มา : http:// cesc.orst.edu

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 336 น.

กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำของกลุ่มนิเวศน์วิทยาของดิน. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

จักรพงษ์ เจิมศิริ. 2536. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติบางอย่างของน้ำ. คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 123 น.

เปรมจิตต์ แทนสถิตย์. 2532. คู่มือปฏิบัติการวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม. ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 136 น.

http:// cesc.orst.edu. Irrigation Water Quality. 7/3/46.

การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตไอออนในน้ำ

บทนำ

ซัลเฟตพบอยู่ทั่วไปในน้ำธรรมชาติ น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และน้ำทิ้งจากเหมืองต่าง ๆ ผู้บริโภคที่ดื่มน้ำที่มีซัลเฟตปริมาณมากจะก่อให้เกิดการระบายท้องได้ ในทางอุตสาหกรรมซัลเฟตก็มีความสำคัญ เนื่องจากเป็นตัวที่ทำให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นและการกัดกร่อนในท่อน้ำเสีย ปัญหาดังกล่าวเกิดจากปฏิกิริยารีดักชันของซัลเฟตกลายเป็นซัลไฟต์ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (มั่นสิน, 2543)

วิธีวิเคราะห์ซัลเฟตมี 4 วิธี ดังนี้

- วิธี Ion Chromatography
- วิธี Gravimetric
- วิธี Automated Methylthymol Blue
- วิธี Turbidimetric (วิธีวัดความขุ่น)

ในที่นี้จะใช้วิธีวัดความขุ่นเพื่อวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต

ซัลเฟตทั่วไปในธรรมชาติมีตั้งแต่ 2 - 1,000 mg L^{-1} น้ำธรรมชาติจะปนเปื้อนซัลเฟตด้วยหลายสาเหตุ สาเหตุหนึ่ง คือ น้ำล้างแร่จากเหมืองแร่มีองค์ประกอบของซัลไฟด์ และเมื่อเกิดการออกซิเดชัน จะได้ซัลเฟต และอีกสาเหตุหนึ่ง คือ น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม องค์การอนามัยโลก (FAO) และการประปานครหลวงจึงได้กำหนดให้น้ำดื่มมีซัลเฟตไม่เกิน 250 mg L^{-1} ซัลเฟตในน้ำอาจถูกรีดิวซ์โดยแบคทีเรียให้เป็นซัลไฟด์ในรูปไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เมื่อ pH ต่ำกว่า 8 และถ้า pH มาก หรือสูงกว่า 8 ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูป HS^- และ S^{2-} แหล่งน้ำที่มี H_2S มากพอจะทำให้น้ำมีกลิ่น และถ้ามีออกซิเจน aerobic bacteria จะทำให้เกิดกรดกำมะถันซึ่งเป็นกรดแก่ จะกัดกร่อนผนังคอนกรีต หรือเหล็กได้ (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

หลักการ

ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกซึ่งมีกลีเซอรอล (Glycerol) ซัลเฟต

สามารถทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์ ($BaCl_2$) และเกิดคอลลอยด์ของแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ซึ่งสามารถวัดปริมาณได้ในรูปความขุ่น วิธีนี้สามารถหาซัลเฟต ได้ต่ำถึง 1 mg L^{-1} (มั่นสิน, 2543)

ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ

$$Ba^{2+}(aq) + SO_4^{2-}(aq) \longrightarrow BaSO_4(s)$$

สารเคมี

1. $BaCl_2 . 2H_2O$ (s) ขนาด 20 - 30 mesh
2. Charcoal Activate (s)
3. 0.2 % Gum acacia (aq)
   - ละลาย Gum acacia 0.2 g ในน้ำอุ่น (น้ำกลั่น) 99.8 mL
4. HCl 6 N (aq)
   - ตวงกรดไฮโดรคลอริก 37 % 600 mL เจือจางด้วยน้ำกลั่น 400 mL
5. Standard 1000 mg L^{-1} Na_2SO_4 (aq)
   - ละลายโซเดียมซัลเฟต 1.4791 g ในน้ำกลั่น 998.52 mL หยดสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (37%) 3 หยด

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. UV - VIS Spectrophotometer
2. Cuvette Cell
3. เครื่อง Centrifuge
4. Centrifuge Tube
5. Pipettete
6. Beaker
7. Volumetric Flask
8. Erlenmeyer Flask 50 mL
9. Dropper

ขั้นตอนการวิเคราะห์

สังเกตตัวอย่างน้ำต้องมีลักษณะใสไม่มีสีจึงจะนำไปวิเคราะห์ได้ ถ้าขุ่นต้องนำไปเซนตริฟิวจ์ให้ตกตะกอนจนหมด ถ้ามีสีต้องลบสีก่อนจะทำการวิเคราะห์ขั้นตอนต่อไป

วิธีการลบสี

ตวงตัวอย่างน้ำ 20 mL เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มอล 0.4 mL และผงคาร์บอน 0.3 g แล้วกรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ต้องทำการทดสอบไร้สิ่งตัวอย่าง (blank test) ทุกครั้งเวลาลบสี โดยการใส่น้ำกลั่น 20 mL ลงใน Flask ขนาด 50 mL เติมสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มอล 0.4 mL ชั่งผงคาร์บอนใส่ลงไป 0.3 g แล้วกรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5

การทำ Standard Curve

เจือจางสารละลายโซเดียมซัลเฟต 1000 mg L^{-1} ด้วยน้ำกลั่นเป็น 0, 5, 10, 20, 30, 40 mg L^{-1} ปรับปริมาตรให้เป็น 10 mL เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มอลลงไป 0.2 mL ตามด้วยแบเรียมคลอไรด์ 0.5 g เขย่าจนละลายหมด เติมสารละลาย Gum Acacia 1 mL นำไปวัดด้วยเครื่อง UV - VIS Spectrophotometer

วิธีวิเคราะห์

1. ตวงตัวอย่างน้ำ 10 mL เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 6 นอร์มอลลงไป 0.2 mL เขย่าเล็กน้อย (กรณีผ่านการลบสีมาแล้วไม่ต้องเติมกรด)

2. เติมแบเรียมคลอไรด์ลงไป 0.5 g เขย่าให้ละลายหมด เติมสารละลาย Gum Acacia 1 mL ถ้าตัวอย่างเข้มข้น 40 mg L^{-1} ต้องเจือจางตัวอย่างน้ำให้เข้มข้นน้อยกว่า 40 mg L^{-1} ด้วยน้ำกลั่น แล้วทำตามขั้นตอนที่ 1 และ 2

การคำนวณ

- ค่าที่วัดได้จากเครื่อง		A	mg L^{-1}
- จำนวนเท่าของตัวอย่างน้ำที่ถูกเจือจาง		B	เท่า
ปริมาณซัลเฟต	=	A x B	mg L^{-1}

การแปลผล

น้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกพืชที่ไม่มีความทนเกลือ ปริมาณซัลเฟตในน้ำไม่เกิน 480 mg L^{-1}

สำหรับพืชที่ทนเกลือได้ ปริมาณซัลเฟตในน้ำไม่เกิน 960 mg L^{-1} (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

เอกสารอ้างอิง

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. 2543. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 461 น.

กองวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ 98 น.

การวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอเนต - ไบคาร์บอเนตในน้ำ

บทนำ

ไบคาร์บอเนต (HCO_3) เป็นเกลือของกรดคาร์บอนิกเกิดจากการละลายน้ำของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เกลือไบคาร์บอเนตของโซเดียม และโพแทสเซียม จะอยู่ในรูปของแข็ง เช่น เบกกิ้งโซดา (โซเดียมไบคาร์บอเนต) แต่เกลือไบคาร์บอเนตของแคลเซียม และแมกนีเซียมจะเป็นของเหลว พบว่ามีไบคาร์บอเนตละลายอยู่ในน้ำธรรมชาติโดยทั่วไป น้ำที่มีไบคาร์บอเนตสูง มีแนวโน้มที่จะตกตะกอนเป็นแคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนตที่ไม่ละลายน้ำ เมื่อสารละลายดินมีความเข้มข้นมากขึ้น เนื่องจากการคายระเหยน้ำของพืช ลักษณะเช่นนี้ทำให้อัตราส่วนของโซเดียมที่ดูดซับ (Sodium Absorption Ratio) มีค่าสูงขึ้น อัตราส่วนของโซเดียมในสารละลายดินจะเพิ่มขึ้น ผลที่เกิดขึ้นคือเป็นการเพิ่มความเป็นพิษของโซเดียม ดังนั้นการให้น้ำที่มีไบคาร์บอเนตสูงแก่พืชอย่างต่อเนื่องย่อมทำให้ดินนั้นเป็นดินที่ได้รับอิทธิพลจากโซเดียม คุณภาพดินจะเลวลงเป็นลำดับ

การฉีดพ่นน้ำที่มีไบคาร์บอเนตให้แก่พืช ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นต่ำ (ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 30) และมีการระเหยน้ำสูง อาจทำให้เกิดจุดสีขาวบนผิวของผลไม้หรือใบไม้ จุดนี้ไม่สามารถล้างออกได้ในการให้น้ำแก่พืชครั้งต่อไป จุดที่เกิดขึ้นบนผลไม้นี้ ทำให้ผลไม้ไม่สวยและไม่เป็นที่ต้องการของตลาด

แม้ว่าไบคาร์บอเนตจะเป็นไอออนที่ไม่เป็นพิษต่อพืชโดยตรง แต่มีรายงานว่าถ้าน้ำที่ใช้เพาะปลูกข้าวมีไบคาร์บอเนตมากเกินพอ คือ 122 mg L^{-1} (2 มิลลิอิควิวาเลนท์/ลิตร) แล้ว จะทำให้ข้าวขาดสังกะสี ซึ่งจะแก้ไขได้โดยการใส่สังกะสีลงในดินนาก่อน ขังน้ำหรือรีบให้สังกะสีทันทีในอัตรา 8 - 10 kg/ha เมื่อพบว่ามีคลอโรซีส (อรทัย, 2546)

หลักการ

นำสารละลายผสม CO_3^{2-} และ HCO_3^- มาเติมสารละลายฟีนอลฟทาลีนจะได้สีชมพูเกิดขึ้น แล้วนำมาไทเทรตกับสารละลาย

กรดไฮโดรคลอริกจนสีชมพูเปลี่ยนไปเป็นไม่มีสี CO_3^{2-} จะถูกเปลี่ยนไปเป็น HCO_3^- หมด ส่วน HCO_3^- เดิมไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

$$CO_3(aq) + H_3O^+(aq) \longrightarrow HCO_3^-(aq) + H_2O$$

ตอนนี้ในสารละลายจะประกอบด้วย HCO_3^- ที่มีอยู่เดิม และ HCO_3^- ที่มาจาก CO_3^{2-} ถ้าเราเติมสารละลายเมทิลออเรนจ์ลงไปในสารละลายนี้แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกต่อ จนได้สารละลายสีส้มเกิดขึ้น HCO_3^- จะถูกเปลี่ยนเป็น H_2CO_3 (ศุภชัย, 2539)

$$HCO_3^-(aq) + H_3O^+(aq) \longrightarrow H_2CO_3(aq) + H_2O$$

สารเคมี

- HCl 0.05 N

ตวงสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (37%) 5 mL เจือจาง ด้วยน้ำกลั่น 995 mL

- $Na_2B_4O_7.10H_2O$

ละลาย $Na_2B_4O_7.10H_2O$ จำนวน 0.2000 g ในน้ำกลั่น 25 mL

- Phenolphthalein Indicator 0.5 %

ละลาย Phenolphthalein Indicator จำนวน 0.5 g ในสารละลายเอทานอล 100 mL

- Methyl Orange Indicator 0.01 %

ละลาย Methyl Orange Indicator จำนวน 0.01 g ในน้ำกลั่น 100 mL

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Burette
2. Pipette
3. Auto Pipette
4. Erlenmeyer Flask 50 mL
5. Beaker

วิธีวิเคราะห์ (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

1.ปิเปตต์ ตัวอย่างน้ำ 10 ml ลงในขวดเออร์เลนเมเยอร์ (Erlenmeyer flask) ขนาด 125 mL

2. ไทเทรตด้วยกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล มีฟีนอลฟทาลีน 0.1% เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนสีจากชมพูเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้

3. จากนั้นไทเทรตต่อด้วยกรดไฮโดรคลอริกมาตรฐานเข้มข้น 0.05 นอร์มอล โดยมีเมทิลออเรนจ์เข้มข้น 0.01% เป็นอินดิเคเตอร์ สารละลายจะเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีแสด บันทึกปริมาตรกรดที่ใช้

สารละลายกรดมาตรฐาน

ชั่ง Sodium Tetraborate ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) 0.2000 g ละลายในน้ำกลั่น 25 mL หยด Methyl Red Indicator 0.1% ลงไป 3 หยด สารละลายจะเป็นสีเหลือง นำมาไทเทรตกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.01 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู แล้วนำปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกที่ใช้ไปมาคำนวณหาค่าความเข้มข้นกรดมาตรฐานจากสูตร

ความเข้มข้นของกรดมาตรฐาน (นอร์มอล)

$$= \frac{\text{น้ำหนักเป็น g ของ } Na_2B_4O_7.10H_2O}{\text{mL ของกรดที่ใช้ x 0.1907}}$$

$$= \frac{0.2000}{\text{mL ของ HCl x 0.1907}}$$

การคำนวณ

1. การคำนวณปริมาณคาร์บอเนต

ความเข้มข้นกรดมาตรฐาน	=	N	นอร์มอล
ปริมาตรตัวอย่างน้ำ	=	V	mL
ปริมาตรของกรดที่ใช้กับตัวอย่าง โดยใช้ฟีนอลฟทาลีนเป็นอินดิเตอร์	=	A	mL

$$\text{ปริมาณของคาร์บอเนต} = \frac{2A \times N \times 1000 \times 30}{V} \text{ mg } L^{-1}$$

2. การคำนวณปริมาณไบคาร์บอเนต

ความเข้มข้นกรดมาตรฐาน = N นอร์มอล

ปริมาตรตัวอย่างน้ำ = V mL

ปริมาตรของกรดที่ใช้กับตัวอย่างโดยใช้เมทิลออเรนจ์เป็นอินดิเตอร์

= B mL

$$\text{ปริมาณของไบคาร์บอเนต} = \frac{(B - 2A) \times N \times 1000 \times 61}{V} \text{ mg } L^{-1}$$

การแปลผล

ปริมาณคาร์บอเนตในน้ำ 0-0.1 meg L^{-1} และปริมาณไบคาร์บอเนตในน้ำ 0-10 meg L^{-1} เป็นค่าปกติในน้ำที่ให้กับพืช (Ayers and Westcot, 1985)

เอกสารอ้างอิง

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. 2539. ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 259 น.

กองวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 2537. คู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 98 น.

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. Food and agriculture organization of the United Nation. Rome, Italy. 174 p.

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะต่าง ๆ ในน้ำโดยใช้เทคนิค Atomic Absorption Spectrometry

บทนำ

ปริมาณโลหะต่าง ๆ ในน้ำและน้ำทิ้งมีความแปรปรวนมาก โดยปริมาณดังกล่าวมีตั้งแต่ปริมาณที่เป็นประโยชน์ ปริมาณมากจนก่อให้เกิดปัญหา และปริมาณมากจนถึงระดับเป็นพิษ โลหะบางชนิดในน้ำมีความจำเป็นแต่บางชนิดก็ก่อให้เกิดผลกระทบในหลาย ๆ ด้าน ได้แก่ ผลกระทบต่อผู้บริโภค ผลกระทบต่อระบบบำบัดน้ำเสียและระบบกักเก็บน้ำ รวมถึงการปนเปื้อนในแหล่งน้ำซึ่งก่อให้เกิดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมด้วย ความเป็นประโยชน์หรือความเป็นพิษของโลหะต่าง ๆ ในน้ำขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของโลหะนั้น ๆ ที่มีในน้ำ (APHA, AWWA, WPCF., 1985)

หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะต่าง ๆ ในน้ำทำได้หลายวิธีซึ่งวิธี Atomic Absorption Spectrometry (AAS) เป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ เพราะเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว และไม่ต้องใช้ตัวอย่างน้ำปริมาณมาก การวิเคราะห์โดยการใช้ AAS มีเทคนิคในการผลิตไอออะตอมที่นิยมอย่างแพร่หลาย 3 เทคนิค ได้แก่

1). Flame atomization techniques เป็นเทคนิคซึ่งใช้เปลวไฟเพื่อให้ความร้อนแก่ธาตุในการแตกตัวเป็นอะตอม เทคนิคนี้นิยมใช้อย่างกว้างขวางวิเคราะห์ธาตุได้มากกว่า 65 ธาตุ และมีสิ่งรบกวนการวิเคราะห์น้อย แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ sample matrix ด้วย

2). Electrothermal atomization techniques เป็นเทคนิคซึ่งผลิตไอออะตอมโดยใช้เตาเผาไฟฟ้าขนาดเล็ก มีข้อดี คือ ใช้ปริมาณตัวอย่างน้อย และวิเคราะห์ตัวอย่างที่เป็นของแข็งได้โดยตรง และมีความไวในการวิเคราะห์สูงกว่าเทคนิคอื่น แต่มีราคาแพงกว่า Flame AAS มาก

3). Vapour generation techniques เทคนิคนี้แบ่งออกเป็น 2 เทคนิคย่อย คือ Hydride generation technique เทคนิคนี้ใช้กับธาตุที่เกิดเป็นสารประกอบไฮโดรด์ได้ง่าย โดยเฉพาะ As และ Se และ Cold vapor techniques เทคนิคนี้ใช้กับ Hg เพียงธาตุเดียวเท่านั้น เพราะ Hg สามารถทำให้เป็นไออะตอมได้ที่อุณหภูมิห้อง (สมศักดิ์, 2545)

ถึงแม้ว่า AAS จะเป็นวิธีที่มี selectivity สูง เมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ๆ แต่ก็ยังมีการรบกวนเกิดขึ้น ซึ่งการรบกวนที่พบมากคือการรบกวนทางเคมี (chemical interference) การรบกวนในลักษณะนี้มักไม่สามารถทำการแก้ไขได้ที่ตัวเครื่อง จำเป็นต้องใช้วิธีทางเคมีเข้าช่วย (สมศักดิ์, 2545; APHA, AWWA, WPCF., 1985) สาเหตุของการรบกวนมีหลายประการ เช่น

- การแตกตัวเป็นไอออนของธาตุที่วิเคราะห์ (ionization) ปัญหานี้เกิดขึ้นเนื่องจากใช้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้อะตอมแตกตัวเป็นไอออนและไม่ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นเดียวกับอะตอม การรบกวนนี้แก้ไขได้หลายวิธี เช่น 1) เลือกใช้เปลวไฟซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่าเช่นใช้ air-propane แทน air-C_2H_2 2) ใช้อัตราส่วนของเชื้อเพลิงต่อออกซิแดนท์มากกว่าปกติ (reduce flame) 3) เติม ionization suppressor ลงไปทั้งในสารละลายตัวอย่าง และสารละลายมาตรฐาน เช่น เติม CsCl ลงไปในการวิเคราะห์ K และ Na ด้วย air-C_2H_2 หรือ เติม KCl ลงไปในการวิเคราะห์ Al ด้วย N_2O-C_2H_2 flame เป็นต้น

- การเกิดสารทนไฟ (refractory compound formation) เกิดเนื่องจากในสารละลายตัวอย่างมีแอนไอออนที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับธาตุที่ทำการวิเคราะห์ในเปลวไฟให้สารที่สลายตัวยาก เช่น การเกิดสารประกอบแคลเซียมไพโรฟอสเฟต ($Ca_2P_2O_7$) ในการวิเคราะห์ แคลเซียมทำให้การดูดกลืนแสงของแคลเซียมลดลง 30-50 % หรือการเกิดอะลูมิเนียม-แมกนีเซียมในการวิเคราะห์แมกนีเซียม เป็นต้น การแก้ไขทำได้โดย

1) เติม releasing agent เช่น การเติมสารประกอบ $SrCl_2$ เข้มข้น 1500 mg L^{-1} หรือ La_2O_3 เข้มข้น 5% ลงไปในสารละลายเพื่อลดการรบกวนของฟอสเฟตต่อการวิเคราะห์แคลเซียม และการรบกวนของอะลูมิเนียมต่อการวิเคราะห์แมกนีเซียม

2) การเติม protective agent เช่น EDTA, 8-hydroxyquinoline หรือ APDC (Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate) เป็นต้น สารเหล่านี้จะทำปฏิกิริยากับโลหะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้ดี แต่เมื่อเข้าสู่เปลวไฟจะสลายตัวได้เร็ว เนื่องจากเป็นสารอินทรีย์

การวิเคราะห์ปริมาณโลหะต่าง ๆ ในน้ำ ได้แก่ Fe Mn Zn Cu Pb Cd และ Cr โดยเทคนิค Atomic Absorption Spectrometry (direct aspiration โดยใช้ air-acetylene flame)

อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Atomic Absorption Spectrometry (AAS)
2. เครื่องแก้วที่จำเป็น

การเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์

1. ใช้สารละลายมาตรฐานสำเร็จรูปของโลหะที่ต้องการวิเคราะห์ต่าง ๆ ซึ่งอยู่ในรูปสารละลายเข้มข้น 1000 mg L^{-1} (หลังการใช้ควรเก็บไว้ในตู้เย็น)

2. เตรียม Standard set solution ของสารละลายมาตรฐานแต่ละธาตุ โดยใช้ re-distilled water ที่เติมกรดไนตริกแล้ว (1.5 mL conc.HNO_3 ต่อน้ำ 1 ลิตร) (APHA, AWWA. WPCF., 1985) ตามช่วงความเข้มข้นที่ใช้งาน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ช่วงความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานที่เหมาะสมในการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำ

ธาตุที่วิเคราะห์	ช่วงความเข้มข้นของสารละลาย มาตรฐานที่เหมาะสม (เตรียมใน volume metric flask 100 mL)	Releasing agent/ Protective agent
1. Iron (Fe)[1/]	1 - 10 mg L^{-1}	25 mL Calcium solution
2. Manganese (Mn)[1/]	0 - 5 mg L^{-1}	25 mL Calcium solution
3. Zinc (Zn)[1/]	0 - 2.5 mg L^{-1}	-
4. Copper (Cu)[1/]	0 - 6 mg L^{-1}	-
5. Lead (Pb)[2/]	0 - 2 mg L^{-1}	5 mL EDTA solution
6. Cadmium (Cd)[2/]	0 - 2 mg L^{-1}	-
7. Chromium (Cr)[2/]	0 - 10 mg L^{-1}	1 mL 30% H_2O_2

ที่มา : 1/ สมศักดิ์ (2545)

2/ APHA.AWWA. WPCF. (1985)

การเตรียม Releasing agent/ Protective agent

1). Calcium solution : ละลาย 0.63 g $CaCO_3$ ใน conc. HCl 10 mL เติมน้ำกลั่นลงไป 200 mL อุ่นจนละลายหมด ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

2). EDTA solution : ละลาย 37.22 g ของ Ethylene Diamine Tetraacetic Acid Disodium Salt (EDTA) ในน้ำกลั่นและปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร จะได้ EDTA solution เข้มข้น 0.1 M

3). ทำ Standard Curve จากช่วงความเข้มข้นของธาตุแต่ละธาตุ โดยใช้ความยาวคลื่นของธาตุต่าง ๆ ดังนี้

ธาตุที่วิเคราะห์	Wavelength (nm)	Detection Limit (mg L^{-1})
Fe	248.3	0.02
Mn	279.5	0.01
Zn	213.9	0.005
Cu	324.7	0.01
Pb	283.3	0.05
Cd	228.8	0.002
Cr	357.9	0.02

การเตรียมตัวอย่าง (Sample pretreatment)

ตัวอย่างซึ่งได้จากน้ำทิ้งและน้ำดิบจะมีสารแขวนลอยปะปนอยู่ จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมตัวอย่างก่อนวิเคราะห์ ซึ่งในที่นี้รวมถึงการเติมกรดเพื่อเก็บรักษาตัวอย่าง และย่อยสลายอินทรียวัตถุ เพื่อให้โลหะต่าง ๆ อยู่ในสภาพของสารละลาย

การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ Fe และ Mn

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No. 42

2. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 98 mL เติม conc. HNO_3 2 mL จะได้ปริมาตรสุดท้าย 100 mL นำไปวัด Fe เทียบกับ standard curve ได้ค่า X mg L^{-1}

3. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 75 mL เติม conc.HNO_3 2-3 หยด ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วย Calcium solution และนำไปวัด Mn เทียบกับ standard curve ได้ค่า Y mg L^{-1}

การคำนวณ

ปริมาณ Fe = (X x 100) / 98 mg L^{-1}

ปริมาณ Mn = (Y x 100) / 75 mg L^{-1}

การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ Zn และ Cu

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No. 42

2. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 98 mL เติม 6 N HCl 2 mL จะได้ปริมาตรสุดท้าย 100 mL นำไปวัด Zn เทียบกับ standard curve ได้ค่า X mg L^{-1}

3. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 98 mL เติม con.HNO_3 2 mL จะได้ปริมาตรสุดท้าย 100 mL นำไปวัด Cu เทียบกับ standard curve ได้ค่า Y mg L^{-1}

การคำนวณ

ปริมาณ Zu = (Xx100)/98 mg L^{-1}

ปริมาณ Cu = (Yx100)/98 mg L^{-1}

การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ Pb Cd และ Cr

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยกระดาษกรอง No. 42

2. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 90 mL เติม conc. HNO_3 1 mL และเติม EDTA solution 9 mL จะได้ปริมาตรสุดท้าย 100 mL นำไปวัด Pb เทียบกับ standard curve ได้ค่า x mg L^{-1}

3. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 98 mL เติม conc.HNO_3 2 mL จะได้ปริมาตรสุดท้าย 100 mL นำไปวัด Cd เทียบกับ standard curve ได้ค่า Y mg L^{-1}

4. นำตัวอย่างน้ำที่กรองแล้ว 98 mL เติม conc.HNO_3 1 mL และเติม 30% H_2O_2 1 mL จะได้ปริมาตรสุดท้าย 100 mL นำไปวัด Cr เทียบกับ standard curve ได้ค่า Z mg L^{-1}

การคำนวณ

ปริมาณ Pb = (X x 100) / 90 mg L^{-1}

ปริมาณ Cd = (Y x 100) / 98 mg L^{-1}

ปริมาณ Cr = (Z x 100) / 98 mg L^{-1}

การเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะทั้งหมด (Total metals)

นอกจากการเตรียมตัวอย่างน้ำดังกล่าวข้างต้นแล้ว สามารถเตรียมตัวอย่างน้ำโดยการย่อยได้ดังนี้ ถ่ายตัวอย่างน้ำซึ่งเขย่าเข้ากันดีแล้ว 50 - 100 mL ลงในบีกเกอร์ เติม 5 mL conc.HNO_3 ตั้งบีกเกอร์บน hot plate ระเหยจนเกือบแห้งโดยไม่ให้มีการเดือดเกิดขึ้น ทิ้งไว้ให้เย็นจึงเติมกรดลงไปอีก 5 mL ปิดปากบีกเกอร์ด้วยกระจกนาฬิกา แล้วเอาตั้งบน hot plate อีก เพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนเกิดการ reflux ขึ้น ให้ความร้อนต่อไปเรื่อย ๆ และเติมกรดอีกเท่าที่จำเป็นจนกระทั่งการย่อย (digestion) สมบูรณ์ ซึ่งสังเกตจากการที่สารละลายใส และตะกอนมีสีขาวขึ้น เติม 1-2 mL conc.HNO_3 อุ่นต่อไปอีกพักหนึ่งเพื่อละลายตะกอน ล้างตะกอน กรอง และทำให้มีปริมาตร 50- 100 mLนำตัวอย่างที่ได้นี้ไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะทั้งหมด โดยเทียบกับ Standard curve ของโลหะแต่ละชนิดที่ต้องการวิเคราะห์ (จักรพงษ์, 2536)

การแปลผล

การแปลผลโลหะต่าง ๆ จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำ เพื่อตรวจสอบว่าคุณภาพของน้ำนั้นเหมาะสมที่จะใช้เพื่อการเกษตรหรือไม่ สามารถแปลผลที่วิเคราะห์ได้โดยเทียบกับตารางมาตรฐานค่าสูงสุดของโลหะต่าง ๆ ที่แนะนำให้มีได้ในน้ำ ดังแสดงตารางที่ 3.4 ถ้าหากว่าค่าโลหะต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ ได้ในน้ำมีมากเกินระดับที่แนะนำให้มีได้ น้ำนั้นก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อการเกษตร โดยเฉพาะการเพาะปลูกพืช เนื่องจากอาจเกิดการสะสมของโลหะต่าง ๆ ในพืช และส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคได้

ตาราง 3.4 ค่าสูงสุดของโลหะต่าง ๆ ที่แนะนำให้มีได้ในน้ำที่ใช้ในการเพาะปลูกพืช

ธาตุ	ค่าสูงสุดที่แนะนำให้มีได้ในน้ำ (mg L^{-1})
Aluminium (Al)	5.0
Arsenic (As)	0.10
Cadmium (Cd)	0.01
Cobalt (Co)	0.05
Chromium (Cr)	0.10
Copper (Cu)	0.20
Iron (Fe)	5.0
Manganese (Mn)	0.20
Molybdenum (Mo)	0.01
Nickel (Ni)	0.20
Lead (Pb)	5.0
Selenium (Se)	0.02
Zinc (Zn)	2.0
Fluoride (F)	1.0

ที่มา : Ayers and Westcol (1985)

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ สิริสิงห์. 2522. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 336 น.

จักรพงษ์ เจิมศิริ. 2536. วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติบางอย่างของน้ำ. คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการวิเคราะห์ดิน พืช น้ำ และปุ๋ยเคมี. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 123 น.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2545. เอกสารประกอบการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องการประยุกต์ใช้ AAS เพื่อการวิเคราะห์ดินและพืช. โครงการจัดตั้งเครือข่ายห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน และพืช ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยแม่โจ้ สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 1 เชียงใหม่ วันที่ 16-20 ธันวาคม 2545.

APHA. AWWA. WPCF. 1985 . Standard methods for the examination of water and waste water.

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1985. Water quality for agriculture. Food and agriculture organization of the United Nation. Rome, Italy. 174 p.

มาตราฐานคุณภาพน้ำ

การแบ่งระดับคุณภาพน้ำ

การกำหนดคุณภาพของแหล่งน้ำจืดภายในประเทศ เป็นไปตามความสำคัญของการใช้ ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้น ๆ โดยให้แบ่งระดับคุณภาพของน้ำออกเป็น 5 ระดับ ดังนี้คือ

1. คุณภาพระดับ 1 เป็นแหล่งน้ำสะอาดดีมากที่ใช้ประโยชน์เพื่อ

1.1 การอุปโภคและบริโภค โดยไม่จำเป็นต้องผ่านขบวนการบำบัดน้ำนอกจากการฆ่าเชื้อโรคอย่างปกติ

1.2 เพื่อการอนุรักษ์ระบบนิเวศน์วิทยาของแหล่งน้ำ โดยให้สิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน (primary production) แพร่ขยายพันธุ์ตามธรรมชาติ

2. คุณภาพระดับ 2 เป็นแหล่งน้ำสะอาดดีที่ใช้ประโยชน์เพื่อ

2.1 การอุปโภคและบริโภค โดยผ่านขบวนการบำบัดน้ำโดยทั่วไปก่อนใช้ประโยชน์

2.2 การอนุรักษ์สัตว์น้ำโดยทั่วไปให้มีชีวิตอยู่รอด และเอื้ออำนวยต่อการประมง

2.3 การพักผ่อนหย่อนใจ

3. คุณภาพระดับ 3 เป็นแหล่งน้ำสะอาดปานกลางที่ใช้ประโยชน์เพื่อ

3.1 การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านขบวนการบำบัดน้ำโดยทั่วไป ก่อนใช้ประโยชน์

3.2 การเกษตรกรรม (เพาะปลูก)

4. คุณภาพน้ำระดับ 4 เป็นแหล่งน้ำสะอาดพอใช้ที่ใช้ประโยชน์เพื่อ

4.1 การอุปโภคและบริโภค โดยต้องผ่านขบวนการบำบัดน้ำเป็นพิเศษให้มีคุณภาพเป็นไปตามความต้องการก่อนใช้ประโยชน์

4.2 การอุตสาหกรรม

4.3 กิจกรรมอื่น ๆ ที่มีความต้องการน้ำที่มีคุณภาพในระดับนี้

5. คุณภาพน้ำระดับ 5 เป็นแหล่งน้ำที่ไม่เหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์ข้างต้น แต่อาจใช้ประโยชน์ในการคมนาคมได้

กฎเกณฑ์ควบคู่กับการแบ่งระดับคุณภาพน้ำ

1. น้ำมีคุณภาพแต่ละระดับ สามารถนำไปใช้ประโยชน์สำหรับกิจกรรมที่มีความต้องการคุณภาพต่ำกว่าที่ระดับนั้น ๆ ได้

2. ค่า pH ของแหล่งน้ำนั้น ทุกระดับต้องอยู่ระหว่าง 6-8

3. ไม่อนุญาตให้มีการระบายน้ำเสียให้ลงสู่แหล่งน้ำระดับ 1 โดยเด็ดขาด ไม่ว่าจะผ่านการบำบัดน้ำเสียแล้วหรือไม่ก็ตาม

4. การทิ้งน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำระดับ 2 จะสามารถกระทำได้ต่อเมื่อผลของการระบายน้ำเสียนั้น ไม่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของแหล่งน้ำนั้นตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

4.1 ต้องไม่มีสารเคมีหรือสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ วัตถุหรือสิ่งของที่ลอยอยู่สารที่ก่อให้เกิดกลิ่น และรสผิดไปจากสภาพธรรมชาติ

4.2 สารเป็นพิษต่าง ๆ ในแหล่งน้ำนั้นจะต้องไม่พบค่าที่สูงเกินกว่ารายการที่กำหนด ดังนี้

(1) แอมโมเนีย (NH_3- N)	0.50	mg L^{-1}
(2) สารหนู (As)	0.01	mg L^{-1}
(3) แคดเมียม (Cd)		

(3.1) 0.005 mg L^{-1} ในน้ำที่มีความกระด้าง ต่ำกว่า 100 mg L^{-1} ในรูป $CaCO_3$

(3.2) 0.05 mg L^{-1} ในน้ำที่มีความกระด้างเกินกว่า 100 mg L^{-1} ในรูป $CaCO_3$

(4) โครเมี่ยม (Cr hexavalent)	0.050	mg L^{-1}
(5) ทองแดง (Cu)	0.100	mg L^{-1}
(6) ไซยาไนด์ (CN)	0.005	mg L^{-1}
(7) ตะกั่ว (Pb)	0.050	mg L^{-1}
(8) แมงกานีส (Mn)	1.000	mg L^{-1}
(9) ปรอท (Hg)	0.002	mg L^{-1}
(10) นิกเกิล (Ni)	0.100	mg L^{-1}
(11) สังกะสี (Zn)	1.000	mg L^{-1}

(12) ไนเตรท (NO_3) 5.000 mg L^{-1}

(กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

ตารางที่ 3.5 การกำหนดคุณภาพน้ำที่ใช้ในการบริโภคและการเพาะปลูก (กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

รายละเอียดส่วนประกอบที่มีอยู่ในน้ำ (Characteristics)		น้ำใช้อุปโภคบริโภค (Domestic water supply)		น้ำใช้ในการเพาะปลูก (Irrigation)	
		น้ำใช้บริโภค	ใช้อื่น ๆ ว่ายน้ำ อาบ ล้าง ซักฟอก ฯลฯ	สำหรับพืชที่ไม่ทนต่อเกลือ	พืชที่พอทนเกลือได้
แบคทีเรีย Per 100 mL					
Coloform	ไม่เกิน	1	1		
	อัตราสูงสุด	50	50		
อินทรีย์สาร Organic (mg L^{-1})					
B.O.D	ไม่เกิน	ไม่มี	5		
	อัตราสูงสุด	0.5	10		
D.O.	ไม่น้อยกว่า	5	5		
	อัตราต่ำสุด	2	2		
น้ำมัน Oil	ไม่เกิน	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี	ไม่มี
	อัตราสูงสุด	2	2	5	5
ความเป็นกรดเป็นด่าง					
pH อยู่ระหว่าง		6.8 - 7.2	6.8 -7.2	6.5 - 8.5	6.5 -8.5
ไม่น้อยหรือมากกว่าระหว่าง		6.5 - 8.0	6.5 - 8.0	6.0 - 9.0	5.0 - 9.0
คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (NTU)					
ความขุ่น Turbidity	ไม่เกิน	5	5		
	อัตราสูงสุด	20	20		
สี Color	ไม่เกิน	10	10		
	อัตราสูงสุด	30	30		
Suspension Solids	ไม่เกิน	10	20		
	อัตราสูงสุด	100	100		
การลอยน้ำ Floating Solids	ไม่เกิน	ไม่มี	ไม่มี		
	อัตราสูงสุด		มีได้บ้าง		

ตารางที่ 3.5 การกำหนดคุณภาพน้ำที่ใช้ในการบริโภคและการเพาะปลูก (ต่อ)
(กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2537)

รายละเอียดส่วนประกอบที่มีอยู่ในน้ำ (Characteristics)		น้ำใช้อุปโภคบริโภค (Domestic water supply)		น้ำใช้ในการเพาะปลูก (Irrigation)	
		น้ำใช้บริโภค	ใช้อื่น ๆ ว่ายน้ำ อาบ ล้าง ซักฟอก ฯลฯ	สำหรับพืชที่ไม่ทนต่อเกลือ	พืชที่พอทนเกลือได้
คุณสมบัติทางเคมี (mg L^{-1})					
Total sollds	ไม่เกิน	500	-	500	500
	อัตราสูงสุด	1,500	-	1,500	-
Chloride Cl	ไม่เกิน	250	-	200	-
	อัตราสูงสุด	750	-	750	-
Sulphate SO_4	ไม่เกิน			192	192
	อัตราสูงสุด			480	960
Fluorids F	ไม่เกิน	0.5 - 1.0			
	อัตราสูงสุด	1.5			
สารที่เป็นพิษ (Toxic ions)(mg L^{-1})	ไม่เกิน	ไม่มี	0.1		
	อัตราสูงสุด		5		
Phenol	ไม่เกิน	1	5		
	อัตราสูงสุด	5	50		
Boron	ไม่เกิน			0.5	1
	อัตราสูงสุด			1	3.8
Sodium Ratio	ไม่เกิน			35 - 50	50 - 65
	อัตราสูงสุด			65	80
ความกระด้าง Total Hardness	ไม่เกิน	100			
	อัตราสูงสุด	350			
ปริมาณเกลือ Total Salts (mg L^{-1})				สูงสุด 700	350 - 2,000
Specific Conductance (micromhos\cm)				0 - 750	750 - 2,000
อุณหภูมิ	^{O}F	60	65		
กลิ่น (Odor)	สูงสุด	ไม่มีกลิ่น	มีรสเล็กน้อย		
รส (Taste)	สูงสุด		มีรสเล็กน้อย		

ส่วนที่ 4
พืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน

การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และ วัสดุปรับปรุงดิน

Plant - Fertiliser and Soil Improvement Material

ปัจจัยหลักที่สำคัญในการผลิตคือ ดิน พืช น้ำ ปุ๋ย การศึกษาถึงความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้โดยการทดลองค้นคว้า ทั้งในเรือนทดลอง (Green house) หรือการศึกษาในพื้นที่จริง (Field experiment) เพื่อนำเทคโนโลยีหรือความรู้เหล่านั้นไปเผยแพร่ถ่ายทอดให้แก่เกษตรกรช่วยให้ผลผลิตเพิ่มเพื่อเพิ่มพูนรายได้ให้แก่เกษตรกรต่อไป

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน นอกจากจะใช้ผลจากการวิเคราะห์ดินเป็นตัวบ่งบอกแล้ว การวิเคราะห์พืชที่ขึ้นอยู่หรือปลูกในบริเวณนั้นก็สามารถบอกถึงความอุดมสมบูรณ์ หรือขาดแคลนแร่ธาตุอาหารในดินได้เช่นกัน การประเมินค่าความอุดมสมบูรณ์ หรือการที่จะดำเนินการวิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับการจัดการ หรือปรับปรุงดิน การวิเคราะห์ควบคู่กันทั้งดินและพืชจะให้ข้อมูลร่วมกัน ซึ่งเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวินิจฉัยและสรุปผลงาน ผลจากการวิเคราะห์พืชยังเป็นการยืนยันถึงความมากน้อยของปริมาณธาตุอาหารในดินว่าเพียงพอกับการเจริญเติบโตจนให้ผลผลิตของพืช ไม่เพียงพอหรือมากเกินไป จนเกิดการสะสมภายในพืช แต่ก็ไม่เป็นอันตรายต่อพืชหรือมากเกินจนเป็นอันตรายต่อพืช (toxic) พืชไม่สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ ทั้งยังสามารถใช้ค่าวิเคราะห์ที่ได้พิจารณาการใส่ปุ๋ยหรือวัสดุปรับปรุงดินให้แก่พืชได้ในอัตราที่เหมาะสม ไม่มากเกินไปจนสิ้นเปลืองต้นทุนในการผลิต หรือน้อยเกินไปจนผลผลิตที่ได้รับไม่เต็มเม็ดเต็มหน่วยจากการสังเกตลักษณะของพืชสามารถบอกอย่างคร่าว ๆ ได้ว่าดินในขณะนั้น อุดมสมบูรณ์หรือขาดธาตุอาหารบางธาตุโดยสังเกตจากการเจริญเติบโตของพืชในบริเวณนั้น ลักษณะลำต้น ใบ ผล หรือรสชาดผักผลไม้ที่เปลี่ยนไป

คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในส่วนวิเคราะห์วิจัยพืชฯ ซึ่งได้จากการนำคู่มือการวิเคราะห์ของคุณประโสด ธรรมเขต มารวบรวมเพิ่มเติมใหม่ เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ทำงานในห้องปฏิบัติการ ผู้สนใจ และนักวิชาการทั่วไป

การเก็บและเตรียมตัวอย่างพืช

ในการเก็บตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช ผู้ปฏิบัติต้องระลึกอยู่เสมอว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา และการเจริญเติบโตทางสรีระของพืช และมีความแตกต่างกันตามส่วนต่าง ๆ ของพืช ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง ในการเก็บตัวอย่างพืชผู้ปฏิบัติจึงต้องศึกษาว่าจะต้องเก็บส่วนไหนของพืชมาวิเคราะห์ และระยะเวลาที่เหมาะสม โดยทั่วไปนิยมเก็บตัวอย่างใบ พืชโดยเฉพาะใบที่แก่ชุดแรกที่ถัดจากยอดลงมาบนกิ่งที่แตกออกจากลำต้นโดยตรง (main branches) และบนลำต้น (stem) ระยะเวลาที่เหมาะสมคือ เก็บในช่วงก่อนหรือระยะเวลาที่พืชกำลังผลิดอกออก ผล (reproductive stage) ซึ่งเป็นระยะเวลาที่มีระดับธาตุอาหารคงที่มากที่สุด ในกรณีที่ไม่ทราบว่าควรจะเก็บส่วนใดของพืชมาวิเคราะห์จึงจะเหมาะสม แนะนำให้เก็บใบที่เจริญเติบโตเต็มที่ไม่อ่อนและแก่เกินไป ตัวอย่างใบที่เก็บมาต้องมีจำนวนเพียงพอที่จะใช้ทำการวิเคราะห์ โดยทั่วไปแนะนำให้เก็บประมาณ 100 กรัมของน้ำหนักสด แต่ถ้าเป็นพืชที่อวบน้ำอาจจะต้องเก็บ 500 กรัมของน้ำหนักสด ในการเก็บตัวอย่างต้องสุ่มเก็บให้ทั่วแปลง หรือบริเวณที่ทำการศึกษา

ตัวอย่างพืชที่เก็บมาต้องระวังการปนเปื้อนของพวกดิน ฝุ่นละออง สารเคมี หรือยากำจัดโรคแมลง และวัชพืช หากพบว่าพืชที่เก็บมามีสารปนเปื้อนเกาะติดอยู่ควรจะล้างออกให้สะอาดด้วยการจุ่มตัวอย่างในสารละลายกรดเกลือเจือจางความเข้มข้นประมาณ 0.1 นอร์มอล คือ ใช้กรดเกลือเข้มข้นประมาณ 8-9 mL ในน้ำสะอาด 1 L เตรียมให้พอกับปริมาณพืชที่จะใช้ และล้างให้สะอาด อีก 2 ครั้ง ผึ่งให้แห้งในที่ร่มก่อนที่จะนำมาเข้าตู้อบ แต่บางครั้งถ้าเราต้องการวิเคราะห์ธาตุที่ละลายน้ำได้ง่าย เช่น ทองแดง หรือโพแทสเซียม บางส่วนอาจจะถูกชะล้างออกไปพร้อมกับการล้างตัวอย่างพืช ดังนั้นไม่ควรล้างเพียงแต่ใช้ผ้าที่ละเอียด หรือกระดาษทิชชูชุบน้ำหมาด ๆ เช็ดออกก็ได้ ถ้าตัวอย่างพืชมีขนาดใหญ่ หรือเป็นท่อนต้องหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อสะดวกในการบดละเอียด บรรจุตัวอย่างพืชในถุงผ้า หรือถุงกระดาษก่อนนำเข้าตู้อบ อุณหภูมิที่พอเหมาะในการอบตัวอย่างพืชอยู่ในช่วงระหว่าง 65-70˚C ระยะเวลาในการอบต่ำสุดไม่ควรน้อยกว่า 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะแห้งสนิท น้ำหนักแห้งคงที่ ซึ่งอาจจะเป็น 24,

48 หรือ 72 ชั่วโมงก็ได้ นำออกมาจากตู้อบทิ้งให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปบดในเครื่องบด เลือกใช้ตะแกรงขนาด 20-60 เมตร (mesh) ซึ่งในการบดละเอียดได้เท่าไรก็จะเป็นผลดีในการวิเคราะห์ทางเคมีที่ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น เก็บตัวอย่างที่บดแล้วในถุงพลาสติกหรือขวดพลาสติกที่สะอาด ผูกปากถุง หรือปิดจุกให้แน่น โดยคลุกเคล้าให้เป็นเนื้อเดียวกันเสียก่อน ควรอบตัวอย่างพืชที่บดแล้วอีกครั้งที่อุณหภูมิ 65-70˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ใน dessicator ก่อนนำมาชั่งเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไป หรืออาจหาความชื้นแห้งที่อุณหภูมิเดียวกัน แล้วนำมาใช้ในการคำนวณก็ได้

การเก็บตัวอย่างเพื่อตรวจสอบปริมาณแร่ธาตุอาหารในพืชบางชนิด

ระยะการเจริญเติบโต	ส่วนของพืชที่เก็บ	จำนวนพืชต่อตัวอย่าง
1. ข้าวโพด		
- ระยะกล้า (สูงน้อยว่า 12 นิ้ว)	ตัดส่วนเหนือดินทั้งหมด	20-30
- ก่อนระยะออกไหม (Prior to tasseling)	ใบที่โตเต็มที่ทั้งใบ ที่อยู่ส่วนล่างของลำต้น	15-20
- ระยะออกไหมเป็นต้นไป	ใบทั้งในที่อยู่ตรงข้อที่ออกฝัก หรือใบที่อยู่ก่อนหรือถัดไปจากฝัก	15-25
2. ถั่วเหลือง		
- ระยะกล้า (สูงน้อยกว่า 12 นิ้ว)	ตัดส่วนเหนือดินทั้งหมด	20-30
- ระยะออกดอก	เก็บใบที่โตเต็มที่จากส่วนยอด 2-3 ใบ	20-30

ไม่แนะนำให้เก็บตัวอย่างหลังจากเมล็ดกำลังติดฝัก นอกจากจะเป็นตัวอย่าง สำหรับศึกษาธาตุอาหารทั้งหมดที่พืชนำไปใช้ทั้งฤดู เก็บตัวอย่างเหนือดินทั้งต้นที่ระยะเก็บเกี่ยว

3. ธัญพืช (รวมทั้งข้าว)		
- ระยะกล้า (สูงน้อยกว่า 12 นิ้ว)	ส่วนที่เหนือดินทั้งหมด	50-100
- ก่อนระยะจะออกรวง (Prior to heading)	ใบยอด 4 ใบ (Four uppermost leaves)	50-100
4. หญ้า (ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์) ก่อนที่จะออกช่อ เมล็ด (Prior to seed head emergence) หรือระยะที่หญ้ามีคุณภาพดีที่สุด	4 ใบบนสุด (The 4 uppermost leaf blades)	40-50
5. โคลเวอร์และถั่วต่าง ๆ ก่อนดอกจะบาน	ใบที่โตเต็มที่บริเวณห่างจากยอด 1/3 ของต้นพืช	40-50
6. ยาสูบ ก่อนดอกจะบาน	ใบที่สมบูรณ์เต็มที่ (fully developed) ซึ่งอยู่ส่วนยอด	8-12
7. ข้าวฟ่าง ก่อนหรือขณะที่ออกช่อ	ใบที่สองจากยอด	15-25
8. อ้อย อายุถึง 4 เดือน	ใบที่ 3 หรือ 4 ที่เจริญเต็มที่ (fully developed leaf) จากยอด	15-25
9. ถั่วลิสง ก่อนหรือขณะดอกบาน	ใบที่โตเต็มที่จากกิ่งหลักและรอง (main stem and either cotyledon lateral branch)	40-50

10. ฝ้าย		
ก่อนหรือขณะที่ออกดอกชุดแรก	ใบแก่เต็มที่ที่มีอายุน้อยที่สุด (youngest fully mature leaves on main stem)	30-40
11. ผักต่าง ๆ		
ขณะที่เจริญเติบโตได้ถึงครึ่งอายุเก็บเกี่ยว (mid growth)	ใบที่โตเต็มที่ที่มีอายุน้อยที่สุด (ใบหลังสุดเมื่อเทียบกับใบอื่น)	35-55
12. ข้าวโพดหวาน		
- ก่อนออกไหม - ระยะออกไหม	ใบที่โตเต็มที่ทั้งใบใต้ทรงพุ่ม ใบทั้งใบที่อยู่ตรงข้อที่ออกฝัก	20-30
13. ไม้ผล (Fruits and nuts)		
เก็บกลางฤดูที่ออกผล (mid-season)	ใบที่อยู่โคนกิ่ง หรือแขนงที่ออกในปี (current year growth or spurs)	50-100
14. มะนาว		
กลางฤดูที่ออกดอก	ใบที่โตเต็มที่จากยอดที่เพิ่งแตกที่ปลายกิ่งที่ไม่ได้ให้ผล	20-30
15. ส้ม		
กลางฤดูที่ออกผล	ใบที่มีอายุ 4-7 เดือนที่อยู่รอบกิ่ง ยอดที่ไม่ได้ให้ผล (4-7 month old spring cycle leaves from non-fruiting terminals)	20-30

น้ำหนักแห้ง (Dry weight)

พืชจากการทดลองในภาคสนาม ไม่ว่าจะเป็นด้านการทดสอบระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินหรือทดสอบหาอัตราที่เหมาะสมในการใช้ปุ๋ย หรือการจัดการดินหรือพืชใด ๆ น้ำหนักแห้งของพืชทั้งแปลงของแต่ละการทดลองเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหารที่สะสมอยู่ในพืช ในขณะที่มีการเก็บตัวอย่างแต่เราไม่สามารถนำพืชทั้งหมดทั้งแปลงมาหาน้ำหนักแห้งได้ จึงต้องใช้วิธีสุ่มตัวอย่างมาอย่างถูกต้องเหมือนกับตัวอย่างที่จะส่งเข้าทำการวิเคราะห์ทางเคมี ชั่งน้ำหนักสดแล้วนำไปอบให้แห้ง ชั่งน้ำหนักอย่างละเอียด 4 ตำแหน่งอีกครั้ง นำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในขณะนั้น เปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ได้นำไปคำนวณหาน้ำหนักแห้งทั้งหมดของพืชทั้งแปลงทดลอง เมื่อได้ผลวิเคราะห์ทางเคมีออกมาแล้วก็สามารถคำนวณได้ว่าทั้งแปลง หรือทั้งกระถาง หรือพืชแต่ละระดับ การดูดธาตุอาหารขึ้นไปใช้ (up take) มีปริมาณเท่าใดในระยะที่เก็บตัวอย่างพืชมาวิเคราะห์โดยคำนวณจากเปอร์เซ็นต์ หรือ mg kg^{-1} ของปริมาณธาตุที่หาได้ในตัวอย่างพืช เพราะถือเป็นมาตรฐานสากลในการทดลองเกี่ยวกับ พืชต้องใช้น้ำหนักแห้งของพืชเป็นมาตรฐาน เหตุที่ให้ใช้น้ำหนักสดในการคำนวณเพราะปริมาณน้ำในพืชมีความแตกต่างตามชนิดพืช และระยะเวลา และแม้จะเป็นพืชเดียวกันอายุไล่เลี่ยกันก็มีปริมาณน้ำไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำหนักแห้งของพืชเป็นมาตรฐานในการคำนวณ เพื่อที่จะสามารถเปรียบเทียบผลการทดลองในทุก ๆ งานทดลองได้ กรณีที่ไม่มีตู้อบอาจจะใช้ตากแดดจนแห้งสนิทแทนได้ แล้วชั่งหาน้ำหนักแห้งให้ได้ค่าแน่นอนนำมาคำนวณหาน้ำหนักแห้งทั้งหมดได้เช่นกัน

การวิเคราะห์ทางเคมีของพืช ปุ๋ย วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน อักทั้งวัสดุที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมทางการเกษตรต่าง ๆ มีวิธีการวิเคราะห์คล้ายคลึงกัน โดยวิเคราะห์หาไนโตรเจนและคลอไรด์ จากตัวอย่างที่อบแห้งโดยตรง ส่วนธาตุอื่น ๆ วิเคราะห์จากตัวอย่างพืชที่ย่อยสลายและทำให้อยู่ในรูปสารละ ลาย (aliquot) ก่อนทำการวิเคราะห์ควรจะนำตัวอย่างพืชที่เตรียมไว้นำไปอบอีกครั้งที่อุณหภูมิ 65-70 ˚C ประมาณ 8-10 ชั่วโมง หรืออบทิ้งไว้ 1 คืน (over night)

หลังอบนำมาใส่ใน desiccator จนเย็นแล้วจึงชั่ง ซึ่งต้องทำโดยเร็ว แต่ถ้าตัวอย่างมีจำนวนมากสามารถวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้เลยโดยไม่ต้องอบก่อน แต่ให้ใช้วิธีแบ่งตัวอย่างไปอบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น คือใช้ขวดซึ่งเป็นภาชนะในการอบแล้วนำความชื้นที่หามาได้เป็นตัวคำนวณหาปริมาณแร่ธาตุที่แท้จริงตามมาตรฐานสากลที่ใช้ตัวอย่างพืชอบแห้งร้อยเปอร์เซ็นต์

ไนโตรเจน (Total N)

คำนำ

ธาตุไนโตรเจน เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญที่จะช่วยกระตุ้นให้พืชเจริญเติบโต และมีความแข็งแรงช่วยการเจริญของใบและลำต้น ส่งเสริมให้พืชตั้งตัวได้เร็วในระยะแรกเพิ่มปริมาณโปรตีนให้แก่พืชที่ใช้เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ เช่น ข้าวหรือหญ้าเลี้ยงสัตว์ ควบคุมการออกดอก ออกผล ของพืช ช่วยเพิ่มผลผลิตให้สูงขึ้นโดยเฉพาะพืชที่ให้ผลและเมล็ด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

หลักการ

การวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืชที่ใช้กันแพร่หลายมี 2 วิธี คือ

1. Dumas method

วิธีนี้วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างพืชมาเผาในบรรยากาศของ O_2 เพื่อให้สารประกอบไนโตรเจนในพืชสามารถกลายเป็นแก๊ส NO_x จากนั้นรีดิวซ์ NO_x เป็น N_2 ที่เกิดขึ้นด้วยวิธี chromatography วิธีนี้นอกจากวิเคราะห์ N แล้ว สามารถวิเคราะห์ S และ C ได้พร้อมกันด้วย การวิเคราะห์สะดวกรวดเร็วและใช้ตัวอย่างน้อย แต่เครื่องมือมีราคาแพงกว่า Kjeldahl ทำให้ไม่แพร่หลายในประเทศไทย

2. Kjeldahl method

วิธีนี้วิเคราะห์โดยนำตัวอย่างพืชมาย่อยสลายด้วยกรด H_2SO_4 โดยใช้สารตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เพื่อเปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจนเป็น $(NH_4)_2SO_4$ จากนั้นจึงวิเคราะห์ NH_4^+ ที่เกิดขึ้น สารตัวเร่งที่ใช้ได้แก่ K_2SO_4 และ Se หรือสารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Jackson,1967) ปริมาณ หรือความเข้มข้นของ NH_4^+ ในสารละลายที่ย่อยได้วิเคราะห์โดยวิธีการกลั่นแล้วไทเทรต

การวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืชที่ใช้กันแพร่หลาย และเป็นงานประจำในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืชทั่ว ๆ ไปใช้วิธี Kjeldahl method ซึ่งจะนำเสนอ

รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ ดังต่อไปนี้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 0.1 mg

2. ตู้ดูดควัน (Hood)

3. เครื่องย่อยของเคลดาล (Kjeldahl digestion apparatus) หรือเตาย่อยชนิดพิเศษที่มีลักษณะเป็นแท่งโลหะสี่เหลี่ยมมีช่องบรรจุหลอด (Digestion block หรือ heat block)

4. เครื่องกลั่นของเคลดาล (Kjeldahl distillation apparatus) หรือเครื่องกลั่นของหลอดแก้ว (Distilling unit)

5. หลอดแก้ว Kjeldahl flask ขนาด 800 mL หรือ หลอดแก้ว Digestion tube ขนาด 250 mL

6. ขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 500 mL หรือ 250 mL

7. บิวเรตต์ (Burette) ขนาด 50 mL

8. ปิเปตต์ (Pipette) และ กระบอกตวง (Cylinder)

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc H_2SO_4)

2. เกล็ดโซดาไฟ (Commercial grade NaOH) อัตราส่วน 1:1 เตรียมจากเกล็ดโซดาไฟ 1 kg ละลายในน้ำบริสุทธิ์ 1 L หรือโซดาไฟ AR grade 40% เตรียมจากโซดาไฟ 400 g ละลายในน้ำบริสุทธิ์ 1 L

3. กรดบอริก (Boric acid) 3% เตรียมจากกรดบอริก 300 g ละลายในน้ำบริสุทธิ์ 10 L

4. สารสำเร็จรูปอัดเม็ด (Kjeltabs) ประกอบด้วย 3.5 g ของ K_2SO_4 และ 3.5 mg ของ Se หรือ Mixed catalyst ที่ประกอบด้วย K_2SO_4, $CuSO_4.10H_2O$ และ Se ในอัตราส่วน 100:10:1 ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน

5. อินดิเคเตอร์ผสม (Mixed indicator)

ละลาย 0.22 g bromocresol green และ 0.075 g methyl red

ละลายใน 95% ethyl alcohol จำนวน 96 mL เติม NaOH 0.1 M ปริมาตร 3.5 mL ผสมเข้าด้วยกัน

6. สารละลายกรดเกลือมาตรฐาน 0.1 M

เตรียมโดย ไทเทรตกับสารละลายด่างที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน โดยสารละลายด่างได้ถูก standardize ด้วย potassium acid phthalate สูตรโมเลกุล $KHC_8H_4O_4$ มีความบริสุทธิ์สูงมากเกือบไม่ดูดความชื้นเลยเป็น primary standard ควรอบให้แห้งด้วยการอบที่ 120 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ใช้ phenolphthalein เป็น indicator หรืออาจเตรียมโดยไทเทรตกับ $Na_2B_4O_7.10H_2O$ ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน โดยใช้ methyl red เป็น indicator

วิธีวิเคราะห์

1. การย่อยสลาย (digestion)

1.1 ชั่งพืชที่อบและบดละเอียดแล้ว 0.5-1.00 g (ผ่านการอบที่ 65-70 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) บนกระดาษกรองและห่อใส่ใน Kjeldahl flask ขนาด 800 mL หรือหลอดย่อย digestion tube ขนาด 250 mL เติมสารสำเร็จรูป อัดเม็ดจำนวน 2 เม็ด

1.2 เติมกรด H_2SO_4 ความเข้มข้น 20 mL ลงใน Kjeldahl flask หรือ 15 mL ลงในหลอดแก้ว

1.3 ทำ blank และตัวอย่างอ้างอิง (reference sample) โดยวิธีเดียวกัน

1.4 นำไปย่อยใน Kjeldahl digestion apparatus เปิดเตาหมุนเบอร์ 2 ใช้อุณหภูมิประมาณ 100 ˚C - 250 ˚C- 400 ˚C หรือ digestion block ใช้อุณหภูมิประมาณ 400 ˚C

1.5 จนได้สารละลายใสใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำบริสุทธิ์ประมาณ 400 mL หรือ เติมน้ำบริสุทธิ์ 75 mL ลงในหลอดแก้วที่ย่อยจนได้สารละลายใสที่กำลังอุ่นอยู่

2. การกลั่น (distillation)

2.1 เครื่อง Kjeldahl : ใส่สารละลายกรดบอริก 50 mL ลงใน

Erlenmeyer flask ขนาด 250 mL หยด Mixed indicator 4-5 หยด นำไปวางรองรับ distillate จากเครื่องกลั่นโดยให้ ปลายหลอดแก้วจุ่มอยู่ในสารละลายบอริก แล้วนำ Kjeldahl flask ที่มีสารละลายตัวอย่าง (ข้อ1.5) มาเติมสารละลายเกล็ดโซดาไฟ (1:1) จำนวน 50 mL ทำการกลั่น (ประมาณ 1 ชั่วโมง) จนได้ปริมาตร 250 mL แล้วนำไปไทเทรต

2.2 เครื่องกลั่นสำหรับ block : ใส่สารละลายกรดบอริก 25 mL ลงใน Erlenmeyer flask ขนาด 250 mL หยด Mixed indicator 4-5 หยด ในทำนองเดียวกันในหลอดแก้ว ที่มีสารละลายตัวอย่าง (ข้อ 1.5) มาเติมสารละลายด่าง (NaOH 40%) ปริมาตรประมาณ 50 mL จากเครื่องทำการกลั่นจนได้ปริมาตร 150 mL ใช้เวลาประมาณ 7-10 นาที แล้วนำไปไทเทรต

3. การไทเทรต

3.1 ไทเทรตของเหลวที่กลั่นได้ด้วยกรดเกลือมาตรฐาน

3.2 สีของน้ำยาจะเปลี่ยนจากเขียวเป็นสีม่วง (purple) คือ จุด end point

3.3 ไทเทรต blank ในทำนองเดียวกัน

การคำนวณ

$$\%N = \frac{(a - b)c \times 1.401}{g}$$

a = mL ของกรดที่ใช้ในการไทเทรตตัวอย่าง

b = mL ของกรดที่ใช้ในการไทเทรต blank

c = ความเข้มข้นของกรดที่ใช้ (molar)

g = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์ (g)

ถ้าตัวอย่างเป็นปุ๋ยอินทรีย์/ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ วิเคราะห์ในทำนองเดียวกัน แต่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะต้องเขย่า แล้วใช้กระบอกตวงประมาณ 2-5 mL ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์น้ำนั้น

ข้อเสนอแนะ

สารตัวเร่งที่ใช้ใน Kjeldahl method มีหลายชนิด เช่น

1. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ และ K_2SO_4 (Modified AOAC, 1990)

2. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$,$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ และ K_2SO_4 ratio 20:2:1 (Modified Chapman และ Pratt ,1961)

3. TiO_2,$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ และ K_2SO_4 (Modified AOAC, 1990 ; Stirrep และ Hartley, 1976)

4. Se,$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ และ K_2SO_4 ratio 1:10:100

5. Se,$CuSO_4 \cdot 5H_2O$ และ Na_2SO_4 ratio 1:10:100

การวิเคราะห์ NH_4^+ ในสารละลายด้วยการกลั่น แล้วไทเทรตด้วยกรด H_2SO_4 หรือ HNO_3 หรืออาจวิเคราะห์โดยวิธี colorimetry หรือ autoanalyzer ตามความพร้อมของห้องปฏิบัติการนั้น ๆ แม้ว่าวิธี Kjeldahl method จะเป็นวิธีที่แพร่หลาย และนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการ แต่ไม่สามารถเปลี่ยนสารประกอบไนโตรเจนที่มีพันธะ N-N หรือ N-O ไปเป็น $(NH_4)_2SO_4$ ได้สารประกอบเหล่านี้ได้แก่ NO_2^-,NO_3^-, azo-, nitro-, nitroso-, hydrazine, hydrazone, oxime และ pyrazolone เป็นต้น ในกรณีของ NO_2 และ NO_3 สามารถ เปลี่ยนเป็น $(NH_4)_2SO_4$ ได้โดยนำตัวอย่างพืชมาทำปฏิกิริยากับสารละลาย salicylic ในกรด H_2SO_4 ก่อน จากนั้น รีดิวซ์สารประกอบ nitrosalicylic acid ที่เกิดขึ้นด้วย $Na_2S_2O_3$ เพื่อให้กลายเป็น amino-salicylic acid แล้วจึงย่อย ตัวอย่างตามวิธี Kjeldahl ปกติ amino-salicylic acid จึงถูกย่อยเป็น $(NH_4)_2SO_4$ กรณีสารอื่นหากต้องการวิเคราะห์ก็สามารถทำได้โดยเพิ่มขั้นตอน HI reduction หรือ Zn-Fe reduction ก่อนการย่อยตามปกติ (Bremner and Mulvaney, 1982)

เอกสารอ้างอิง

คณาจารย์ภ าควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กอง วิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . กรุงเทพฯ. 50 น.

ไพลิน บุญวิทยา สรวงธิดา ลิปิมงคล นภาพร เมฆลอย และ ประโสด ธรรมเขต. 2540 . การใช้สารตัวเร่งชนิดต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุไนโตรเจนในพืชด้วยวิธีของเคลดาล. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 30 น.

สมศักดิ์ มณีพงศ์. 2527. การวิเคราะห์ดิน พืช . โครงการจัดตั้งภาควิชาธรณีศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. สงขลา. 135 น.

AOAC.1990.Offical Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15 th Ed. Vol 1:59-60.

Bremner, J.M. and Mulvaney,C.S. 1982. Nitrogen - Total. In: Method of Soil Analysis Part 2. Page et al., eds, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America Publisher, Wisconsin. pp.598-624.

Chapman,H.D. and P.F. Pratt, 1961.Methods of Analysis for Soils Plants and Waters University of California. Division of Agricultural Sciences. pp. 150-152.

Greweling, T.,and M. Peech. 1960. Chemical soil tests. Comell Exp. Stn. Bull 960 p.

Jackson, M.L. 1967. Nitrogen determinations for soils and plant tissue. In Soil Chemical Analysis. pp. 183-203. Prentice-Hall of India Private Limited. New Delhi.

Stirrep, J.E. and A.W. Hartley, 1976. Use of titanium dioxide and copper sulphate as a catalyst mixture for the Kjeldahl determination of nitrogen in feeding-stuffs. In Anal. Abstr. 1976. Vol. 30(1): 66-67.

การเตรียมตัวอย่างพืชในรูปสารละลาย (aliquot)

บทนำ

การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืชจากตัวอย่าง ยกเว้นไนโตรเจน และคลอไรด์ จะต้องวิเคราะห์ตัวอย่างที่อยู่ในรูปสารละลาย เพื่อความสะดวกรวดเร็ว ปัจจุบันนิยมในเครือข่ายวิเคราะห์ดิน และพืชสามารถวิเคราะห์ได้หลายค่า

หลักการ

การเตรียมตัวอย่างพืชในรูปสารละลาย (aliquot) เป็นการย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ในพืชให้เป็นสารประกอบอนินทรีย์ด้วยกรดเข้มข้นสองชนิด ย่อยสลาย (digest) ตัวอย่างพืช หรือปุ๋ยอินทรีย์ด้วยเครื่องมือสำเร็จรูปที่ประกอบด้วย digestion block สำหรับวางหลอดแก้วทนไฟ ขนาด 250 mL ได้ 20-40 หลอด แต่หากไม่มี digestion block อาจใช้ erlenmeyer flask ขนาด 250 mL บรรจุตัวอย่างแล้ว digest โดยเตานำความรู้ (hot plate) ก็ได้ย่อยสลายตัวอย่าง โดยใช้ส่วนผสมของกรดไนตริกเข้มข้น (conc.HNO_3) และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (conc $HClO_4$ 70-72%) ในอัตราส่วน 2:1 โดยปริมาตร คือ ไนตริก 2 ส่วน เปอร์คลอริก 1 ส่วน ใช้กรดผสม 15 mL ต่อตัวอย่าง 1 g แล้วเติมกรดผสม 15 mL ต่อ 1 ตัวอย่าง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องชั่งไฟฟ้า ความละเอียด 0.1 mg
2. ตู้ดูดควัน (Hood)
3. เตาย่อยชนิดพิเศษที่มีลักษณะเป็นแท่งโลหะสี่เหลี่ยม มีช่องบรรจุหลอด (Digestion block หรือ heat block) หรือเตานำความร้อน (Hot plate)
4. หลอดแก้ว Digestion tube ขนาด 250 mL หรือขวดแก้วรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask) ขนาด 250 mL หรือ 500 mL
5. กรวยแก้วหรือกระจกนาฬิกา
6. ขวดปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 100 mL

7. แท่งแก้วปลายเป็นยาง (Rubber policeman)
8. กรวยพลาสติก
9. กระดาษกรองเบอร์ 5 ขนาด 15 cm

สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น (conc HNO_3)
2. กรดเปอร์คลอริกเข้มข้น (conc $HClO_4$)

วิธีวิเคราะห์

การย่อยสลายตัวอย่างโดยใช้เตานำความร้อน

1. ชั่งพืชที่อบและบดละเอียดแล้ว 1 g (ผ่านการอบที่ 65-70 ˚C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) ใส่ลงในขวดแก้วรูปชมพู่ขนาด 250 mL

2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 mL และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 mL

3. นำขึ้นตั้งบนเตาทำความร้อน ซึ่งวางอยู่ในตู้ดูดควัน ปิดขวดแก้วรูปชมพู่นั้นด้วยกระจกนาฬิกา (อาจใช้กรวยแก้วแทนก็ได้) ย่อยตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150 ˚C

4. รอจนกว่าควันสีน้ำตาลเริ่มจางหายไปควันจะเริ่มเป็นสีขาว เร่งอุณหภูมิเป็น 220 ˚C (ถ้าใช้เวลาในการย่อยนานกว่าประมาณ 30 นาที) ระวังอย่าให้สารละลายตัวอย่างแห้ง (ถ้าเกือบจะแห้งให้ยกลงจากเตาทิ้งให้เย็นในตู้ดูดควัน แล้วเติมกรดเล็กน้อยประมาณ 3-5 mL แล้วย่อยต่อไป)

5. ใช้เวลาย่อยประมาณ 3-4 ชั่วโมง แล้วแต่ความยากง่ายในการย่อยสลายของตัวอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับปริมาณ cellulose ในตัวอย่าง ย่อยจนกระทั่งตัวอย่างเป็นสารละลายใสและมีตะกอนขาวขุ่นของ silica อยู่ ยก flask ลงจากเตา ปิดเตา รอจนควันหมดจึงปิดตู้ดูดควัน

6. เตรียมขวดปริมาตรขนาด 100 mL พร้อมด้วยกรวยพลาสติก และกระดาษกรอง

7. ใช้น้ำอุ่นฉีดล้างภายใน flask โดยรอบพร้อมทั้งกระจกนาฬิกา ระวังอย่าให้น้ำกระเด็นออกจากขวด ล้างตรงใต้ฝากระจกนาฬิกาลงไปด้วย โดยใช้

rubber policeman ช่วยกรองใส่ขวดปริมาตร 100 mL ผ่านกระดาษกรอง ทำซ้ำหลายครั้งจนได้ปริมาณสารละลาย 80-90 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ปิดจุกเขย่าให้เข้ากันเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์หาธาตุ P, K , Ca , Mg , S และจุลธาตุต่อไป

การย่อยสลายตัวอย่างด้วย Digestion block

1. ชั่งพืชในทำนองเดียวกับวิธีใช้เตานำความร้อนแต่ใส่ในหลอดแก้วขนาด 250 mL

2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น 10 mL และกรดเปอร์คลอริกเข้มข้น 5 mL

3. วางหลอดแก้วในเตาย่อย ซึ่งวางอยู่ในตู้ดูดควันที่ 150° C ระยะแรกจะมีควันสีน้ำตาลเกิดขึ้น

4. เร่งอุณหภูมิเป็น 220° C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง เมื่อควันเปลี่ยนเป็นสีขาวให้ตรวจดูตัวอย่างในหลอดใส ถ้าเปลี่ยนเป็นสารละลายใสแล้วแสดงว่าการย่อยเสร็จสมบูรณ์ นำหลอดแก้วออกจากเตาย่อยวางใน rack ที่เตรียมไว้ รอจนควันหมดปิด Hood

5. เมื่อตัวอย่างเย็นใช้น้ำฉีดล้างตัวอย่างข้าง ๆ หลอด

6. เตรียมขวดปริมาตร 100 mL พร้อมด้วยกรวยกรอง และกระดาษกรอง แล้วกรองลงในขวดปริมาตรจนได้ 100 mL ปิดจุกแล้วเขย่าเพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารต่อไป

ข้อเสนอแนะ : Blank ก็ทำในทำนองเดียวกันแต่ไม่มีตัวอย่าง ถ้าเป็นปุ๋ยอินทรีย์ หรือปุ๋ยอินทรีย์น้ำ วิธีวิเคราะห์ก็ทำนองเดียวกัน เพียงแต่ปุ๋ยอินทรีย์น้ำจะต้องเขย่า แล้วใช้กระบอกตวงประมาณ 2-5 mL ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปุ๋ยอินทรีย์น้ำนั้น การเติมกรดผสมนี้ทิ้งไว้ค้างคืนจะช่วยในการย่อยสลายได้ดีขึ้น

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

Hesse,P.R. 1971. Total elemental analysis and some trace elements. A text book of soil chemical analysis. 519 p.

ฟอสฟอรัส (Total P)

บทนำ

ธาตุฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารหลักที่มีความสำคัญจะช่วยกระตุ้นการเจริญของรากพืช การแตกรากแขนง รากฝอย การออกดอก และพัฒนาเป็นผลในระยะเวลาที่เหมาะสม (มุกดา, 2544)

หลักการ

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสในพืชสามารถทำได้โดยย่อยสลายตัวอย่างพืชให้อยู่ในรูปของสารละลายแล้ววิเคราะห์ความเข้มข้น P ในสารละลาย ซึ่งแพร่หลายมากในห้องปฏิบัติการต่าง ๆ การย่อยสลายตัวอย่างมี 2 วิธีคือ

1. ย่อยด้วยกรด
2. การเผาที่อุณหภูมิสูง (450 - 550 ° C)

การย่อยสลายจากตัวอย่างทั้ง 2 วิธี สามารถใช้ร่วมกับการวิเคราะห์ธาตุอื่นเพื่อช่วยให้การวิเคราะห์สามารถทำได้เร็วขึ้น การย่อยด้วยกรดสามารถย่อยด้วยกรด H_2SO_4 พร้อมกับการวิเคราะห์ N และ K หรือย่อยด้วยกรด HNO_3 หรือกรดผสม $HNO_3/HClO_4$ พร้อมกับการวิเคราะห์ธาตุ P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu และ Zn การเผาจะต้องป้องกันการระเหิดโดยเติม $Mg(NO_3)_2$ ลงไปด้วย ทำให้ที่ได้จากการเผาไม่สามารถนำไปวิเคราะห์ Mg ได้ห้องปฏิบัติการที่ย่อยตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์ Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn โดยวิธีเผามักวิเคราะห์ P โดยย่อยด้วย H_2SO_4 พร้อมกับการวิเคราะห์ N

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในสารละลาย ที่นิยมใช้กัน มี 2 วิธี คือ

1. Vanadomolybdate (Barton) method
2. ICP-AES

การวิเคราะห์ P ในพืช จากการสำรวจและความนิยมใช้กันเป็นงานประจำในห้องปฏิบัติการวิเคราะห์พืชทั่ว ๆ ไป เป็นการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยย่อยสลายด้วยกรดให้อยู่ในรูปของสารละลาย (aliquot) แล้ววิเคราะห์ความ

เข้มข้นของ P

ในสารละลายใช้วิธี Vanadomolybdate method อ่านความเข้มข้นของสีเหลืองที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาด้วยเครื่อง Spectrophotometer ซึ่งเหมาะสำหรับวิเคราะห์ P ในพืชที่มีปริมาณมากเมื่อเปรียบเทียบกับดิน และน้ำ ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดหลังจากการย่อยสลายด้วยกรดผสม HNO_3/$HClO_4$ อัตราส่วน 2:1 (Hess, 1971)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. เตาความร้อน (Hot plate)
3. เครื่องชั่งไฟฟ้า
4. บีกเกอร์ (Beaker)
5. ขวดปริมาตร (Volumetric flask) 25 mL และ 1000 mL
6. แท่งแก้วคน (Stirring rod)
7. ปิเปตต์ (Pipette)
8. กระบอกตวง (Cylinder)

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. น้ำยาที่ทำให้เกิดสี ammonium vanadomolybdate หรือ Barton 's reagent ประกอบด้วย

1.1 น้ำยา A- เตรียมจากการละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate - $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) 25 g ในน้ำบริสุทธิ์ 400 mL

1.2 น้ำยา B- เตรียมจากแอมโมเนียมเมตาวานาเดต (ammonium meta vanadate - NH_4VO_3) 1.25 g ในน้ำบริสุทธิ์ที่อุ่นให้ร้อน 300 mL ทิ้งให้เย็นแล้วเติมกรด HNO_3 เข้มข้นลงไป 250 mL

1.3 นำ A และ B มาผสมกัน ปรับปริมาตรเป็น 1 L

2. สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน (Standard Phosphorus หรือ Stock Standard Solution) 50 mg L^{-1} เตรียมโดยชั่ง potassium dihydrogen

phosphate - KH_2PO_4 ซึ่งผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 ˚C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยชั่ง 0.2195 g ละลายด้วยน้ำบริสุทธิ์ปรับปริมาตรให้เป็น 1 L จะได้สารละลาย ซึ่งมีฟอสฟอรัสอยู่ 50 mg L^{-1} หรือ จะเตรียมเป็นสารละลายฟอสฟอรัส 1000 mg L^{-1} ก็ได้ โดยชั่ง KH_2PO_4 4.393 g ละลายด้วยน้ำบริสุทธิ์ปรับปริมาตรให้เป็น 1 L เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 ˚C เมื่อจะใช้เป็น working standard ก็เตรียมสารละลายฟอสฟอรัส 50 หรือ 100 mg L^{-1} โดยวิธีเจือจางได้ตามต้องการ

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียม working standard - โดยปิเปตต์ 0, 1, 2, 3 และ 4 mL จากสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 50 mg L^{-1} ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 mL เติมน้ำยา Barton 5 mL ปรับปริมาตรให้เป็น 25 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์ เขย่าให้เข้ากัน เพื่อเตรียมความเข้มข้นของ P เป็น 0, 2, 4, 6, 8 mg L^{-1}

2. การเตรียมสารละลายตัวอย่าง(ได้จากการย่อยสลายของพืช) - โดยดูดสารละลายตัวอย่าง 5 mL ลงใน volumetric flask ขนาด 25 mL เติมน้ำยา Barton 5 mL ปรับปริมาตรให้เป็น 25 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์ เขย่าให้เข้ากัน และตั้งทิ้งไว้ให้การเกิดสีสมบูรณ์อย่างน้อย 30 นาที วัดความเข้มข้นของสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ปริมาณมากน้อยของความเข้มข้นของสีจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณมากน้อยของฟอสฟอรัสในตัวอย่าง (blank และตัวอย่างอ้างอิงก็ทำในทำนองเดียวกัน)

3. ก่อนการวัดอุ่นเครื่อง Spectrophotometer ไว้ประมาณ 30 นาที ที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยทำ Standard curve จาก working standard 0, 2, 4, 6, 8 mg L^{-1} ก่อนแล้วจึงวัด blank พร้อมทั้งตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างพืช

การคำนวณ

$$\%P = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 \times S}$$

r = ค่า mg L^{-1} ที่อ่านได้จากเครื่องจะต้องหักลบจาก blank

d.f = dilution factor อาจจะเป็น 25/5 หรือ 25/1

S = น้ำหนักตัวอย่างที่นำมา digest (g) แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ P_2O_5 ใช้ factor 2.2914 คูณค่า P ที่ได้

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ด้วย Barton method มีข้อดีกว่า Molybdenum blue method เนื่องจากใช้หาที่มีปริมาณสูงกว่ามี working range ที่กว้างกว่าทำให้ไม่เสียเวลาเจือจาง และปฏิกิริยาไม่ไวต่อความเข้มข้นของกรด ทำให้ไม่ต้องปรับ pH ก่อนทำปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามห้องปฏิบัติการบางแห่งใช้วิธี Molybdenum blue เนื่องจากใช้วิธีนี้ในการวิเคราะห์ P ในดินแล้ว ส่วนการวิเคราะห์ด้วย ICP-AES ทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และลดการสิ้นเปลืองสารเคมีแต่เครื่องมือมีราคาแพง

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน คณะพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. 344 น.

Barton, C.J. 1948. Photometric analysis of phosphate rock. Analytical Chemistry. 20 : 1068 - 1073.

โพแทสเซียม (Total K)

บทนำ

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักในการเจริญเติบโตของพืชช่วยสังเคราะห์โปรตีน การทำงานของเอนไซม์ ส่งเสริมขบวนการสังเคราะห์แสงมากขึ้น (มุกดา, 2544)

หลักการ

การหาปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในสารละลายที่สกัดจาก ตัวอย่างพืช (aliquot) โดยตรงจากเครื่อง Flame photometer ไม่จำเป็นต้องทำให้เกิดสีเหมือนฟอสฟอรัส แต่ใช้วัดโดยการเปรียบเทียบค่าของ emission กับ standard K ซึ่งเป็น back ground ในการอ่านค่าที่อ่านได้มีหน่วยเป็น mg L^{-1}

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. Flame photometer
2. KCl AR. grade
3. conc. HNO_3

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียม Stock standard solution (1000 mg L^{-1}) - ชั่งโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่ 110 ° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง 1.9067 g (ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ละลายในน้ำกลั่นประมาณ 200 mL เติมกรดไนตริกเข้มข้น (Concentrated nitric acid) ลงไป 12 mL แล้วปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น เก็บในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อไว้เตรียม standard solution ที่มีความเข้มข้นพอเหมาะกับการทำงาน (intermediate solution) คือ 100 mg L^{-1} ซึ่งทำโดยดูด (pipette) 10 mL จาก stock solution 1000 mg L^{-1} ลงใน volumetric flask 100 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียม Working standard solution - ประกอบด้วยโพแทสเซียมที่มีความเข้มข้นเป็น 0, 2, 4, 6 และ 8 mg L^{-1} ซึ่งเตรียมโดย

ความเข้มข้นของ K เป็น mg L^{-1}	จำนวน mL ที่ pipette จาก standard K 100 mg L^{-1}
0	0
2	2
4	4
6	6
8	8

ปรับปริมาตรของทุก flask เป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน เพื่อใช้เป็น standard K ในความเข้มข้นต่าง ๆ

3. การวัดค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในตัวอย่าง

เปิดเครื่อง Flame photometer ก่อนปฏิบัติงานประมาณ 30 นาที นำสารละลายตัวอย่างพืชมา dilute ด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 ทดลองวัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณ K ในตัวอย่างก่อน ถ้าค่าที่อ่านได้จากตัวอย่างมีค่าเกิน standard ที่ทำไว้เป็น back ground ต้อง dilute ตัวอย่างใหม่เป็น 1:20 หรือมากกว่านั้นตามความเหมาะสม แต่ถ้าค่าที่อ่านได้จากสารละลายมาตรฐานก็ไม่จำเป็นต้อง dilute จากนั้นจึงนำสารละลายตัวอย่างมาอ่านค่า

การคำนวณ ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในตัวอย่าง (หน่วย mg kg^{-1})

$$\%K = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 \, S}$$

r = ค่า mg L^{-1} ที่อ่านได้จากเครื่อง

S = น้ำหนักของพืชที่ใช้ digest (g) แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL

d.f = dilution factor ควรจะเป็น 10/1 หรือ 20/1 หรือมากกว่าถ้าไม่ได้ dilute ตัด d.f. ออก

ถ้าต้องการผลวิเคราะห์ในรูปของ K_2O ใช้ FACTOR 1.205 คูณค่า K ที่ได้

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน คณะพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขต พิษณุโลก. 344 น.

โซเดียม (Total Na)

บทนำ

โซเดียมในพืชจะวิเคราะห์เฉพาะพืชที่ปลูกในดินเค็มเท่านั้น เพื่อศึกษาดูการแพร่กระจายของดินเค็มในบริเวณนั้นอีกทั้งความเค็มก็อาจจะลดลง ซึ่งพืชสามารถดูดนำธาตุอาหารไปใช้ เนื่องจากพืชบางชนิดเจริญเติบโตในดินเค็มได้ดี (มุกดา, 2544)

หลักการ

เหมือนกับหัวข้อของโพแทสเซียม

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. Flame photometer
2. NaCl AR. grade
3. conc. HNO_3

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียม Stock standard solution (1000 mg L^{-1}) - ชั่งโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 105 ˚C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หนัก 2.542 g (ใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง) ละลายน้ำกลั่นประมาณ 200 mL เติมกรดไนตริกเข้มข้น 12 mL ปรับปริมาตรเป็น 1 L เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4˚C

2. การเตรียม intermediate standard solution 100 mg L^{-1} โดยดูด (pipette) stock standard solution 1000 mg L^{-1} 10 mL ใส่ใน volumetric flask 100 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน เตรียม working standard ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8 mg L^{-1} ตามวิธีเดียวกับการเตรียม Working standard ของโพแทสเซียมทุกประการ

3. การวัดค่าความเข้มข้นของโซเดียมในตัวอย่าง

เปิดเครื่อง Flame photometer ก่อนปฏิบัติงานประมาณ 30 นาที

นำสารละลายตัวอย่างพืชมา dilute ด้วยน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 เท่าใช้ filter สำหรับธาตุโซเดียมทดลองวัดความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน เพื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโซเดียมในตัวอย่างก่อน ถ้าค่าที่อ่านได้จากตัวอย่างสูงกว่าความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายมาตรฐาน (8 mg L^{-1}) ต้อง dilute ตัวอย่างเป็น 1 :20 หรือ 1:50 ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของปริมาณ Na ในตัวอย่าง แต่ถ้าค่าของ Na ที่อ่านน้อยกว่าค่าของสารละลายมาตรฐาน ต้องอ่านโดยตรงจาก aliquot โดยไม่ต้อง dilute ค่าที่อ่านได้จากสารละลายมาตรฐาน

การคำนวณ ปริมาณธาตุโซเดียมในตัวอย่าง (หน่วย mg L^{-1})

$$\% \text{ Na} = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10 \text{ `S}}$$

r = reading จากเครื่องเป็น mg L^{-1}

S = น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ digest แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL

d.f = dilution factor ควรจะเป็น 10/1, 20/1 หรือ 50/1 แต่ถ้าอ่านค่า จาก aliquot โดยตรงตัดค่า d.f. ออก

เอกสารอ้างอิง

ประโสต ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. คณะพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. พิษณุโลก. 344 น.

กำมะถัน (Total S)

บทนำ

กำมะถันเป็นธาตุอาหารรองที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีน มีผลต่อการสังเคราะห์แสงของพืช อีกทั้งเป็นองค์ประกอบของสารระเหย เช่น สะตอ กระเทียม และทุเรียนเป็นต้น (มุกดา,2544)

หลักการ

การวิเคราะห์กำมะถันในพืชสามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1. วิเคราะห์โดยตรงในสภาพของแข็งด้วยวิธี Dumas method ในทำนองเดียวกับการวิเคราะห์ไนโตรเจนในพืช ซึ่งได้นำเสนอไปแล้ว

2. ย่อยสลายตัวอย่างพืชให้อยู่ในสภาพสารละลาย แล้ววิเคราะห์ความเข้มข้นกำมะถันในสารละลาย วิธีย่อยตัวอย่างมักนิยมในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป เนื่องจากราคาเครื่องมือไม่แพง และสามารถวิเคราะห์ธาตุอาหารอื่น ๆ ได้แก่ P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu และ Zn การย่อยตัวอย่างสำหรับ S มีทางเลือกไม่มากนัก วิธีย่อยที่เป็นไปได้คือ ย่อยด้วยกรด HNO_3 หรือ กรดผสม $HNO_3/HClO_4$

การวิเคราะห์ความเข้มข้นของกำมะถันในสารละลาย จากการสำรวจพบว่าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมี อยู่ 2 วิธีคือ

1. Turbidimetric method / Naphelometric method

2. ICP-AES

วิธีที่ 1 (Turbidimetric method) เป็นวิธีที่แพร่หลาย และนิยมใช้ในห้องปฏิบัติการทั่ว ๆ ไป เป็นวิธีที่สะดวก เครื่องมือราคาไม่แพง วัดความเข้มข้นของกำมะถันในสารละลายตัวอย่างโดยทำให้เกิดตะกอน แล้ววัดเปอร์เซ็นต์ความขุ่นที่เกิดจากตะกอนนั้น ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ซึ่งจะนำเสนอรายละเอียดหลังจากการย่อยสลายด้วยกรดผสม $HNO_3/HClO_4$ อัตราส่วน 2:1 (Hesse,1971)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. เครื่องชั่ง (Analytical balance) ความละเอียด 0.1 mg
3. เตาความร้อน (Hot plate)
4. บีกเกอร์ (Beaker)
5. ขวดปริมาตร (Volumetric flask) 50 mL , 100 mL และ 1000 mL
6. แท่งแก้วคน (Stirring rod)
7. กระบอกตวง (Cylinder)

สารเคมี

1. Ammonium acetate (2M) - ชั่ง CH_3COONH_4 154.20 g ละลายในน้ำบริสุทธิ์ 1 L

2. Barium chloride ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$)

3. Gum acacia 0.25 % - ละลาย gum acacia 0.25 g ในน้ำอุ่นบริสุทธิ์ 100 mL

4. Standard solution (1000 mg L^{-1}) -ชั่ง K_2SO_4 ที่อบแห้งแล้วที่ 105 ˚C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หนัก 5.4340 g ละลายด้วยน้ำบริสุทธิ์ประมาณ 200 mL ปรับปริมาตรเป็น 1 L เก็บในที่อุณหภูมิ 4 ˚C

5. การเตรียม intermediate standard solution (100 mg L^{-1}) - pipette 10 mL Stock standard solution 1000 mg L^{-1} ใส่ขวดปริมาตรขนาด 100 mL ปรับปริมาตรเป็น 100 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์

วิธีวิเคราะห์

1. การเตรียม working standard -โดยปิเปตต์ 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 mL จากสารละลายกำมะถัน 100 mg L^{-1} ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 50 mL เติมสารละลาย CH_3COONH_4 5 mL และเติม $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 1 g เขย่าให้เข้ากันประมาณ 1 นาที และ gum acacia 1 mL ลงในแต่ละขวด แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์ เพื่อเตรียมความเข้มข้นของ S เป็น 0,2,4,6,8 และ 10 mg L^{-1}

2. ดูดสารละลาย blank พร้อมทั้งตัวอย่างอ้างอิงและตัวอย่างพืช 5-10 mL ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 50 mL เติมสารละลาย CH_3COONH_4 5 mL และ เติม $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ 1 g เขย่าให้เข้ากันประมาณ 1 นาที และ gumacacia 1 mL ลงในแต่ละขวด แล้วปรับปริมาตรเป็น 50 mL ด้วยน้ำบริสุทธิ์

3. นำไปวัดเปอร์เซ็นต์ความขุ่นด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 nm โดยอ่านจาก working standard ก่อนแต่ช่วงเวลาไม่เกิน 30 นาที แล้วจึงวัด blank พร้อมทั้งตัวอย่างอ้างอิง และตัวอย่างพืช

การคำนวณ

$$\%S = \frac{r \times 100 \times d.f \times 100}{10^6 \, S}$$

r	=	mg L^{-1} ที่อ่านได้จากเครื่องจะต้องหักลบจาก blank
d.f.	=	dilution factor อาจเป็น 10/1 หรือ 5/1
S	=	น้ำหนักตัวอย่างที่นำมา digest (g) แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 mL

ข้อเสนอแนะ

การวิเคราะห์ด้วย Turbidimetric method เป็นวิธีที่ง่าย และสะดวก เครื่องมือไม่แพง จึงได้รับความนิยมทั่วไป แต่วิธีนี้ sensitivity ต่ำ การวิเคราะห์ด้วย ICP-AES ช่วยให้การวิเคราะห์ทำได้รวดเร็วขึ้น และลดการสิ้นเปลืองจากสารเคมี ปัจจุบันวิธีนี้ได้รับความนิยมมากขึ้น ส่วนการวิเคราะห์ด้วยวิธี HI reduction method ไม่ค่อยได้รับความนิยมในงานประจำ เนื่องจากวิธีนี้มีขั้นตอน การวิเคราะห์หลายขั้นตอน และสารเคมีมีราคาแพง

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. คณะพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. พิษณุโลก. 344 น.

Chesnin, L.C. and Yien. 1950. Turbidimetric determination of available sulfate. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 15 : 149-151.

Teresa M. Hood and J. Benton Jones, Jr. 1997. Soil and plant analysis in sustainable agriculture and environment. Micro-Macro Publishing, Inc. Georgia. 190 p.

คลอไรด์ (Total Chloride)

บทนำ

คลอรีน (หรือ คลอไรด์) เป็นจุลธาตุอาหาร มีความสำคัญต่อขบวนการสังเคราะห์แสงของพืชทำให้มีแรงดันออสโมติกในเซลล์พืชสูงขึ้น และทำให้มีน้ำในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มขึ้น (สุรศักดิ์, 2543)

หลักการ

การวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ทั้งหมดในตัวอย่างพืช จะวิเคราะห์เฉพาะพืชที่ปลูกในดินเค็มเท่านั้น ตามวิธีของ Mohr แต่จะต้องย่อยสลายตัวอย่างพืชให้เป็นเถ้า (dry ashing) ก่อนตามวิธีของ Chapman และ Pratt (1961) โดยใช้วิธี dry ashing เป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการมีหลักการดังนี้

1. การเผาให้เป็นเถ้า (dry ashing) ซึ่งต้องเคลือบตัวอย่างด้วย CaO เพื่อกันการระเหิดของคลอไรด์ แล้วนำไปเผาด้วยเตาเผาไฟฟ้า muffle furnace ที่อุณหภูมิ 550°C เป็นเวลา 90 นาที ทิ้งค้างคืนให้เย็น ล้างเถ้าด้วยน้ำร้อน เพื่อเป็นการละลายคลอไรด์ออกมาจากตัวอย่างเถ้านั้น กรองตะกอนจะได้สารละลายที่ใส (filtrate) มาปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6 - 7 ด้วยกรดอะซิติกเจือจางแล้วทำ blank ในทำนองเดียวกัน

2. การไทเทรต (titration) นำสารละลายที่ปรับ pH แล้วไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน $AgNO_3$ โดยมี K_2CrO_4 เป็นอินดิเคเตอร์ ไทเทรตจนเกิดตะกอนแขวนลอยสีขาวขุ่นของ AgCl เปลี่ยนเป็นตะกอนสีแดงอิฐก็จะสามารถคำนวณหาปริมาณของคลอไรด์ได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ได้แก่ ตู้อบ (Oven), เครื่องบด (Grinder), เตาเผาไฟฟ้า (Muffle furnace), เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter), เตาระเหยไฟฟ้า (Hot plate), แมกเนติกบาร์

(Magnetic bar) และเมกเนติกสเตอร์เรอร์ (Magnetic stirrer) เป็นต้น

- เครื่องแก้วและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติการ

สารเคมี และวิธีเตรียม

- แคลเซียมออกไซด์ (CaO) AR grade

- กรดอะซิติกเจือจาง โดยการตวงกรดอะซิติกเข้มข้นจำนวน 200 mL เจือจางด้วยน้ำกลั่น 800 mL

- 1% โพแทสเซียมโครเมท (1% K_2CrO_4) ละลายโพแทสเซียมโครเมท 1 g ด้วยน้ำกลั่น 100 mL

- สารละลาย 0.1 NaCl ละลาย 5.845 g NaCl (AR grade) ที่อบค้างคืนแล้วที่อุณหภูมิ 140 ˚C ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 1 L (ทัศนีย์, 2532 และจักรพงศ์, 2536)

- สารละลายมาตฐานซิลเวอร์ไนเตรท 0.05 นอร์มอล (0.05 N $AgNO_3$) ละลายซิลเวอร์ไนเตรท 8.5 g ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1 L

- Standardize $AgNO_3$ โดยปิเปตต์ 0.1 N NaCl 5 mL แล้วไทเทรตกับ $AgNO_3$ โดยมี 1% K_2CrO_4 เป็นอินดิเคเตอร์ก็จะได้ความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายมาตรฐาน $AgNO_3$ ที่ต้องการได้

วิธีวิเคราะห์

1. การเผาให้เป็นเถ้า (dry ashing) ชั่งพืชที่บดละเอียดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช จำนวน 1 g (อย่างละเอียด) ลงใน porcelain crucible เติมแคลเซียมออกไซด์ 0.4 g เคลือบตัวอย่างพืชด้วยแคลเซียมออกไซด์ โดยใช้น้ำกลั่นเล็กน้อย นำไปเผาที่อุณหภูมิ 550˚ C ด้วยเตาไฟฟ้าเป็นเวลา 90 นาที ทิ้งค้างคืนให้เย็น ล้างเถ้าด้วยน้ำร้อนประมาณ 15 mL แล้วขูดเถ้าให้แตกละเอียดตั้งบนเตาระเหยไฟฟ้า แล้วกรองลงในเออร์เรนเมเยอร์ฟลาสด้วยกระดาษกรอง ทำซ้ำอีก 5 ครั้ง filtrate ทิ้งไว้ให้เย็นนำมาปรับ pH ให้ได้ 6-7 ด้วยกรดอะซิติกเจือจาง วิธีที่ 2 ถึงวิธีที่ 5 ปฏิบัติในการย่อยสลายตามข้อ 1.

2. การไทเทรต (Titration) นำสารละลายที่ปรับ pH แล้วมาเติมอินดิเคเตอร์ 5 หยด ของ 1% K_2CrO_4 ไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานซิลเวอร์ไนเตรท โดยใช้ความเข้มข้นประมาณ 0.5 นอร์มอล จุดยุติเปลี่ยนจากตะกอนขาวของ AgCl เป็นตะกอนสีแดงอิฐของ Ag_2CrO_4 แล้วอ่านปริมาตรของตัวไทเทรต (titrant) ที่ได้นำไปคำนวณที่กล่าวมาเป็นวิธีมาตรฐานที่ใช้ในห้องปฏิบัติการของส่วนวิเคราะห์วิจัยพืชฯ

การคำนวณ

%Cl	=	(a-b) x c x 0.0355 x 100/g
a	=	mL ของซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้กับตัวอย่าง
b	=	mL ของซิลเวอร์ไนเตรทที่ใช้กับ blank
c	=	ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไนเตรท (นอร์มอล)
g	=	น้ำหนักแห้งของตัวอย่างพืช (g)

ข้อเสนอแนะ

จากการปรับปรุงเทคนิคในการวิเคราะห์คลอไรด์ในพืชทนเค็มสามารถลดปริมาณตัวอย่างพืชลงครึ่งหนึ่ง ทำให้ประหยัดสารเคมีในการวิเคราะห์ลดลงครึ่งหนึ่ง (สรวงธิดา และไพลิน, 2546)

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

สรวงธิดา ลิปิมงคล และไพลิน บุญวิทยา. 2546 การปรับปรุงเทคนิคในการวิเคราะห์คลอไรด์ในพืชทนเค็ม. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเพทฯ. 24 น.

สุรศักดิ์ เสรีพงศ์. 2543. จุลธาตุอาหารพืช. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น. 52-53 น.

Chapman,H.D and P.F. Pratt. 1961. Method of Analysis for Soils Plants and Waters, University of California Division of Agricultural Science. pp. 97-152.

Teresa M. Hood and J. Benton Jones, Jr. 1997 . Soil and plant analysis in sustainable agriculture and environment. Micro-Macro Publishing, Inc. Athens, Georgia. 190 p.

อะลูมินัม (Total Aluminum)

บทนำ

การวิเคราะห์ปริมาณอะลูมินัมในพืช มักจะวิเคราะห์ในดินที่มีปัญหาอะลูมินัมมาก เพื่อดูการสะสมธาตุอาหารของอะลูมินัมในพืช อะลูมินัมมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เพราะการมีอะลูมินัมจะดูดมาสะสมไว้ที่รากมาก เช่น ข้าวโพด ซึ่งเป็นพืชที่ทนต่ออะลูมินัมได้ค่อนข้างดี ธาตุนี้ช่วยกระตุ้นให้หมวกรากมีขนาดโตขึ้น ขณะเดียวกันก็ทำให้เยื่อเจริญที่ปลายรากแบ่งตัวรวดเร็วกว่าเดิม (ยงยุทธ, 2543)

หลักการ

อะลูมินัมทำปฏิกิริยากับ Alumminon (aurine tricarboxylic acid) ในสภาวะที่เป็นกรด และให้ความร้อนโดยการต้ม แล้วได้สารละลายสีแดงเข้ม ซึ่งความเข้มของสีที่เกิดขึ้นสามารถวัดค่าด้วย spectrophotometer แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานก็จะสามารถทราบปริมาณอะลูมินัมที่มีในตัวอย่างพืชที่อยู่ในรูปสารละลาย (aliquot)

ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้องคำนึงถึง pH และสิ่งรบกวน (interference) ในสารละลาย ซึ่งการปรับ pH ด้วย acetate buffer ที่มี gun acacia เป็นองค์ประกอบจะให้สารละลายมีสภาพเป็นกรด (pH 3.7-4.0) และสารแขวนลอยคงที่ การแก้ไขสิ่งรบกวน (Interference) ที่เกิดจากเหล็กด้วย Thioglycolic acid ส่วนไอออนรบกวนอื่น ๆ เช่น ฟอสเฟต และซิลิเกต แก้ไขโดยการทำให้สารละลายที่เป็นกรดนั้นร้อนด้วยการต้มและทิ้งไว้ 1 - 2 ชั่วโมง (สีจะคงที่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง) การพัฒนาสีแดงด้วย Alumminon จะคงที่ในเวลา 24 ชั่วโมง (พจนีย์ และ ชูจิตต์, 2544)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. Spectrophotometer
2. Analytical balance
3. Funnel
4. Water bath
5. Pipette
6. Volumetric flask
7. Glass wool
8. Hot plate

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. Stock Al 500 mg L^{-1} ละลาย 8.792 g $K_4Al_4(SO_4)_4 \cdot 24H_2O$ ในน้ำกลั่นหยด conc H_2SO_4 1-3 หยดแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 L ในขวด Volumetric flask 1000 mL

2. Working Al soln 5 mg L^{-1} pipette stock all 500 mg L^{-1}10 mL ทำให้เป็น 1000 mL ด้วยน้ำกลั่น

3. Para - nitrophenol indicator soln หรือ 0.1% phenolphthalein ละลาย 1 g para - nitrophenol ในน้ำกลั่นและปริมาตรให้ได้ 100 mL หรือ 0.1 g phenolphthalein ใน Ethyl alcohol 95%100 mL

4. Hydrochloric acid soln : ดูด conc HCl 10 mL ใส่ในน้ำกลั่น 100 mL

5. Ammonium solution ดูด conc NH_4OH 20 mL ใส่ในน้ำ 80 mL

6. Citric acid soln : ละลาย 10 g ของ $H_3C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ (mono hydrate) ในน้ำกลั่นแล้วทำให้เป็น 100 mL

7. Thioglycolic acid soln 1% : ละลาย 1 mL Thioglycolic acid ในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรใช้ได้ 100 mL (ต้องเตรียมทุกครั้งที่จะใช้)

8. Aluminon Buffer Solution :

a) ละลาย 0.9 ammonium - aurine tricarboxylic acid ในน้ำอุ่นจนละลายหมด 200 mL

b) ละลาย 133 g ammonium acetate ในน้ำกลั่น 100 mL

c) ดูด HCl เข้มข้น 125 mL ในน้ำกลั่น 100 mL

d) ละลาย 10 g ของ Gum acacia ในน้ำอุ่น 100 mL ทำให้ละลายจนหมด

จากนั้นทำทั้ง a, b, c, d ผสมกันแล้วทำให้เป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น ทิ้งค้างคืนถ้ามีตะกอนกรองด้วย glass wool หรือสำลีที่บริสุทธิ์ , ปรับ pH ให้อยู่ระหว่าง 3.8-4 ด้วยสารละลาย HCl และสารละลาย NH_4OH สารละลายนี้เก็บได้ประมาณ 6 เดือน

วิธีวิเคราะห์

1. Standard Al Daries 0.00 - 1 mg L^{-1} ดูด Al มาตรฐานใส่ในขวด Volumetric flask 50 mL ให้มีความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 mg L^{-1}

2. เติมน้ำกลั่นเล็กน้อย จากนั้นเติมน้ำยาข้อ (7) 2 mL และข้อ (8) 10 mL นำไปอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิน้ำเดือด 15 นาที แล้วนำมาทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 50 mL เขย่าให้เข้ากัน วัดความเข้มข้นด้วยเครื่องมือ Spectrophotometer ที่คลื่นแสง (wave length) 525 nm จากนั้นทำกราฟมาตรฐาน

3. นำสารละลายตัวอย่าง (Aliquot) 1-10 mL (รับกับปริมาตร Al มีอยู่) ใส่ใน Volumetric flask 50 mL

4. ใส่ para nitrophenol หรือ indicator 0.1% phenalphthalein 2 หยด

ถ้ามีสีเหลือง หยดสารละลาย HCl จนสีจางหายไป

ถ้าไม่มีสี หยดสารละลาย NH4OH จนเริ่มมีสีเหลืองจางปรากฏ

5. จากนั้นทำเหมือนข้อ 1, 2 Standard Al Series เทียบค่ามาตรฐานที่อ่านได้

การคำนวณ

$$Al(mg\ kg^{-1}) = \frac{500 * X}{A}$$

หรือ $\%Al = \frac{0.5X}{A}$

X = ค่าที่ได้เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานแล้ว

A = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้

หมายเหตุ : ถ้าสารละลายตัวอย่าง มีตะกอนหรือสีขุ่น เติม สารละลาย citric acid 1 mL ลงในสารละลาย เพื่อป้องกันไม่ให้ Al ทำปฏิกิริยากัน หรือ Thioglycolic acid

เอกสารอ้างอิง

พจนีย์ มอญเจริญ และ ชูจิตต์ สงวนทรัพยากร , 2544, วิธีวิเคราะห์ดินทางเคมี, กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ, 129 น.

ยงยุทธ โอสถสภา, 2543. ธาตุอาหารพืช, ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 424 น.

Chenery, E M. 1948. Thioglycolic acid as an indicator for iron in the colorimetric determination of aluminum by means of “Aluminon” Analyst 73 : 501-502.

Jayman, T.C.Z and S. Silvasubramanion, 1974, The use of ascobic acid to eliminate interference aluminuim in plant and soil extracts Analyst 99 : 295-301.

.

การตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ กับการวิเคราะห์ที่จำเป็น

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์โดยเฉพาะปุ๋ยหมักเป็นงานศึกษา ค้นคว้า วิจัยที่สำคัญของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งดำเนินการโดยกลุ่มวิจัยและพัฒนาอินทรียวัตถุเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน ทั้งในด้านวัสดุจำพวกพืช หรือวัสดุเหลือใช้ในการเกษตรต่าง ๆ ที่ควรจะนำมาใช้ จุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายพวกอินทรีย์ต่าง ๆ ตลอดจนการผลิตสารตัวเร่งเพื่อย่นระยะเวลาการผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อให้กสิกรและผู้สนใจผลิตปุ๋ยหมักได้เองในแต่ละฤดูปลูก ปุ๋ยหมักจะย่อยสลายจนใช้การได้แล้วหรือไม่ ดูได้จากค่าวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะวิเคราะห์หาอินทรียคาร์บอน (Organic carbon) และไนโตรเจน แล้วนำมาดูสัดส่วนที่ได้โดยการคำนวณเรียกว่า C/N ratio จากค่า Organic carbon (C) และไนโตรเจน (N) ที่มีอยู่ในปุ๋ยหมักที่ตรวจสอบค่าวิเคราะห์ได้ ซึ่งค่า C/N ratio ของปุ๋ยหมักต้องไม่เกิน 20 ปุ๋ยที่ย่อยสลายจนได้ที่แล้ว เมื่อนำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 12.5 mm จะผ่านลงมาได้หมด ส่วนค่า C/N ratio ในพืชหรือวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่จะนำมาผลิตปุ๋ยหมักก็สามารถจะบอกได้ว่าเศษวัสดุเหลือใช้เหล่านั้นจะย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักได้ยาก ง่าย แตกต่างกันอย่างไร ถ้ามีค่า C/N ratio ต่ำจะย่อยสลาย เป็นปุ๋ยหมักได้ในระยะเวลาสั้นกว่าพวกที่มีค่า C/N ratio สูง ๆ พวกพืชตระกูลถั่ว หรือพวกอวบน้ำจะมีค่า C/N ratio ต่ำกว่าพวกตระกูลหญ้า หรือพวกที่มีลำต้นแข็งกระด้างมี cellulose อยู่เป็นจำนวนมาก นอกจากปุ๋ยหมักแล้ว การศึกษาค้นคว้าถึงศักยภาพของพืชต่าง ๆ ที่จะนำมาเป็นปุ๋ยพืชสดก็เป็นงานที่สำคัญของ สวจ. ต้องอาศัยค่า C/N ratio เป็นตัวบ่งชี้ความยากง่ายในการย่อยสลายตัวเป็นปุ๋ยหลังจากการไถพรวนลงไปในดิน

ค่าวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารพืชในปุ๋ยหมักดำเนินการเช่นเดียวกับการวิเคราะห์พืช ธาตุหลัก 3 ธาตุ ได้แก่ N, P, และ K เป็นค่าที่บอกถึงคุณภาพของปุ๋ยหมักว่ามีปริมาณแร่ธาตุอาหารหลักอยู่มากน้อยเพียงไร ความชื้นของปุ๋ยในขณะที่ทำการซื้อขายก็มีความจำเป็นต้องตรวจสอบค่า

มาตรฐานทั่วไปไม่เกิน 35% เพราะมีปริมาณความชื้นจะทำให้น้ำหนักของปุ๋ยมากขึ้น ปริมาณเนื้อปุ๋ยที่ได้ก็จะน้อยลง นอกจากนั้นยังมีสิ่งปลอมปนซึ่งส่วนมากมักจะเป็น กรวด ทราย ซึ่งเป็นตัวเพิ่มน้ำหนัก และต้องไม่มีวัสดุที่เป็นอันตรายแก่ผู้ใช้ เช่น เศษแก้ว หรือโลหะ ของมีคมปะปนอยู่โดยมาตรฐานกำหนดให้มีสิ่งปลอมปนได้ไม่เกิน 10%

ค่า pH และค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) ก็เป็นค่าที่แสดงถึงคุณภาพของปุ๋ยอินทรีย์ที่ผลิตได้ ว่าเหมาะสมกับการนำไปใช้ปรับปรุงดินหรือไม่ หรือควรจะนำไปปรับปรุงบำรุงดินชนิดไหน หรือไม่สามารถนำไปใช้ได้เลย หากมี pH ที่ต่ำมากหรือสูงมากจนเกินไป ควรมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.5 และค่า EC (Electrical conductivity) ไม่เกิน 3.5 dS m^{-1}

ระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) โดยคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ ได้กำหนดลักษณะสมบัติของ

ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากอินทรียวัตถุ ซึ่งผลิตโดยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ บดหมัก ร่อน หรือวิธีอื่น มาตรฐานที่กำหนดมีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

2. อัตราส่วนอินทรียคาร์บอนต่อธาตุไนโตรเจนไม่เกิน 20 ต่อ 1 (C/N ratio < 20)

3. มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P_2O_5) และโพแทสเซียม (K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5-0.5-1.0 โดยน้ำหนัก

4. ต้องไม่มีพิษต่อพืชและไม่มีพิษต่อดิน และน้ำ อันก่อปัญหาต่อแหล่งน้ำและสิ่งมีชีวิตในไร่ นา ในสภาพการใช้ปรกติ ซึ่งต้องผ่านขบวนการตรวจสอบดังต่อไปนี้

4.1 ตรวจสอบ pH ซึ่งจะต้องอยู่ในช่วง 5.5 - 8.5

4.2 ตรวจสอบระดับ EC ต้องไม่เกิน 3.5 dS m^{-1}

4.3 ตรวจสอบระดับการเจริญเติบโต และอาการผิดปรกติของพืช (ในช่วง 15 วัน) เมื่อผสมกับดินที่ใช้ในอัตราปรกติ

5. ความชื้นและสิ่งที่ระเหยได้ ไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนัก

6. ขนาดเล็กพอที่จะร่อนผ่านตะแกรงขนาด (ช่องสี่เหลี่ยม 12.5 X 12.5 mm) ได้หมด

7. มีเศษวัสดุอื่นที่ต้องการ ได้แก่ หิน กรวด ทราย เศษพลาสติก ฯลฯ ไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

8. ต้องไม่มีเศษแก้วและโลหะอื่นซึ่งอาจจะเป็นอันตรายต่อผู้ใช้เจือปนอยู่

ปัจจุบันได้ยึดหลักเกณฑ์ในการซื้อขายปุ๋ยอินทรีย์โดยทั่วไปของส่วนราชการกับบริษัทเอกชน โดยต้องมีการทดสอบคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่จะจัดซื้อให้เป็นไปตามเกณฑ์ หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้ดังกล่าวเสียก่อน และมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่ประกอบด้วยกรดอินทรีย์ และสารเสริมการเจริญเติบโตของพืชหลายชนิด ได้กำหนดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่เกิน 4.0 และค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 20 dS m^{-1}

การสุ่มตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างปุ๋ย

ปุ๋ย เป็นวัสดุบำรุงดินในด้านแร่ธาตุอาหารพืชที่จำเป็นต้องเพิ่มให้แก่ดินที่ขาดแคลนปุ๋ย แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมี คือ สารประกอบทางอนินทรีย์ อาจได้จากธรรมชาติ หรือได้จากการผลิตโดยกรรมวิธีทางเคมีและฟิสิกส์ต่าง ๆ เป็นต้น อาจจะเป็นในรูปปุ๋ยเดี่ยว หรือปุ๋ยรวม ตั้งแต่ 2 ธาตุขึ้นไปก็ได้ ให้ผู้ใช้ได้เลือกตามความเหมาะสม ปริมาณแร่ธาตุในปุ๋ยเคมีจะสูงมากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ และประกอบกับขั้นตอนการผลิตสลับซับซ้อนหรือการลงทุนที่สูงทำให้ปุ๋ยเคมีมีราคาแพง จึงต้องพิจารณาอย่างรอบคอบในการนำมาใช้ในการเกษตร ซึ่งต้องใช้ให้คุ้มกับเงินที่ลงทุน เพื่อลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำสุด การวิเคราะห์เคมีเป็นการตรวจสอบคุณภาพของปุ๋ยว่าเป็นปุ๋ยที่มีเปอร์เซ็นต์ธาตุอาหารตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่

วิธีสุ่มตัวอย่างปุ๋ยเคมี

1. ปุ๋ยเป็นถุง ให้เททั้งหมดกองลงบนพื้นที่สะอาด คลุกเคล้าให้เข้ากัน แบ่งตัวอย่างโดยสุ่มตามจุดต่าง ๆ มาประมาณ 200 g ใส่ขวด หรือถุงพลาสติกที่ปิดสนิท เขียนป้ายบอกให้ชัดเจน ในกรณีที่ปุ๋ยเป็นถุงใหญ่มากไม่สะดวกในการกอง ใช้หลาวแบบชนิดที่ใช้ตรวจสอบคุณภาพข้าวสารแทงตรงมุมทั้งสี่ เพื่อเก็บตัวอย่างออกมา แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดมาผสมคลุกเคล้ากันรวมเป็นตัวอย่างเดียวใส่ขวดที่ปิดฝาสนิท มีป้ายบอกปริมาณแร่ธาตุที่บริษัทผู้ผลิตรับประกันเอาไว้

2. ถ้าปุ๋ยเป็นของเหลว (fluid fertilizers) เขย่าให้เข้ากันแล้วเท หรือตักเอาประมาณ 450 mL ใส่ขวดพลาสติกไม่ต้องเต็มขวด มีป้ายบอกรายละเอียดของปุ๋ย

3. ถ้าเป็นปุ๋ยใส่ถุงขนาด 1-5 kg และมีเป็นจำนวนมาก สุ่มตัวอย่างดังต่อไปนี้

จำนวนถุง	จำนวนตัวอย่างที่สุ่ม
น้อยกว่า 5 ถุง	ใช้ทั้งหมด
6 - 50 ถุง	4 - 6 ถุง
51 - 100 ถุง	5 - 8 ถุง
101- 500 ถุง	6 - 10 ถุง
มากกว่า 501 ถุง	8 - 15 ถุง

จากถุงตัวอย่างที่สุ่มเอาไว้ รวบรวมตัวอย่างที่สุ่มออกมาจากแต่ละถุงในปริมาณเท่า ๆ กัน ผสมคลุกเคล้ากัน แบ่งตัวอย่างออกมาประมาณ 500 g ใส่ขวดแก้ว หรือพลาสติกที่ปิดฝาสนิทพร้อมป้ายบอกรายละเอียดของปุ๋ย เมื่อมาถึงห้องปฏิบัติการ ถ้าปุ๋ยเป็นเม็ดต้องนำมาบดให้ละเอียดด้วยครกกระเบื้องเคลือบ (porcelain mortar) แล้วเก็บใส่ขวดแก้วหรือพลาสติกที่แห้ง และสะอาดปิดจุกให้แน่นเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

ปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด เป็นต้น การสุ่มตัวอย่างปุ๋ยหมัก และปุ๋ยคอก ต้องพยายามเลือกจากหลาย ๆ จุด แล้วนำมาผสมคลุกเคล้ากันแล้วแบ่งส่งเหมือนการส่งตัวอย่างพืชโดยใส่ถุงพลาสติกปิดปากถุงให้เรียบร้อย พร้อมป้ายบอกรายละเอียด สำหรับปุ๋ยพืชสดสุ่มตัวอย่างเช่นเดียวกับพืช ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยคอก ถ้าไม่สามารถนำเข้าตู้อบได้ทันทีก็ให้ผึ่งแดดให้แห้งก่อน เพื่อป้องกันการเป็นเชื้อรา หรือเน่า เป็นการหยุดกิจกรรมของจุลินทรีย์ให้ดำเนินต่อไป นำเข้าอบในตู้อบ (Hot air oven) อุณหภูมิ 65-70 °C จนแห้งสนิทเช่นเดียวกับตัวอย่างพืช แล้วบดให้ละเอียดใส่ขวดที่มีฝาปิดสนิทพร้อมป้ายบอกรายละเอียดรอการวิเคราะห์ต่อไป

อินทรียคาร์บอน (Total OC)

บทนำ

อินทรียคาร์บอนคือคาร์บอนที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ต่าง ๆ เช่น ซากพืชและซากสัตว์จะถูกสลายตัวผุพังโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ จะเป็นแหล่งของธาตุอาหารที่พืชสามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต ในพืชแห้งทั่วไปมีคาร์บอนเป็นส่วนประกอบอยู่ประมาณ 50 % โดยในพืชแห้งจำนวน 200 g จะมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 100 g ดังนั้นการย่อยสลายอินทรียคาร์บอนในพืชต้องใช้เวลานานมากกว่าในดินมาก และความยากง่ายในการย่อยสลายของพืชแต่ละชนิดก็ต่างกันขึ้นอยู่กับชนิด และอายุของพืชนั้น ๆ (สรวงธิดา และคณะ, 2540)

หลักการ

วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการได้ดัดแปลง (Modified) มาจากวิธี Walkley-Black (1934 และ 1947) และ Graham (1948) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1. การย่อยสลาย (Digestion) โดยนำตัวอย่างพืช และปุ๋ยที่บดละเอียดแล้วมาทำปฏิกิริยา และเกิดความร้อนขึ้นดังสมการ

$$2Cr_2O_7^{2-} + 3C + 16\ H^+ \longrightarrow 4Cr^{3+} + 3CO_2 + 8H_2O$$

เป็นปฏิกิริยาการเกิดของ oxidation - reduction ซึ่งอินทรียคาร์บอนจะถูกย่อยสลายกลายเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แล้วทิ้งค้างคืนให้ปฏิกิริยาสมบูรณ์ในการย่อยสลายอินทรียคาร์บอน

2. การไทเทรต (Titratiion) โพแทสเซียมไดโครเมทที่เหลือจากปฏิกิริยาการย่อยสลายอินทรียคาร์บอนในข้อ 1. ไทเทรตกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต (Ferrous Ammonium sulfate indicator) หรือ Ferroin ดังสมการ

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Fe^{2+} + 14\ H^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe^{3+} + 7H_2O$$

Ferroin Tris (1,10 - phenanthroline N^1 N^{10}) Iron $^{(n)(2+)}$ ซึ่งมีสูตรทางเคมี $[(C_{12}H_8N_2)_3Fe]^{2+}$

2.1 ทำ Blank

2.2 หาความเข้มข้นของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมท และออร์โทรฟีแนนโทรลีนเป็นอินดิเคเตอร์

เครื่องมือและอุปกรณ์

- เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ตัวอย่าง ได้แก่ ตู้อบ (oven) เครื่องบด (Grinder) และตู้ดูดควัน (Hood) แมกเนติกบาร์ (Magnetic bar) และเมกเนติกสเตอร์เรอร์ (Magnetic stirrer) เป็นต้น

- เครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จำเป็นในการปฏิบัติการ

สารเคมีและวิธีเตรียม

- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท 1 นอร์มอล (1N $K_2Cr_2O_7$) ละลายโพแทสเซียมไดโครเมท (อบที่ 105°C) ซึ่ง 49.0400 g ในน้ำกลั่น ทำให้มีปริมาตรทั้งหมด 1 L

- กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc H_2SO_4) 98%

- สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 0.5 นอร์มอล [0.5N $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O$] ชั่ง 196.1 g ละลายในน้ำกลั่นแล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 mL ทำให้เย็นปรับปริมาตรด้วยน้ำ จนได้ปริมาตร 1 L ปริมาณของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตที่ทำปฏิกิริยากับโพแทสเซียมไดโครเมทใน Blank จะนำมาคำนวณนอร์มอลที่แท้จริงของเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

- ออร์โทรฟีแนนโทรลีน (O-phenanthroline ferrous sulfate indicator 0.025 M) เตรียมโดยละลายออร์โทรฟีแนนโทรลีน 14.85 g และเฟอร์รัสซัลเฟต ($FeSo_4 \cdot 7H_2O$) 6.95 g ปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำ

วิธีวิเคราะห์

1. การย่อยสลาย (Digestion) ชั่งตัวอย่างที่บดละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 40 เมช 100 mg ลงในเออร์เลนเมเยอร์ฟลาสขนาด 250 mL

เติม 1 นอร์มอลโพแทสเซียมไดโครเมท 25 mL เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 20 mL ภายในตู้ควันแล้วเขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ค้างคืน

2. การไทเทรต (Titration) เติมน้ำกลั่น 100 mL ลงในข้อ 1. ทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมอินดิเคเตอร์ 0.5 mL ไทเทรตกับเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟตความเข้มข้น 0.5 นอร์มอล จนจุดยุติเปลี่ยนสีฟ้าเป็นสีน้ำตาลแดง แล้วอ่านปริมาตรของตัวไทเทรต (titrant) ที่ได้นำไปคำนวณ

การคำนวณ จากวิธีการคำนวณของ Walkley - Black (1947)

$$\%OC = \frac{[\text{meq } K_2Cr_2O_7 - \text{meq}Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O] \times 0.003 \times 100 \times f}{\text{g dry sample}}$$

$$= \frac{[N_1V_1K_2Cr_2O_7 - N_2V_2Fe(NH_4)_2(SO_4)_2.6H_2O] \times 0.003 \times 100 \times f}{\text{g dry sample}}$$

N_1 = นอร์มอลของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

V_1 = mL ของสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท

N_2 = นอร์มอลของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

V_2 = mL ของสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต

f = correction factor เท่ากับ 1.3

g dry sample = น้ำหนักแห้งของตัวอย่าง

ข้อเสนอแนะ :

ปุ๋ยอินทรีย์จะมี OC น้อยกว่าในพืช จากงานวิจัยไม่จำเป็นต้องทิ้งค้างคืน ส่วนตัวอย่างพืชต้องทิ้งค้างคืน เนื่องจากมี OC สูงกว่าในปุ๋ยอินทรีย์มาก OC ในพืชขึ้นกับชนิดและอายุของพืชนั้น ๆ เช่น พืชล้มลุกที่เป็นพืชตระกูลถั่ว จะมี OC น้อยกว่าพืชล้มลุกตระกูลหญ้า เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

สรวงธิดา ลิปิมงคล, ไพลิน บุญวิทยา, นภาพร เมฆลอย และ ประโสด ธรรมเขต, 2540 การปรับปรุงเทคนิคในการวิเคราะห์อินทรียคาร์บอนในพืช ตระกูลถั่ว, หญ้า และปุ๋ยอินทรีย์ กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 26 น.

Graham, ER.1948. Determination of soil organic matter by mean of a photoelectric colorimeter. Soil Sci, 65:181-183.

Walkley A & Black, I.A. 1934. An examination of the Degtijareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid. Titration method. Soil Sci. 37:29-38.

Walkley A & Black, I.A. 1947. A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soil-effect of variation in digestions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63:251-263.

C/N ratio

ได้จากการคำนวณเมื่อได้ค่าวิเคราะห์ของไนโตรเจน และอินทรียคาร์บอนก็นำทั้ง 2 ค่ามาเข้าสูตร C/N ratio

$$\text{C/N ratio} = \frac{\%C}{\%N}$$

ค่าวิเคราะห์ของปุ๋ยหมักต้องมี C/N ratio ไม่เกิน 20

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

บทนำ

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) วิเคราะห์เฉพาะปุ๋ยและวัสดุปรับปรุงดิน เพื่อให้สอดคล้องระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547

หลักการ

ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ และวัสดุปรับปรุงดิน จะต้องวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง โดยนำตัวอย่างนั้น ๆ มาทำเป็นสารแขวนลอยในน้ำ จากนั้นวัดความเป็นกรดเป็นด่างของสารแขวนลอยด้วย pH electrode และใช้สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer) เป็นสารละลายเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ยกเว้นปุ๋ยอินทรีย์น้ำที่สามารถวัดได้ในขณะนั้นแต่ต้องเขย่าก่อน อัตราส่วนตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ต่อน้ำกลั่นเท่ากับ 1:10 อัตราส่วนตัวอย่างวัสดุปรับปรุงดิน (พวกปูนต่าง ๆ) ต่อน้ำกลั่น เท่ากับ 1:1

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. pH meter
2. Buffer pH 4,7,10
3. 3 M KCl

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งปุ๋ยอินทรีย์ 4.5 g หรือวัสดุปรับปรุงดิน 20 g ในบีกเกอร์ขนาด 50 mL
2. เติมน้ำกลั่น ลงไป 45 mL หรือ 20 mL (ตามอัตราส่วน)
3. ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แล้วตั้งไว้ 60 นาที
4. นำไปวัด pH ด้วยเครื่อง pH meter

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ . กรุงเทพฯ, 50 น.

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity)

บทนำ

การวัดค่าการนำไฟฟ้าต่อเนื่องจากการวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง เพื่อจะได้ทราบค่าการนำไฟฟ้าหรือความเค็มของปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

หลักการ

การวัดค่านำไฟฟ้า เป็นการวัดปริมาณของเกลือที่ละลายน้ำ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) เมื่อแตกตัวให้ไอออนบวกและลบ สามารถนำไฟฟ้าได้โดยที่ไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกเพื่อถ่ายอิเล็กตรอนไอออนลบเคลื่อนเข้าหาขั้วลบเพื่อรับอิเล็กตรอน ขณะเดียวกันก็ทำให้กระแสไฟฟ้าเดินครบวงจร ค่าการนำไฟฟ้าจะผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า การปรับเครื่องวัด EC ทำได้โดยสารละลายมาตรฐาน KCl ที่ทราบค่า conductivity ที่ 25 ° C

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. Conductivity meter
2. Conductivity calibration solution 1413 microS m^{-1}
3. Conductivity calibration solution 12.88 mS m^{-1}

วิธีวิเคราะห์

หลังจากการวัด pH ทิ้งตัวอย่างค้างคืน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำ solution ที่ได้ไปหาค่า EC ด้วยเครื่อง Conductivity meter ซึ่ง warm ไว้อย่างน้อย 30 นาที ค่าที่อ่านออกมาจะเป็น millimho/centimeter (mmho/cm) หรือ deci Siemen/meter (dS m^{-1}) ซึ่งเป็น SI unit (EC) ที่วัดได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่า EC ของดิน (extractant จาก soil paste) จะใช้มาตรฐานเดียวกันดังต่อไปนี้

การแปลผล

EC (mmho/cm หรือ dS m^{-1})

< 2	ไม่เค็ม
2 - 4	เค็มเล็กน้อย
4 - 8	เค็มปานกลาง
8 - 16	เค็มมาก
> 20	เค็มที่สุด

จากตารางนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบใช้กับค่าวิเคราะห์ของปุ๋ย หรือ waste product จากโรงงาน หรือวัสดุการเกษตรที่จะนำมาผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อดูความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 50 น.

การตรวจสอบขนาดของวัสดุจำพวกปูน

บทนำ

ขนาดของวัสดุจำพวกปูนเพื่อการเกษตร ได้แก่ โดโลไมท์ ปูนขาว ปูนมาร์ล ยิปซัม และหินปูนบด/หินปูนฝุ่นต้องมีความละเอียดในการใช้ที่แตกต่างกัน ตามสเปคของกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547

หลักการ

การตรวจสอบขนาดของวัสดุจำพวกปูนเพื่อการเกษตรโดยใช้ตะแกรง ก่อนอื่นต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ $110 \pm 5^{\circ}C$ จนน้ำหนักคงที่ ก่อนจะนำมาร่อนตรวจสอบ หากมีส่วนที่ละเอียดจับกันเป็นก้อนแต่ไม่ใช่เม็ดหินปูนต้องทำให้แตกออกโดยใช้ลูกกลิ้งที่ทำด้วยยางแข็งบดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรง 1-2 ใบ แล้วแต่สเปค ปูนบางชนิดมีกำหนดขนาดของตะแกรง 2 ขนาด คือ ขนาดหยาบ เพื่อให้ปูนที่หยาบนั้นอยู่ในดินได้นาน ๆ ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และขนาดละเอียด เพื่อให้ปูนที่ละเอียดนั้นเกิดปฏิกิริยาอย่างรวดเร็ว

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช และ 100 เมช สำหรับ โดโลไมท์
2. ตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช และ 100 เมช สำหรับ ปูนขาว
3. ตะแกรงร่อนขนาด 8 เมช และ 80 เมช สำหรับ ปูนมาร์ล
4. ตะแกรงร่อนขนาด 8 เมช และ 60 เมช สำหรับ ยิปซัม
5. ตะแกรงร่อนขนาด 10 เมช และ 80 เมช สำหรับ หินปูนบด / หินปูนฝุ่น
6. ถาด/ภาชนะรองก้นและฝาปิดตะแกรงร่อน
7. ตู้อบ
8. บีกเกอร์

วิธีวิเคราะห์

น้ำหนักตัวอย่างปูนที่ใช้ประมาณ 100 g ที่อบแห้งแล้ว ร่อนภายใน 1 นาที การร่อนใช้มือ ชั่งน้ำหนักของวัสดุที่ผ่านตะแกรงแต่ละชั้นด้วยบีกเกอร์ที่รู้น้ำหนักแล้ว (ตะแกรงบนต้องเป็นตะแกรงที่หยาบกว่าจึงจะร่อนผ่านลงมาชั้นล่างได้) จดน้ำหนักปูนที่ร่อนผ่าน

การคำนวณ

คำนวณปริมาณของปูนที่ผ่านตะแกรงคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งทั้งหมด เช่น ตะแกรงร่อนขนาด 80 เมช ได้น้ำหนักปูนที่ผ่านตะแกรงเป็น x

ตะแกรงร่อนขนาด 100 เมช ได้น้ำหนักปูนที่ผ่านตะแกรงเป็น Y

% (ที่ผ่าน) 80 เมช = 100x(X+Y) / น้ำหนักปูนที่แห้งทั้งหมด

% (ที่ผ่าน) 100 เมช = 100xY / น้ำหนักปูนที่แห้งทั้งหมด

การแปลผล

ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กำหนดว่า

โดโลไมท์	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ทั้งหมด
	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ไม่เกินร้อยละ 50
ปูนขาว	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ทั้งหมด
	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช ไม่เกินร้อยละ 50
ปูนมาร์ล	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 8 เมช ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85
	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ไม่เกินร้อยละ 30 ถึง 50
ยิปซัม	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 8 เมช ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90
	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70

หินปูนบด/หินปูนฝุ่น	ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 10 เมช ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

ความชื้นวัสดุจำพวกปูน และปุ๋ยอินทรีย์

บทนำ

ความชื้นวัสดุจำพวกปูนและปุ๋ยอินทรีย์ เป็นการเพิ่มปริมาณน้ำหนักให้กับตัวอย่างนั้น ๆ ถ้ามีความชื้นมากตัวอย่างนั้นจะเปียกมาก ดังนั้นจึงมีการกำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 5

หลักการ

วัสดุจำพวกปูน และปุ๋ยอินทรีย์ ถ้าต้องการทราบความชื้นต้องหาปริมาตรความชื้นนั้น ๆ โดยการอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 100 ˚C ให้ได้น้ำหนักคงที่ แล้วหาน้ำหนักที่หายไป ก็จะได้ความชื้นที่ต้องการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ตู้อบ
2. เครื่องชั่งไฟฟ้า
3. ขวดชั่ง

วิธีวิเคราะห์

1. ใช้ขวดชั่ง (weighing bottle) ที่อบจนน้ำหนักคงที่
2. ตักปูน หรือปุ๋ยอินทรีย์ 2-5 g ใส่ขวดนำไปชั่ง โดยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง
3. นำไปอบที่อุณหภูมิ 100˚C ถ้าเป็นปูนใช้เวลา 2 ชั่วโมง ปุ๋ยอินทรีย์ใช้เวลานาน 10-12 ชั่วโมง
4. ทิ้งให้เย็นในโถแก้วป้องกันความชื้น (desiccator)
5. นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้งหาน้ำหนักที่หายไป

การคำนวณ

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังต่อไปนี้

ให้น้ำหนักขวดชั่ง = x

น้ำหนักขวดชั่ง + ปูน / ปุ๋ยอินทรีย์ ก่อน อบ = y

น้ำหนักขวดชั่ง + ปูน / ปุ๋ยอินทรีย์ หลัง อบ = z

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(y - z)\ 100}{(y-x)}$$

การแปลผล

ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กำหนดว่าความชื้นของปูนต้องไม่มากกว่าร้อยละ 5 แต่ปุ๋ยอินทรีย์ไม่มากกว่าร้อยละ 35

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 50 น.

การวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืชและปุ๋ย โดยใช้วิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปคโทรสโกปี

บทนำ

แคลเซียมและแมกนีเซียมจัดเป็นธาตุอาหารรอง (secondary essential elements) ซึ่งพืชส่วนใหญ่ต้องการธาตุอาหารเหล่านี้น้อยกว่าธาตุอาหารหลัก (N, P, K) แต่ก็มีความสำคัญ แคลเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของโครงสร้างผนังเซลล์พืชช่วยเคลื่อนย้าย และเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนทำลายความเป็นพิษของสารพิษ หรือสารที่พืชดูดมากเกินไปเพิ่มการเกิดปมของรากถั่ว และลดการดูดโพแทสเซียม แคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ไม่ได้ อาการขาดแคลเซียมจะแสดงในบริเวณที่เป็นส่วนที่เจริญเติบโต คือ ที่ใบอ่อน และปลายราก โดยใบอ่อนจะงอและบิดเบี้ยว ขอบใบจะแห้ง และเป็นสีน้ำตาล ยอดอ่อนจะตาย รากพืชจะสั้นไม่มีเส้นใย และเหนียวคล้ายวุ้น ส่วนแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลด์ เป็น phosphate carrier ร่วมกับกำมะถัน ให้พืชสร้างน้ำมัน มีส่วนสำคัญในการหายใจของเซลล์ และให้พลาสมา (plasma) ของเซลล์พืชพองตัว อาการของพืชที่ขาดแมกนีเซียมต่างกันไปแล้วแต่ชนิดของพืช แมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนที่ได้ ดังนั้น จึงเคลื่อนที่ไปให้พืชใช้ในส่วนที่เจริญเติบโต พืชจึงแสดงการขาดที่ใบล่าง ซึ่งจะมีสีเหลือง และเปลี่ยนไปเป็นสีขาวน้ำตาล ร่วงหล่นในที่สุด บางพืชอาจมีสีม่วงแดง ซึ่งแสดงอาการขาดคลอโรฟิลด์ เป็นต้น (พจนีย์, 2544)

หลักการ

การใช้วิธีวิเคราะห์แบบอะตอมมิกแอบซอร์พชัน เป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมอิสระของธาตุดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นหนึ่งโดยเฉพาะขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของธาตุแคลเซียมจะดูดกลืนคลื่นแสงที่ความยาวคลื่น 422.7 nm เพราะแสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดี ที่จะทำให้อิเล็กตรอนของแคลเซียมเกิดการเปลี่ยนสถานะจาก

สถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น จะเห็นได้ว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectrocopic line ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมอิสระได้นั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่าง ๆ กัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟหรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือ ทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้ (แม้นและอมร, 2535)

อย่างไรก็ตาม ในการวัดปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมโดยวิธีดังกล่าว จำเป็นต้องกำจัด หรือแก้ไขสิ่งรบกวนทางเคมี ซึ่งเกิดขึ้นจากไอออนที่รบกวน เช่น ฟอสเฟต ซิลิเกต รวมตัวกับแคลเซียม หรือแมกนีเซียมเกิดเป็นสารประกอบที่เสถียร ทำให้การแตกตัวเป็นอะตอมอิสระของแคลเซียม และแมก-นีเซียมน้อยลง ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่วัดได้จึงต่ำกว่าความเป็นจริง จึงต้องเติม releasing agent เช่น La_2O_3 ,Sr ลงไปในสารละลายตัวอย่าง เพื่อให้ไปรวมตัวกับไอออนที่รบกวนแทน (จงรักษ์และคณะ, 2545) ส่วนการวัดปริมาณโลหะหนักบางชนิด เช่น Fe, Mn, Zn, Cu ไม่ต้องแก้ไขสิ่งรบกวนทางเคมี จึงใช้น้ำเป็นตัวทำละลายเพียงอย่างเดียวไม่ต้องเติม La_2O_3 หรือ Sr

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. Atomic Absorption Spectrophotometer
2. เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ
3. $SrCl_2.6H_2O$
4. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมและแมกนีเซียม

วิธีวิเคราะห์ (ประโสด, 2540)

1. เตรียมสารละลายสทรอนเซียมคลอไรด์ ($SrCl_2$,$6H_2O$)ความเข้มข้น 1,500 mg L^{-1} จำนวน 2 L

2. เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 mg L^{-1} ตามลำดับ และสารละลายมาตรฐานแมกนีเซียม ความเข้มข้น 0, 1.2, 3, 4, 5 mg L^{-1} ตามลำดับ เจือจางสารละลายมาตร ฐานทั้งสองด้วย $SrCl_2$, $6H_2O$ 1,500 mg L^{-1} ปรับปริมาตรเป็น 100 cm^3

3. ปิเปตต์สารละลายพืชหรือปุ๋ย (ที่ผ่านการย่อยสลาย) 1.00 cm^3 เจือจางด้วย $SrCl_2$;$6H_2O$ ความเข้มข้น 1,500 mg L^{-1} จำนวน 10-30 cm^3

4. สารละลายที่เตรียมได้ นำไปวัดปริมาณแคลเซียมทั้งหมด และวัดปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ปฏิบัติตามวิธีการใช้ของเครื่อง

5. สารละลายที่วัดได้ควรมีค่าความเข้มข้นอยู่ในช่วงของสารละลายมาตรฐาน ถ้าสารละลายที่วัดได้มีค่าสูงกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องเจือจางสารละลายให้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องลดการเจือจางลง

การคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณแคลเซียมในสารละลายตัวอย่างพืชหรือปุ๋ย

$$\%Ca = \frac{(r-b)}{10^6} \times \frac{100}{s} \times d.f \times 100 \quad \text{(พืช)}$$

$\%CaO = \%Ca \times 1.4$ (ปุ๋ย, ปูน)

r-b = ค่าที่อ่านได้ (หน่วยเป็น mg L^{-1}) - blank

s = น้ำหนักตัวอย่างพืชหรือปุ๋ยที่ชั่ง (หน่วยเป็น g)

d.f. = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1:10, 1:50 หรือ 1:100

การคำนวณหาปริมาณแมกนีเซียมในสารละลายตัวอย่างพืชหรือปุ๋ย

$$\%Mg = \frac{(r-b)}{10^6} \times \frac{100}{s} \times d.f. \times 100 \quad \text{(พืช)}$$

$\%MgO = \%Mg \times 1.67$ (ปุ๋ย, ปูน)

r-b = ค่าที่อ่านได้ (หน่วยเป็น mg L^{-1}) - blank

s	=	น้ำหนักตัวอย่างพืชหรือปุ๋ยที่ชั่ง (หน่วยเป็น g)
d.f.	=	dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1:10, 1:50 หรือ 1:100

เอกสารอ้างอิง

จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข ชลาลัย จิระวัฒนชัย สมฤทัย ตันเจริญ และ สมชาย กรีฑาภิรมย์. 2545. การศึกษาเปรียบเทียบปริมาณแคลเซียมในพืชที่วิเคราะห์โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชันสเปคโตรสโกปี เมื่อมีการใส่แลนทานัมในอัตราต่าง ๆ. วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 24 ฉบับที่ 3. น.102-107

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

พจนีย์ มอญเจริญ. 2544. การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 216 น.

แม้น อมรสิทธิ์ อมร เพชรสม. 2535. Principles and Techniques of Instrumental Analysis. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ. 887 น.

การวิเคราะห์ Fe, Mn, Zn, Cu ในพืชและปุ๋ย โดยวิธีอะตอมมิคแอบซอร์พชัน สเปคโทรสโกปี

บทนำ

Fe, Mn, Zn และ Cu เป็นกลุ่มจุลธาตุ (micronutrient elements) หรือธาตุอาหารเสริม ซึ่งพืชต้องการในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น แต่มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืชเท่ากับธาตุอื่น ๆ ถ้าดินอยู่ในสภาพปกติเหมาะสม จุลธาตุในดินจะมีปริมาณเพียงพอต่อพืช ในปัจจุบันมีการปรับปรุงคุณภาพของผลผลิตพืชให้มากขึ้น โดยมีการเพิ่มธาตุอาหารเสริมในปริมาณที่มากขึ้นด้วย (มุกดา, 2544)

หลักการ

เหมือนกับการวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืชหรือปุ๋ย

เครื่องมือและสารเคมี

1. Atomic Absorption Spectrophotometer
2. เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ
3. สารละลายมาตรฐาน Fe, Mn, Zn, Cu

วิธีวิเคราะห์ (ประโสด, 2540)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน (Working Standard solution) ดังนี้

   Fe ความเข้มข้น 0, 2, 4, 6, 8, 10 mg L^{-1}

   Mn ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 mg L^{-1}

   Zn ความเข้มข้น 0, 0.5,1.0,1.5, 2.0,2.5 mg L^{-1}

   Cu ความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4, 5 mg L^{-1}

เจือจางสารละลายมาตรฐานดังกล่าวด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 cm^3 เหมือนกัน

2. ปิเปตต์สารละลายพืชหรือปุ๋ย (ที่ผ่านการย่อยสลาย) 1.00 cm^3 เจือจางด้วยน้ำ จำนวน 10 cm^3 หรืออาจนำสารละลายดังกล่าวมาวัดได้เลย โดยถือหลักว่าถ้าสารละลายที่วัดได้มีค่าสูงกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องเจือจางสารละลายให้มากขึ้น แต่ถ้าสารละลายที่วัดได้มีค่าต่ำกว่าสารละลายมาตรฐาน จะต้องลดการเจือจางลง

3. สารละลายที่เตรียมได้ นำไปวัดปริมาณ Fe /Mn/ Zn /Cu ทั้งหมดด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ปฏิบัติตามวิธีการใช้ของเครื่อง

การคำนวณ

การคำนวณหาปริมาณ Fe / Mn / Zn / Cu ในสารละลายตัวอย่างพืชหรือปุ๋ย

$$\text{Fe / Mn / Zn / Cu} = \frac{(r-b) \times 100 \times d.f.}{s} \quad mg\ kg^{-1}$$

r-b = ค่าที่อ่านได้ (mg L^{-1}) - blank

s = น้ำหนักตัวอย่างพืชหรือปุ๋ยที่ชั่ง (g)

d.f. = dilution factor ค่าการเจือจางสารละลาย เช่น 1:10, 1:50 หรือ 1: 100

เอกสารอ้างอิง

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ. 50 น.

มุกดา สุขสวัสดิ์. 2544. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน คณะพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพิษณุโลก. พิษณุโลก. 344 น.

การวิเคราะห์แคลเซียมออกไซด์ และแมกนีเซียมออกไซด์ในปูน

บทนำ

ปูนเพื่อการเกษตร จะมีธาตุแคลเซียม หรือ แคลเซียมและแมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ มีสมบัติเป็นด่าง สามารถลดความเป็นกรด หรือความเปรี้ยวของดินได้ (เจริญและรสมาลิน, 2542) ปูนมาร์ล หินปูนฝุ่น และยิปซัม จะมีแคลเซียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบ ส่วนโดโลไมท์จะมีแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์เป็นองค์ประกอบ

หลักการ

เหมือนกับการวิเคราะห์แคลเซียมและแมกนีเซียมในพืชหรือปุ๋ย

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. Atomic Absorption Spectrophotometer
2. เครื่องแก้วที่จำเป็นในห้องปฏิบัติการ
3. $SrCl_2,6H_2O$
4. สารละลายมาตรฐานแคลเซียมและแมกนีเซียม

วิธีวิเคราะห์

1. อบตัวอย่างปูนที่ละเอียดด้วยอุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C จนน้ำหนักคงที่

2. ชั่งตัวอย่างปูน 0.15-0.20 g ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 cm^3 บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

3. เติม 0.5 N HCl ลงไป 50 cm^3 เขย่าให้เข้ากัน อุ่นบน hot plate ที่อุณหภูมิประมาณ 50-60° C ประมาณ 10-30 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

4. กรองสารละลายใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm^3 ปรับปริมาตรให้เป็น 100 cm^3 ด้วยน้ำกลั่น

5.ขั้นตอนการเตรียมสารละลายมาตรฐาน และการวัดเหมือนกับการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมในพืชหรือปุ๋ย แต่การปิเปตต์สารละลาย ตัวอย่างใช้ปริมาณน้อยลง และเจือจางด้วย $SrCl_2.6H_2O$ ให้มากขึ้น

การคำนวณ

เหมือนกับการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมในพืช หรือปุ๋ย

การแปลผล

ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กำหนดว่า

ปูนมาร์ล มีค่าแคลเซียมออกไซด์ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40

โดโลไมท์ มีค่าแคลเซียมออกไซด์และแมกนีเซียมออกไซด์ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 25 และ 15 ตามลำดับ

หินปูนฝุ่น มีค่าแคลเซียมออกไซด์ ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 40

เอกสารอ้างอิง

เจริญ เจริญจำรัสชีพ และรสมาลิน ณ ระนอง. 2542. คู่มือการใช้วัสดุปูน เพื่อการเกษตรเพื่อปรับปรุงดินเปรี้ยวจัด. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ. 61 น.

การวิเคราะห์ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตในปูน

บทนำ

ดินที่มีสภาพเป็นกรดจัดมักเป็นดินที่มีปัญหาทางการเกษตร ในการแก้ไข และปรับปรุงดินจะต้องใส่สารจำพวกด่าง ซึ่งได้แก่ ปูน เพื่อลดความเป็นกรดในดิน แต่เนื่องจากปูนที่ใช้แก้ความเป็นกรดในดินมีหลายชนิด อีกทั้งปูนแต่ละชนิด จะมีความบริสุทธิ์มากน้อยแตกต่างกัน จึงต้องมีการหาค่าการทำให้เป็นกลางของปูน (neutralizing value) ซึ่งก็คือค่า CCE นั่นเอง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา,2541) เพื่อดูว่าปูนที่ใช้มีค่า CCE เพียงพอหรือไม่

ยงยุทธ (2542) ได้ให้ความหมายของสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium carbonate equivalent : CCE) ไว้ว่า เป็นน้ำหนักของแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) บริสุทธิ์ ซึ่งมีฤทธิ์ด่างสมมูลกับปูนชนิดนั้น 100 หน่วยน้ำหนัก เมื่อปูนทั้งสองนี้มีขนาดของอนุภาคอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานด้วยกัน ยกตัวอย่างเช่น CaO 100 kg มีฤทธิ์ด่างเท่ากับ $CaCO_3$ 179 kg ดังนั้นแคลเซียมออกไซด์จึงมีค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตเท่ากับ 179

หลักการ

การวิเคราะห์ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนตในปูน ใช้วิธีการตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมวัสดุจำพวกปูนเพื่อการเกษตร (มอก. 223-2520) ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์แบบ wet method หลักการของวิธี คือ นำเอาตัวอย่างวัสดุจำพวกปูนที่อบแห้งแล้วมาทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่มากเกินพอ จากนั้นไทเทรตย้อนกลับ (back titration) ปริมาณสารละลายมาตรฐานกรดไฮโดรคลอริกที่เหลือด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ แล้วคำนวณค่า CCE ในรูปร้อยละของแคลเซียมคาร์บอเนต (สอิ้ง, 2546)

สารเคมีที่ใช้

1. NaOH
2. HCl
3. Phenolphthalein indicator
4. Potassium Hydrogen Phthalate (KHP)
5. เครื่องแก้วต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในห้องปฏิบัติการ

การเตรียมสารละลาย

* 0.25 N NaOH

1. ชั่ง NaOH อย่างรวดเร็ว 10.0 g โดยใช้เครื่องชั่งอย่างหยาบ

2. สารละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรจนได้ 1 dm^3 ในขวดวัดปริมาตร สารละลายที่ได้จะมีความเข้มข้นประมาณ 0.25 N เนื่องจาก NaOH ดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์จากอากาศได้ง่าย ทำให้สารละลายมีคาร์บอเนตปนอยู่มาก จึงต้องชั่งและเจือจางสารละลายอย่างรวดเร็ว ดังสมการ

$$NaOH + CO_2 \longrightarrow Na^+ + HCO_3$$

3. หาความเข้มข้นที่แน่นอนของ NaOH โดยการชั่ง KHP (ที่ผ่านการอบจนแห้งแล้ว) หนัก 0.6-0.7 g ลงในขวดรูปกรวยขนาด 250 cm^3 ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก

4. เติมน้ำกลั่นลงในขวดรูปกรวย จำนวน 75 cm^3 เขย่าจน KHP ละลายหมด

5. ไทเทรตสารละลายในขวดด้วย NaOH ที่เตรียมไว้ในข้อ 2 เติม phenolphthalein 2-3 หยดลงในขวด เมื่อถึงจุดยุติ สารละลายจะเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน

6. คำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของ NaOH ดังนี้

$$\text{จำนวนโมลของ KHP} = \frac{\text{น้ำหนักที่ชั่ง (g)}}{\text{MW KHP}}$$

$$\text{จำนวนโมลของ NaOH ที่ใช้} = \text{จำนวนโมลของ KHP}$$

$$\frac{\text{N NaOH x ปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไป } (cm^3)}{1{,}000} = \frac{\text{น้ำหนักที่ชั่ง (g)}}{\text{MW KHP}}$$

* 0.5 N. HCl

1. ใช้กระบอกตวงตวง conc. HCl 45.0 cm^3 เทใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 1 dm^3 ที่มีน้ำกลั่นอยู่บ้างแล้ว จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปอีก จนพอดีขีดวัดปริมาตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน

2. หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย HCl โดยการปิเปตต์สารละลาย HCl 10.0 cm^3 ใส่ลงในขวดรูปกรวย หยด phenolphthalein 2-3 หยด ไทเทรตสารละลายด้วย NaOH ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากใสเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไป

3. คำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของ HCl ดังนี้

จำนวนโมลของ HCl = จำนวนโมลของ NaOH

$$\frac{\text{N HCl x V HCl}}{1{,}000} = \frac{\text{N NaOH x V NaOH}}{1{,}000}$$

V = ปริมาตรที่ใช้ (cm^3)

วิธีวิเคราะห์

1. อบตัวอย่างปุ๋นที่ละเอียดด้วยอุณหภูมิ 105 ˚C จนน้ำหนักคงที่

2. ชั่งตัวอย่างปุ๋น 0.5-1.0 g ด้วยเครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง ใส่ในขวดรูปกรวยขนาด 250 cm^3 บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน

3. เติม 0.5 N HCl ลงไป 50 cm^3 เขย่าให้เข้ากัน อุ่นบน hot plate ที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 ˚C ประมาณ 10-30 นาที แล้วทิ้งไว้ให้เย็น

4. เติม 1% Phenolphthalein 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไทเทรตด้วย 0.25 N NaOH จนสารละลายเปลี่ยนจากใสเป็นสีชมพูอ่อน บันทึกปริมาตรของ NaOH ที่ใช้ไป

การคำนวณ

การคำนวณหาค่าร้อยละของสมมูลย์แคลเซียมคาร์บอเนต ดังนี้

$$\%CCE = \frac{100 \times \left(50[N\ HCl \times V\ HCl] - \frac{N\ NaOH \times V\ NaOH}{1000}\right)}{\text{น้ำหนักปูน}}$$

V = ปริมาตรที่ใช้ (cm^3)

การแปลผล

ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กำหนดว่า

ปูนมาร์ล มีค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80

โดโลไมท์มีค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 90

หินปูนฝุ่น มีค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 547 น.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2542. ศัพท์ในวงการปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 238 น.

สะอิ้ง จักษุศิลา. 2546. เทคนิคการวิเคราะห์หาค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต. วารสารดินและปุ๋ย ปีที่ 25 ฉบับที่ 4. น.160-164

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2520. วัสดุจำพวกปูนไลม์เพื่อการเกษตร : มอก. 223-2520. กระทรวงอุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ. 20 น.

การวิเคราะห์สิ่งเจือปนในปุ๋ยอินทรีย์

บทนำ

สิ่งเจือปนที่ตรวจพบในปุ๋ยอินทรีย์ ได้แก่ หิน กรวด ทราย พลาสติก หรือวัสดุแปลกปลอมบางชนิดที่ไม่ใช่เนื้อปุ๋ย ที่มาของสิ่งเจือปนเหล่านี้ เกิดจากกระบวนการผลิตปุ๋ย หรืออาจเกิดจากผู้ผลิตปุ๋ยบางคนจงใจเติมลงไป เพื่อผลประโยชน์ทางการค้า เนื่องจากสิ่งเจือปนเหล่านี้ไม่มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อีกทั้งยังทำให้น้ำหนักของปุ๋ยมากกว่าความเป็นจริง ดังนั้นจึงควรมีการวิเคราะห์หาค่าสิ่งเจือปนเหล่านี้ โดยทั่วไปปริมาณสิ่งเจือปนจะต้องมีไม่เกินร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก

หลักการ

หินกรวดทรายเป็นสิ่งเจือปนที่ไม่ละลายน้ำ และมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างจากเนื้อปุ๋ย ดังนั้น จึงสามารถคัดแยกสิ่งเจือปนเหล่านี้ออกมาได้โดยใช้น้ำ แต่ในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการวิเคราะห์ปริมาณสิ่งเจือปนประเภทหิน กรวด ทราย ในปุ๋ย ตีพิมพ์เผยแพร่แต่อย่างใด ทางส่วนวิเคราะห์พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน จึงได้ทำการทดลองปรับปรุงเทคนิควิธีการวิเคราะห์จนได้วิธีที่เหมาะสมและเป็นที่ยอมรับ สามารถหาปริมาณกรวดทรายได้เป็นจำนวนมาก อีกทั้งวิธีการดังกล่าวยังสามารถตรวจสอบได้ว่ามีวัตถุที่ไม่พึงประสงค์ เช่น โลหะ วัตถุแหลมคม เศษแก้ว พลาสติก ปลอมปนอยู่ในปุ๋ยด้วยหรือไม่

เครื่องมือ/สารเคมีที่ใช้

1. บีกเกอร์ขนาด 1,000 mL 2 ใบ

2. ตะแกรงมาตรฐาน (seive) ของ ASTM (American Society for Testing Materials) (ส่วนวิเคราะห์วิจัย พืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน ใช้ตะแกรงขนาด 18 mesh และขนาด 48 mesh)

3. ถาดใส่ตะแกรง แท่งแก้วคน

4. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง

5. ตู้อบ

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งน้ำหนักบีกเกอร์ที่ใช้ใส่ปุ๋ย บันทึกน้ำหนัก

2. ชั่งตัวอย่าง ปุ๋ยประมาณ 400-500 g บันทึกน้ำหนักละเอียด

3. เติมน้ำให้ท่วมเนื้อปุ๋ย คนให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ 1 คืน

⇩ ⇩ ⇩ ⇩

4. จัดเตรียมตะแกรงวางซ้อนกัน (ขนาด 48 mesh อยู่ล่าง และขนาด 18 mesh อยู่บน) วางลงในถาด

5. จากนั้น คนสารละลายปุ๋ยในบีกเกอร์ให้เข้ากัน เศษหิน กรวด ทราย ซึ่งมีน้ำหนักมากกว่า จะตกลงสู่ก้นบีกเกอร์ได้เร็วกว่าเนื้อปุ๋ยที่มีน้ำหนักน้อยกว่า ดังนั้นสารละลายจะแยกเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นบนเป็นชั้นของเนื้อปุ๋ย ชั้นล่างเป็นชั้นของกรวดทราย เทสารละลายส่วนบนผ่านตะแกรงที่จัดเตรียมไว้

6. เติมน้ำลงในบีกเกอร์ แล้วทำซ้ำข้อ 5. ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสารละลายเป็นน้ำใส ซึ่งแสดงว่าได้แยกชั้นของเนื้อปุ๋ยออกไปแล้ว เหลือเพียงเศษหิน กรวด ทราย อยู่ก้นบีกเกอร์

7. นำส่วนของเนื้อปุ๋ยที่ติดค้างอยู่ในตะแกรงทั้ง 2 ขนาด ใส่ในบีกเกอร์ที่ว่างอีกใบหนึ่งเติมน้ำ แล้วทำซ้ำข้อ 5. ไปเรื่อย ๆ ส่วนอนุภาคละเอียดที่หลุดลอดผ่านตะแกรงลงไปในถาด เททิ้งไป

8. เมื่อได้เศษหิน กรวด ทราย ให้นำไปรวมกับบีกเกอร์ใบแรก (บีกเกอร์ที่มีค่าน้ำหนัก)

9. นำบีกเกอร์ที่มีเศษหิน กรวด ทราย ไปอบ ที่อุณหภูมิ 70°C เป็นเวลา 6 - 8 ชั่วโมง

10. เมื่ออบจนครบเวลาแล้ว รอจนกระทั่งบีกเกอร์เย็นเท่าอุณหภูมิห้อง ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณหาค่าร้อยละของปริมาณสิ่งเจือปนในปุ๋ย

การคำนวณ

$$\%\text{สิ่งเจือปนในปุ๋ย} = \frac{(\text{น้ำหนัก สิ่งเจือปน}) \times 100}{\text{น้ำหนักปุ๋ยอินทรีย์}}$$

การแปลผล

ปริมาณสิ่งเจือปนในปุ๋ยประเภทกรวดทราย จะต้องมีไม่เกินร้อยละ 10 ของน้ำหนักปุ๋ยทั้งหมด ถ้ามีมากกว่าร้อยละ 10 แสดงว่าปุ๋ยนั้นมีสิ่งเจือปนมากเกินไปไม่ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของปุ๋ยอินทรีย์ (ปุ๋ยหมัก) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (พ.ศ. 2544)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 50 น.

การวิเคราะห์ยิปซัมในปูน

การวิเคราะห์ยิปซัมต้องย่อยสลายให้เป็นสารละลาย (aliquot) เช่นเดียวกับตัวอย่างพืช แล้ววิเคราะห์หาแคลเซียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์แคลเซียมในปุ๋ย และวิเคราะห์หากำมะถันเช่นเดียวกับการวิเคราะห์กำมะถันในพืช หลังจากนั้นให้กำมะถันอยู่ในรูป SO_3 โดยคูณด้วย factor 2.5 ก็จะได้ $CaSO_4$ ตามต้องการ ดังนั้นก็สามารถวิเคราะห์ยิปซัมได้

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากพืชชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุจากพืช	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S	%OC	C/N ratio
ก้านยาสูบ	จ.เชียงใหม่	2.79	0.45	5.53	2.30	0.85	0.85	-	-
ใบสับปะรด	จ.เพชรบุรี	1.25	0.40	4.77	-	-	-	-	-
ใบอ้อย	จ.นครนายก	1.04	0.12	1.28	0.07	0.21	-	-	-
ใบแฝก	จ.ประจวบคีรีขันธ์	1.26	0.14	1.62	0.50	0.17	-	-	-
ใบแฝก	จ.ขอนแก่น	1.06	0.08	0.99	0.19	0.08	0.25	-	-
ต้นแฝก	จ.ประจวบคีรีขันธ์	0.70	0.12	1.13	0.26	0.13	0.22	-	-
รากแฝก	จ.ประจวบคีรีขันธ์	0.34	0.06	0.32	0.12	0.05	0.05	-	-
ต้นข้าว	จ.ปทุมธานี	0.95	0.07	2.03	0.43	0.18	0.17	-	-
ใบทุเรียน	จ.ระยอง	2.09	0.25	1.90	2.34	0.45	0.23	-	-
ใบทุเรียน	จ.จันทบุรี	2.07	0.21	1.37	2.21	0.70	0.23	-	-
ใบทุเรียน	จ.ตราด	1.94	0.27	1.81	1.89	0.37	0.22	-	-
ใบข้าวโพด	จ.นครราชสีมา	0.40	0.11	0.53	0.02	0.11	0.05	-	-
ใบลิ้นจี่	จ.เชียงใหม่	1.37	0.13	0.79	0.39	0.34	-	-	-
ใบส้มโอ	จ.สมุทรสงคราม	2.47	0.20	2.51	2.83	0.23	0.28	-	-
ใบขี้เหล็ก	จ.เพชรบุรี	2.31	0.16	0.97	2.04	0.22	0.15	-	-
ใบมะม่วงหิมพานต์	จ.เพชรบุรี	1.62	0.11	0.71	0.31	0.19	0.08	-	-
ใบประดู่	กรุงเทพฯ	1.60	0.04	1.24	-	-	-	43.77	29
บล็อกโคลี่	จ.เชียงใหม่	3.20	0.58	3.08	-	-	-	-	-
กะหล่ำปลี	กรุงเทพฯ	2.98	0.43	3.01	0.43	0.23	0.89	42.64	14
คะน้า	กรุงเทพฯ	4.99	0.54	3.56	3.14	0.44	1.25	31.86	6
ผักกวางตุ้ง	กรุงเทพฯ	3.76	0.92	3.66	3.74	0.45	1.20	31.34	8
เปลือกกล้วยหักมุก	กรุงเทพฯ	1.89	0.30	4.34	0.10	0.26	0.27	58.83	31
เปลือกกล้วยหอม	กรุงเทพฯ	1.43	0.33	3.71	0.27	0.10	0.16	44.54	31
เปลือกกล้วยน้ำว้า	กรุงเทพฯ	0.97	0.29	3.70	0.35	0.33	0.11	43.48	45
เปลือกกล้วยเล็บมือนาง	จ.ชุมพร	1.46	0.16	5.56	0.48	0.12	0.04	46.58	32
เปลือกมะละกอสุก (แขกดำ)	กรุงเทพฯ	4.27	0.65	2.59	0.48	0.21	0.64	45.63	11

ตารางผนวกที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากพืชชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

ชนิดของวัสดุจากพืช	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	%P	%K	%Ca	%Mg	%S	%OC	C/N ratio
เปลือกแก้วมังกรใหญ่	กรุงเทพฯ	1.26	0.21	3.38	1.51	0.79	0.15	35.84	28
เปลือกแก้วมังกรเล็ก	กรุงเทพฯ	1.88	0.30	2.55	1.63	0.67	0.29	34.03	18
เปลือกส้มเขียวหวานคั้น	กรุงเทพฯ	1.64	0.14	1.18	1.39	0.14	0.28	52.10	32
เปลือกส้มเขียวหวาน	กรุงเทพฯ	1.62	0.16	1.59	1.59	0.13	-	57.07	35
เปลือกส้มสายน้ำผึ้ง	กรุงเทพฯ	1.54	0.09	1.54	0.45	0.07	0.13	50.91	33
เปลือกแครอท	กรุงเทพฯ	1.78	0.49	3.51	0.60	0.20	0.24	42.04	24
เปลือกลางสาด	กรุงเทพฯ	1.51	0.13	1.70	0.24	0.14	0.21	44.13	29
ปลือกลองกอง	กรุงเทพฯ	1.64	0.12	2.04	0.49	0.12	0.27	47.42	29
เปลือกน้อยหน่า	กรุงเทพฯ	1.63	0.21	1.38	0.13	0.09	0.17	41.42	26
เปลือกสับปะรด	จ.นครราชสีมา	0.90	0.15	1.37	0.15	0.04	-	46.86	52
เปลือกเงาะโรงเรียน	กรุงเทพฯ	1.49	0.14	0.81	0.71	0.14	0.15	51.00	34
เปลือกเงาะสีชมพู	กรุงเทพฯ	0.86	0.12	0.71	0.66	0.14	0.13	52.37	61
เปลือกมังคุด	กรุงเทพฯ	1.73	0.22	0.40	0.21	0.20	0.13	55.68	22
เมล็ดข้าวโพด	กรุงเทพฯ	1.09	0.33	0.36	0.00	0.12	0.08	-	-
เมล็ดส้มเขียวหวาน	กรุงเทพฯ	2.27	0.31	1.41	0.73	0.17	0.23	37.63	17
เมล็ดส้มสายน้ำผึ้ง	กรุงเทพฯ	2.78	0.32	1.21	0.36	0.21	0.23	37.23	13
เมล็ดเงาะโรงเรียน	กรุงเทพฯ	1.69	0.22	0.45	0.21	0.19	0.13	39.08	23
เมล็ดเงาะสีชมพู		1.66	0.18	0.35	0.15	0.18	0.13	38.18	23
ค่าเฉลี่ย		1.80	0.25	2.01	0.88	0.25	0.29	44.29	27
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.96	0.18	1.41	0.96	0.20	0.30	7.53	13
ค่าต่ำสุด		0.34	0.04	0.32	0.00	0.04	0.04	31.34	6
ค่าสูงสุด		4.99	0.92	5.56	3.74	0.85	1.25	58.83	61

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2541 - 2546

ตารางผนวกที่ 4.2 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุจากสัตว์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุจากสัตว์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	%P_2O_5	%K_2O	%CaO	%MgO	%S	pH	EC	%OC	C/N ratio
1. มูลสุกร	จ.นครราชสีมา	2.95	8.69	0.47	-	-	-	6.80	3.93	22.25	8
2. มูลค้างคาว	กรุงเทพฯ	0.71	0.40	0.43	28.86	-	-	8.51	-	-	-
3. มูลค้าวคาว	จ.กาญจนบุรี	4.76	6.67	0.88	-	-	-	6.81	10.43	17.43	4
4. มูลค้างคาว	จ.เลย	1.32	0.55	1.18	5.36	0.06	0.69	7.82	11.81	10.36	8
5. มูลค้างคาว	จ.สระแก้ว	0.49	13.06	0.80	21.46	0.44	0.96	7.72	3.82	0.92	1
6. มูลค้างคาว	จ.แม่ฮ่องสอน	5.87	7.69	1.23	5.12	0.03	-	4.21	6.77	-	-
7. มูลค้างคาว เกรดA	จ.สระบุรี	5.78	8.79	0.91	-	-	-	6.35	22.70	-	-
8. มูลค้างคาว เกรดB	จ.สระบุรี	1.85	7.74	1.43	-	-	-	6.26	9.70	-	-
9. มูลค้างคาว เกรดC	จ.สระบุรี	0.09	4.79	0.25	-	-	-	8.58	1.03	-	-
10. มูลเป็ด	จ.กาญจนบุรี	1.09	3.50	0.35	-	-	-	6.70	2.17	-	-
11. มูลวัว	จ.กาญจนบุรี	1.66	0.73	0.79	-	-	-	4.10	4.15	34.52	21
12. มูลไก่	จ.สระแก้ว	1.28	8.06	2.60	23.45	1.97	0.93	8.35	7.15	13.54	11
13. มูลไก่ 1	กรุงเทพฯ	2.11	1.35	6.42	-	-	-	-	1720	-	-
14. มูลไก่ 2	กรุงเทพฯ	2.93	1.28	3.55	-	-	-	-	8.07	-	-
15. มูลไก่-หมู-วัว	จ.ระยอง	1.03	5.04	1.88	-	-	-	-	-	-	-
16. มูลนกกระทา	จ.ลพบุรี	6.28	3.75	2.11	-	-	-	6.72	-	-	-
17. ปุ๋ยคอก	จ.นครราชสีมา	0.57	1.44	1.70	-	-	-	-	-	-	-
18. ปุ๋ยคอก	จ.เพชรบุรี	0.46	0.39	0.41	-	-	-	-	-	-	-
19. ปุ๋ยคอก	จ.เพชรบุรี	1.32	0.49	1.58	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ย		2.24	4.44	1.52	16.85	0.76	0.86	6.84	8.38	16.50	9
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		1.99	3.79	1.46	10.94	0.84	0.15	1.44	6.16	11.38	7
ค่าต่ำสุด		0.09	0.39	0.25	5.12	0.03	0.69	4.10	1.03	0.92	1
ค่าสูงสุด		6.28	13.06	6.42	28.86	1.97	0.96	8.58	22.70	34.52	21

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2543 - 2546

ตารางผนวกที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	%P_2O_5	%K_2O	%CaO	%MgO	%S	pH	EC	%OC	C/N ratio
1. ขุยมะพร้าว	จ.ประจวบคีรีขันธ์	0.30	0.11	1.72	-	-	-	5.61	4.00	78.88	262
2. ขี้เลื่อย	จ.ยะลา	0.31	0.09	0.13	-	-	-	-	-	51.19	165
3. ละอองข้าว	จ.สระบุรี	1.68	1.27	0.71	0.96	0.36	0.20	6.58	3.31	39.56	23
4. เมล็ดปาล์ม	จ.สุราษฎร์ธานี	1.54	0.33	0.26	0.28	0.15	0.09	-	-	24.62	16
5. ลูกปาล์ม	จ.สุราษฎร์ธานี	1.58	0.34	0.32	0.05	0.14	0.09	-	-	23.70	15
6. ทะลายปาล์แห้ง	จ.สุราษฎร์ธานี	0.92	0.10	1.00	0.36	0.14	0.08	-	-	50.60	55
7. เปลือกเมล็ดปาล์ม	จ.สุราษฎร์ธานี	0.42	0.04	0.11	0.12	0.04	0.02	-	-	57.96	138
8. กากปาล์ม	จ.นครศรีธรรมราช	2.27	1.12	0.56	-	-	-	8.33	2.13	-	-
9. กากมันสำปะหลัง	จ.สระแก้ว	0.28	0.20	0.43	0.67	0.21	0.05	7.38	1.30	9.39	34
10. กากถั่วเหลือง	จ.สมุทรปราการ	2.78	0.18	0.59	0.05	0.04	0.05	5.00	20.08	-	-
11. กากผงชูรส	จ.สมุทรปราการ	6.01	0.38	1.22	-	-	-	2.77	50.50	-	-
12. กากน้ำปลา	จ.ประจวบคีรีขันธ์	1.49	2.92	0.32	3.28	0.80	0.24	7.80	111.20	-	-
13. กากน้ำเสีย	จ.สระบุรี	6.66	1.09	0.34	1.36	0.32	-	7.15	4.91	-	-
14. ตะกอนส่าเหล้า	กรุงเทพฯ	1.44	1.41	2.23	14.44	1.21	-	-	-	-	-
15. ตะกอนฟอสเฟต	จ.สมุทรปราการ	0.39	30.23	0.02	22.04	0.10	0.19	8.41	2.17	-	-
16. ตะกอน ร.ง.ฟอกหนัง	สมุทรปราการ	2.16	0.71	0.04	45.25	0.81	-	8.62	1.31	-	-
17. เศษปูนขาวเถ้าถ่านหิน	จ.ลำปาง	0.15	0.05	0.16	20.35	2.08	-	11.29	8.61	-	-
18. เถ้าลอยลิกไนท์	จ.ลำปาง	0.00	0.14	1.09	13.70	1.81	-	10.67	-	-	-
19. กากน้ำตาล	กรุงเทพฯ	0.79	0.13	1.16	1.40	0.90	0.35	-	-	-	-
20. Filter cake	จ.เพชรบุรี	1.49	2.30	0.53	2.95	1.87	-	8.65	1.99	36.40	24
21. Filter cake	จ.กาญจนบุรี	1.60	2.58	0.75	-	-	-	8.52	1.33	34.83	22
22. อมิ-อมิ (solid)	จ.อ่างทอง	1.59	0.43	1.52	0.99	0.58	-	6.50	7.81	5.69	-
23. อมิ-อมิ (liquid)	จ.อ่างทอง	2.25	0.58	1.31	1.41	0.32	-	4.50	10.43	-	-
24. ดินเลนนากุ้ง	จ.จันทบุรี	0.74	0.13	0.15	4.58	0.37	-	7.45	0.95	-	-
ค่าเฉลี่ย		1.62	1.95	0.69	7.07	0.64	0.14	7.37	14.50	37.53	75
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		1.64	6.08	0.59	11.65	0.65	0.11	2.13	28.60	21.59	85
ค่าต่ำสุด		0.00	0.04	0.02	0.05	0.04	0.02	2.77	0.95	5.69	15
ค่าสูงสุด		6.66	30.23	2.23	45.25	2.08	0.35	11.29	111.20	78.88	262

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2541 - 2546

ตารางผนวกที่ 4.4 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดชนิดต่าง ๆ

ชนิดของวัสดุ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	%P_2O_5	%K_2O	%CaO	%MgO	% ความชื้น	pH	EC	%OC	C/N ratio
1. กากปุ๋ยชีวภาพ	จ.จันทบุรี	1.66	0.72	4.44	-	-	-	4.60	13.25	-	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.นครราชสีมา	10.98	0.03	0.72	-	-	3.80	4.85	9.31	-	-
*ผสมดินอัดเม็ด 1	จ.ราชบุรี	1.02	0.45	1.69	-	-	-	7.38	7.02	-	-
*ผสมดินอัดเม็ด 2	จ.ราชบุรี	5.18	0.93	1.00	-	-	-	7.54	20.30	-	-
สวนส้ม	จ.เชียงราย	11.49	0.05	1.70	0.33	0.29	-	-	-	-	-
มูลไก่	จ.ชัยภูมิ	1.80	4.33	2.69	-	-	-	9.38	7.00	18.71	10
เปลือกถั่วลิสง+มูลค้างคาว กรุงเทพฯ		3.39	1.31	1.20	-	-	-	6.33	5.06	47.65	14
เปลือกสับปะรด+มูลค้างคาว กรุงเทพฯ		3.30	1.50	1.51	-	-	-	6.16	4.90	41.70	13
เปลือกส้มเขียวหวาน+มูลค้างคาว กรุงเทพ		3.45	1.85	1.64	-	-	-	5.92	5.32	48.48	14
*ผสมปุ๋ยเคมี 1	กรุงเทพฯ	2.56	0.17	3.47	4.24	2.20	7.71	6.79	39.60	-	-
*ผสมปุ๋ยเคมี 2	กรุงเทพฯ	1.02	0.27	15.46	0.67	0.44	3.47	6.86	23.90	-	-
*ผสมมูลสัตว์+จุลินทรีย์+รำ จ.อ่างทอง		1.88	5.54	2.32	9.02	-	-	9.02	-	-	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.ปทุมธานี	3.75	2.53	0.95	-	-	-	-	-	-	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.นครราชสีมา	1.93	4.00	0.48	-	-	-	8.20	-	32.21	17
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.สุพรรณบุรี	0.88	0.89	0.80	-	-	10.85	-	-	-	-
*ไม่บอกส่วนผสม	กรุงเทพฯ	0.87	0.21	1.40	2.01	0.94	5.84	5.84	-	18.06	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.เชียงใหม่	1.01	6.15	2.53	17.23	0.45	10.34	8.80	12.61	0.78	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.อุทัยธานี	8.53	6.85	0.66	-	-	-	-	-	-	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.อุทัยธานี	0.38	1.47	1.31	-	-	-	-	-	-	-
*ไม่บอกส่วนผสม	จ.อุทัยธานี	0.36	0.29	0.18	-	-	-	-	-	-	-
ค่าเฉลี่ย		3.27	1.98	2.31	5.58	0.86	7.00	6.98	13.48	29.66	14
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		3.33	2.18	3.27	6.54	0.79	3.18	1.49	10.73	17.88	3
ค่าต่ำสุด		0.36	0.03	0.18	0.33	0.29	3.47	4.60	4.90	0.78	10
ค่าสูงสุด		11.49	6.85	15.46	17.23	2.20	10.85	9.38	39.60	48.48	17

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2543 - 2546

ตารางผนวกที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากสัตว์

ปุ๋ยอินทรีย์จากสัตว์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	%P_2O_5	%K_2O	%CaO	%MgO	%S	ph	EC
1. ปลา	จ.ลพบุรี	0.61	0.71	0.72	-	-	-	-	-
2. สูตร 1 ปลา+รำ+น้ำตาล+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.22	0.30	0.10	-	-	0.08	4.00	6.27
3. สูตร 1 ปลา+รำ+น้ำตาล+สารเร่ง พ.ด.1+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.21	0.35	0.12	-	-	0.12	4.20	7.00
4. สูตร 1 ปลา+รำ+น้ำตาล+สารเร่ง T60+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.17	0.29	0.12	-	-	0.06	3.90	6.06
5. สูตร 1 ปลา+รำ+น้ำตาล+เชื้อรา NF+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.24	0.29	0.11	-	-	0.14	6.20	6.05
6. สูตร 2 ปลา+น้ำตาล+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.24	0.06	0.02	-	-	0.08	6.00	6.11
7. สูตร 2 ปลา+รำ+น้ำตาล+สารเร่ง พ.ด.1+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.26	0.07	0.04	-	-	0.09	3.80	6.19
8. สูตร 2 ปลา+รำ+น้ำตาล+สารเร่ง F60+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.28	0.06	0.04	-	-	0.13	3.80	3.36
9. สูตร2 ปลา+น้ำตาล+เชื้อรา NF+น้ำ	กรุงเทพฯ	0.24	0.14	0.02	-	-	0.10	3.90	4.68
10. ปลา+H_3PO_4+กากน้ำตาล	จ.ปทุมธานี	1.39	2.08	0.56	0.06	0.12	0.22	4.10	21.40
11. ปลา+กากน้ำตาล+น้ำมะพร้าว	จ.อ่างทอง	0.90	0.98	0.85	-	-	-	-	-
12. ปลา+เศษก้างปลา+น้ำเชื่อมจากการแปรรูปผลไม้เชื่อม	จ.ราชบุรี	0.15	0.12	0.01	0.19	0.02	-	3.71	5.14
13. เศษปลา+ปุ๋ย 15-15-15+โมลาส+สับปะรด	จ.สระบุรี	3.22	1.56	1.68	-	-	-	4.99	58.10
14. ปลา+หอยเชอรี่ผสมกรดอะซิติก+ปูน	จ.นนทบุรี	1.34	0.41	0.71	2.90	0.32	0.23	5.37	29.30
15. หอยเชอรี่	กรุงเทพฯ	0.24	0.02	0.72	-	-	0.21	4.29	24.30
16. หอยเชอรี่+ไข่หอยเชอรี่+ปลาสด+ลูกมะเขือเทศสด	จ.จันทบุรี	0.60	0.29	1.25	-	-	-	5.06	23.60
17. เศษปลาหมึก 80 kg+ผงชูรส เป็นน้ำ 20kg+สารเร่ง พ.ด.1	จ.จันทบุรี	1.77	0.11	0.10	-	-	-	6.90	13.60
18. น้ำกระดูกวัวหมัก	จ.จันทบุรี	0.63	0.43	0.24	-	-	-	1.58	17.87
19. นมและจุลินทรีย์	จ.ตราด	0.65	0.17	1.02	0.60	-	-	3.75	16.62

ตารางผนวกที่ 4.5 ผลวิเคราะห์ทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์น้ำจากสัตว์ (ต่อ)

ปุ๋ยอินทรีย์จากสัตว์	สถานที่เก็บตัวอย่าง	%N	$\%P_2O_5$	$\%K_2O$	%CaO	%MgO	%S	ph	EC
ค่าเฉลี่ย		0.70	0.44	0.44	1.07	0.15	0.13	4.44	15.04
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน		0.77	0.55	0.49	1.23	0.15	0.06	1.23	13.86
ค่าต่ำสุด		0.15	0.02	0.01	0.19	0.02	0.06	1.58	3.36
ค่าสูงสุด		3.22	2.08	1.68	2.90	0.32	0.23	6.90	58.10

ที่มา : ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2542 - 2546

ส่วนที่ 5
มาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิต
ทางการเกษตร

วิธีเก็บตัวอย่าง

สินค้าจำนวน 11 ชนิดที่กำหนดให้มีการรับรองมาตรฐานตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วย การใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) มีดังนี้

1. ปุ๋ยชีวภาพ (Bio Fertilizers)
   - สารเร่งประเภทจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยหมัก
   - สารเร่งประเภทจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
   - สารเร่งประเภทจุลินทรีย์สำหรับผลิตเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช
2. ปุ๋ยอินทรีย์ (Orgainc Fertilizers)
   - ปุ๋ยหมัก
   - ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ
3. สารปรับปรุงบำรุงดิน (Soil Amendments)
   - ยิปซัม
   - ปูนมาร์ล
   - หินปูนบด
   - โดโลไมท์
   - ปูนขาว
   - สารสกัดอินทรีย์

สำหรับการเก็บตัวอย่างของแต่ละชนิดสินค้าดังกล่าวเพื่อส่งห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ และทดสอบการเจริญเติบโตของพืช จะเป็นหน้าที่ของคณะผู้ตรวจประเมินรับรองมาตรฐานสินค้า เป็นผู้รับผิดชอบดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- **ปุ๋ยชีวภาพ** ได้แก่ สารเร่งประเภทจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยหมัก สารเร่งประเภทจุลินทรีย์สำหรับทำปุ๋ยอินทรีย์น้ำ สารเร่งประเภทจุลินทรีย์สำหรับผลิตเชื้อจุลินทรีย์ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช

การสุ่มตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ให้สุ่มตัวอย่างมา 14 ซอง จากการผลิต 10,000 ซอง และ 20 ซอง จากการผลิตมากกว่า 10,000 ซอง แต่น้อยกว่า 50,000 ซอง กรณีการผลิตมากกว่า 50,000 ซองขึ้นไป ให้สุ่มตัวอย่างมาจำนวน 30-50 ซอง และนำส่งห้องปฏิบัติการ จากนั้นเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการจะเป็นผู้ฉีกซอง และทำการคลุกเคล้าตัวอย่างให้เข้ากัน ตัวอย่างที่ใช้มีปริมาณ 100 g ทำการวิเคราะห์ผลจำนวน 3 ครั้ง

● **ปุ๋ยอินทรีย์**

- **ปุ๋ยหมัก** หากมีปริมาณมากกว่า 1,000 ตัน สุ่มเก็บกระสอบปุ๋ยจากส่วนต่างๆ ของกองมาประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกินจำนวน 100 กระสอบ เทผสมให้เข้าอย่างทั่วถึง เก็บตัวอย่างจำนวน 10 kg โดยแบ่งตัวอย่างดังกล่าวส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการจำนวน 3 kg ส่วนที่เหลือส่งตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช

- **ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ** สุ่ม 10 ขวด (รวมกันแล้วต้องมีปริมาณอย่างน้อย 4 L) จากสต๊อกการผลิตสินค้าจำนวน 10,000 ขวด สุ่ม 20 ขวด จากการผลิตสินค้าที่มีมากกว่า 10,000 ขวด แต่น้อยกว่า 50,000 ขวด และสุ่ม 30-50 ขวด จากการผลิตสินค้าที่มีมากกว่า 50,000 ขวด

● **สารปรับปรุงดิน**

- **ยิปซัม ปูนมาร์ล** หินปูนบด โดโลไมท์ ปูนขาว สารปรับปรุงบำรุงดิน ทั้ง 5 ชนิด ดังกล่าว จะมีวิธีการสุ่มเก็บตัวอย่างเช่นเดียวกับปุ๋ยหมัก กล่าวคือ สุ่มเก็บกระสอบสารปรับปรุงบำรุงดินจากส่วนต่าง ๆ ของกองประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกินจำนวน 100 กระสอบเทคลุกผสมให้เข้ากันอย่างทั่วถึง เก็บตัวอย่างจำนวน 5 kg ใส่ถุงพลาสติกเพื่อนำส่งวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สำหรับยิปซัมที่ไม่ได้ผลิตจากแหล่งธรรมชาติ จะมีการแบ่งตัวอย่างเพื่อส่งวิเคราะห์สารกัมมันตภาพรังสีด้วย

- **สารสกัดอินทรีย์** สุ่ม 10 แกลลอน จากสต๊อกการผลิตสินค้าจำนวน 10,000 แกลลอน สุ่ม 20 แกลลอน จากการผลิตสินค้าที่มีมากกว่า 10,000 แกลลอน แต่น้อยกว่า 50,000 แกลลอน และสุ่ม 30-50 แกลลอน จากการผลิตสินค้าที่มีมากกว่า 50,000 แกลลอน

ขั้นตอนการส่งตัวอย่าง

หลังจากคณะผู้ตรวจประเมินรับรองมาตรฐานสินค้าได้ไปสุ่มเก็บตัวอย่างสินค้าชนิดต่างๆ ตามวิธีการเก็บตัวอย่างที่กำหนดไว้ และให้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

กรอกแบบฟอร์มการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ เพื่อขอรับรองมาตรฐานสินค้า และยื่นให้กับศูนย์รับรองมาตรฐานสินค้า ทั้งนี้ศูนย์ฯจะเป็นผู้ติดตามผลการวิเคราะห์ให้คณะผู้ตรวจประเมินโดยนำตัวอย่างสินค้าส่งให้ผู้รับผิดชอบวิเคราะห์ตามลักษณะเฉพาะของสินค้านั้นๆ ตามรายละเอียดขั้นตอนต่อไปนี้

1. **สารเร่งจุลินทรีย์** สุ่มตัวอย่างสินค้าที่เก็บมาจากแหล่งผลิต จำนวน 14 ซอง แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 จำนวน 9 ซอง นำส่ง สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน

- เพื่อตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ (และทดสอบการย่อยสลาย เฉพาะ พด.1) โดยกลุ่มวิจัย และพัฒนา อินทรียวัตถุเพื่อการเกษตร จำนวน 3 ซอง
- เพื่อตรวจวิเคราะห์ฮอร์โมนและจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช โดยกรมวิชาการเกษตร จำนวน 3 ซอง
- เพื่อตรวจวิเคราะห์จุลินทรีย์ สาเหตุโรคมนุษย์ และสัตว์ โดยกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ จำนวน 3 ซอง

ส่วนที่ 2 จำนวน 3 ซอง นำส่งกลุ่มวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สวด.เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก

ส่วนที่ 3 จำนวน 2 ซอง นำส่งศูนย์รับรองมาตรฐานสินค้าเก็บรักษาไว้เป็นตัวอย่างสินค้า

2. **ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ** สุ่มตัวอย่างสินค้าจากที่เก็บมาจากแหล่งผลิต จำนวน 4 L แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 จำนวน 1 L นำส่ง สถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน เพื่อวิเคราะห์กรดฮิวมิก

ส่วนที่ 2 จำนวน 2 L นำส่ง ส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์โลหะหนักและส่งส่วนวิเคราะห์วิจัย พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์ฮอร์โมน

ส่วนที่ 3 จำนวน 1 L นำส่ง กลุ่มวิเคราะห์ดิน สพข. เพื่อวิเคราะห์ pH EC

3. **ปุ๋ยหมัก** สุ่มตัวอย่างจากสินค้าที่เก็บมาจากแหล่งผลิต จำนวน 10 kg แบ่งเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 ปุ๋ยหมักสภาพเปียก จำนวน 7 kg นำส่งกลุ่มวิเคราะห์ดิน สพข. สำหรับทดสอบการเจริญเติบโตพืช

ส่วนที่ 2 ปุ๋ยหมักสภาพเปียก จำนวน 2 kg นำส่งกลุ่มวิเคราะห์ดิน สพข. เพื่อวิเคราะห์ pH EC ความชื้น ขนาดอนุภาค เปอร์เซ็นต์สิ่งเจือปน ปริมาณหิน กรวด ทราย เศษพลาสติก วัสดุเศษแก้ว วัสดุคมและโลหะอื่นๆ

ส่วนที่ 3 ปุ๋ยหมักสภาพแห้ง จำนวน 1 kg นำส่ง ส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก และส่งส่วนวิเคราะห์วิจัย พืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์ N P K OM และ C/N ratio

4. **ยิปซัม** สุ่มตัวอย่างสินค้าที่เก็บมาจากแหล่งผลิต (ธรรมชาติ) จำนวน 2 kg แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 จำนวน 1 kg นำส่งส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์ $CaSO_4.2H_2O$

ส่วนที่ 2 จำนวน 1 kg ส่งกลุ่มวิเคราะห์ดิน สพข. เพื่อวิเคราะห์ pH ความชื้น ขนาดอนุภาคผ่านตะแกรงที่กำหนด

กรณีเป็นยิปซัมจากโรงงานอุตสาหกรรม ให้นำตัวอย่าง จำนวน 3 kg แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 จำนวน 2 kg ส่งส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์ $CaSO_4.2H_2O$ และส่งส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก และส่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติตรวจสอบสารกำมันตภาพรังสี

ส่วนที่ 2 จำนวน 1 kg นำส่งกลุ่มวิเคราะห์ดิน สพข. เพื่อวิเคราะห์ pH ความชื้น และขนาดอนุภาคผ่านตะแกรงที่กำหนด

5. **ปูนมาร์ล ปูนขาว ปูนโดโลไมท์ หินปูนบด หินปูนฝุ่น** สุ่มตัวอย่างสินค้าที่เก็บมาจากแหล่งผลิต จำนวน 2 kg แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 จำนวน 1 kg นำส่งส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์ CaO MgO

ส่วนที่ 2 จำนวน 1 kg นำส่ง สพข. เพื่อวิเคราะห์ pH CCE ความชื้น และขนาดอนุภาคผ่านตะแกรงที่กำหนด

6. **สารสกัดอินทรีย์** สุ่มตัวอย่างจากสินค้าที่เก็บมาจากแหล่งผลิต จำนวน 2 L แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนที่ 1 จำนวน 1 L นำส่งสถาบันวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณกรดฮิวมิก

ส่วนที่ 2 จำนวน 1 L นำส่งส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อมดิน สวด. เพื่อวิเคราะห์โลหะหนัก

ขั้นตอนการประเมินผลวิเคราะห์

หลังการเก็บตัวอย่างสินค้ามาวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ตามที่ได้กำหนดไว้นั้น ผู้รับผิดชอบการวิเคราะห์ตัวอย่างสินค้า จะส่งข้อมูลผลการวิเคราะห์ให้แก่ศูนย์รับรองมาตรฐานสินค้าเพื่อรวบรวมส่งผลวิเคราะห์ และแบบฟอร์มรายงานผลการประเมิน (พด. /มก 2.1 - พด./มก 2.11) ให้คณะผู้ตรวจประเมินรับรองมาตรฐานสินค้าในพื้นที่ที่รับผิดชอบตรวจประเมิน และให้การรับรองผลการตรวจประเมิน สำหรับขั้นตอนในการประเมินผลการวิเคราะห์และจัดทำสรุปรายงานผลการตรวจประเมิน มีดังนี้

1. ตรวจสอบว่าสินค้าชนิดนั้นคือ สินค้าชนิดใด

2. เมื่อทราบชนิดของสินค้าให้นำผลการวิเคราะห์กรอกใส่แบบฟอร์ม พด/มก.2.1-พด/มก 2.11

3. เมื่อกรอกข้อมูลเรียบร้อยแล้วให้คณะผู้ตรวจประเมินพิจารณาผลการวิเคราะห์ว่า มีคุณลักษณะตรงตามที่กำหนดหรือไม่

4. ถ้าผลการพิจารณามีคุณลักษณะต่างๆ ตรงตามที่กำหนดให้ทำรายงานผลการตรวจประเมินเสนอหน่วยรับรอง เพื่อดำเนินการตามขั้นตอนต่อไป

5. ถ้าผลการพิจารณามีคุณลักษณะไม่ตรงตามที่กำหนดตัวใดตัวหนึ่งหรือมากกว่า 1 ตัว คณะผู้ตรวจประเมินสรุปผลการพิจารณา และแจ้งให้ผู้ประกอบการทราบ และปรับปรุงแก้ไขให้มีคุณลักษณะต่างๆ ตรงตามที่กำหนด และแจ้งให้คณะผู้ตรวจประเมินทราบ และไปสุ่มเก็บตัวอย่างวิเคราะห์อีกครั้ง

รายการวิเคราะห์ตัวอย่างสินค้าพอสังเขป

ปุ๋ยหมัก

1. การเตรียมตัวอย่าง
2. ความเป็นกรดเป็นด่าง
3. ค่าการนำไฟฟ้า
4. ความชื้น
5. สิ่งเจือปน
6. อินทรียวัตถุ
7. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน
8. ไนโตรเจน
9. ฟอสฟอรัส
10. โพแทสเซียม
11. โลหะหนัก (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg)
12. การตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช

ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง
2. ค่าการนำไฟฟ้า
3. โลหะหนัก (As,Cd,Cr,Cu,Pb,Hg,Zn)

ปูนมาร์ล หินปูนบด โดโลไมท์ และปูนขาว

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง
2. ร่อนผ่านตะแกรง
3. ความชื้น
4. ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE)
5. แคลเซียมออกไซด์ (CaO)
6. แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)

ยิปซัม

1. ความเป็นกรดเป็นด่าง
2. ร่อนผ่านตะแกรง
3. ความชื้น
4. แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4.2H_2O$)
5. โลหะหนัก (As,Cd,Cr,Cu,Pb,Hg,Zn)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ตัวอย่างปุ๋ยอินทรีย์ วัสดุการเกษตรหรือ watse product จากอุตสาหกรรมการเกษตร ที่จะนำมาทำปุ๋ยหมัก และสารปรับปรุงดิน (soil amendment) จะต้องวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยนำตัวอย่างนั้นๆ มาทำเป็นสารแขวนลอยในน้ำ จากนั้นวัดความเป็นกรดเป็นด่างของสารแขวนลอยด้วย pH electrode และใช้สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer) เป็นสารละลายเปรียบเทียบค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ตัวอย่างที่ใช้อาจเป็นตัวอย่างสดของปุ๋ยอินทรีย์ที่ต้องการทราบค่า pH ขณะนั้นหรือตัวอย่างของปุ๋ยอินทรีย์ที่อบแห้งและบดละเอียดแล้ว อัตราส่วนของตัวอย่าง : น้ำ จะแตกต่างกัน ขึ้นกับลักษณะของตัวอย่างดังนี้

1. ปุ๋ยอินทรีย์สด (มีความชื้นจากสภาพความเป็นจริง) ใช้อัตราส่วนตัวอย่างน้ำเป็น 1:5 คนให้เข้ากัน ทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที แล้วนำไปหาค่า pH จากเครื่อง pH meter ซึ่ง warm เอาไว้ก่อนหน้านี้ไม่ต่ำกว่า 30 นาที

2. ปุ๋ยอินทรีย์ที่อบแห้ง และบดละเอียด ใช้อัตราส่วนตัวอย่าง : น้ำ เป็น 1:10 ถ้าลักษณะเนื้อปุ๋ยอุ้มน้ำมากก็ต้องใช้ปริมาณมาก เพื่อให้มี solution เหลือพอที่ จะจุ่มวัดด้วย electrode ของเครื่อง pH meter ได้

3. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำ ต้องเขย่าให้เข้ากันก่อนวัด สามารถวัดในขณะนั้นได้เลย (ไม่ต้องผสมน้ำ)

4. สารปรับปรุงดิน ได้แก่ ปูน และยิปซัม ใช้อัตราส่วน 1:1

เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้

- pH meter
- Buffer pH 4,7,10
- 3 M KCl

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งปุ๋ยอินทรีย์ 4.5 g หรือ สารปรับปรุงดิน 20 g ในบีกเกอร์ขนาด 50 mL
2. เติมน้ำกลั่นลงไป 45 mL หรือ 20 mL (ตามอัตราส่วน)
3. ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน แล้วตั้งไว้ 60 นาที
4. นำ ไปวัด pH ด้วย pH meter

การแปลผล

ตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) ได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดินดังนี้

1. ปุ๋ยหมักมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.5
2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่เกิน 4.0
3. ยิปซัมมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่ต่ำกว่า 7.0 (1:1 ในน้ำ)
4. ปูนมาร์ลมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่ต่ำกว่า 8.0 (1:1 ในน้ำ)
5. หินปูนบดมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่ต่ำกว่า 8.0 (1:1 ในน้ำ)
6. โดโลไมท์มีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่ต่ำกว่า 8.0 (1:1 ในน้ำ)
7. ปูนขาวมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) ไม่ต่ำกว่า 10.0 (1:1 ในน้ำ)

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 34 น.

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)

การวัดค่านำไฟฟ้า เป็นการวัดปริมาณของเกลือที่ละลายน้ำ สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) เมื่อแตกตัวให้ไอออนบวกและลบ สามารถนำไฟฟ้าได้ โดยที่ไอออนบวกจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วบวกเพื่อถ่ายอิเล็กตรอน ไอออนลบเคลื่อนที่เข้าหาขั้วลบ เพื่อรับอิเล็กตรอน ขณะเดียวกันก็ทำให้กระแสไฟฟ้าเดินครบวงจร ค่าการนำไฟฟ้าจะผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า การปรับเครื่อง Conductivity meter ทำได้โดยใช้สารละลายมาตรฐาน KCl ที่ทราบค่า conductivity ที่ 25 °C

เครื่องมือและสารเคมีที่ใช้

- Conductivity meter
- กระดาษกรองเบอร์ 5

วิธีวิเคราะห์

หลังการวัด pH ทิ้งตัวอย่างค้างคืน กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 แล้วนำ solution ที่ได้ไปหาค่า EC ด้วยเครื่อง Conductivity meter ซึ่ง warm ไว้อย่างน้อย 30 นาที ค่าที่อ่านออกมาจะเป็น millimho/centimeter (mmho/cm) หรือ deci Siemen/meter (dS m^{-1}) ซึ่งเป็น SI unit ค่า EC ที่อ่านได้ และระดับความเค็ม แสดงได้ดังต่อไปนี้

EC(dS m^{-1})	ระดับความเค็ม
<2	ไม่เค็ม
2-4	เค็มเล็กน้อย
4-8	เค็มปานกลาง
8-16	เค็มมาก
>20	เค็มที่สุด

จากข้อมูลนี้สามารถนำมาเปรียบเทียบใช้กับค่าวิเคราะห์ของปุ๋ย หรือ waste product จากโรงงาน หรือวัสดุการเกษตรที่จะนำมาผลิตปุ๋ยหมัก เพื่อดู

ความเหมาะสมในการที่จะนำไปใช้อย่างมีประสิทธิภาพ

การแปลผล

ตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) ได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ดังนี้

1. ปุ๋ยหมักมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 3.5 dS m^{-1}
2. ปุ๋ยอินทรีย์น้ำมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 20 dS m^{-1}

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้า ประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 34 น.

การหาความชื้นโดยวิธีอบแห้ง (Oven-dried method)

บทนำ

การหาความชื้นตัวอย่างมีหลายวิธี แต่วิธีที่สะดวกและนิยมที่สุดคือการหาความชื้นโดยวิธีอบแห้ง (oven dried method) (OMAF, 1982) โดยใช้หลักการว่าปริมาณน้ำในตัวอย่างจะระเหยเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงขึ้น ดังนั้นถ้าทราบน้ำหนักของตัวอย่างก่อนและหลังอบ (จนน้ำหนักคงที่) สามารถคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นได้

เครื่องมือที่ใช้

- ตู้อบที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
- ขวดชั่ง (weighing bottle) ที่อบจนน้ำหนักคงที่

วิธีวิเคราะห์

1. ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักและสารปรับปรุงดินประมาณ 2-5 g ใส่ขวดไปชั่งโดยเครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง

2. นำไปอบที่อุณหภูมิ 100 ° C ถ้าเป็นปูนใช้เวลา 2 ชั่วโมง ปุ๋ยหมักใช้เวลานาน 10-12 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถแก้วป้องกันความชื้น (desicator) นำมาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณหาน้ำหนักที่หายไป และหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นดังต่อไปนี้

ให้น้ำหนักขวดชั่ง = x

น้ำหนักขวดชั่ง+ตัวอย่างก่อนอบ = y

น้ำหนักขวดชั่ง+ตัวอย่างหลังอบ = z

$$\% \text{ ความชื้น} = \frac{(y-z)100}{(y-x)}$$

การแปลผล

ตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) ได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดินดังนี้

1. ปุ๋ยหมักมีค่าปริมาณความชื้นไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักของน้ำหนักปุ๋ยที่ยังไม่ได้อบแห้ง

2. ยิปซัม ปูนมาร์ล หินปูนบด โดโลไมท์ และปูนขาว มีค่าปริมาณความชื้นไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

ประโสด ธรรมเขต. 2540. การวิเคราะห์ตัวอย่างพืช ปุ๋ย และสารปรับปรุงดิน กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 34 น.

การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

การวิเคราะห์พารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

- ไนโตรเจน
- ฟอสฟอรัส
- โพแทสเซียม
- อินทรียวัตถุ
- อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio)
- ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE)
- แคลเซียมออกไซด์ (CaO)
- แคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)
- แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)
- สิ่งเจือปนในปุ๋ยอินทรีย์ (หิน กรวด ทราย)

พารามิเตอร์เหล่านี้ใช้หลักการ วิธีวิเคราะห์ และการคำนวณ เช่นเดียวกับวิธีการของส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และสิ่งปรับปรุงดิน (ส่วนที่ 4 การวิเคราะห์พืช)

การแปลผล

ตามระเบียบกรมพัฒนาที่ดินว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) ได้กำหนดมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ และสารปรับปรุงดิน ดังนี้

1. ปุ๋ยหมัก

1) ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (N) : ฟอสฟอรัส (P_2O_5) : โพแทสเซียม (K_2O) ไม่ต่ำกว่า 0.5:0.5:1.0

2) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20:1

3) มีปริมาณอินทรียวัตถุระหว่าง 25-50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

2. ยิปซัม

มีแคลเซียมซัลเฟต ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) ไม่ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

3. ปูนมาร์ล และหินปูนบดหรือหินปูนฝุ่น

1) ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE) ไม่ต่ำกว่า 85

2) มีค่าแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ไม่ต่ำกว่า 40 เปอร์เซ็นต์

4. โดโลไมท์

1) ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE) ไม่ต่ำกว่า 90

2) มีค่าแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ไม่ต่ำกว่า 25 เปอร์เซ็นต์และมีค่าแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ไม่ต่ำกว่า 15 เปอร์เซ็นต์

5. ปูนขาว

1) ค่าสมมูลแคลเซียมคาร์บอเนต (CCE) ไม่ต่ำกว่า 100

2) มีค่าแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ไม่ต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2547. ระเบียบกรมพัฒนาที่ดิน ว่าด้วยการใช้เครื่องหมายรับรองมาตรฐานสินค้าประเภทปัจจัยการผลิตทางการเกษตร พ.ศ. 2547 (ฉบับที่ 1) กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 68 น.

การตรวจสอบขนาดอนุภาค

การตรวจสอบขนาดของวัสดุจำพวกปูนเพื่อการเกษตรโดยใช้ตะแกรงก่อนอื่นต้องอบตัวอย่างที่อุณหภูมิ 110 ± 5° C จนน้ำหนักคงที่ ก่อนจะนำมาร่อนตรวจสอบ หากมีส่วนที่ละเอียดจับกันเป็นก้อนแต่ไม่ใช่เม็ดหินปูน ต้องทำให้แตกออกโดยใช้ลูกกลิ้งที่ทำด้วยยางแข็งบดแล้วนำไปร่อนผ่านตะแกรง น้ำหนักตัวอย่างปูนที่ใช้ประมาณ 100 g ร่อนภายใน 1 นาที การร่อนใช้มือชั่งน้ำหนักของวัสดุที่ผ่านตะแกรงแต่ละชั้น คำนวณปริมาณของปูนที่ผ่านตะแกรงคิดเป็นร้อยละของน้ำหนักตัวอย่างที่แห้งทั้งหมด

ตะแกรงร่อนมาตรฐาน

ขนาดตะแกรงที่ใช้ร่อนดิน หรือวัสดุที่มีลักษณะเป็นเม็ดต่าง ๆ ใช้ตะแกรงตามมาตรฐานของ The American Association of State Highway Offcials and the U.S Government Highway Department ซึ่งใช้งานในการวิเคราะห์ทางกายภาพของดิน (Soil Physics) งานสำรวจดิน (Soil Survey) เป็นส่วนใหญ่ ปัจจุบันใช้ตรวจสอบขนาดของเม็ดปูนด้วย

Seive No.	Micron	Mesh	Opening (mm)
4	4760	4	4.76
5	4000	5	4.00
6	3360	6	3.36
7	2830	7	2.83
8	2380	8	2.38 (2.36)
10	2000	9	2.00
12	1680	10	1.68
14	1410	12	1.41
16	1190	14	1.19

Seive No.	Micron	Mesh	Opening (mm)
18	1000	16	1.00
20	840	20	0.84
25	710	24	0.71
30	590	28	0.59
35	500	32	0.50
40	420	35	0.42
45	350	42	0.35
50	297	48	0.297
60	250	60	0.250
70	210	65	0.210
80	177	80	0.177
100	149	100	0.149
120	125	115	0.125
140	105	150	0.105
170	88	170	0.088
200	74	200	0.074
230	62	250	0.062
270	53	270	0.053
325	44	325	0.044

การตรวจสอบการเจริญเติบโตของพืช

การทดสอบปุ๋ยหมักกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดในกระถาง

1. การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์

1.1 ตัวอย่างดินที่ได้จากการเก็บ (ตามชุดเดิมที่สามารถหาได้ในภูมิภาคนั้น ๆ) นำมาผึ่งลมให้แห้ง ทำการร่อนผ่านตะแกรงขนาด 1-2 mm เอาชิ้นส่วนของเศษวัชพืช หรือสิ่งเจือปนอื่น ๆ ทิ้งไป

1.2 ปุ๋ยหมักที่ใช้ในการทดสอบมาตรฐาน ต้องมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นไม่เกิน 35% ถ้าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเกิน 35% ให้คำนวณปริมาณการใช้ปุ๋ยหมักเพิ่มขึ้นตามความชื้นที่วิเคราะห์ได้

1.3 กระถางที่ใช้ควรเป็นกระถางพลาสติกเพราะสะดวกในการขนย้าย หรืออาจจะใช้กระถางดินเผาก็ได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 6 นิ้ว (เนื่องจากกระถางขนาดนี้เพียงพอสำหรับการทดสอบการเจริญของข้าวโพดในระยะเวลา 15 วัน และสามารถใส่ดินได้ประมาณ 2 kg) อย่างไรก็ตามสามารถใช้กระถางที่มีขนาดใหญ่กว่านี้ได้ แต่ต้องสังเกตปริมาณดินที่จะใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของกระถาง

2. วิธีทดสอบ

ตำรับการทดสอบแบ่งออกเป็น 3 ตำรับ ทำ 3 ซ้ำคือ

ตำรับที่ 1 ตำหรับควบคุม (ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก) ใช้ดินทราย 2 kg

ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 6 ตัน/ไร่ คือ ใช้ดินทราย 2 kg + ปุ๋ยหมัก 38.46 g (ปุ๋ยหมักคิดจากเปอร์เซ็นต์ความชื้น 35 %)

ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1:1 คือ ใช้ดินทราย 0.5 kg + ปุ๋ยหมัก 0.5 kg (ปุ๋ยหมักคิดจากเปอร์เซ็นต์ความชื้น 35 %)

หมายเหตุ : ดิน 1 ไร่ มีน้ำหนักประมาณ 312 ตัน

3. วิธีการปฏิบัติ

3.1 ชั่งดินที่ผ่านการร่อนแล้วและปุ๋ยหมัก ตามจำนวนที่ได้จากการคำนวณผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันแล้ว เทลงใส่กระถางรดน้ำให้พอชุ่ม

3.2 ทำการหยอดเมล็ดข้าวโพดจำนวน 4 หลุมๆ ละ 1 เมล็ด

ใช้ดินกลบบางๆ เมื่อข้าวโพดอายุได้ประมาณ 5 วัน ทำการถอนต้นข้าวโพดที่อ่อนแอทิ้งให้เหลือกระถางละ 2 ต้น ที่มีขนาดสม่ำเสมอ อย่าให้แห้ง หรือแฉะเกินไปจนถึงอายุ 15 วัน

4. การสังเกตการเจริญและบันทึกผล

4.1 วัดความสูงของต้นข้าวโพด โดยวัดจากโคนต้นถึงข้อใบสุดท้าย

4.2 ลักษณะลำต้น ให้สังเกตขนาดของลำต้นว่ามีขนาดใหญ่หรือเล็ก

4.3 ลักษณะของใบ ให้สังเกตขนาดของใบว่ามีขนาดใหญ่หรือเรียวเล็ก อาการปลายใบไหม้หรือม้วนงอ

4.4 สีของใบ ให้สังเกตว่าใบมีสีเขียวเข้ม หรือสีเขียวอ่อนหรือสีเหลือง

4.5 การงอกของเมล็ด หากปุ๋ยหมักที่ทดสอบมีคุณภาพไม่งอก

4.6 การหาน้ำหนักสดต้นข้าวโพด ก่อนที่จะหาน้ำหนักต้นข้าวโพดให้ทำการเปรียบเทียบลักษณะการเจริญดังกล่าวที่ 3 สำหรับการทดสอบก่อนที่จะหาน้ำหนักต้นข้าวโพดออกจากกระถางแกะเอาดินออก ควรทำอย่างระมัดระวังอย่าให้รากขาด ล้างรากให้สะอาด แกะเอาส่วนของเมล็ดข้าวโพดที่เหลือแต่เปลือกออกผึ่งลมให้แห้งหมาด ๆ แล้วนำมาชั่งหาน้ำหนักสดทั้งราก และลำต้น

หมายเหตุ : สำหรับความสูงและน้ำหนักสดของต้นข้าวโพด รายงานผลเป็นตัวเลขโดยหาค่าเฉลี่ย 3 ซ้ำ

ตารางแสดงรายชื่อกลุ่มชุดดินและชุดดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
(เป็นดินดอนสามารถใช้เป็นแทนในการทดสอบคุณภาพปุ๋ยหมักต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด)

กลุ่มชุดดิน	การแพร่กระจาย	ลักษณะเนื้อดิน	ชุดดิน
34	ภาคใต้และภาคตะวันออก	ดินร่วนปนทรายหรือร่วนปนทรายหยาบ	ท่าแซะ คลองท่อม ฝั่งแดงฉลอง คลองนา กระทุง ควนกาหลง ละหาร นาท่าม
35	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เหนือ กลาง และตะวันออก	ดินร่วนปนทรายหรือดินร่วน	ด่านซ้าย ดอนไร่ โคราช มาบบอน สตึก วาริน ยโสธร
37	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เหนือ กลาง และตะวันออก	ดินร่วนปนทรายหรือทรายร่วน	บ่อไทย นาคู ทับเสลา
39	ภาคใต้ และภาคตะวันออก	ดินทรายปนร่วนหรือดินร่วนปนทราย	คอหงษ์ นาทวี สะเดา ทุ่งหว้า
40	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เหนือ กลาง และตะวันออก	ดินทรายปนร่วนหรือทรายปนดินร่วน	ชุมพวง สันป่าตอน ยางตลาด ยกเว้นชุดดินหุบกระพงที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง
42	ภาคใต้และภาคตะวันออก	ดินเป็นทรายจัด	บ้านทอน
43	ภาคกลาง ตะวันออกและภาคใต้	ดินทรายถึงดินทรายปนดินร่วน	บาเจาะ หัวหิน ระยอง ไม้ขาว พัทยา สัตหีบ หลังสวน ดงตะเคียน
44	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เหนือ กลาง และตะวันออก	ดินทรายปนดินร่วน	จันทึก น้ำพอง
45	ภาคกลาง ตะวันออก และภาคใต้	ดินร่วนปนทราย	ชุมพร หาดใหญ่ คลองชาก เขาขาด ท่าฉาง หนองคล้า ยะลา
48	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เหนือ กลาง และตะวันออก	ดินร่วนปนทราย	แม่ริม นาเฉลียง น้ำซุน พะเยา ท่ายาง
50	ตะวันออกและภาคใต้	ดินร่วนปนทรายหรือร่วนเหนียวปนทราย	สวี พะโต๊ะ
51	ตะวันออกและภาคใต้	ดินร่วนปนทราย	ห้วยยอด ระนอง และยี่งอ

ตัวอย่างตารางผลการทดสอบคุณภาพปุ๋ยอินทรีย์ต่อการเจริญเติบโตของพืช

สถานที่ดำเนินการทดลอง : กลุ่มวิจัยและพัฒนาอินทรียวัตถุเพื่อการเกษตร
สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน

วันที่รับตัวอย่าง : 11 มีนาคม 2547

ตัวอย่างรับที่ : Q47-019

จำนวนตัวอย่าง : 1 ตัวอย่าง

ที่มาของตัวอย่าง : นายวันชัย สีสวย จากกลุ่มปรับปรุงคุณภาพทุเรียน

ความสูงและลักษณะการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดในดินทราย

ตำรับการทดลอง	ความสูงเฉลี่ย (cm) อายุ 15 วัน	น้ำหนักมวลชีวภาพของต้นรวมรากสด อายุ 15 วัน	ลักษณะการเจริญเติบโต	หมายเหตุ
ตำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก	10.0	3.97	ลำต้นมีขนาดเล็กใบเรียวยาว	
ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยหมัก 6 ตัน/ไร่	11.2	6.90	ลำต้น และใบมีขนาดใหญ่กว่าต้นที่ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 1:1 และตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก	
ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยหมัก : ดิน = 1:1	7.9	2.17	ลำต้น และใบมีขนาดเล็กกว่าต้นที่ใส่ปุ๋ยหมักอัตรา 6 ตัน/ไร่ และตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก ใบมีลักษณะขอบใบไหม้	

เอกสารอ้างอิง

ฉวีวรรณ เหลืองวุฒิวิโรจน์ . 2547. วิธีการปลูกพืช. กลุ่มวิจัยและพัฒนาอินทรีย์วัตถุเพื่อการเกษตร สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ.

ส่วนที่ 6
วิทยบริการ

การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดิน เพื่อการวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่

การเก็บตัวอย่างดิน

การเก็บตัวอย่าง และเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่เป็นเรื่องของเจ้าหน้าที่จากสถานีพัฒนาที่ดินและหน่วยหมอดินจากสำนักงานพัฒนาที่ดินเขตรับไปดำเนินการ โดยจะเป็นผู้ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ของรัฐและเกษตรกรในพื้นที่ที่เกิดปัญหาดินเสื่อมคุณภาพ และต้องการทราบผลการวิเคราะห์ดินเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินเพื่อใช้เป็นแนวทางการปรับปรุงบำรุง และ แก้ไขคุณภาพดินให้เหมาะสมกับสภาพดิน และสภาพพื้นที่ตามหลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเน้นการเกษตรแบบยั่งยืนตามโครงการบริการวิชาการด้านดินและปุ๋ย เจ้าหน้าที่จากสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต และจากสถานีจะต้องเป็นผู้ชี้แจงถึงความสำคัญของการเก็บตัวอย่างดินพร้อมทั้งแสดงการเก็บตัวอย่างที่ถูกต้องตามหลักวิชาการให้แก่เกษตรกรที่ต้องการเข้าร่วมโครงการฯนี้ และเมื่อเจ้าหน้าที่จากส่วนภูมิภาคได้รับกำหนดการที่แน่นอนจากหน่วยวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่แล้ว ให้เจ้าหน้าที่เข้าพื้นที่อีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เกษตรกรทำการเก็บตัวอย่างดินตามที่แนะนำไว้ ทั้งนี้ควรดำเนินการก่อนหน่วยวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่จะไปถึงอย่างน้อย 1 สัปดาห์ เพื่อให้เกษตรกรนำตัวอย่างดินที่เก็บนั้นมาผึ่งลมให้แห้งและควรติดฉลากแสดงประวัติการใช้ที่ดิน เช่น พืชที่ปลูก ปริมาณและชนิดของปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ ผลผลิตและปัญหา เป็นต้น ดังนั้น ก่อนที่หน่วยวิเคราะห์ดินจะไปถึงในพื้นที่เจ้าหน้าที่จากส่วนภูมิภาคจะต้องดำเนินการดังนี้

1. ตัวอย่างดิน นำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วบด
2. รายละเอียดของแต่ละตัวอย่างดิน (ทะเบียนประวัติ)
3. การนัดหมายเกษตรกรในพื้นที่
4. สถานที่ทำการวิเคราะห์ควรมีไฟฟ้าและน้ำใช้ เป็นบริเวณที่เกษตรกรสามารถเดินทางมาได้สะดวก

ตัวอย่างดินที่จะทำการวิเคราะห์ดินในแต่ละวัน ควรมีปริมาณ 100-

200 ตัวอย่าง ทั้งนี้เพื่อให้การไปทำการวิเคราะห์ได้ผลคุ้มค่า และสามารถประเมินผลได้เสร็จภายในเวลา 12.30-14.00 น. ซึ่งขึ้นอยู่กับระยะทางที่พักถึงสถานที่ปฏิบัติการและความพร้อมของแต่ละตัวอย่างดิน หลังจากนี้จะเป็นช่วงที่เกษตรกรสามารถซักถามปัญหาได้เต็มที่ในช่วงบ่าย ส่วนใหญ่จะใช้เวลาอีกประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับความสนใจของเกษตรกร และปัญหาของแต่ละพื้นที่

ตัวอย่างดินที่เก็บมาจะต้องเป็นตัวแทนที่ดีที่สุดของที่ดินแปลงนั้น ถ้าเก็บตัวอย่างดินไม่ถูกต้อง ผลการวิเคราะห์ก็จะไม่ตรงกับคุณสมบัติของดิน คำแนะนำการใช้ปุ๋ยและการจัดการดินจะผิดพลาดทั้งหมด หลักสำคัญของการเก็บตัวอย่างดินมีดังต่อไปนี้

1. เวลาที่เหมาะสมในการเก็บตัวอย่างดิน ควรเก็บหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว หรือก่อนเตรียมดินปลูกพืชครั้งต่อไป เพื่อว่าคำแนะนำจากผลการวิเคราะห์ดินหลายอย่างจะต้องนำมาใช้ให้ทันต่อการเตรียมดินปลูกพืช เช่น การใส่ปูน การไถกลบอินทรียวัตถุ การใส่ปุ๋ยรองพื้น เป็นต้น ฉะนั้นการเก็บตัวอย่างดิน จะต้องเผื่อเวลาสำหรับการส่งตัวอย่างไปวิเคราะห์ สำหรับตัวอย่างดินเพื่อจะให้หน่วยวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่มาบริการให้นั้นจะต้องเก็บก่อนวันนัดหมาย 1-2 สัปดาห์ เพื่อให้ตัวอย่างดินแห้งจึงจะทำการวิเคราะห์ได้

2. ความชื้นที่เหมาะสม พื้นที่ที่จะเก็บตัวอย่างดินไม่ควรเปียกแฉะ หรือมีน้ำท่วมขังจะทำให้เข้าไปทำงานลำบาก แต่ถ้าแห้งเกินไปดินจะแข็งเป็นก้อนใหญ่ ดินควรมีความชื้นพอประมาณ สังเกตได้โดยการทดลองเอาตัวอย่างดินขึ้นมากำให้แน่น เมื่อคลายดินออกดินไม่ติดคงจับกันเป็นก้อน และบิออกได้ง่าย จะช่วยทำให้การเก็บตัวอย่างดินทำได้ง่าย และได้ตัวอย่างที่ดี

3. สถานที่เก็บตัวอย่างดิน ไม่เก็บตัวอย่างดินบริเวณที่เคยเป็นบ้านหรือโรงเรียนเก่า จอมปลวก เก็บให้ห่างไกลจากบ้านเรือน อาคารที่อยู่อาศัย คอกสัตว์ และ บริเวณจุดที่มีปุ๋ยตกค้างอยู่ อุปกรณ์ที่ใช้เก็บตัวอย่างดินจะต้องสะอาด ไม่เปื้อนดิน ปุ๋ย ยาฆ่าแมลง ยาปราบศัตรูพืช หรือสารเคมีอื่น ๆ

4. ต้องบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับตัวอย่างดินของแต่ละตัวอย่าง ตามแบบฟอร์ม “บันทึกรายละเอียดตัวอย่างดิน” ให้มากที่สุด เพื่อเป็นประโยชน์ต่อการให้คำแนะนำการจัดการดินให้ถูกต้องที่สุด

วิธีเก็บตัวอย่างดิน

1. เตรียมอุปกรณ์ที่จำเป็น ได้แก่ เครื่องมือสำหรับขุด หรือเจาะเก็บดิน เช่น พลั่ว จอบ และเสียม ส่วนภาชนะที่ใส่ดิน เช่น ถังพลาสติก กล่องกระดาษแข็ง กระบุง ผ้ายาง หรือผ้าพลาสติก และถุงพลาสติก สำหรับใส่ตัวอย่างดินส่งไปวิเคราะห์

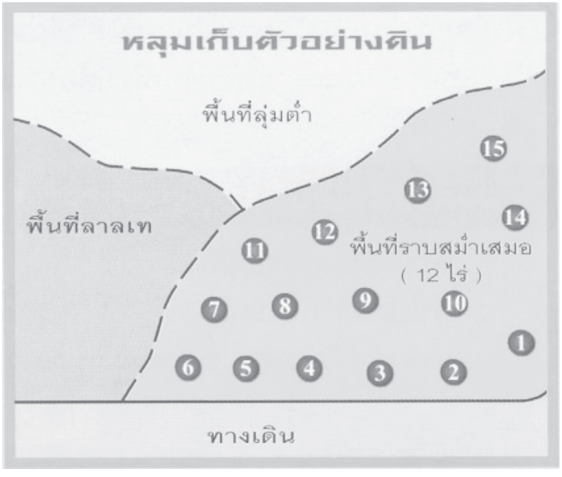
2. ขนาดของแปลงที่จะเก็บตัวอย่างดินไม่จำกัดขนาดแน่นอน ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของพื้นที่ (ที่ราบ ที่ลุ่ม ที่ดอน ที่ลาดชัน เนื้อดิน สีดิน) ชนิดพืชที่ปลูก และการใช้ปุ๋ยหรือการใช้ปูนที่ผ่านมา แปลงปลูกพืชที่มีความแตกต่างดังกล่าว ควรทำการกำหนดแบ่งพื้นที่เป็นแปลงย่อยก่อนเพื่อให้ตัวอย่างดินเป็นตัวแทนที่ดี จำนวนแปลงย่อยจะมีขนาดเท่าใดก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสม่ำเสมอของพื้นที่ เช่น พื้นที่ราบ ทำนาข้าว ขนาดไม่ควรเกินแปลงละ 50 ไร่ พื้นที่ลาดชัน ขนาดแปลงละ 10-20 ไร่ พืชผักสวนครัว ไม้ดอก ไม้ประดับ ขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ที่ปลูก

3. สุ่มเก็บตัวอย่างดินกระจายให้ครอบคลุมทั่วแต่ละแปลง ๆ ละ 15-20 จุด ก่อนขุดดินทำการถางหญ้า กวาดเศษพืช หรือวัสดุ ที่อยู่บนผิวหน้าดินออกเสียก่อน (อย่าแซะหรือปาดหน้าดินออก) แล้วใช้จอบ เสียม หรือ พลั่ว ขุดหลุมเป็นรูป V ให้ลึกในแนวดิ่งประมาณ 15 cm หรือในระดับชั้นไถพรวน สำหรับพืชทุกชนิด ยกเว้นสนามหญ้าเก็บที่ระดับความลึก 5 cm แซะดินจากปากหลุมข้างใดข้างหนึ่งให้หนาประมาณ 2-3 cm ถึงก้นหลุม งัดดินขึ้นมา ใช้มีดตัดส่วนด้านข้างซ้าย-ขวาออก ให้เหลือส่วนกลางประมาณ 3 cm แล้วใส่ลงในถังพลาสติก ดินที่ได้นี้เป็นดินจาก 1 จุด ทำเช่นเดียวกันนี้จนครบ นำดินทุกจุดใส่รวมกันในถังพลาสติก หรือภาชนะที่เตรียมไว้

4. ดินที่เก็บมารวมกันในถังนี้ถือว่าเป็น ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของดินแปลงนั้น เนื่องจากดินมีความชื้นจึงทำให้แห้งโดยเทดินในแต่ละถังลงบนแผ่นผ้าพลาสติก หรือผ้ายาง แยกกันถังละแผ่น เกลี่ยดินผึ่งไว้ในที่ร่มจนแห้ง ดินที่เป็นก้อนให้ใช้ไม้ทุบให้ละเอียดพอประมาณแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันจนทั่ว

5. ตัวอย่างดินที่เก็บในข้อ 4. อาจมีปริมาณมาก แบ่งส่งไปวิเคราะห์เพียงครึ่งกิโลกรัมก็พอ วิธีการแบ่งโดยเกลี่ยตัวอย่างดิน แผ่ให้เป็นรูปวงกลม

แล้วแบ่งผ่ากลางออกเป็น 4 ส่วนเท่ากัน เก็บดินมาเพียง 2 ส่วนหนักประมาณครึ่งกิโลกรัมใส่ในถุงพลาสติกที่สะอาดพร้อมด้วยแบบฟอร์มที่บันทึกรายละเอียดของตัวอย่างดินเรียบร้อยแล้ว ปิดปากถุงให้แน่นใส่ในกล่องกระดาษแข็งอีกชั้นหนึ่งเพื่อส่งไปวิเคราะห์



ภาพที่ 6.1 แสดงจำนวนหลุมที่เจาะเก็บตัวอย่างดินใน 1 แปลง

ภาพที่ 6.2

ภาพที่ 6.3

ภาพที่ 6.4

ภาพที่ 6.5

ภาพที่ 6.6

ภาพที่ 6.2-6.6 แสดงขั้นตอนการเก็บตัวอย่างดิน

การเตรียมตัวอย่างดิน

ส่วนนี้เป็นต้นไปเป็นหน้าที่ของหน่วยวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่ เป็นผู้ดำเนินการ

อุปกรณ์ที่ใช้

1. กระดาษบันทึกตรวจสอบประวัติ
2. สมุดจดทะเบียนประวัติ
3. กระดาษสำหรับลงเลขที่รับ แจกให้เกษตรกร
4. ถุงพลาสติกขนาด 5 x 7 cm
5. ครกบดดิน
6. ตะแกรงร่อนดิน
7. ใบรายงานผลการวิเคราะห์ดินพร้อมการประเมินและคำแนะนำการจัดการดินและการใส่ปุ๋ย

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. เจ้าหน้าที่ต้องตรวจสอบประวัติของตัวอย่างดินอีกครั้งหนึ่ง พร้อมไปกับการเรียงลำดับเลขที่ตัวอย่างเพื่อความสะดวกในการวิเคราะห์ ถ้าประวัติที่ได้ยังไม่สมบูรณ์ ก็จะมีการสอบถามเกษตรกรเพิ่มเติมในวันนั้น พร้อมกับแจกเลขที่ตัวอย่างให้แก่เกษตรกรที่เป็นเจ้าของตัวอย่างดินนั้น เพื่อสะดวกในการสอบถาม ภายหลังจากที่ได้วิเคราะห์ดินเรียบร้อยแล้ว

2. นำตัวอย่างดินมาผ่านการบดแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 mm ใส่ถุงพลาสติกที่ให้เลขที่เดียวกับตัวอย่างดินที่นำมาบดนั้น

3. นำกระดาษบันทึก ประวัติมาจดลงสมุดทะเบียนประวัติ

4. นำกระดาษบันทึกประวัติมากรอกรายละเอียดลงในใบรายงานผลการวิเคราะห์ดิน หลังจากได้ค่าวิเคราะห์แล้ว จะต้องนำค่าวิเคราะห์ดินมาแปลความหมาย โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ มาเทียบเคียงปริมาณธาตุอาหารต่าง ๆ แล้วแปลข้อมูลนั้นว่าดินที่วิเคราะห์มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ปานกลาง หรือสูง จากนั้นให้คำแนะนำแก่เกษตรกร เจ้าของตัวอย่างดิน ในเรื่องการใช้ปูน และสูตรปุ๋ยอัตราเท่าใด และวิธีการใส่อย่างไร จึงจะได้ผลตอบแทนแก่พืชที่ปลูกอย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-เป็นด่าง และความต้องการปูนของดิน

ความเป็นกรด-เป็นด่างของดิน (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ไม่ได้มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโต แต่จะมีผลทางอ้อม คือเป็นตัวควบคุมการละลายของธาตุอาหารพืช ออกมาสู่สารละลายดิน ให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดซึมขึ้นไปใช้ได้ รวมทั้งควบคุมการละลายของสารอื่น ๆ ที่อาจเป็นพิษต่อพืชด้วย เช่น เหล็ก อะลูมินัม แมงกานีสจะละลายออกมาได้มากในดินกรด ทำให้เกิดเป็นอันตรายต่อพืช และยังจะส่งเสริมการตรึงฟอสเฟต ให้อยู่ในรูปของเหล็ก และอะลูมินัมฟอสเฟต ซึ่งยากแก่พืชที่จะใช้เป็นประโยชน์ ทั้งนี้ เนื่องจากเหล็กและอะลูมินัมฟอสเฟตที่อยู่ในสภาพที่ละลายน้ำ (soluble) ได้นั้นมีมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อ pH ต่ำกว่า 5.0 เมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตลงไปในดินที่เป็นกรด ส่วนใหญ่ของปุ๋ยที่ใส่จะทำปฏิกิริยากับเหล็ก และอะลูมินัมเสียหมด ทำให้เหลือส่วนที่พืชจะนำไปใช้ได้น้อยลง

การวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดินสามารถวัดได้หลายวิธี แต่ที่นิยมมีอยู่ 2 วิธี คือ

การวัดด้วยน้ำยาเปลี่ยนสี (Indicator) เช่น ชุดสารเคมีวัดความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH testkit) สีของอินดิเคเตอร์ ซึ่งเป็น acid-base indicator จะเปลี่ยนไปตามปริมาณความเข้มข้นของ H^+ สามารถบอกระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยเทียบกับแผ่นสีมาตรฐาน เป็นวิธีที่เหมาะสมในสภาพไร่นา เนื่องจากสะดวกและรวดเร็ว แต่ค่าที่วัดได้ไม่ละเอียด

การวัดโดยใช้เครื่องวัดที่เรียกว่า pH meter เป็นการวัดค่าความต่างศักย์ (potential) ที่เกิดขึ้นระหว่าง glass electrode กับ reference electrode โดยที่ potential ของ glass electrode จะเปลี่ยนไปตามการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของ H^+ ในสารละลาย แต่ potential ของ reference electrode จะคงที่ เครื่องมือชนิดนี้จะมีทั้งแบบที่ใช้ในสนาม และในห้องปฏิบัติการ

วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-เป็นด่างของดิน (pH) (Peech, 1965)

สารเคมีและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 ml
2. แท่งแก้ว ขนาดยาวไม่เกิน 4-5 นิ้ว
3. น้ำกลั่น
4. ปิเปตต์ (pipette) ปรับอัตโนมัติ ขนาด 10 ml
5. สารละลาย Woodruff ' s buffer สำหรับดินที่ต้องการเติมปูน จำนวน 10 L
6. เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter) ชนิดกระเป๋า

การ Calibrate pH

ขอแนะนำว่าควร Calibrate pH 2 จุดในช่วงค่า pH ที่คาดว่าตัวอย่างจะมีค่าระหว่างนั้น (ปรกติจะ Calibrate ที่ pH 4.0 และ 7.0 ในดินภาคอีสาน) การ Calibrate pH จุดเดียวสามารถทำได้ ถ้าแน่ใจว่าค่าสารละลายมาตรฐานนั้น มีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่าง เครื่องมือนี้สามารถ Calibrate ได้ถึง 5 จุด โดยใช้สารละลายมาตรฐาน pH 1.68, 4.01, 7.00. 10.01 และ 12.45 ไม่ควรใช้สารละลายมาตรฐานที่ใช้แล้วนี้อีก หลังจาก Calibrate แล้วเพราะจะไปปนเปื้อนในสารละลายมาตรฐานที่ยังไม่ได้ใช้ ซึ่งมีผลกับความแม่นยำในการ Calibrate ครั้งต่อไปค่า Calibrate ใหม่จะบันทึกทับค่าเก่า

การ Calibrate pH จุดเดียว

1. เลือกโหมด pH (จะขึ้นโหมด pH โดยอัตโนมัติเมื่อเปิดเครื่อง)
2. ล้าง electrode ด้วยน้ำกลั่นหรือสารละลายสำหรับล้าง ห้ามเช็ด electrode เพราะจะทำให้เกิดไฟฟ้าสถิตที่ผิวของ electrode
3. จุ่ม electrode ลงในสารละลายมาตรฐาน pH 7.0 (หรือสารละลายที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าของตัวอย่าง) จากนั้นกดปุ่ม CAL/MEAS หน้าจอจะแสดง CAL หน้าจอจะแสดงค่า pH ที่อ่านได้เป็นตัวใหญ่ ขณะที่ค่าของสารละลายมาตรฐานเป็นตัวเล็ก

4. รอจนกว่าค่า pH ที่วัดได้จะคงที่ ตัว READY จะปรากฏขึ้นเมื่อค่าที่อ่านได้คงที่ ถ้าใช้สารละลายมาตรฐาน pH มากกว่า 7 ให้กดปุ่ม MI หรือ MR เพื่อปรับค่าขึ้นหรือลงจนค่า pH ตัวเล็กมีค่าเดียวกับค่าสารละลายมาตรฐาน

5. กด CON เพื่อยืนยันการ Calibrate ตัวอักษร CON จะปรากฏ 1 วินาที แล้วหายไปเครื่องวัดได้รับการ Calibrate ที่สารละลายมาตรฐานที่มีค่าแสดงตัวใหญ่ จากนั้นตัวเลขตัวเล็กจะเลื่อนไปที่ค่า Calibrate จุดที่ 2 ซึ่งการ Calibrate จุดเดียวไม่จำเป็นให้ทำข้อ 6 ต่อไป

ข้อสังเกต รูปภาพ electrode และสารละลายมาตรฐานจะกระพริบและตัวอักษร EER จะปรากฏขึ้น ถ้าค่าที่เลือก และค่าที่วัดได้ต่างกันเกิน +,- 0.5 และถ้าสารละลายมาตรฐานไม่ใช่ตัวเดียวกับค่าตัวเล็ก

6. กดปุ่ม CAL/MEAS เพื่อไปสู่โหมดการวัด การ Calibrate จุดเดียวได้เสร็จแล้ว

การ Calibrate pH 2 จุดขึ้นไปถึง 5 จุด

1. ทำเช่นเดียวกันในขั้นตอนที่ 1 - 5

2. เลือกสารละลาย pH มาตรฐานค่าที่ 2 ที่ต้องการ Calibrate กดปุ่ม MI หรือ MR เพื่อเลือกค่า pH ที่ต้องการ ซึ่งจะแสดงเป็นตัวเล็ก (pH 1.68, 4.01, 7.00, 10.01, 12.45)

3. ทำขั้นตอนที่ 2 - 5 เช่นเดียวกับการ Calibrate จุดเดียว ห้ามกดปุ่ม CAL/MEAS จนกว่าการ Calibrate จะเสร็จสมบูรณ์

4. ทำซ้ำข้อที่ 2 -5 อีกถ้าต้องการ Calibrate จุดอื่น และห้ามกด CAL/MEAS จนกว่าการ Calibrate จะเสร็จสมบูรณ์

5. กดปุ่ม CAL/MEAS เพื่อกลับไปโหมดการวัด

การ Calibrate อุณหภูมิ

การชดเชยค่าอุณหภูมิจะเป็นไปโดยอัตโนมัติ ถ้าแท่งเสียบอุณหภูมิได้เสียบติดกับเครื่องวัดค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ คือ 25˚C มีวิธีการ ดังนี้

1. กดปุ่ม MODE เลือกโหมด TEMP

2. กดปุ่ม CAL/MEAS เพื่อ Calibrate ที่หน้าจอตัวใหญ่แสดงค่า pH ที่วัดได้ ตัวเล็กแสดงค่าอุณหภูมิ

3. กดปุ่ม MI หรือ MR เพื่อเลื่อนค่าอุณหภูมิที่ต้องการ

4. กดปุ่ม CON เพื่อยืนยันการเลือกค่าอุณหภูมิตัว CON จะปรากฏนาน 1 วินาทีแล้วหายไป

วิธีการวัด pH

นำตัวอย่างดิน มาตวงด้วยที่ตวงมาตรฐาน ขนาด 10 mL ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 mL เติมน้ำกลั่น 10 mL (สัดส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1 ต่อ 1 โดยปริมาตร) ใช้แท่งแก้วกวนให้น้ำกับดินเข้ากันดี ทิ้งไว้ 30 นาที แล้วจึงนำไปวัดด้วยเครื่อง pH ก่อนการวัดกวนตัวอย่างด้วยแท่งแก้วอีกครั้งหนึ่ง

ภาพที่ 6.7 เครื่องวัดความเป็นกรด - ด่าง

Land Classification Division and FAO Porject Staff (1973) ได้แบ่งระดับความเป็นกรด - ด่างของดินไว้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 ระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH_w 1:1)

ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ระดับ
< 4.5	กรดจัดมาก
4.5 - 5.0	กรดจัด
5.1 - 5.5	กรดแก่
5.6 - 6.0	กรดปานกลาง
6.1 - 6.5	กรดเล็กน้อย
6.6 - 7.3	กลาง
7.4 - 7.8	ด่างอ่อน
7.9 - 8.5	ด่างปานกลาง
8.6 - 9.0	ด่างแก่
> 9.1	ด่างจัด

ตารางที่ 6.2 ช่วงของความเป็นกรด-ด่าง ของดินที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงดิน (Peverill et al.,1999)

ช่วง pH_w	สาเหตุการเกิดกรด-ด่าง และผลกระทบต่อพืช	แนวทางแก้ไข ปรับปรุงดิน
<4.6	ดินที่มี pH ต่ำกว่า 4 ส่วนมากจะพบในดินอินทรีย์ (พรุ) และดินกรดจัดกำมะถัน บางครั้งพบในดินอินทรีย์ที่มีการผุพังมาก ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลง pH ต่ำและดินที่ใช้ทำการเกษตรมานาน ใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมสูง การเก็บเกี่ยวผลผลิตออกไปจากพื้นที่จำนวนมากแต่ละปีทำให้ความอุดมสมบูรณ์ลดลง อินทรีย์วัตถุลดลง มีส่วนทำให้ pH ดินลดลง ทำให้เกิดการเป็นพิษของ Al และ Mn การเป็นประโยชน์ Mo ลดลง เกิดการชะล้าง Ca Mg Na และ K มากขึ้น ดินที่เป็นกรดจัดมีผลให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่ง nitrifier ลดลง	มีความต้องการปูนปริมาณมากเพื่อจะปรับสภาพกรดในดินให้สามารถเพาะปลูกพืชได้ผลดี ดังนั้นในพื้นที่ที่ไม่สามารถหาปูนได้ หรือมีราคาแพงมากไม่คุ้มในด้านเศรษฐกิจ อาจต้องเลือกปลูกพืชที่ทนต่อสภาพกรดในดินได้มากเท่านั้น การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินอนินทรีย์ที่เป็นกรดอย่างรุนแรงนี้อาจช่วยทำให้ผลกระทบจากกรดในดินลดลง
4.6 - 5.5	เกิดจากกระบวนการเกิดกรดในดินตามสภาพธรรมชาติ หรือจากการเพาะปลูกที่ยาวนาน โดยไม่มีการปรับปรุงดิน มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตต่อพืชเช่นเดียวกับข้างบน คือ อาจเกิดการเป็นพิษของ Al และ Mn การเป็นประโยชน์ของ Mo ลดลง เพิ่มการชะล้าง Ca Mg Na และ K จากดินมากขึ้น และลดกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน	การแก้ไขปรับปรุงดินที่มีความเป็นกรดในระดับนี้ โดยทั่วไปจะมีผลตอบแทนคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินอนินทรีย์จะช่วยลดปัญหาที่เกิดจากกรดในดิน ในพื้นที่ปูนมีราคาแพงหรือหายาก การปลูกพืชที่ทนต่อสภาพกรดในดินจะช่วยลดค่าใช้จ่ายการใช้ปูนได้มาก
5.6 - 6.5	เป็นช่วง pH ที่เหมาะกับการเจริญเติบโตของพืชโดยทั่วไป การเป็นประโยชน์ธาตุอาหารพืชมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง P แต่ในพื้นที่ที่น้ำขังนาน อาจเกิดการเป็นพิษของ Mn ได้	การปรับปรุงดินโดยทั่วไปให้ผลคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจ การใช้ปูนปรับสภาพกรดในดินสำหรับพืชที่มีความไวมากต่อกรดในดินจำเป็นต้องวิเคราะห์ “ปริมาณความต้องการปูน” ให้ถูกต้องกับพืช

ตารางที่ 6.2 ช่วงของความเป็นกรด-ด่าง ของดินที่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของพืช และแนวทางการแก้ไขปรับปรุงดิน (Peverill et al., 1999) **(ต่อ)**

ช่วง pH_w	สาเหตุการเกิดกรด-ด่าง และผลกระทบต่อพืช	แนวทางแก้ไข ปรับปรุงดิน
6.6 - 6.7	มีความเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่ ในพื้นที่น้ำขัง ก็อาจยังพบการเป็นพิษของ Mn ได้	ดินส่วนใหญ่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพ ไม่ค่อยพบการขาดธาตุอาหารพืช
> 8.6	ดินเป็นด่างจัดเนื่องจากมีปริมาณเกลือคาร์บอเนตของ Na Ca และ Mg มาก การขาดจุลธาตุของอาหารพืช เช่น Cu, Zn, Fe, Mn และธาตุอาหาร K และ P มักจะเกิดขึ้นเสมอ การเป็นพิษของ B อาจเกิดขึ้นได้ ดินดังกล่าวนี้โดยทั่วไปมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และโครงสร้างไม่ดี (หมายเหตุ pH > 9.1 ส่วนใหญ่จะเป็นดินเค็มโซดิก)	พืชที่ทนเค็มเท่านั้นที่สามารถขึ้นได้ มีปัญหาการขาดจุลธาตุอาหารพืชมากดินที่มีค่า EC_{se} > 1.4 dS m^{-1} อาจเป็นดินเค็ม ดังนั้นการจัดการเบื้องต้นแรกต้องควบคุมไม่ให้ระดับน้ำใต้ดินสูงขึ้น ถ้า EC_{se} <0.7dS m^{-1} อาจเป็นดินโซดิก การปรับปรุงดินทำได้โดยใช้พืช ตระกูลถั่ว ยิปซัม

ความต้องการปูน (Lime Requirement : LR)

ดินที่เป็นกรดไม่เหมาะสมในการปลูกพืชบางชนิด การปรับปรุงดินกรดโดยการใส่ปูน จึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะยกระดับของ pH ให้สูงขึ้น เป็นวิธีที่สะดวก และได้ผลอย่างรวดเร็ววิธีหนึ่ง

ความต้องการปูน หมายถึง ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต ($CaCO_3$) บริสุทธิ์ที่ต้องใส่ลงไปในดิน เพื่อยกระดับ pH ของดินให้เป็นกลาง แต่ในทางปฏิบัติแล้วมักจะยกระดับ pH ขึ้นมาให้เป็น 6.5 วิธีหาปริมาณปูนเพื่อแก้ความเป็นกรด ใช้วิธีของ Dunn's method หรือ Woodruff's buffer method สำหรับคู่มือเล่มนี้จะใช้วิธี Woodruff ' s buffer method

วิธีหาความต้องการปูน (LR)

ตัวอย่างดินที่วัด pH ได้ต่ำกว่า 5.5 ให้เติมสารละลาย Woodruff's buffer ลงในบีกเกอร์ จำนวน 10 mL (สัดส่วนน้ำกลั่นต่อสารละลายเท่ากับ 1:1) กวนแล้วตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที แล้วจึงกวนซ้ำอีก แล้วนำมาวัด pH ใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ค่า pH ที่อ่านได้นำมาเทียบความต้องการปูน ที่ต้องใช้เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดินตามตารางที่ 6.3

การเตรียมสารละลายสำหรับความต้องการปูน (Woodruff, 1948)

การวิเคราะห์ดินของหน่วยวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่ในแต่ละครั้ง พบว่าดินส่วนใหญ่จะมีสภาพเป็นกรด ปริมาณการเตรียมสารละลายสำหรับความต้องการปูนจึงควรเตรียม 10 L โดยใช้สารเคมีและวิธีเตรียมดังนี้

สารละลาย Woodruff 's buffer

1. แคลเซียมอะซีเตต (calcium acetate) ชนิดเกล็ด จำนวน 400 g
2. พาราไนโตรฟีนอล (4-nitrophenol) ชนิดผง จำนวน 80 g
3. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide) ชนิดเกล็ดจำนวน 12 g

ละลายแคลเซียมอะซีเตต (1), พาราไนโตรฟีนอล (2), และโซเดียมไฮดรอกไซด์(3), ในน้ำกลั่น แล้วทำให้มีปริมาตร 10 L

การปรับ pH ของสารละลาย Woodruff 's buffer

หลังจากเตรียมสารละ Woodruff's buffer เสร็จแล้วต้องปรับ pH ของสารละลายให้ได้เท่ากับ 7 โดยมีความคลาดเคลื่อนอย่างสูงไม่เกิน 7.02 หรือไม่ควรต่ำกว่า 6.98

- ถ้า pH ก่อนปรับอ่านได้ต่ำกว่า 7 ให้เติมด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide)

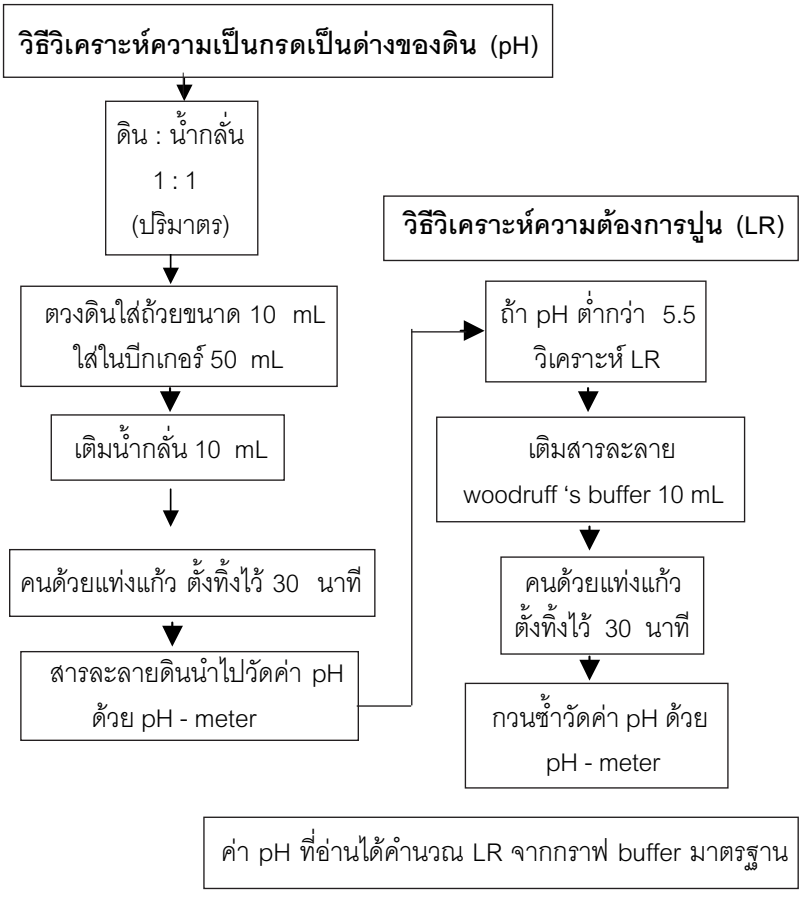
- ถ้า pH ก่อนปรับอ่านได้สูงกว่า 7 ให้เติมด้วย กรดอะซีติก (acetic acid)

ตารางที่ 6.3 pH กับชนิดและปริมาณปูนที่ต้องการใช้ เพื่อปรับสภาพความเป็นกรดของดิน

pH after buffer	L.R. (กิโลกรัม/ไร่)	ปริมาณปูนที่แนะนำ				
		$CaCO_3$ (กิโลกรัม/ไร่)	ปูนขาว (กิโลกรัม/ไร่)	ปูนมาร์ล (กิโลกรัม/ไร่)	หินปูนบด (กิโลกรัม/ไร่)	ปูนโดโลไมท์ (กิโลกรัม/ไร่)
6.9	156	120	94	144	180	131
6.8	312	240	187	288	360	262
6.7	468	360	281	432	540	392
6.6	624	480	374	576	720	523
6.5	780	600	468	720	900	654
6.4	936	720	562	864	1080	785
6.3	1,092	840	655	1008	1260	916
6.2	1,248	960	749	1152	1440	1046
6.1	1,404	1080	842	1296	1620	1177
6.0	1,560	1200	936	1440	1800	1308
5.9	1,716	1320	1030	1584	1980	1439
5.8	1,872	1440	1123	1728	2160	1570
5.7	2,028	1560	1217	1872	2340	1700
5.6	2,184	1680	1310	2016	2520	1831
5.5	2,340	1800	1404	2160	2700	1962
5.4	2,496	1920	1498	2304	2880	2093
5.3	2,652	2040	1591	2448	3060	2224
5.2	2,808	2160	1685	2592	3240	2354
5.1	2,964	2280	1778	2736	3420	2485
5.0	3,120	2400	1872	2880	3600	2616
4.9	3,278	2520	1966	3024	3780	2747
4.8	3,432	2640	2059	3168	3960	2878
4.7	3,588	2760	2153	3312	4140	3008
4.6	3,744	2880	2246	3456	4320	3139
4.5	3,900	3000	2340	3600	4500	3270
4.4	4,056	3120	2434	3744	4680	3402

ปริมาณปูนที่แนะนำ $CaCO_3$ 100 กิโลกรัม = ปูนขาว 78 กิโลกรัมปูนมาร์ล 120 กิโลกรัม หินปูนบด 150 กิโลกรัม ปูนไดโลไมท์ 190 กิโลกรัม

หมายเหตุ : ปริมาณความต้องการปูนที่ได้จากตาราง เป็นข้อมูลพื้นฐาน การนำไปปรับใช้ในสภาพจริงอาจใช้น้อยกว่าหรือไม่ต้องใช้เลยก็เป็นได้ เมื่อมีการปรับปรุงสภาพดินด้วยวิธีการอื่น ๆ ที่เห็นว่าได้ผลใกล้เคียงกับการใช้ปูน อีกประการหนึ่งการจัดการดิน ชนิดของพืช เนื้อดิน และปริมาณแคลเซียม ในตัวอย่างดินต่างก็เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณปูนที่ต้องใช้ การใส่ปูนให้เหมาะสมกับสภาพดินจึงเป็นสิ่งจำเป็นต่อการให้ผลผลิตของพืชแต่ละชนิด ดังนั้น การตัดสินใจนี้จึงเป็นหน้าที่รับผิดชอบของผู้ชำนาญการประเมินผลการวิเคราะห์ดิน



ภาพที่ 6.8 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH และความต้องการปูน LR)

เอกสารอ้างอิง

Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973, Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. of land Development, Ministry of Agri and Coop. 135 p.

Peech, M. 1965. Soil pH by glass electrode pH meter, Methods of soil Analysis, Amer, Soc. Agro. No.9. Part II , 60:914-925.

Peverill, K.I.L.A. Sparrow, and D.J. Reuter, 1999. Soil Analysis and interpretation manual ,Australian soil and Plant Analysis Council Inc. 369 p.

Woodruff, C.M. 1948, Determination for the exchangeable hydrogen and lime requirement of the soil by means of the glass electrode and a buffer. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 12:141-142.

วิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน

ความเค็มของดิน หมายถึง ความเข้มข้นของสารละลายของเกลือในดิน ดินที่มีความเค็มมากจะทำให้รากพืชไม่สามารถดูดน้ำ และอาหารได้ หรือได้น้อยลง ความเค็มของดินสามารถตรวจสอบได้โดยการวัด “ความสามารถในการนำไฟฟ้าของดิน Electrical Conductivity หรือ EC” ค่าความเค็มของดินแสดงโดยหน่วยวัดค่าการนำไฟฟ้า mmho cm^{-1} @ 25 ° C ปัจจุบันนิยมใช้หน่วย SI (International Standard);S m (Siemen per meter) 1 S m^{-1} = 10 dSm^{-1} = 10 mmho/cm

(IS = Imperial system; foot, pound, inch, yard, mile, gallon....)

วิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน (EC)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณเกลือในดิน โดยการวัดค่าการนำไฟฟ้าที่แตกต่างกัน จะเป็นการใช้สัดส่วนระหว่างดินต่อน้ำ ถ้าใช้น้ำมากความเข้มข้นของสารละลายเกลือจะเจือจางลง ค่า EC ที่วัดได้จะลดลง แต่ถ้าสารละลายเกลือมีความเข้มข้นมากขึ้นค่าการนำไฟฟ้าก็จะสูงขึ้น ห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่จะวัดจากสารละลายดิน ที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (pasted) ซึ่งสัดส่วนดินต่อน้ำน้อยกว่า 1 : 1 ค่าการนำไฟฟ้าที่วัดจะระบุไว้เป็น EC_{se} ที่วัด แต่วิธีดังกล่าวค่อนข้างจะยุ่งยาก วิธีวิเคราะห์ที่ใช้ในการแปลผลในการจัดการดินปลูกพืชโดยมากจะปรับปรุงมาใช้สัดส่วนดินต่อน้ำเป็น 1 : 5 ค่าความสัมพันธ์ระหว่าง EC_{se} กับ $EC_{1:5}$ นอกจากสัดส่วนความเข้มข้นแล้วยังขึ้นอยู่กับปริมาณดินเหนียวด้วย

สารเคมีและอุปกรณ์

1. บีกเกอร์พลาสติก ขนาด 50 mL
2. แท่งแก้ว ขนาดยาว 4-5 นิ้ว
3. น้ำกลั่น
4. เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้า (Conductivity Meter)

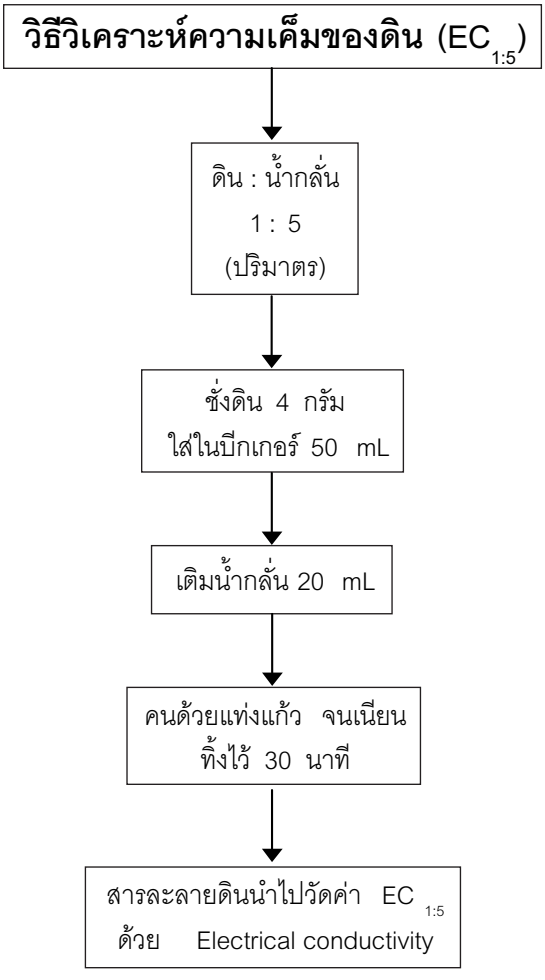
วิธีการ ดิน: น้ำ อัตราส่วน 1:5

ชั่งดิน 4 g ใส่ในบีกเกอร์ ขนาด 50 mL ตวงน้ำ 20 mL ใส่แล้วคนให้เข้ากัน ด้วยแท่งแก้วจนเนียน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที คนอีกครั้งนำไปวัดค่า EC ด้วยเครื่อง Electrical Conductivity Meter (OAKTON)

ภาพที่ 6.9 เครื่องวัด Electrical Conductivity (EC)

ตารางที่ 6.4 ค่า $EC_{1:5}$ โดยประมาณที่แปลงจาก EC_{se} จัดเป็น 4 ช่วงของปริมาณดินเหนียว (Peverill et al., 1999) และผลกระทบที่จะทำให้ผลผลิตพืชลดลง 10% (Mass and Hoffman 1997)

	ค่า $EC_{1:5}$ แบ่งตามปริมาณดินเหนียว (dS m^{-1})					
ผลกระทบต่อกลุ่มพืช	EC_{se} (dS m^{-1})	10-20% clay	10-20% clay	10-20% clay	10-20% clay	ระดับความเค็ม
ไวต่อความเค็ม Sensitive Crops	<0.95	<0.07	<0.09	<0.12	<0.15	ต่ำมาก Very Low
ไวปานกลาง Mod. Sensitive	0.95-1.9	0.07-0.15	0.09-0.19	0.12-0.24	0.15-0.3	ต่ำ Low
ทนเค็มปานกลาง Mod.Tolerant	1.9-4.5	0.15-0.34	0.19-0.45	0.24-0.56	0.3-0.7	ปานกลาง Medium
ทนเค็ม Tolerant	4.5-7.7	0.34-0.63	0.45-0.76	0.56-0.96	0.7-1.18	สูง High
ทนเค็มมาก Very Tolerant	7.7-12.2	0.63-0.93	0.76-1.21	0.96-1.53	1.18-1.87	สูงมาก Very High
เค็มเกินกว่าที่พืชทั่วไปจะทนได้	>12.2	>0.93	>1.21	>1.53	>1.87	สูงมากเกิน Extreme



ภาพที่ 6.10 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ความเค็มของดิน ($EC_{1:5}$)

เอกสารอ้างอิง

Maa, E.V., and G.J. Hoffman. 1997. Crop salt tolerance-current assessment. Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the American Society of Civil Engineers. 103 : 115-130.

Peverill, K.I.,L.A. Sparrow, and D.J. Reuter. 1999. Soil Analysis and interpretation manual .Australian soil and Plant Analysis Council Inc, 369 p.

วิธีสกัดดินด้วยสารละลาย Double Acid (DA) (Mehlich, 1953)

สารเคมีและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างดินที่ผ่านการบดและร่อนแล้ว
2. ขวดแก้วก้นแบน (erlenmeyer flask) ขนาด 50 mL
3. เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง และทศนิยม 1 ตำแหน่ง
4. ขวดพลาสติก ขนาด 100 mL
5. กระดาษกรองเบอร์ 5 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.5 cm
6. กรวย ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 cm
7. เครื่องเขย่าขนาดเล็ก พร้อมเครื่องจับเวลา
8. ที่ใส่ขวดแก้วก้นแบนขนาด 50 mL (rack)
9. เครื่องจ่ายสารละลายแบบอัตโนมัติ ขนาด 25 และ 50 mL

การเตรียมสารละลายสกัดดิน Double Acid (DA) (Mehlich, 1953)

สารละลายสกัดดิน ที่ใช้ในภาคสนามเป็นสารละลาย Double acid ของ Mehlich (1953) ประกอบไปด้วยกรดเกลือเข้มข้น 0.05 นอร์มอล (0.05 N HCl) และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.025 นอร์มอล (0.025 N H_2SO_4) การเตรียมสารละลายสกัดดินนี้ต้องกระทำก่อนออกเดินทาง ควรเตรียมน้ำยาประมาณ 20 L ต่อครั้ง

ขั้นตอนการเตรียม

เติมน้ำกลั่นในถังพลาสติก ขนาด 20 L จำนวน 15 L หลังจากนั้นเติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ชนิดเข้มข้น จำนวน 83 mL และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ชนิดเข้มข้น จำนวน 14 mL จากนั้นเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 20 L

วิธีการสกัดดิน

1. ชั่งดิน 6.0 g ใส่ขวดแก้วก้นแบบ ขนาด 50 mL เติมสารละลายสกัด DA จำนวน 24 mL (อัตราส่วนดินต่อสารละลายสกัด เท่ากับ 1:4) ปิดด้วยจุกยาง นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที

2. นำขวดแก้วก้นแบนที่ผ่านการเขย่าแล้ว มาเทลงในขวดพลาสติก ขนาด 10 mL ผ่านทางกระดาษกรองเบอร์ 5 ที่รองรับสารละลายที่ได้จากการสกัด ด้วยกรวยกรอง

3. นำสารละลายดินที่สกัดได้มาแบ่งเป็น 3 ส่วน เพื่อนำไปวัดค่าฟอส-ฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) และแคลเซียม (Ca) ตามวิธีการที่ใช้ในภาคสนามต่อไป

เอกสารอ้างอิง

Mehlich, A. 1953. Determination of P, K, Na, Ca, Mg, and NH4, Soil Test Div, Mimeo, N,C Dept. Agr., Raleigh, Nc.

วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P)

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus)

ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมากธาตุหนึ่ง ฟอสฟอรัสที่พบในพืชเกือบทั้งหมดมาจากดิน ปริมาณฟอสฟอรัสแตกต่างกันไปตามชนิดและวัตถุต้นกำเนิดดิน โดยปกติฟอสฟอรัสจะมีอยู่ในดินต่ำมาก เป็นสาเหตุทำให้ดินขาดฟอสฟอรัส ดังนั้น การวิเคราะห์ระดับของฟอสฟอรัสในดินก่อนฤดูปลูกในแต่ละปีจึงมีความจำเป็น

วิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน บางครั้งเรียกว่า ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ ซึ่งได้มีการศึกษาวิธีการสกัดดินหลายวิธี ในวิธีวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่นี้ ใช้วิธีของ Mehlich I น้ำยาสกัดประกอบด้วย 0.025 N H_2SO_4 และ 0.05 N HCl ซึ่งเป็นการใช้กรดแก่อย่างเจือจาง 2 ชนิดมาผสมรวมกัน และนำไปสกัดดินให้อยู่ในรูปของสารละลาย

สารละลายที่สกัดได้ ไปทำให้เกิดสี วิธีทำให้เกิดสีเรียกว่า Colorimetric method ซึ่งวิธี Molybdenum blue ได้สารละลายสีน้ำเงิน โดยมีหลักสำคัญ คือ ในน้ำยา Molybdate ซึ่งเป็นกรด และมี orthoposphateion อยู่ด้วยนั้น ทำให้เกิดสารประกอบของ phosphomolybdate ซึ่งสารละลายดังกล่าวเมื่อถูก reduced ด้วย reducing agent จะเกิดสีน้ำเงิน และความเข้มข้นของสีน้ำเงิน ที่เกิดเป็นปฏิภาคโดยตรงกับปริมาณของฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในน้ำยาสกัดด้วยนั้น วิธีทำให้เกิดสีดังกล่าวที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือวิธีของ Murphy and Riley โดยใช้ ascorbic acid เป็น reducing agent สีน้ำเงินที่เกิดขึ้น เกิดเร็วมากภายใน 10 นาที และจะคงที่ (stable) นานถึง 24 ชั่วโมง

สารเคมีและอุปกรณ์

1. แอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate)
2. แอนติโมนีโพแทสเซียมตาร์เตรท (antimony potassium tartrate)

3. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)
4. กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid)
5. รีเอเจนท์ - เอ (reagent A)
6. สารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน เข้มข้น 50 mg L^{-1} (Std. 50 mg L^{-1})
7. สารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างดิน
8. หลอดแก้ว (test tube) ขนาด 20 mL
9. หลอดวัด (cell) พลาสติก
10. ขวดแก้ววัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 50 mL
11. ขวดแก้ววัดปริมาตร (volumetric flask) ขนาด 1 L และ 2 L
12. เครื่องทำสารละลายเจือจาง (hand diluter)
13. ขวดสีชา
14. ปิเปตต์ (pipette) ชนิดแก้วและอัตโนมัติ ขนาด 15 และ 10 mL
15. เครื่องวัด spectrophotometer ชนิด spectronic 21

วิธีเตรียมสารละลาย

Murphy and Riley (1962) ; Watanabe and Olsen (1965)

1. เตรียมสารละลาย reagent A ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต (ammonium molybdate, $(NH_4)_6Mo_7O_{24}\cdot 4H_2O$) จำนวน 50 g ลงในขวดแก้ววัดปริมาตร ขนาด 1 L เติมน้ำกลั่น 200 mL คนให้ละลาย

2. ละลายแอนติโมนี โพแทสเซียมทาเทรต (antimony potassium tartrate,$KSbO.C_4H_4O_6$) 1.213 กรัม ในน้ำกลั่น 50 mL (ถ้าไม่ละลายนำไปอุ่นแต่ต้องไม่เกิน 60°C)

3. เอาสารละลาย reagent A และสารละลายแอนติโมนี โพแทสเซียมทาเทรต ผสมลงในบีกเกอร์ คนให้เข้ากันอีก

4. เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น จำนวน 700 mL ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น เทลงในขวด และปรับปริมาตรเป็น 1 L ด้วยน้ำกลั่น เก็บไว้ในขวดสีชา และเก็บไว้ในที่เย็น สารละลาย reagent A สามารถเตรียมได้ที่ห้องปฏิบัติการ แล้วแบ่งบางส่วนไปใช้ในภาคสนาม

5. เตรียมสารละลายพัฒนาสี (working solution) ละลาย ascorbic acid จำนวน 1.76 g ในน้ำกลั่นประมาณ 1600 mL เติมสารละลาย reagent A จำนวน 40 mL ปรับปริมาตรให้เป็น 2 L ด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 2 ชั่วโมง จึงนำมาใช้ ฉะนั้นต้องเตรียมสารละลายนี้ ก่อนการทำงานอย่างอื่น สารละลายนี้เก็บได้ไม่เกิน 24 ชั่วโมง ดังนั้นจึงต้องเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำงาน

6. ทำ blank และชุดของสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน (standard set) ด้วยการดูดสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐาน 0 5 10 และ 15 mg L^{-1} (คิดจาก 50 mg L^{-1}) ลงในขวดแก้วปริมาตรขนาด 50 mL เติมสารละลายสกัด DA ให้ได้ระดับ 50 mL

7. ดูดสารละลายฟอสฟอรัสมาตรฐานและสารละลายดินที่สกัดด้วย DA อัตราส่วน 1 mL ต่อ working solution 9 mL (เท่ากับ 10 เท่า)

หมายเหตุ สารละลายดินที่สกัดได้ซึ่งเติมสารละลายต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วทิ้งไว้ 30 นาทีจึงนำมาอ่านค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 740 nm

ตารางที่ 6.5 การใช้ Hand diluter

จำนวนเท่าที่ต้องการ	ด้านซ้าย	ด้านขวา	จำนวนครั้ง
5	2	0.50	1
10	4.5	0.50	1
17	4	0.25	1
21	5	0.25	1
26	5	0.20	1
51	5	0.10	1
81	4 (2)	0.10	1
101	5 (2)	0.10	1
201	5 (2)	0.10	1

ภาพที่ 6.11 เครื่อง Spectrophotometer

การใช้เครื่อง Spectrophotometer

1. เสียบ plug key board Ac Power
2. กด ON-OFF รอจนค่า NM.Abs. ปรากฏขึ้น
3. เปิดเครื่องทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที
4. ใส่ค่า NM = 740
5. ปรับ Mode ไปที่ Conc.
6. ปรับทศนิยมให้ได้เท่ากับ 1 ตำแหน่ง โดยการกดแป้นเครื่อง +,- พร้อมกัน
7. นำ blank (0 mg L^{-1}) ใส่ในช่องวัดแล้วปรับให้ได้ 0 แล้วกด Set ref
8. นำ blank ออกแล้วเอา Std.5 mgL^{-1} ใส่ปรับเครื่อง +,-ให้ได้เท่ากับ 20
9. นำ Std.5mg L^{-1} ออกแล้วเอา Std.10 mg L^{-1} ปรับเครื่อง+,- ให้ได้เท่ากับ 40
10. นำ Std.10mg L^{-1} ออกแล้วเอา Std.15 mg L^{-1} ปรับเครื่อง +,- ให้ได้เท่ากับ 60
11. นำ blank ใส่เพื่อ Set ค่า 0 อีกครั้งหนึ่ง แล้ววัดสารละลายดินที่สกัดได้จากตัวอย่าง

ตารางที่ 6.6 หลักการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA (ดินทราย)

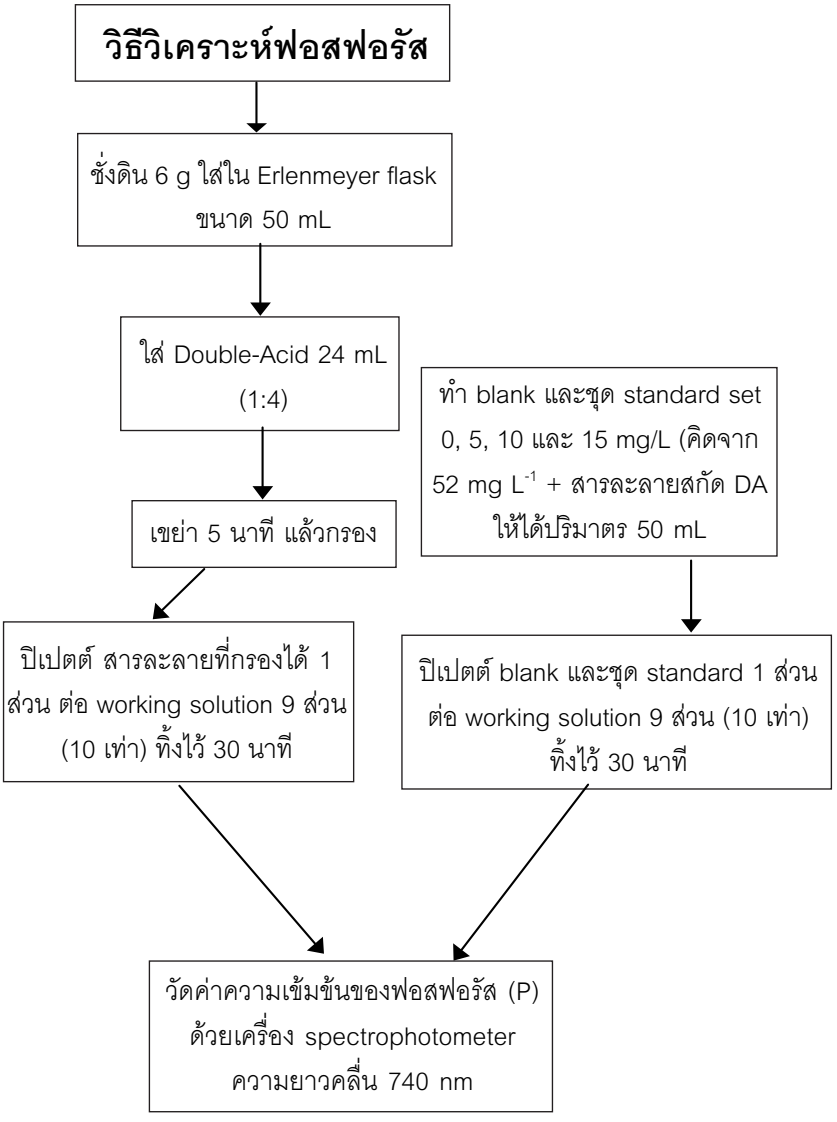
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg kg^{-1})	ระดับ	การประเมิน
<7	ต่ำมาก	ดิน เกือบไม่มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่เลย ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต ต่ำกว่า 50% ของผลผลิตสูงสุด
7-12	ต่ำ	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่บ้าง ปริมาณที่อยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิตระหว่าง 50-75% ของผลผลิตสูงสุด
13-24	ปานกลาง	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสบ้างพอควร ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิตระหว่าง 75-100% ของผลผลิตสูงสุด
25-50	สูง	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอกับความต้องการของพืช ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต 100% ของผลผลิตสูงสุด
>50	สูงมาก	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอกับความต้องการของพืช และเหลือใช้ ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้รับผลผลิต 100% ของผลผลิตสูงสุด และมีธาตุฟอสฟอรัสสำรองไว้ใช้ต่อไปได้อีก

ที่มา : Cope and Kirkland (1975)

ตารางที่ 6.7 หลักการประเมินปริมาณฟอสฟอรัส (P) ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย DA (ดินเหนียว)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg kg^{-1})	ระดับ	การประเมิน
<5	ต่ำมาก	ดิน เกือบไม่มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่เลย ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชผลผลิตต่ำกว่า 50% ของผลผลิตสูงสุด
5-8		
9-16	ต่ำ	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสอยู่บ้าง ปริมาณที่อยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิตระหว่าง 50-75% ของผลผลิตสูงสุด
17-30	ปานกลาง	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสบ้างพอควร ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต 75-100% ของผลผลิตสูงสุด
>30		
	สูง	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอกับความต้องการของพืช ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผล ผลิต100% ของผลผลิตสูงสุด
	สูงมาก	ดิน มีธาตุฟอสฟอรัสเพียงพอกับความต้องการของพืช และเหลือใช้ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต 100% ของผลผลิตสูงสุด และมีธาตุฟอสฟอรัสสำรองไว้ใช้ต่อไปได้อีก

ที่มา : Cope and Kirkland (1975)



ภาพที่ 6.12 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (P)

เอกสารอ้างอิง

Cope , J.T. Jr. and D.L. Kirkland. 1975. Fertilizer recommendations and computer program key used by the soil testing laboratory, Auburan Univ, Agr. Exp. Sta. Cir. 176 p.

Murphy, J.M. and J.P. Riley, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water, Anable Chemica Acta, 27:31-36.

Mehlich, A. 1978. New extratant for soil test evaluation of phosphorus, potassium,magnessium, clalcium, poolium, manganese and zine, Common. In Soil Science And Ploint Analysis 9(6) : 477-492.

Watanabe, F.S. and S.R. Olsen, 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$, Extracts from soil , Soil Sci. soc Amer.Proc. 29:677-678.

วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม (K^+)

โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุหนึ่ง จะแตกต่างกันไปตามชนิดของดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน ระยะเวลาของการกัดกร่อนและชะล้างดิน มักจะมีเพียงพอในดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูง แต่ขาดแคลนมากในดินที่เป็นดินทราย ดังนั้นเนื้อดินจึงเป็นปัจจัยหนึ่ง ซึ่งควบคุมปริมาณการเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียม

การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมในดินจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อการแนะนำอัตราปุ๋ยแก่พืชในระบบการปลูกพืช

วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

การวิเคราะห์โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินนั้น มีน้ำยาที่ใช้สกัดมากมายหลายชนิดในการวิเคราะห์ดินเคลื่อนที่ใช้วิธีสกัดด้วยสารละลาย Double acid (DA) แล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดโดยเครื่อง Microprocessor Ion Analyzer (MIA)

สารเคมีและอุปกรณ์

1. Double junction reference electrode ซึ่งเติมสารละลาย ORION เบอร์ 900002 (ที่ให้มากับ electrode) ใน inner chamber ส่วน outer chamber ให้ใช้ส่วนผสมของ ISA 2 mL ผสมน้ำกลั่น 100 mL ควรแช่น้ำกลั่นไว้ก่อนใช้งาน 1 วัน

2. สารละลายโพแทสเซียม มาตรฐาน 0.1 โมลาร์ (Potassium standard solution 0.1 M) เตรียมให้เป็น 1000 mg L^{-1} โดยดูดมาก 25.6 mL แล้วผสมกับน้ำกลั่นทำให้เป็น 100 mL

3. Ionnic Strength Adjuster (ISA) (5 M NaCl) เตรียมโดยชั่ง โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มา 292.2 g ละลายน้ำทำให้เป็น 1 L เนื่องจาก 5 M NaCl มีความเข้มข้นมาก จะละลายช้า ควรใช้เครื่อง magnetic stirrer ช่วยคน หรือจะใช้

สารละลาย ORION เบอร์ 931911

4. น้ำกลั่น

5. ปิเปตต์ (pipette) แบบอัตโนมัติขนาด 2, 5 และ 10 mL

6. เครื่องดูดและจ่ายสารละลาย (dispensor) ขนาด 15 และ 60 mL ที่สามารถปรับจ่ายสารละลายได้

7. เครื่องดูดและจ่ายสารละลาย (dispensor) ขนาด 25 mL

8. สารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างดิน

9. บีกเกอร์ (beaker) พลาสติก ขนาด 100 mL

10. บีกเกอร์ (beaker) พลาสติก ขนาด 50 mL

11. ปิเปตต์ (pipette) 1 และ 10 mL

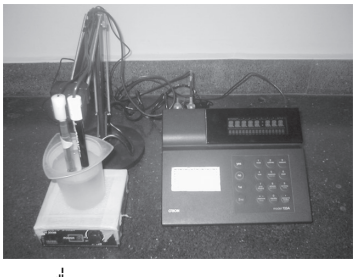
12. ขวดแก้ววัดปริมาตร (volumetric flask) 10 mL

13. เครื่อง magnetic stirrer พร้อม magnetic bar

14. ขวดเปล่าสำหรับเสียบ dispensor

15. ถาดอะลูมิเนียม ขวดฉีดน้ำกลั่น และบีกเกอร์พลาสติกขนาดต่าง ๆ

16. กระดาษซับ electrode



ภาพที่ 6.13 เครื่อง Microprocessor Ion Analyzer (MIA)

เทคนิคการวิเคราะห์

เนื่องจากการวัดค่าโพแทสเซียมโดยเครื่อง Microprocessor Ion Analyzer (MIA) ต้องใช้สารละลายในการวัดอย่างน้อย 25 mL และเท่าที่ทำการทดสอบมาหลายครั้ง พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในประเทศไทยจะมีอย่างมาก

ไม่เกิน 2000 mg kg^{-1} และส่วนใหญ่จะมีไม่เกิน 200-300 mg kg^{-1} ดังนั้นจึงสามารถนำสารละลายที่สกัดได้มาทำให้เจือจางได้ตามอัตราส่วน ดังนี้

ตารางที่ 6.8 เนื้อดินกับสัดส่วนที่ใช้ในการทำให้สารละลายที่สกัดได้เจือจาง

ประเภทเนื้อดิน	การทำให้เจือจาง (เท่า)	สารละลายต่อน้ำกลั่น (mL mL^{-1})	ปริมาณโพแทสเซียมในดิน (mg kg^{-1})
ดินทรายถึงดินร่วน	2.5	10:15	ค่าที่อ่านได้x10
ดินเหนียว	5.0	5:20	ค่าที่อ่านได้x20

หมายเหตุ สารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างใช้ pipette แบบอัตโนมัติ ขนาด 5 และ 10 mL

ดูดสารละลายตัวอย่าง ส่วนการดูดน้ำกลั่นใช้ dispensor ดูดโดยปรับปริมาตรให้ได้เท่ากับ 15 หรือ 20 mL แล้วแต่กรณี เพื่อสะดวกในการทำการวิเคราะห์แต่ละครั้ง จึงควรตั้งสัดส่วนระหว่าง สารละลายกับน้ำกลั่นเพียงสัดส่วนเดียว โดยเลือกสัดส่วนที่ดินส่วนใหญ่ในบริเวณนั้นมีเนื้อดินอยู่มาก หลังจากทำสารละลายที่สกัดได้ให้เจือจางแล้ว จึงนำเติม ISA (5 M NaCl) จำนวน 0.25 mL โดยการใช้ pipette อัตโนมัติที่สามารถดูดสารละลาย ISA ได้คราวละ 16-60 mL และสามารถปรับให้จ่ายสารละลาย ISA ลงมาได้ทีละ 0.25 mL สารละลายตัวอย่างก็พร้อมที่จะถูกนำไปวัดด้วย Potassium electrode ได้

สำหรับการวัดประมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง MIA นี้ สารละลายมาตรฐานต้องมีอย่างน้อย 2 ค่า คือปริมาณสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสูงสุดและความเข้มข้นต่ำสุดห่างกันได้ไม่เกิน 10 เท่า ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน จึงควรใช้ 1 mg L^{-1} และ 10 mg L^{-1} และก่อนที่จะวัดสารละลายมาตรฐานต้องเติม ISA 1 mL ต่อสารละลายมาตรฐาน 100 mL

การ Set Potassium Electrode

1. ต่อ sensing module เข้ากับ electrode body (ระวังอย่าให้ rub-

ber washer ที่ตัว sensing module หลุดหายไป) หมุนด้วยมือจนแน่นพอสมควร

2. สะบัด electrode (เหมือนเทอร์โมมิเตอร์ 5-6 ครั้ง)

3. แช่ electrode ในสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} อย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนการใช้งาน (จุ่มลึกประมาณ 1 cm)

4. ก่อนวัดสารละลายตัวอย่าง ควรนำ electrode K^+ ที่แช่ในสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} อย่างน้อย 2 ชั่วโมงแล้ว และ reference electrode ที่เติมสารละลายใน inner และ outer chamber เรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งแช่น้ำกลั่นอย่างน้อย 1 วัน นำมาแช่น้ำกลั่นพร้อมกัน ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วจึงทำการวัดค่าโพแทสเซียม

ก่อนการใช้ Potassium electrode ต้องหา electrode slope โดย

1. กด Yes ค้างไว้แล้วเสียบปลั๊ก สักครู่จึงปล่อยมือ

2. เครื่องจะ Test ตัวเองจาก Test 1 ถึง Test 7 ก็จะหยุด ให้กดปุ่มทุกปุ่มบนเครื่อง

3. เครื่องจะ Test ต่อจนถึง Tetst 9 แล้วหน้าจอจะหายไปสักครู่จึงปรากฏโหมด บนหน้าจอ

4. ใส่สาย electrode และ reference electrode แล้วกดปุ่มโหมด จนกระทั่งหน้าจอขึ้นโหมด CON แล้วกดปุ่ม CAL รอสักครู่ จนตัวเลขนิ่งขึ้นเป็นเลข 1 ให้ใส่เลข 2 (กรณีสารละลายโพแทสเซียม มาตรฐาน 2 ตัวอย่าง) แล้วกด Yes

5. เอาน้ำกลั่นออก แล้วนำสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานตัวที่ 1 (1 mg L^{-1}) ใส่รอจนกระทั่ง ค่านิ่ง หน้าจอจะขึ้นคำว่า ENTER VALUE แล้วใส่ตัวเลข 1.00 กด Yes

6. เอาสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐานตัวที่ 1 ออก แล้วล้าง electrode ด้วยน้ำกลั่นซับให้แห้งแล้วนำสารละลายโพแทสเซียมมาตรฐาน ตัวที่ 2 (10 mg L^{-1}) ใส่รอจนกระทั่งค่านิ่ง หน้าจอจะขึ้นค่าว่า ENTER VALUE แล้วใส่ตัวเลข 10.00 กด Yes แล้วรอให้ขึ้นค่า Slope จะมีค่าเท่ากับ 45 ± 2

7. วัดสารละลายตัวอย่าง

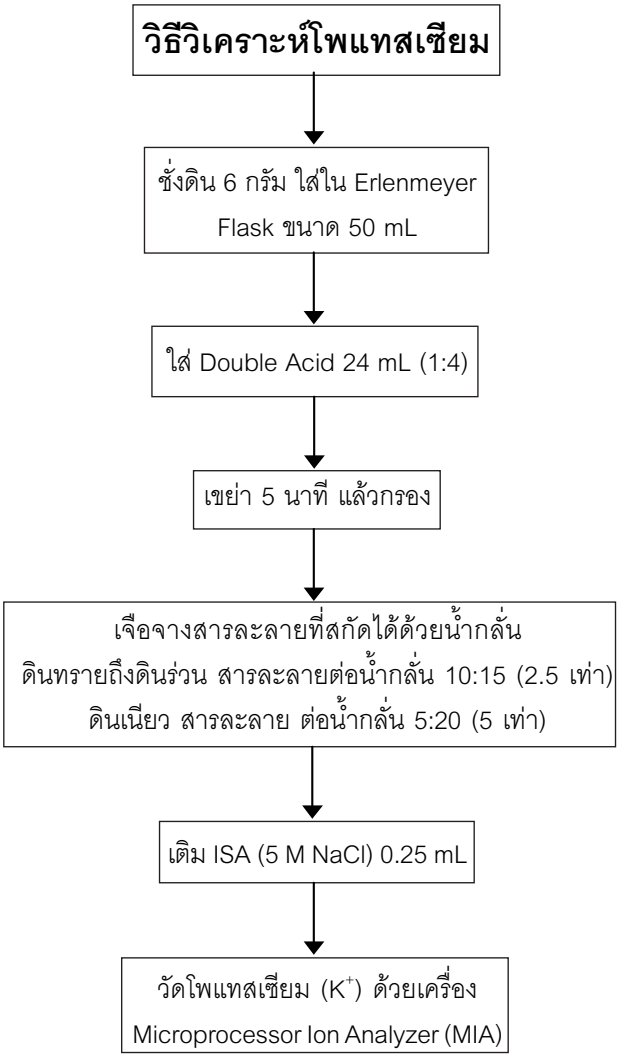
ตารางที่ 6.9 หลักการประเมินปริมาณโพแทสเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย (DA)

ปริมาณฟอสฟอรัส ($mg\ kg^{-1}$)	ระดับ	การประเมิน
<15	ต่ำมาก	ดิน เกือบไม่มีธาตุโพแทสเซียมอยู่เลย ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิตต่ำกว่า 50% ของผลผลิตสูงสุด
16-30	ต่ำ	ดิน มีธาตุโพแทสเซียมอยู่บ้าง ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิตระหว่าง 50-75% ของผลผลิตสูงสุด
31-60	ปานกลาง	ดิน มีธาตุโพแทสเซียมบ้างพอควร ปริมาณทีมี่ อยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิตระหว่าง 75-100% ของผลผลิตสูงสุด
61-120	สูง	ดิน มีธาตุโพแทสเซียมเพียงพอ ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต 100% ของผลผลิตสูงสุด
>120	สูงมาก	ดิน มีธาตุโพแทสเซียมเพียงพอกับความต้องการของพืช และเหลือใช้ปริมาณที่ อยู่ในดินทำให้พืชได้รับผลผลิต 100% ของผลผลิตสูงสุด และมีธาตุโพแทสเซียมสำรองไว้ใช้ต่อไปได้อีก

ที่มา : Cope and Kirkland (1975)

หมายเหตุ ปริมาณโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่กำหนดในตารางนี้เป็นเพียงข้อมูลขั้นพื้นฐานเพื่อไปประกอบการพิจารณาร่วมกับสภาพความเป็นกรดของดิน เนื้อดิน ชนิดของพืชที่ปลูก และสัดส่วนของธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดิน และอื่น ๆ การกำหนดอัตรา ชนิด และประเภทของปุ๋ย จะต้องสอดคล้องกับสภาพดิน และความต้องการของพืช รวมถึงการจัดการดิน การจัดการน้ำ และ

การจัดการพืชที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ชำนาญการในด้านการประเมินผลการวิเคราะห์ดิน



ภาพที่ 6.14 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม (K^+)

เอกสารอ้างอิง

Cope, J.T. Jr and D.L. Kirkland. 1975. Fertilizer recommendatioins and computer program key used by then soil testing laboratory, Audurn Univ. Agr. Exp. Sta. Cir 176 P

Mehlich, A. 1953. Determination of P, K, Na, Ca, Mg, and NH4 , Soil Test Div, Mimeo, N, C Dept. Agr., Raleigh, NC.

วิธีวิเคราะห์แคลเซียม (Ca^{+2})

แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available calcium)

แคลเซียมเป็นธาตุอาหารรองของพืชที่พืชต้องการปริมาณมาก แต่น้อยกว่าธาตุหลัก ปกติมีอยู่ในดินเพียงพอต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไป แคลเซียมในดินส่วนใหญ่ จะอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Ca^{+2}) และรูปที่ละลายได้ (soluble Ca^{+2}) ซึ่งแคลเซียมในดินรูปต่างๆ จะอยู่ในสภาพสมดุลเปลี่ยนไปมาได้ ทั้ง 2 รูปนี้รวมกันถือว่าเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available from คือพืชดูดเอาไปใช้ได้)

วิธีวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์

การวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ คือการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้เช่นเดียวกับการวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยใช้น้ำยาสกัดชนิดเดียวกันคือ สารละลาย Double acid (DA) แล้วนำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดโดยเครื่อง Microprocessor IonAnalyzer (MIA)

สารเคมีและอุปกรณ์

1. Single reference electrode ซึ่งเติมสารละลาย ORION เบอร์ 900011 หรือ 4M KCl ก่อนใช้งานต้องแช่น้ำกลั่นไว้ 1 วัน

2. สารละลายแคลเซียม มาตรฐานความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ (Cacium standard solution 0.1 M) เตรียมให้เป็น 1000 mgL^{-1} โดยดูดมา 25 mL แล้วผสมกับน้ำกลั่นให้เป็น 100 mL

3. Ionnic Strength Adjuster (ISA) (4 M KCl) เตรียมโดยชั่ง โพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 298.2 g ละลายน้ำกลั่นทำให้เป็น 1 L เนื่องจาก 4 M KCl มีความเข้มข้นมากจะละลายช้า ควรใช้เครื่อง magnetic Stirrer ช่วยคน หรือใช้สารละลาย ORION เบอร์ 932009

4. น้ำกลั่น

5. ปิเปตต์ (pipette) แบบอัตโนมัติขนาด 1, 5 และ 10 mL

6. เครื่องดูดและจ่ายสารละลาย (dispensor) ขนาด 15 และ 60 mL ที่สามารถปรับจ่ายสารละลายได้

7. เครื่องดูดและจ่ายสารละลาย (dispensor) ขนาด 25 mL

8. สารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่าง

9. บีกเกอร์ (beaker) พลาสติก ขนาด 100 mL

10. บีกเกอร์ (beaker) พลาสติก ขนาด 50 mL

11. ปิเปตต์ (pipette) 2 และ 20 mL

12. ขวดแก้ววัดปริมาตร (volumetric flask) 10 mL

13. เครื่อง magnetic stirrer พร้อม magnetic bar

14. เครื่อง Microprocessor Ion Analyzer (MIA)

15. ขวดเปล่าสำหรับเสียบ dispensor

16. ถาดอะลูมิเนียม ขวดฉีดน้ำกลั่น และ บีกเกอร์พลาสติกขนาดต่าง ๆ

17. กระดาษซับ eletrode

เทคนิคการวิเคราะห์

เนื่องจากการวัดค่าแคลเซียมโดยเครื่อง MIA ต้องใช้สารละลายในการวัดอย่างน้อย 25 mL และเท่าที่ทำการทดสอบมาหลายครั้ง พบว่าปริมาณแคลเซียมในประเทศไทยส่วนมากเกิน 200 mg kg^{-1} และส่วนใหญ่จะมีไม่เกิน 2000 - 4000 mg kg^{-1} ดังนั้นจึงสามารถนำสารละลายที่สกัดได้มาทำให้เจือจางได้ตามอัตราส่วนดังนี้

ตารางที่ 6.10 เนื้อดินกับสัดส่วนที่ใช้ในการทำให้สารละลายที่สกัดได้เจือจาง

ประเภทเนื้อดิน	การทำให้เจือจาง (เท่า)	สารละลายต่อน้ำกลั่น (mL mL^{-1})	ปริมาณแคลเซียมในดิน (mg kg^{-1})
ดินทรายถึงดินร่วน	5.0	5:20	ค่าที่อ่านได้x20
ดินเหนียว	25.0	1:24	ค่าที่อ่านได้x100

หมายเหตุ สารละลายที่สกัดได้จากตัวอย่างใช้ pipette แบบอัตโนมัติ ขนาด 5 และ 1 mL ดูดสารละลายตัวอย่าง ส่วนการดูดน้ำกลั่นใช้ dispensor ดูด โดยปรับปริมาตรให้ได้เท่ากับ 20 หรือ 24 mL แล้วแต่กรณี เพื่อสะดวกในการทำการวิเคราะห์แต่ละครั้ง จึงควรตั้งสัดส่วนระหว่างสารละลายกับน้ำกลั่นเพียงสัดส่วนเดียวโดยเลือกสัดส่วนที่ดินส่วนใหญ่ในบริเวณนั้นมีเนื้อดินนั้นอยู่มาก หลังจากทำสารละลายที่สกัดได้ให้เจือจางแล้ว จึงนำมาเติม ISA (4 M KCl) จำนวน 0.25 mL โดยการใช้ เครื่องดูด และจ่ายสารละลายที่สามารถดูดสารละลาย ISA ได้คราวละ 16-60 mL และสามารถปรับให้จ่ายสารละลาย ISA ลงมาได้ทีละ 0.25 mL สารละลายตัวอย่างก็พร้อมที่จะถูกนำไปวัดด้วย Calcium electrode ได้

สำหรับการวัดประมาณแคลเซียมด้วยเครื่อง MIA สารละลายมาตรฐานต้องมีอย่างน้อย 2 ค่า คือ ปริมาณสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นสูงสุดและความเข้มข้นต่ำสุด ห่างกันได้ไม่เกิน 10 เท่าดังนั้น สารละลายแคลเซียมมาตรฐาน จึงควรใช้ 2 mg L^{-1} และ 20 mg L^{-1} และก่อนที่จะวัดต้องเติม ISA 1 mL ต่อสารละลายมาตรฐาน 100 mL

การ Set Calcium Electrode

1. ต่อ sensing module เข้ากับ electrode boby (ระวังอย่างให้ rubber washer ที่ตัว sensing module หลุดหายไป) หมุนด้วยมือจนแน่นพอสมควร

2. สะบัด electrode (เหมือนเทอร์โมมิเตอร์ 5-6 ครั้ง)

3. แช่ electrode ในสารละลายมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} อย่างน้อย 2 ชั่วโมง ก่อนการใช้งาน (จุ่มลึกประมาณ 1 cm)

4. ก่อนวัดสารละลายตัวอย่าง ควรนำ electrode Ca^{+2} ที่แช่ในสารละลายมาตรฐาน 1000 mg L^{-1} อย่างน้อย 2 ชั่วโมงแล้ว และ reference electrode ที่เติมสารละลายเบอร์ 900011 เรียบร้อยแล้วพร้อมทั้งแช่น้ำกลั่นอย่างน้อย 1 วัน นำมาแช่น้ำกลั่นพร้อมกันทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที แล้วจึงทำการวัดค่าปริมาณแคลเซียม

ก่อนการใช้ Calcium electrode ต้องหา electrode slope โดย

1. กด Yes ค้างไว้แล้วเสียบปลั๊ก สักครู่จึงปล่อยมือ

2. เครื่องจะ Test ตัวเองจาก Test1 ถึง Test7 ก็จะหยุด ให้กดปุ่มทุกปุ่มบนเครื่อง

3. เครื่องจะ Test ต่อจนถึง Test9 แล้วหน้าจอจะหายไปสักครู่จึงปรากฏในโหมดบนหน้าจอ

4. ใส่สาย electrode และ reference electrode แล้วกดปุ่มโหมดจนกระทั่งหน้าจอขึ้นโหมด CON แล้วกดปุ่ม CAL รอสักครู่ จนตัวเลขนิ่งขึ้นเป็นเลข 1 ให้ใส่เลข 2 (กรณีสารละลายแคลเซียมมาตรฐาน 2 ตัวอย่าง) แล้วกด Yes

5. เอาน้ำกลั่นออก แล้วเอาสารละลายแคลเซียมมาตรฐานตัวที่ 1 (2 mgL^{-1}) ใส่รถจนกระทั่ง ค่านิ่ง หน้าจอจะขึ้นคำว่า ENTER VALUE แล้วใส่ตัวเลข 2.00 กด Yes

6. เอาสารละลายแคลเซียมมาตรฐาน ตัวที่ 1 ออก แล้วล้าง electrode ด้วยน้ำกลั่นซับให้แห้ง แล้วเอาสารละลายแคลเซียมมาตรฐานตัวที่ 2 (20 mgL^{-1}) ใส่ รอจนกระทั่งค่านิ่ง หน้าจอจะขึ้นคำว่า ENTER VALUE แล้วใส่ตัวเลข 20.00 กด Yes แล้วรอให้ขึ้นค่า Slope จะมีค่าเท่ากับ 25+2

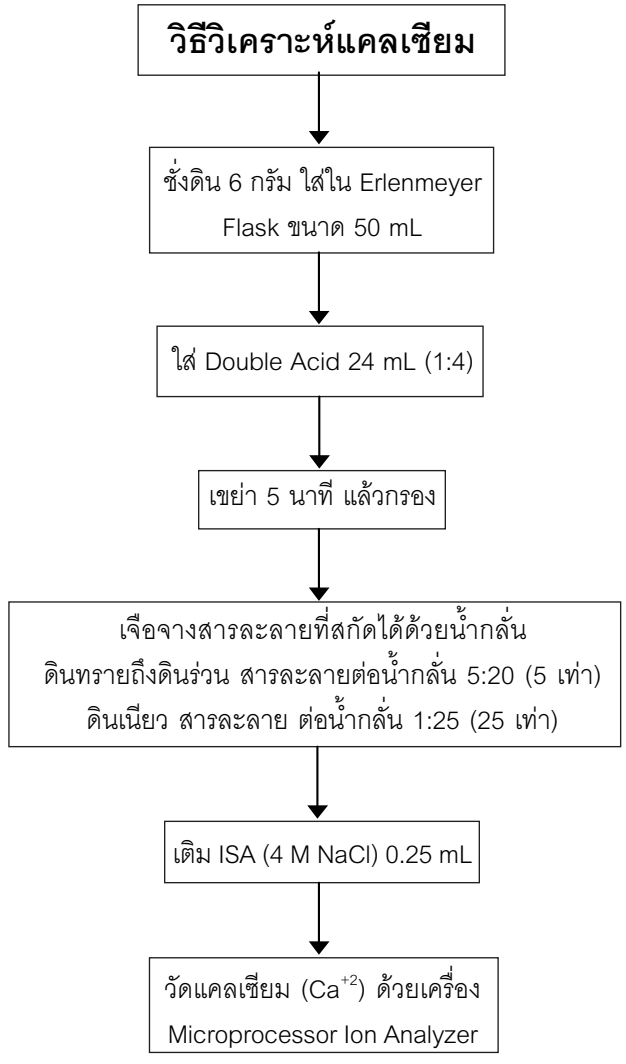
7. วัดสารละลายตัวอย่าง

ตารางที่ 6.11 หลักการประเมินแคลเซียม ในรูปที่เป็นประโยชน์ที่สกัดด้วย (DA)

ปริมาณฟอสฟอรัส (mg kg^{-1})	ระดับ	การประเมิน
<101	ต่ำ	ดิน เกือบไม่มีธาตุแคลเซียมอยู่เลย ปริมาณที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต ต่ำกว่า 50% ของผลผลิตสูงสุด
101-200	ปานกลาง	ดิน มีธาตุแคลเซียมบ้างพอควร ปริมาณทีมี่ อยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต ระหว่าง 75-100% ของผลผลิตสูงสุด
>200	สูง	ดิน มีธาตุแคลเซียมเพียงพอ ปริมาณ ที่มีอยู่ในดินทำให้พืชได้ผลผลิต 100% ของผลผลิตสูงสุด

ที่มา : Cope and Kirklan (1975)

หมายเหตุ ปริมาณแคลเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชที่กำหนดในตารางนี้เป็นพียงข้อมูลพื้นฐานเพื่อไปประกอบการพิจารณาร่วมกับสภาพความเป็นกรดของดิน เนื้อดิน ชนิดของพืชที่ปลูก และสัดส่วนของธาตุชนิดต่าง ๆ ที่มีอยู่ในดินและอื่น ๆ การกำหนดอัตรา ชนิด และประเภทของปุ๋ย จะต้องสอดคล้องกับสภาพดินและความต้องการของพืช รวมถึงการจัดการดิน การจัดการน้ำ และการจัดการพืชที่เหมาะสม ซึ่งขึ้นอยู่กับการพิจารณาของผู้ชำนาญการในด้านการประเมินผลการวิเคราะห์ดิน



ภาพที่ 6.15 แผนผังแสดงวิธีวิเคราะห์แคลเซียม (Ca^{+2})

เอกสารอ้างอิง

Cope , J.T. Jr , and D.L. kirkland. 1975. Fertilizer recommendations and computer program key used by the soil testing laboratory, Auburn Univ. Agr. Exp. Sta. Cir. 176 P.

Mehlich, A. 1953. Determination of P, K, Na, Ca, Mg, and NH4. Soil Test Div. Mimeo,N.C. Dept. Agr., Raleigh, Nc.

สารบัญ

เล่มที่ 1	หน้า
ส่วนที่ 1 กายภาพดิน	1
การเก็บตัวอย่างดิน และการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์	3
การวิเคราะห์ขนาดของอนุภาคดิน	5
ความชื้นของดินที่แรงดึงบรรยากาศต่างๆ	21
ความหนาแน่นรวมของดิน	25
ความหนาแน่นของอนุภาคดิน	30
ความชื้นในดิน	34
การวัดการนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัวในห้องปฏิบัติการ	39
ส่วนที่ 2 เคมีดิน	45
การเก็บตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์	47
วิธีวิเคราะห์ปฏิกิริยาของดิน	55
วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรดของดิน	61
วิธีวิเคราะห์ความต้องการปูน	70
วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า	80
วิธีวิเคราะห์ความต้องการยิปซัม	101
วิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุในดิน	104
วิธีวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน	110
วิธีวิเคราะห์ธาตุต่างๆ ในดิน	125

เล่มที่ 2	
ส่วนที่ 3 สิ่งแวดล้อมดิน	1
การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์	3
การวิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	7
การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity, EC)	11

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2561-3167

ที่ปรึกษา

นายณรงค์	ชินบุตร ผู้อำนวยการสำนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาที่ดิน

คณะผู้จัดทำ

ส่วนวิจัยเคมีดิน

นางชูจิตต์	สงวนทรัพยากร
นางละเอียด	สินธุเสน
นางนพมณี	สุวรรณัง
น.ส.สุวรรณีย์	ภูธรธราช
นายรัตนชาติ	ช่วยบุดดา
น.ส.ปิ่นเพชร	บุญสุข

ส่วนวิจัยกายภาพดิน

นางสาวดรุณี	ชัยโรจน์
นางนฤมล	จันทรวัชรากร
นายสันติ	รัตนอานุภาพ

ส่วนวิจัยสิ่งแวดล้อม

นางนิตยาพร	ตันมณี
นางอรทัย	ศุกรียพงศ์
น.ส.ชนิดา	จรัญวรพรรณ
น.ส.ละไม	ศรีสวัสดิ์

ส่วนวิเคราะห์วิจัยพืช ปุ๋ย และวัสดุปรับปรุงดิน

นางประเทือง	ตรีเพชร
นางไพลิน	บุญวิทยา
น.ส.สรวงธิดา	ลิปิมงคล
นายสุรเชษฐ์	นาราภัทร์

ส่วนวิทยบริการ

นางชูศรี	สุขวิวัฒน์
น.ส.นภาพร	เมฆลอย
นางสุจจารี	พินิจ
น.ส.ทัศนีย์	หนูมโน

ศูนย์รับรองมาตรฐานสินค้า

น.ส.จุฑารัตน์	คำนึงกิจ

ผู้ประสานงานและจัดรูปเล่ม

นางอรทัย	ศุกรียพงศ์
นายสันติ	รัตนอานุภาพ
นายจิราวุฒิ	เวียงวงษ์งาม

พิมพ์ครั้งที่ 1
กันยายน 2547
จำนวน 200 เล่ม
สงวนลิขสิทธิ์

จัดพิมพ์โดย
สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน
2003/61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร. 02561-3167

พิมพ์ที่ บริษัท ดับบลิว.เจ พร็อพเพอตี้ จำกัด โทร. 0-2616-3400-5

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
กรมพัฒนาที่ดิน

คู่มือการวิเคราะห์ ตัวอย่างดินน้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์ เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า