## ภาคผนวก

### 1 การวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักผสมลีโอนาร์ไดท์ และลีโอนาร์ไดท์

**1.1 ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด – ด่าง (pH)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ชั่งตัวอย่างปุ๋ย 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 150 มล. เติมน้ำกลั่น 100 มล. (อัตราส่วนของปุ๋ยต่อน้ำ = 1:10) คนด้วยแท่งแก้ว ตั้งทิ้งไว้ประมาณครึ่งชั่วโมง นำไปวัดค่า pH โดยใช้ pH – meter

**1.2 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ใน หลอดทดลอง ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 25 มล. คนทิ้งไว้นาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่า EC ด้วยเครื่อง Conductivity meter

**1.3 อินทรียวัตถุ (organic matter)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. เตรียมสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$ (Oxidizing agent) 1 N

ชั่ง $K_2Cr_2O_7$ (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 $^{\circ}$C นาน 2 ชั่วโมง และปล่อยให้เย็นใน desiccator) 49.0247 กรัม ใส่ใน volumetric flask 1,000 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 500 มล. เขย่าและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. เขย่าให้เข้ากัน

2. เตรียมสารละลาย $FeSO_4$ (Reducing agent) 0.5 N

ชั่ง $FeSO_4.7H_2O$ จำนวน 139.0085 กรัม ใส่ใน volumetric flask 1,000 มล. เติมน้ำกลั่นประมาณ 500 มล. เขย่าให้ละลายจนหมดแล้วจึงเติม $H_2SO_4$ 20 มล. ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. เขย่าให้เข้ากัน

3. เตรียม O – phenanthroline ferrous sulfate (indicator)

ละลาย O – phenanthroline 0.74 กรัม และ ferrous sulfate 0.35 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มล.

4. หาปริมาณอินทรียวัตถุในปุ๋ยหมัก

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 75 $^{\circ}$C นาน 20 ชั่วโมง) ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.1000 กรัม ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มล. เติม 1 N $K_2Cr_2O_7$ จำนวน 10 มล. เติม $H_2SO_4$ (conc.) 10 มล. ทิ้งไว้ข้ามคืน เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาณ 100 มล. เติม O – phenanthroline ferrous sulfate (indicator) 10 หยด ไตเตรทด้วย $FeSO_4.7H_2O$ จนได้สารละลายสีเขียว และเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลปนแดงถึงจุดยุติ ทำ blank โดยใช้ 1 N $K_2Cr_2O_7$ 10 มล. ซึ่งเป็นปริมาณเดียวกับที่เติมลงไปในตัวอย่างและทำวิธีเดียวกันกับตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\% \text{ อินทรียวัตถุ (OM)} = \frac{0.3896 \times N \times B\,(C - D) \times 1.7241}{AC}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

B = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่เติมลงไปในตัวอย่างและ blank (มล.)

C = ปริมาตรของ $FeSO_4.7H_2O$ ที่ไตเตรทพอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ใน blank (มล.)

D = ปริมาตรของ $FeSO_4.7H_2O$ ที่ไตเตรทพอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ในตัวอย่าง (มล.)

N = ความเข้มข้นเป็น normal ของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$

**1.4 ไนโตรเจน (Total N)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ชั่งปุ๋ยหมักประมาณ 0.2000 กรัม เติม Salicylic acid 0.5 กรัม และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 98 % ($H_2SO_4$) 10 มล. ย่อยที่อุณหภูมิ 100 °C จนละลายหมด ยกลงไว้ให้เย็น 5 – 10 นาที เติม sodiumthiosulfate ($N_2S_2O_3.5H_2O$) 1 กรัม ย่อยต่ออีก 5 – 10 นาที (ทิ้งให้เย็น) เติม Catalyst mixture 0.5 กรัม ย่อยต่อ (โดยปรับอุณหภูมิขึ้นครั้งละ 20 – 30 °C เริ่มจาก 100 °C จนครบ 400 °C) จนใส ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรให้ได้ 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น นำไปกลั่นด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน โดยใช้สารละลาย 25 มล. เติม NaOH 40% 40 มล. จุ่มปลายเครื่องกลั่นด้วย flask ขนาด 250 มล. ที่บรรจุ boric acid indicator solution 10 มล. กลั่นจนได้สารละลายใน flask รวม 100 มล. แล้วนำไปไตเตรทด้วยกรดซัลฟูริก ($H_2SO_4$) เข้มข้น 0.02 N

$$\% \text{ Total N} = \frac{\text{ความเข้มข้น } H_2SO_4 \times \text{ปริมาตรของ } H_2SO_4 \text{ ที่ใช้ไตเตรท} \times v \times 1.4007 \times 100}{V \times W}$$

เมื่อ v = ปริมาตรที่นำไปใช้กลั่น

V = ปริมาตรที่ปรับเริ่มต้น (หลังจากย่อยจนใส)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.5 ฟอสฟอรัส (Total $P_2O_5$)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. เตรียมกรดผสม $HNO_3$ (conc.) และ $HClO_4$ (conc.)

ผสม $HNO_3$ (conc.) และ $HClO_4$ (conc.) อัตรา 1:1 โดยปริมาตร ผสมให้กันแล้วนำไปบรรจุไว้ในขวดสีชา เก็บไว้ในที่มืด

2. เตรียม Barton's solution หรือ Molybdovanadate reagent

ชั่ง Ammonium molybdate 40 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มล. ละลายด้วยน้ำร้อน 300 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น ชั่ง Ammonium metavanadate ($NH_4VO_3$) 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มล. ละลายด้วยน้ำร้อน 300 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น และเติมกรด $HClO_4$ 70% ลงไป 125 มล. ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากันและทิ้งไว้ให้เย็น ค่อย ๆ รินผสมสารละลาย Ammonium molybdate ที่เตรียมไว้ลงในสารละลาย Ammonium metavanadate ใน volumetric flask ขนาด 2,000 มล. ปรับปริมาตรเป็น 2 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น จะได้สารละลายเป็นสีเหลืองอ่อน เก็บไว้ในขวดสีชา

3. เตรียม Standard solution 1,000 ppm P

โดยชั่ง $KH_2PO_4$ (ซึ่งผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 °C นาน 2 ชั่วโมง) จำนวน 4.3936 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล.

4. เตรียม Standard solution 100 ppm P

โดยปิเปต Standard solution 1,000 ppm P จำนวน 10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

5. เตรียม Working standard 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm P

โดยปิเปต Standard solution 100 ppm P จำนวน 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ไว้รอดำเนินการเช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่าง

6. หาปริมาณ Total $P_2O_5$ ในปุ๋ยหมัก

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ผ่านการบดและอบแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.5000 กรัม ใส่ หลอดย่อย ขนาด 100 มล. เติมกรดผสม ($HNO_3$ : $HClO_4$ อัตรา 1:1) 20 มล. นำไปย่อยบน hot plate หรือ digestion block ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 220 °C ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย หรือสารละลายมีลักษณะสีใส ซึ่งจะใช้ระยะเวลาประมาณ 2 – 4 ชั่วโมง จากนั้นยกลงจากเตาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง นำสารละลายที่ย่อยและเย็นแล้วถ่ายใส่ volumetric flask ขนาด 250 มล. ล้างตะกอนที่ติดอยู่ข้าง volumetric flask ออกให้หมด ปรับปริมาตรเป็น 250 มล. ปิเปตสารละลายตัวอย่าง 2 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม Molybdovanadate reagent (Barton's solution) ลงไป 10 มล. ปรับปริมาตรให้เป็น 100 มล. ด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันและตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 30 นาที สำหรับ Working standard 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppmP ที่เตรียมไว้ก็

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ดำเนินการ Develop สีเช่นเดียวกัน พร้อมกันกับสารละลายตัวอย่าง นำไปวัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ 420 nm. อ่านค่า Absorbance (%A) นำค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐานไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสและ % A (standard curve) อ่านค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างจาก standard cur

$$P\ (\%) = \frac{\text{ppm P จากกราฟ} \times V_1 \times V_2 \times 100}{\text{Wt of sample (g)} \times V_3 \times 10^6}$$

เมื่อ $V_1$ = First solution volume (ml)

$V_2$ = Final solution volume (ml)

$V_3$ = Aliquot take volume (ml)

$$P_2O_5\ (\%) = \frac{\%\ P \times (2 \times \text{equivalent wt. of P}) + (5 \times \text{equivalent wt. of O})}{2 \times \text{equivalent wt. of P}}$$

**1.6 โพแทสเซียม (Total $K_2O$)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. เตรียมสารละลาย Suppressor

ชั่ง $CaCO_3$ 12.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มล. ใส่น้ำให้พอท่วม $CaCO_3$ เติมกรดเกลือเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 105 มล. ลงไปทีละน้อย นำไปต้มพอเดือด แล้วทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. เขย่าให้เข้ากัน

2. หาปริมาณโพแทสเซียม (Total $K_2O$)

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยฟอสฟอรัสในข้อ 1.5 ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ (0 – 25 ppm) ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติมสารละลาย Suppressor 10 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 0 – 25 ppm ที่เตรียมไว้ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณ

$$\%\ K_2O = 1.2046 \times \text{ppm K} \times \text{dilution factor} \times 100 \times 10^6$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.7 แคลเซียม แมกนีเซียม (Total Ca, Mg)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. การเตรียมสารละลาย 5 % Lanthanum chloride

1.1 ละลาย Lanthanum oxide 58.65 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 250 มล.

1.2 เติมกรด 37% HCl 250 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น

1.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask 1,000 มล.

2. การเตรียมสารละลาย 0.2 % Lanthanum chloride

2.1 ดูดสารละลาย 5 % Lanthanum chloride จำนวน 40 มล. โดยใช้ volumetric pipette ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. การเตรียมสารละลาย standard Ca ที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm และสารละลาย standard Ca ที่มีความเข้มข้น 100 ppm

ชั่ง $CaCO_3$ จำนวน 2.5250 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มล. เติม conc.HCl จำนวน 5 มล. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask จะได้ standard Ca 1,000 ppm สำหรับ standard Ca 100 ppm เตรียมได้จากการดูดสารละลาย standard Ca 1,000 ppm จำนวน 10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

4. การเตรียมสารละลาย standard Mg ที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm และสารละลาย standard Mg ที่มีความเข้มข้น 100 ppm

ชั่ง $MgSO_4.7H_2O$ จำนวน 1.0271 กรัม ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น สำหรับ standard Mg ที่มีความเข้มข้น 100 ppm เตรียมได้จากการดูดสารละลาย standard Mg 1,000 ppm จำนวน 10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

5. การเตรียม standard curve ของ Ca และ Mg ที่มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm

เตรียม standard curve ของ Ca ที่มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm จากการดูดสารละลาย standard Ca 100 ppm มาจำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม $H_2SO_4$ 1.88 M จำนวน 2 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride สำหรับ standard curve ของ Mg ที่มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm เตรียมจากดูดสารละลาย standard Mg 100 ppm มาจำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม $H_2SO_4$ 1.88 M จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer Ca ที่ความยาวคลื่น 422.7 nm. และ Mg ที่ความยาวคลื่น 285.2 nm.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

6. การหาปริมาณ Ca และ Mg

ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยฟอสฟอรัสในข้อ 1.5 มาจำนวน 1 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เช่นเดียวกับ standard curve ในข้อที่ 1.5 แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ Ca และ Mg ดังสมการ

$$\text{Ca หรือ Mg (ppm)} = \frac{C \times Vf \times Vd \times 100}{Va \times w}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้น Ca /Mg ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve

Vf = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

Vd = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

Va = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W = น้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

**1.8 เหล็ก (Total Fe)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยฟอสฟอรัสในข้อ 1.5 ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ (0 – 5 ppm) ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 0 – 5 ppm ที่เตรียมไว้ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณ

$$\text{Fe (\%)} = \text{ppm Fe} \times \text{dilution factor} \times 100 \times 10^{6}$$

**1.9 ทองแดง (Total Cu)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยฟอสฟอรัสในข้อ 1.5 ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ (0.1 – 0.5 ppm) ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 0.1 – 0.5 ppm ที่เตรียมไว้ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณ

$$\text{Cu (\%)} = \text{ppm Cu} \times \text{dilution factor} \times 100 \times 10^{6}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.10 สังกะสี (Total Zn)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยฟอสฟอรัสในข้อ 1.5ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ (1 –5 ppm) ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 1 –5 ppm ที่เตรียมไว้ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณ

$$Zn (\%) = ppm\ Zn \times dilution\ factor \times 100 \times 10^{6}$$

**1.11 แมงกานีส (Total Mn)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ปิเปตสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยฟอสฟอรัสในข้อ 1.5ให้มีความเข้มข้นอยู่ในช่วงสารละลายมาตรฐานที่เตรียมไว้ (1 –5 ppm) ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากัน นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เทียบกับสารละลายมาตรฐาน 1 –5 ppm ที่เตรียมไว้ แล้วนำค่าที่วัดได้ไปคำนวณ

$$Mn (\%)= ppm\ Mn \times dilution\ factor \times 100 \times 10^{6}$$

**1.12 กรดฮิวมิค (% HA)** ดัดแปลงจาก (Deborah and Burba, 1999)

1. เตรียมสารละลาย 0.5 M NaOH/0.15 M $Na_4P_2O_7$

ชั่ง $Na_4P_2O_7$ 39.8847 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด1000 มล. ละลายน้ำ 500 มล. และชั่ง NaOH 20 กรัม ละลายน้ำ 400 มล.ในบีกเกอร์ขนาด1000 มล.ทิ้งไว้ในเย็น จากนั้นนำมาผสมกับสารละลาย $Na_4P_2O_7$ ที่เตรียมไว้ ปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 1000 มล.

2. วิธีการวิเคราะห์กรดฮิวมิค

2.1 ชั่งตัวอย่าง 11 กรัม ละลายในสารละลาย 0.5 M NaOH/0.15 M $Na_4P_2O_7$ 250 มล. จากนั้นนำไปเขย่า 24 ชั่วโมง และนำมา centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลาย

2.2 กรองเอาสารลายที่กรองได้ซึ่งประกอบไปด้วยกรดฮิวมิคและกรดฟลูวิค นำไปปรับ pH ให้เป็น 2 ด้วย HCl 0.1 M หลังจากนั้น 24 ชั่วโมงกรดฮิวมิคจะแยกออกจากกรดฟลูวิคอย่างชัดเจน และนำไป centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที กรองเก็บตะกอนกรดฮิวมิคที่กรองได้ไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 $^{\circ}C$ ชั่งคำนวณหาน้ำหนักตะกอนกรดฮิวมิคในตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

**1.13 วิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (% GI)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 เมล็ดพันธุ์ผัก เช่น เมล็ดผักกาดเขียวกวางตุ้ง ที่มีความงอกไม่ต่ำกว่า 95 %

1.2 น้ำกลั่น

1.3 จานเพาะเชื้อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร

1.4 กระดาษกรองหรือกระดาษเพาะเมล็ด

2. วิธีการ

2.1 สกัดสารละลายตัวอย่างละลายในน้ำกลั่น อัตราส่วน 1:10 (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) เขย่าประมาณ 180 ครั้งต่อนาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรอง

2.2 ตีตารางบนกระดาษกรองจำนวน 10 ช่อง วางเมล็ดพืช ช่องละ 1 เมล็ด จำนวน 10 เมล็ดต่อจานเพาะ โดยควรทำอย่างน้อย 4 ซ้ำ

2.3 ใส่น้ำสกัดในจานเพาะจานละ 3 มล. และใส่น้ำกลั่นในจานตำรับควบคุมจานละ 3 มล.

2.4 บ่มจานเพาะเมล็ดไว้ในที่มืดอุณหภูมิระหว่าง 28-30 $^{o}$C นาน 48 ชั่วโมง

2.5 เก็บรวบรวมข้อมูล

- ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมดต่อจาน (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)
- วัดความยาวของรากเมล็ดที่งอกทั้งหมดแล้วหาค่าเฉลี่ย (หน่วยเป็นเซ็นติเมตร)

$$\% \text{ GI} = \frac{\% \text{ ความงอกตำรับน้ำสกัดปุ๋ยหมัก} \times \text{ความยาวรากน้ำสกัดปุ๋ยหมัก} \times 100}{\% \text{ ความงอกตำรับควบคุม} \times \text{ความยาวรากตำรับควบคุม}}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน**

**2.1 ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด – ด่างของดิน (pH ดิน)** (เนาวรัตน์, 2527)

ชั่งดินจำนวน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 40 มล. ใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำเป็น 1:1 คนให้เข้ากันโดยคน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 5 นาที แล้วตั้งทิ้งไว้ 30 นาที จึงนำไปวัด pH โดยใช้ pH-meter

**2.3 ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC)** (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

ชั่งตัวอย่างประมาณ 5 กรัม ใส่ใน หลอดทดลอง ขนาด 50 มล. เติมน้ำกลั่น 25 มล. คนทิ้งไว้นาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่า EC ด้วยเครื่อง Conductivity meter

**2.4 อินทรียวัตถุในดิน (organic matter)** (เนาวรัตน์, 2527)

ชั่งตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรง 0.5 มม. จำนวน 0.5 กรัม ใส่ erlenmeyer flask 250 มล. เติม $K_2Cr_2O_7$ 1 N จำนวน 10 มล. โดยใช้ volumetric pipette เขย่า flask เบา ๆ เพื่อให้น้ำยากับตัวอย่างดินผสมเข้ากัน ใส่ $H_2SO_4$ จำนวน 20 มล.(รินกรดใส่ทีละน้อยเพื่อป้องกันการกระเด็นของอนุภาคดิน ควรเติมกรดในตู้ควัน) ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 100 มล. หยด O – phenanthroline ferrous complex ประมาณ 5 – 6 หยด แล้วนำมาไตเตรททันทีกับ standard ferrous sulfate 0.5 N จนปริมาตร ferrous sulfate ที่ใช้ในแต่ละตัวอย่าง end point ของ suspension จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลแดง หาความเข้มข้นที่แท้จริงของ ferrous sulfate โดยการทำ blank คือการใช้ volumetric pipette 10 มล. ดูด $K_2Cr_2O_7$ 1 N จำนวน 10 มล. ใส่ erlenmeyer flask 250 มล. ใส่ $H_2SO_4$ จำนวน 20 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 100 มล. นำไปไตเตรทกับ ferrous sulfate โดยใช้ diphenylamine หรือ O – phenanthroline เป็น indicator เช่นเดียวกับตัวอย่าง จนปริมาตร ferrous sulfate ที่ใช้กับ blank end point ของ suspension จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลแดง แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้น ดังนี้

$$N1V1 = N2V2$$

เมื่อ N1 = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

V1 = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

N2 = ความเข้มข้นของ $Fe_2SO_4$ ที่ใช้

V2 = ปริมาตรของ $Fe_2SO_4$ ที่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{อินทรียวัตถุ (\%)} = \frac{[10 - (M \times 0.5)] \times 0.672}{W}$$

เมื่อ M = ปริมาตร $Fe_2SO_4$ ที่ไตเตรทได้ (มล.)
W = น้ำหนักดิน (กรัม)

**2.5 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (total N)** (เนาวรัตน์, 2527)

1. เตรียม Potassium sulfate – catalyst mixture

ชั่ง $K_2SO_4$ 200 กรัม, $CuSO_4.5H_2O$ 20 กรัม และ Se 2 กรัม ผสมแล้วบดให้เข้ากัน

2. เตรียมสารละลาย Sodium hydroxide 10 M

ชั่ง NaOH 400 กรัม ละลายและปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่นที่ต้มไล่ $CO_2$

3. สารละลาย Boric acid - indicator

ชั่ง $H_3BO_3$ 20 กรัม ใส่ลงไปในน้ำกลั่น 900 มล. อุ่นให้ละลาย เทใส่ volumetric flask 1,000 มล. เติม mixed indicator (bromcresol green 0.099 กรัม และ methyl red 0.066 กรัม ใน ethanol 100 มล.) จำนวน 20 มล. ค่อย ๆ หยด NaOH 0.1 M จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีม่วงแดง (pH จะประมาณ 5.0 ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยรินสารละลายจำนวน 5 มล. ใส่ลงไปในกระบอกตวงขนาด 25 มล. แล้วใช้กระปุกน้ำกลั่นฉีดน้ำกลั่นลงไปอีก 5 มล. สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียว เทสารละลายที่ทดสอบคืนลงใน volumetric flask) ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

4. Standard hydrochoric acid 0.01 M

**วิธีการ**

ชั่งดินที่บดและร่อนผ่านตะแกรง 100 mesh (0.14 มม.) 1.00 กรัม ใส่ลงไปใน Kjeldahl flask 100 มล. ใส่ $K_2SO_4$ catalyst 1.1 กรัม เติมกรด $H_2SO_4$ 97 % จำนวน 3 มล. หลังจากนั้นวางลงบนเตาย่อย เปิดสวิตช์แล้วปรับอุณหภูมิให้ร้อนอ่อน ๆ จนกระทั่งฟองและการกระเด็นที่เกิดขึ้นใน flask มีน้อยมาก จึงปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนกระทั่งเห็นไอกรดกลั่นตัวอยู่แค่ประมาณ 1/3 ของคอ Kjeldahl flask และย่อยจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีเขียวหรือฟ้าใส แล้วย่อยต่อไปอีก 5 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งตัวอย่างให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปใน flask ประมาณ 20 มล. แกว่งให้เข้ากัน ถ่ายตัวอย่างใส่ขวดกลั่น ใช้น้ำประมาณ 9 มล. ล้าง flask แล้วถ่ายใส่ขวดกลั่นอีก 3 ครั้ง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตวง Boric acid – indicator 5 มล. ใส่ใน erlenmeyer flask 125 มล. แล้วนำไปใส่ไว้ตรงปลายทางออกของ condenser ของเครื่องกลั่น นำขวดกลั่นที่มีตัวอย่างติดตั้งเข้ากับเครื่องกลั่น เติม NaOH 10 M จำนวน 20 มล. แล้วเริ่มกลั่นจนกระทั่งสารละลายใน erlenmeyer flask ที่มี Boric acid indicator เพิ่มขึ้นมาถึงประมาณ 50 มล. (สารละลายที่ได้จากการกลั่นไม่ควรจะมีอุณหภูมิสูงกว่า 25 °C) แล้วล้างปลายของ condenser ด้วยน้ำกลั่นเล็กน้อย นำ erlenmeyer flask ออกจากเครื่องกลั่น แล้วหยุดเครื่องกลั่น (ถ้าหยุดเครื่องกลั่นก่อนนำ erlenmeyer flask ออกจากเครื่องกลั่น สารละลายใน erlenmeyer flask จะถูกดูดกลับเข้าไปในเครื่องกลั่น) ไตเตรทสารละลายใน erlenmeyer flask ด้วย Standard HCl 0.01 M ที่บรรจุใน Microburette จนกระทั่งสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีม่วงแดง ทำ blank โดยดำเนินการทุกอย่างเหมือนตัวอย่างปุ๋ยตั้งแต่เติมกรดเกลือและ catalyst ย่อยกลั่นและไตเตรทเหมือนตัวอย่างปุ๋ย

$$\% \text{ Total N} = \frac{\text{ความเข้มข้น } H_2SO_4 \text{ x ปริมาตรของ } H_2SO_4 \text{ ที่ใช้ไตเตรท x v x } 1.4007 \text{ x } 100}{\text{V x W}}$$

เมื่อ v = ปริมาตรที่นำไปใช้กลั่น

V = ปริมาตรที่ปรับเริ่มต้น (หลังจากย่อยจนใส)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

**2.6 ปริมาณฟอสฟอรัสที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ (available P)** (เนาวรัตน์, 2527)

1. เตรียมสารละลาย Bray II

ชั่ง $NH_4F$ จำนวน 1.11 กรัม ปรับปริมาตรด้วย HCl 0.1 N (เตรียมได้จาก conc.HCl 8.28 มล. นำมาปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล.) จนได้ปริมาตรเป็น 1,000 มล. ด้วย volumetric flask ขนาด 1,000 มล.

2. เตรียมสารละลาย Reagent A

ชั่ง Ammonium molybdate จำนวน 12.00 กรัม เติมน้ำกลั่น 250 มล. นำไปอุ่นจนกระทั่งละลาย จะได้สารละลาย (a) สำหรับสารละลาย (b) เตรียมได้จากการชั่ง antimony potassium tartrate ($KSbO.C_4H_4O_6$) จำนวน 0.2908 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. จากนั้นผสมสารละลาย (a) และสารละลาย (b) เข้าด้วยกันใน volumetric flask ขนาด 2,000 มล. เติม $H_2SO_4$ 5 N (เตรียมได้จาก conc.$H_2SO_4$ จำนวน 141 มล. หรือ 98% $H_2SO_4$ จำนวน 136.24 มล. แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล.) จำนวน 138.89 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นแล้วเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลและนำไปแช่ไว้ในตู้เย็น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

3. เตรียมสารละลาย Reagent B

ชั่ง Ascorbic acid จำนวน 1.056 กรัม เติมสารละลาย Reagent A จำนวน 200 มล. ซึ่ง Reagent B นี้มีอายุการใช้งานไม่เกิน 24 ชั่วโมง

4. เตรียมสารละลาย standard curve P ที่มีความเข้มข้น 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 ppm

ใช้ volumetric pipette ดูดสารละลาย standard P 100 ppm จำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติมสารละลาย Reagent B จำนวน 4 มล. และเติมสารละลาย Bray II จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที นำไปอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ Transmittance ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm. แล้วบันทึกผล

5. หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดิน

ชั่งดิน 2.5 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. ใช้ volumetric pipette ขนาด 25 มล. ดูดสารละลาย Bray II เติมลงไปแล้วเขย่าด้วยมือเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 ดูดสารละลายที่กรองได้จำนวน 1 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติมสารละลาย Reagent B จำนวน 4 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที นำไปอ่านค่าการส่องผ่านของแสงเช่นเดียวกับ standard curve P ในข้อที่ 4 นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสจากสมการ

$$P (\%) = \frac{C \times Vf \times Ve \times 100}{10^6 \times Va \times W}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้น P ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ Std. curve P (ppm)

Vf = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

Ve = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 25 มล.

Va = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

W = น้ำหนักดินแห้งเท่ากับ 2.5 กรัม

**2.7 ปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K)** (เนาวรัตน์, 2527)

1. เตรียมสารละลาย Ammonium acetate ($NH_4OAc$) 1 N pH 7

ชั่ง $NH_4OAc$ จำนวน 77.08 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มล. เติมน้ำกลั่น 800 มล. แล้วนำไปวัด pH และปรับ pH ให้เป็น 7 โดยใช้ $NH_3$-solution หรือ acetic acid แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. เตรียม standard curve ให้มีความเข้มข้นของ K เป็น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm

ใช้ volumetric pipette ดูด standard K 5 ppm มาจำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม $NH_4OAc$ 1 N pH 7 จำนวน 20 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3. หาปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable K) ได้ในดิน

ชั่งตัวอย่างดิน 5 กรัม ใส่ในหลอดเขย่าดิน เติมสารละลาย $NH_4OAc$ 1 N pH 7 จำนวน 50 มล. เขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 หลังจากนั้นดูดสารละลายที่กรองได้จำนวน 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เช่นเดียวกันกับข้อ 2 บันทึกผลแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ดังสมการ

$$K\ (ppm) = \frac{C \times Vf \times Vd}{Va \times W}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้น K ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ Std. curve K (ppm)

Vf = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

Vd = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อยเท่ากับ 40 มล.

Va = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

W = น้ำหนักดินแห้งเท่ากับ 4 กรัม

**2.8 กรดฮิวมิค (% HA)** ดัดแปลงจาก (Deborah and Burba, 1999)

1. เตรียมสารละลาย 0.5 M NaOH/0.15 M $Na_4P_2O_7$

ชั่ง $Na_4P_2O_7$ 39.8847 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด1000 มล. ละลายน้ำ 500 มล. และชั่ง NaOH 20 กรัม ละลายน้ำ 400 มล.ในบีกเกอร์ขนาด1000 มล.ทิ้งไว้ในเย็น จากนั้นนำมาผสมกับสารละลาย $Na_4P_2O_7$ ที่เตรียมไว้ ปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 1000 มล.

2. วิธีการวิเคราะห์กรดฮิวมิค

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2.1 ชั่งตัวอย่าง 11 กรัม ละลายในสารละลาย 0.5 M NaOH/0.15 M $Na_4P_2O_7$ 250 มล. จากนั้นนำไปเขย่า 24 ชั่วโมง และนำมา centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลาย

2.2 กรองเอาสารลายที่กรองได้ซึ่งประกอบไปด้วยกรดฮิวมิคและกรดฟลูวิค นำไปปรับ pH ให้เป็น 2 ด้วย HCl 0.1 M หลังจากนั้น 24 ชั่วโมงกรดฮิวมิคจะแยกออกจากกรดฟลูวิคอย่างชัดเจน และนำไป centrifuge ที่ 5000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 15 นาที กรองเก็บตะกอนกรดฮิวมิคที่กรองได้ไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 $^{\circ}$C ชั่งคำนวณหาน้ำหนักตะกอนกรดฮิวมิคในตัวอย่าง

**3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของพืช**

**3.1 การหาไนโตรเจนทั้งหมด (total N)** (เนาวรัตน์, 2527)

**สารเคมี**

1. เตรียมสารละลาย Boric acid indicator

1.1 Mixed indicator ละลาย bromcresol green 0.0990 กรัม และ methylred 0.0660กรัมใน ethanol จำนวน 100 ml.

1.2 Boric acid ($H_3BO_3$) ละลาย $H_3BO_3$ 20 กรัม ในน้ำอุ่น 800 มล.

1.3 เติม Mixed indicator ในข้อ 1.1 ปริมาตร 20 มล. ลงใน Boric acid ในข้อ 1.2 ข้างต้น ปรับ pH ให้ได้ 5.0 โดยใช้ NaOH 0.1 N หรือ HCl 0.1 N จะได้สีของสารละลายเป็นสีม่วงแดง ทดสอบว่าสีของสารละลายใช้ได้หรือไม่ โดยการนำสารละลาย Boric acid indicator มาจำนวน 10 มล. ใส่ในกระบอกตวงแล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 10 มล. สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียวทันที แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล.

2. เตรียมสารละลาย Sodium Hydroxide (NaOH) 40 % ละลาย NaOH จำนวน 400 กรัม ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล.

3. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.05 นอร์มอล ($H_2SO_4$ 0.05 N) ละลายกรด $H_2SO_4$ เข้มข้น 1 N ปริมาตร 20 มล. ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000มล. หาความเข้มข้นที่แน่นอน โดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ชั่ง $Na_2CO_3$ 0.0500 กรัม (อบ 105 $^{\circ}$C 2 ชั่วโมง)

3.2 ใส่น้ำกลั่น 20 มล. เขย่าให้ละลาย

3.3 หยด methylred 2-3 หยด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.4 ไตเตรทกับกรด $H_2SO_4$ ที่ต้องการทราบความเข้มข้นที่แน่นอนจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มแก่ บันทึกปริมาตรกรด $H_2SO_4$ ที่ใช้

3.5 คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนตามสูตร

$H_2SO_4$ (N) = น้ำหนักของ $Na_2CO_3$ x 1,000 x 2 / 105.99 x ปริมาตร $H_2SO_4$ ที่ใช้

**วิธีการ**

การย่อยตัวอย่างพืช

ชั่งตัวอย่างพืชที่บดละเอียด 0.2000 กรัม ใส่ลงไปใน Kjeldahl flask 100 มล. ใส่ potassium sulfate – catalyst mixture 1.1 กรัม. เติม $H_2SO_4$ conc 5 มล. หลังจากนั้นวางลงบนเตาย่อย เปิดสวิตช์ แล้วปรับอุณหภูมิให้ร้อนอ่อน ๆ จนกระทั่งฟองและการกระเด็นที่เกิดขึ้นใน flask มีน้อยมาก จึงปรับอุณหภูมิให้สูงขึ้นจนกระทั่งเห็นไอกรดกลั่นตัวอยู่แค่ประมาณ 1/3 ของคอ Kjeldahl flask และย่อยจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีเขียวหรือฟ้าใส แล้วย่อยต่อไปอีก 5 ชั่วโมง จากนั้นทิ้งตัวอย่างให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปใน Kjeldahl flask ประมาณ 20 มล. แกว่งให้เข้ากัน ถ่ายตัวอย่างใส่ volumetric flask ปริมาตร 100 มล. ใช้น้ำประมาณ 9 มล. ล้าง Kjeldahl flask แล้วถ่ายใส่ใน volumetric flask อีก 3 ครั้ง. แล้วจึงทำการปรับปริมาตร

การกลั่นไนโตรเจนด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน

1. ดูดตัวอย่างที่ย่อยได้ 25 มล. ที่ได้จากการปรับปริมาตรโดยใช้ volumetric pipette ใส่ลงในหลอดกลั่นเติม Sodium Hydroxide (NaOH) 40 % 20 มล.

2. ตวงกรดบอริก ($H_3BO_3$) 15 มล. ใส่ใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. เพื่อรองรับสารที่กลั่นได้

3. กลั่นจนสารละลายใน erlenmeyer flask มีปริมาตรประมาณ 75 มล.

4. ไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วย $H_2SO_4$ 0.05 N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวใสเป็นสีม่วงแดง บันทึกปริมาตรของ $H_2SO_4$ ที่ใช้ในการไตเตรทและนำมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Total N (\%)} = \frac{(Vs - Vb) \times N \times 14 \times Vd \times 100}{1000 \times Va \times w}$$

เมื่อ Vs = ปริมาตร standard $H_2SO_4$ ที่ใช้ไตเตรทตัวอย่าง (มล.)

Vb = ปริมาตร standard $H_2SO_4$ ที่ใช้ไตเตรท blank (มล.)

Va = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

Vd = ปริมาตรสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์

**3.2 ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P)** (เนาวรัตน์, 2527)

**สารเคมี**

1. กรดย่อย ใช้กรดย่อยเดียวกับการย่อยเพื่อหาไนโตรเจน

2. สาร develop สี vanadate reagent (mixed reagent)

2.1 สารละลาย ammonium vanadate 1.25 กรัม ในน้ำกลั่นอุ่น 200 มล. เติม $HNO_3$ ลงไป 153.42 มล.

2.2 ละลาย Ammonium molybdate tetrahydrate 25 กรัม ในน้ำกลั่น

2.3 ละลายสารละลายจากข้อ 2.1 และ 2.2 เข้าด้วยกัน ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. เก็บไว้ในขวดสีชา และเก็บไว้ในตู้เย็นหากไม่ใช้ทันที

3. เตรียม Standard phosphorus 100 ppm

3.1 ชั่ง $KH_2PO_4$ 0.4390 กรัม

3.2 เติม $HNO_3$ conc. 5 มล.

3.3 ปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่น

**วิธีการ**

1. ทำ standard set โดยให้มีความเข้มข้น 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 ppm โดยใช้ volumetric pipette ดูด standard P 100 ppm มา 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. เติม mixed reagent 5 มล. และกรดย่อยที่เจือจาง 7:100 มล. มา 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มล. นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 nm. แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้โดยใช้กราฟ (standard curve)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

2. ดูดสารละลายที่ได้จากการย่อยไนโตรเจนในข้อ 3.1 มา 5 มล. เติม mixed reagent 5 มล. เติมน้ำกลั่นแล้วตั้งทิ้งไว้ 20 นาที ให้เกิดสี ถ้าไม่เกิดสีให้เติมตัวอย่างเพิ่มลงไปอีก นำไปวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นเหมือนกับข้อ 1 เทียบค่าความเข้มข้นของตัวอย่างกับ standard curve แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่าง จากสมการ

$$\text{Total P (\%)} = \frac{C \text{ x } Vf \text{ x } Vd \text{ x } 100}{10^6 \text{ x} Va \text{ x } w}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้น P ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve – P (ppm)

Vf = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

Vd = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

Va = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

**3.3 ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K)** (เนาวรัตน์, 2527)

1. การเตรียม standard K 1,000 ppm

ละลาย KCl บริสุทธิ์ (อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) จำนวน 1.9067 กรัม ในน้ำกลั่น เติมกรด $HNO_3$ 12 มล. แล้วปรับปริมาตรใน volumetric flask ด้วยน้ำกลั่นเป็น 1000 มล.

2. การเตรียม standard K 100 ppm

ดูด standard K 1,000 ppm จำนวน 10 มล. โดยใช้ volumetric pipette ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. การเตรียม standard curve ให้มีความเข้มข้นของ K เป็น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm

ใช้ volumetric pipette ดูด standard K 100 ppm มาจำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เหมือนกับ standard curve แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ K

4. ดูดสารละลายที่ได้จากการย่อยไนโตรเจนในข้อ 3.1 ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 หรือ 50 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer และคำนวณหาปริมาณ K ดังสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Total K (\%)} = \frac{\text{C x Vf x Vd x 100}}{\text{Va x w}}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้น K ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve – K (ppm)

Vf = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

Vd = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

Va = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

**3.4 ปริมาณ Ca และ Mg ทั้งหมด** (เนาวรัตน์, 2527)

1. การเตรียมสารละลาย 5 % Lanthanum chloride

1.1 ละลาย Lanthanum oxide 58.65 กรัม ในน้ำกลั่นประมาณ 250 มล.

1.2 เติมกรด 37% HCl 250 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น

1.3 ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask 1,000 มล.

2. การเตรียมสารละลาย 0.2 % Lanthanum chloride

2.1 ดูดสารละลาย 5 % Lanthanum chloride จำนวน 40 มล. โดยใช้ volumetric pipette ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. การเตรียมสารละลาย standard Ca ที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm และสารละลาย standard Ca ที่มีความเข้มข้น 100 ppm

ชั่ง $CaCO_3$ จำนวน 2.5250 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 500 มล. เติม conc.HCl จำนวน 5 มล. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask จะได้ standard Ca 1,000 ppm สำหรับ standard Ca 100 ppm เตรียมได้จากการดูดสารละลาย standard Ca 1,000 ppm จำนวน 10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

4. การเตรียมสารละลาย standard Mg ที่มีความเข้มข้น 1,000 ppm และสารละลาย standard Mg ที่มีความเข้มข้น 100 ppm

ชั่ง $MgSO_4.7H_2O$ จำนวน 1.0271 กรัม ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น สำหรับ standard Mg ที่มีความเข้มข้น 100 ppm เตรียมได้จากการดูดสารละลาย standard Mg 1,000 ppm จำนวน 10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

5. การเตรียม standard curve ของ Ca และ Mg ที่มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm

เตรียม standard curve ของ Ca ที่มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm จากการดูดสารละลาย standard Ca 100 ppm มาจำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม $H_2SO_4$ 1.88 M จำนวน 2 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride สำหรับ standard curve ของ Mg ที่มีความเข้มข้น 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 ppm เตรียมจากดูดสารละลาย standard Mg 100 ppm มาจำนวน 0, 1, 2, 3, 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม $H_2SO_4$ 1.88 M จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer
Ca ที่ความยาวคลื่น 422.7 nm. และ Mg ที่ความยาวคลื่น 285.2 nm.

6. การหาปริมาณ Ca และ Mg

ดูดสารละลายที่ได้จากการย่อยไนโตรเจนในข้อ 3.1 มาจำนวน 1 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 50 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เช่นเดียวกับ standard curve ในข้อที่ 5 แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ Ca และ Mg ดังสมการ

$$\text{Ca หรือ Mg (ppm)} = \frac{C \times Vf \times Vd}{Va \times w}$$

เมื่อ C = ความเข้มข้น Ca /Mg ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve

Vf = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

Vd = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

Va = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W = น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

**4. วิธีการปรับปรุงคุณภาพปุ๋ยหมักผสมลีโอนาร์ไดท์และลีโอนาร์ไดท์**

ใช้ตัวอย่างปุ๋ยหมักผสมลีโอนาร์ไดท์และลีโอนาร์ไดท์ 90 กิโลกรัม เติมโดโลไมท์ $CaMg(CO_3)_2$ 5 กิโลกรัม เติมหินฟอสเฟต (Rock Phosphate) 5 กิโลกรัม แร่เฟลด์สปาร์ ($XAlSi_3O_8$) 2.5 กิโลกรัม และแหนแดง *(Azolla pinnata)* 0.08 กิโลกรัม ผสมกับสารละลายของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Beijerinckia* sp., *Bacillus* sp. และActinomycetes ในปริมาณ $10^9$ cell/cm$^3$

**5. ส่วนประกอบของวัสดุเพาะกล้าและวัสดุรองรับหัวเชื้อ**

**5.1 วัสดุเพาะกล้า**

ใช้ขุยมะพร้าวร่อนละเอียด 8 กิโลกรัม ผสมกับโดโลไมต์ $CaMg(Co_3)_2$ 0.5 กิโลกรัม ลีโอนาร์ไดท์ 1.5 กิโลกรัม หินฟอสเฟต (Rock Phosphate) 1.6 กรัม แร่เฟลด์สปาร์ ($XAlSi_3O_8$) 3.2 กรัม และเชื้อ Actinomycetes 077 (VAc 077) เข้มข้น $10^8$ Cell/cm$^3$

**5.2 วัสดุรองรับหัวเชื้อ**

ใช้พีทมอส 6 กิโลกรัม ผสมกับขุยมะพร้าวร่อนละเอียด 4 กิโลกรัม โดโลไมต์ $CaMg(Co_3)_2$ 0.5 กิโลกรัม และลีโอนาร์ไดท์ 1.5 กิโลกรัม

**6 ข้อมูลชุดดินราชบุรี (Ratdhaburi: Rb)**

อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 4

การจำแนกดิน Fine, mixed, active, nonacid, isohyperthermic Vertic (Aeric) Endoaquepts

การกำเนิด เกิดจากตะกอนน้ำพามาทับถมอยู่ในบริเวณที่ราบน้ำท่วม หรือที่ราบตะกอนน้ำพา

สภาพพื้นที่ ราบเรียบ มีความลาดชัน 0-1 %

การระบายน้ำ ค่อนข้างเลวถึงเลว

การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้า

สภาพซึมผ่านได้ของน้ำ ช้า

พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำนา ปลูกพืชผักสวนครัวและพืชไร่หลังฤดูทำนา

การแพร่กระจาย ที่ราบภาคกลางและภาคเหนือ

การจัดเรียงชั้นดิน Apg-Bag-Bg

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึก ดินบนเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้งตลอด สี น้ำตาลปนเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลแก่และสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

(pH 5.5-6.5) ดินบนตอนล่างเป็นดินเหนียว สีน้ำตาลปนเทาเข้มหรือสีน้ำตาลเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลือง สีน้ำตาลและสีน้ำตาลปนเหลืองในดินชั้นล่าง อาจพบรอยถูไถและจุดประสีแดงปนเหลืองปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ดินล่างตอนล่างอาจพบเกล็ดแร่ไมกา ก้อนเหล็ก และแมงกานีสสะสมตลอดหน้าตัดดิน

| ความลึก (ซม.) | อินทรียวัตถุ | ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน | ความอิ่มตัวเบส | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ | ความอุดมสมบูรณ์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-25 | ปานกลาง | สูง | สูง | ปานกลาง | สูง | สูง |
| 25-50 | ปานกลาง | สูง | สูง | ปานกลาง | สูง | สูง |
| 50-100 | ปานกลาง | สูง | สูง | ปานกลาง | สูง | สูง |

ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ชุดดินสิงห์บุรี ชุดดินพิมาย และชุดดินสระบุรี

ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ มีน้ำท่วมขังในฤดูฝนลึก 50 ซม. นาน 4-5 เดือน

ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ ใช้ปลูกข้าวและควรปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยหมัก เพื่อเพิ่มแร่ธาตุที่จำเป็นแก่พืชให้กับดิน และทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น ปรับปรุงการระบายน้ำของดิน และป้องกันน้ำขังโดยทำทางระบายน้ำผิวดิน

**7 ข้อมูลชุดดินสรรพยา (Sapphaya: Sa)**

อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 21

การจำแนกดิน Fine-loamy, mixed, active, nonacid, isohyperthermicAquic (Fluventic) Haplustepts

การกำเนิด ตะกอนน้ำพา

สภาพพื้นที่ ราบเรียบ มีความลาดชัน 0-1 %

การระบายน้ำ ดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว

การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้า

สภาพซึมผ่านได้ของน้ำ ช้า

พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำนา ปลูกพืชผัก ถั่ว และยาสูบในฤดูแล้ง ถ้ามีน้ำเพียงพอ

การแพร่กระจาย ริมฝั่งแม่น้ำ และสันดินริมน้ำ

การจัดเรียงชั้นดิน Ap-B-C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเทา ปฏิกิริยาดินแป็นด่างปานกลาง (pH 8.0) ดินบนตอนล่างมีลักษณะเนื้อดินและสีไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับตะกอนที่น้ำพามาทับถมในแต่ละปี ซึ่งอาจจะมีลักษณะแตกต่างกันเห็นได้ชัดเจน เช่นเป็นดินร่วนปนทรายหรือดินร่วนเหนียว สีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ และพบเกล็ดแร่ไมกาปะปนอยู่ตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างตอนล่าง เป็นดินร่วนปนทราย สีน้ำตาลปนเหลืองปฏิกิริยาดินเป็นด่างปานกลาง (pH 8.0)

| ความลึก (ซม.) | อินทรียวัตถุ | ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน | ความอิ่มตัวเบส | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ | ความอุดมสมบูรณ์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-25 | ปานกลาง | ปานกลาง | สูง | ปานกลาง | ปานกลาง | ปานกลาง |
| 25-50 | ปานกลาง | ปานกลาง | สูง | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง |
| 50-100 | ต่ำ | ปานกลาง | สูง | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง |

ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ชุดดินท่าม่วง และชุดดินราชบุรี

ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ อาจมีน้ำท่วมขังในฤดูฝนลึก 50 ซม. นาน 4-5 เดือน

ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ ทำนา ควรปรับปรุงบำรุงดินโดยใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมัก และปุ๋ยคอก เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และแร่ธาตุที่จำเป็นแก่พืชให้กับดิน และทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น ปรับปรุงการระบายน้ำของดินและป้องกันน้ำขัง โดยทำการระบายน้ำผิวดิน

**8 ข้อมูลชุดดินสันทราย (San Sai series: Sai)**

อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 22

การจำแนกดิน Coarse-loamy, siliceous, subactive, isohyperthermic Aeric Endoaqualfs

การกำเนิด เกิดจากตะกอนน้ำพาบริเวณตะพักลำน้ำ และที่ราบระหว่างเขา

สภาพพื้นที่ ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชัน 0-2 %

การระบายน้ำ ค่อนข้างเลว

การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ช้า

การซึมผ่านได้ของน้ำ ช้า

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

พืชพรรณธรรมชาติและการใช้ประโยชน์ที่ดิน นาข้าว อาจใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด ถั่ว หรือพืชผักก่อนหรือหลังปลูกข้าว

การแพร่กระจาย พบมากบริเวณภาคเหนือตอนบน

การจัดเรียงชั้นดิน Apg-Btg

ลักษณะและสมบัติดิน เป็นดินลึกมาก ดินบนเป็นดินร่วนปนทราย หรือดินทรายปนดินร่วน สีน้ำตาลปนเทาหรือสีน้ำตาลปนเทาเข้ม มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกลาง (pH 5.0-7.0) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย สีเทา สีเทาอ่อนหรือสีเทาปนชมพู มีจุดประสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีน้ำตาลแก่ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นด่างปานกลาง (pH 6.0-8.0) อาจพบศิลาแลงอ่อนสีแดงบ้างเล็กน้อย

| ความลึก (ซม.) | อินทรียวัตถุ | ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน | ความอิ่มตัวเบส | ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ | โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ | ความอุดมสมบูรณ์ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0-25 | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง | ต่ำ | ต่ำ | ต่ำ |
| 25-50 | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง | ต่ำ | ต่ำ | ต่ำ |
| 50-100 | ต่ำ | ต่ำ | ปานกลาง | ต่ำ | ต่ำ | ต่ำ |

ชุดดินที่คล้ายคลึงกัน ชุดดินลำปาง

ข้อจำกัดการใช้ประโยชน์ ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และใต้ชั้นไถพรวนมักแน่นทึบรากพืชชอนไชได้ยาก

ข้อเสนอแนะในการใช้ประโยชน์ ไถพรวนให้ลึกและปรับปรุงดินด้วยอินทรียวัตถุ ปรับปรุงบำรุงดินและเพิ่มผลผลิตพืชให้สูงขึ้นโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ในพื้นที่ชลประทานนอกฤดูทำนาอาจปลูกพืชไร่หรือพืชผักซึ่งจะต้องยกร่องและปรับสภาพดินให้ร่วนซุยและระบายน้ำดีขึ้น โดยการเพิ่มอินทรียวัตถุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

## ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ-สกุล** นายจักรพันธ์ อินทจักร

**วัน เดือน ปี เกิด** 12 พฤศจิกายน 2530

**ประวัติการศึกษา** สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนจอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2548

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved