ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินและพืช

การวิเคราะห์คุณสมบัติของพืช

ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total-N) โดยวิธี Colorimetry method (Novozamsky *et al.*,1974)

1. การเตรียมสาร
   1. 10 M NaOH (ละลาย NaOH 200 g ในน้ำกลั่น 500 มล.)
   2. Salicylic acid 110 g ใน 10 M NaOH 105 มล. (เตรียมก่อนใช้งาน)
   3. Na_2HPO_4 buffer pH 12.3
   4. 4% (W/V) EDTA
   5. Sodium Hypochlorite 1 M ใน 0.1 M NaOH นำมาเจือจาง 20 มล. ในน้ำ 100 มล. (ก่อนใช้งาน)
   6. Nitroprusside 50 mg (0.050 g) ในน้ำ 100 มล. (เตรียมก่อนใช้งาน)

   Solution I: (2) 50 มล. + (6) 100 มล. + (4) 5 มล.

   Solution II: (3) 200 มล. + (6) 100 มล. + (5) 50 มล.
   7. สารละลายมาตรฐาน $(NH_4)_2SO_4$ ความเข้มข้น 2500 มล./ลิตร

   ละลาย $(NH_4)_2SO_4$ 11.793 g ในน้ำ 1 L (2500 มล./ลิตร)
2. วิธีการวิเคราะห์
   1. เจือจางสารละลายมาตรฐาน $(NH_4)_2SO_4$ ให้มีความเข้มข้น 1, 2.5 , 5.0 , 7.5 , 10.0 , 12.5 และ 15.0 มล./ลิตร ด้วยน้ำกลั่นในหลอดทดลอง
   2. ปีเปตสารละลาย extracts ลงในหลอดทดลอง 0.2 มล.
   3. เติมสารละลาย Solution I จำนวน 3 มล. และ Solution II จำนวน 5 มล. ตามลำดับ
   4. ผสมสารละลายให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในให้เกิดปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์นาน 2 ชม.
   5. อ่านค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 660 *n*m
   6. เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับสารละลายมาตรฐานแล้วคำนวณปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด
   7. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่างจากสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Total –N} = 0.714 \times (a - b) \times \left(\frac{V}{w}\right)$$

เมื่อ a : ความเข้มข้นของN ที่ได้จากการย่อยตัวอย่าง (มล./ลิตร)

b: ความเข้มข้นของ N ที่ได้จากการ dilute blank ที่ได้จากการย่อยตัวอย่าง (มล./ลิตร)

V: ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

w : น้ำหนักตัวอย่างพืชที่นำมาย่อย (กรัม)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด(total-P) (ศรีสม, 2544)

1. การเตรียมสารละลาย Mixed reagent

ละลาย ammonium vanadate 1.25 กรัม ในน้ำกลั่นอุ่นจำนวน 200 มล. เติมปริมาตร 158.42 มล. เขย่าให้เข้ากันจะได้เป็นสารละลาย ก สำหรับสารละลาย ข ได้จากการละลาย ammonium molybdate tetrahydrate จำนวน 25.00 กรัม ในน้ำกลั่นอุ่น 300 มล. หลังจากนั้นผสมสารละลาย ก และสารละลาย ข เข้าด้วยกันแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. โดยใช้ volumetric flask

2. การเตรียม standard-P 100 ppm.

ชั่ง potassium dihydrogen phosphate (KH_2PO_4) อบที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จำนวน 0.4390 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล.แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

3. การเตรียม standard curve ให้มีความเข้มข้นของ P เป็น 0 4 8 12 16 และ 20 ppm.

ใช้ volumetric pipette ดูด standard-P 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติม mixed reagent ลงไปปริมาตร 5 มล. หลังจากนั้นเติม H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.88 M จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. โดยน้ำกลั่น เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นเป็นค่าการดูดกลืนของแสง (absorbance) ที่ความยาวคลื่น 470 *n*m. ด้วยเครื่อง Spectrophotometer แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้โดยใช้กราฟ

4. การหาปริมาณ P

ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย จำนวน 5 มล. ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติม mixed reagent จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าตั้งทิ้งไว้ 20 นาที แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นเหมือนกับ standard curve ในข้อ 3 เทียบค่าความเข้มข้นของตัวอย่างกับ standard curve แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างจากสมการ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

$$\text{Total-P(\%)} = \frac{C \times V_f \times V_d \times 100}{10^6 \times V_a \times W}$$

เมื่อ C : ความเข้มข้น P ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve-P(ppm.)

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total-K) (Helkme and Sparke, 1996)

1. การเตรียม standard-K 1,000 ppm.

ละลาย KCl บริสุทธิ์ (อบให้แห้งที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) จำนวน 0.9533 กรัม ใน volumetric flask ขนาด 500 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

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 ขนาด 100 มล.เติม H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.88 M จำนวน 2 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วนำอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 66-70

4. ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย จำนวน 1 มล. ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer เหมือนกับ standard curve แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ K ดังสมการ

$$\text{Total-K (\%)} = \frac{C \times V_f \times V_d \times 100}{V_a \times W}$$

เมื่อ C : ความเข้มข้น K ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve-K(ppm.)

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ปริมาณ Ca และ Mg (Walinga *et al.*, 1989)

1. การเตรียมสารละลาย 5% Lanthanum chloride.

ชั่ง Lanthanum oxide จำนวน 58.65 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 250 มล. เติม 37% HCl ลงไป ปริมาตร 250 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล.ด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียมสารละลาย 0.2% Lanthanum chloride.

ดูดสารละลาย 5% Lanthanum chloride จำนวน 40 มล. 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.แล้ว ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask จะได้ standard-Ca 1,000 ppm. สำหรับ standard-Ca ที่มีความเข้มข้น 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. ปริมาตร 2 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2% Lanthanum chloride และสำหรับ standard curve ของ Mg ที่มีความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 ppm. เตรียมจากการดูดสารละลาย 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 ปริมาตร 5 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2% Lanthanum chloride เช่นเดียวกัน เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ซึ่งตั้ง Lamp ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

30 โดย Ca จะอ่านที่ความยาวคลื่น 422.7 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy เท่ากับ 73 ส่วน Mg จะอ่านที่ความยางคลื่น 285.2 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 69-74.

6. การหาปริมาณ Ca และ Mg

ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย 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

$$\text{Ca หรือ Mg (\%)} = \frac{C \times V_f \times V_d \times 100}{V_a \times W}$$

เมื่อ C : ความเข้มข้น Ca หรือ Mg ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ปริมาณ Fe Mn และ Zn (Walinga *et al.*, 1989)

1. การเตรียมสารละลาย standard-Mn Zn และ Fe ความเข้มข้น 100 ppm.

ชั่ง $MnSO_4.H_2O$ จำนวน 0.0308 กรัม ชั่ง $ZnSO_4.7H_2O$ จำนวน 0.0440 กรัม และชั่ง $CuSO_4.5H_2O$ 0.0387 กรัม ที่เก็บรักษาไว้ในโถดูดความชื้น แยกใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล.แต่ละอัน เติมน้ำกลั่น 20 มล. เขย่าให้ละลาย หลังจากนั้นเติม conc.HNO_3 จำนวน 1 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจะได้สารละลาย standard-Mn Zn และ Cu ที่มีความเข้มข้น 100 ppm. สำหรับสารละลาย standard-Fe ความเข้มข้น 100 ppm. เตรียมได้จากการชั่ง $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2$ ที่เก็บรักษาไว้ในโถดูดความชื้น จำนวน 0.0702 กรัม ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล.เติมน้ำกลั่น 20 มล. เขย่าให้ละลาย เติม conc.H_2SO_4 ปริมาตร 0.25 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียม standard curve ของ Mn Zn และ Fe ที่มีความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 ppm.

ดูดสารละลาย standard-Mn และ Fe ที่มีความเข้มข้น 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. โดยแยกเป็นแต่ละธาตุ เติม H_2SO_4 1.88 M. ปริมาตร 12 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Absorption Spectrophotometer โดย Mn จะอ่านที่ความยาวคลื่น 279.8 *n*m ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *n*m และที่ energy อยู่ในช่วง 61-74 และ Fe จะอ่านที่ความยาวคลื่น 248.3 *n*m ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *n*m และที่ energy อยู่ในช่วง 45-50 ตามลำดับ

สำหรับการเตรียมสารละลาย standard-Zn ที่มีความเข้มข้น 10 ppm. ได้จากการดูด standard-Zn 100 ppm. มาจำนวน 10 มล. โดยใช้ volumetric pipette ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นหลังจากนั้นดูดสารละลาย Standard-Zn 10 ppm. มาจำนวน 0 2 4 6 8 และ 10 ppm. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม H_2SO_4 1.88 M. ปริมาตร 12 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยอ่านที่ความยาวคลื่น 213.9 *n*m ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m และที่ energy อยู่ในช่วง 58-64

1. การหาปริมาณ Mn Zn และ Fe

ดูดสารละลายตัวอย่างได้จากการย่อย จำนวน 3 มล. ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล.ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เหมือนกับ standard curve ในข้อที่ 2 แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ Mn Zn และ Fe ดังสมการ

$$\text{Mn/Zn/Fe (ppm)} = \frac{C \times V_f \times V_d \times 100}{V_a \times W}$$

เมื่อ C : ความเข้มข้น Mn/Zn/Fe ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การวิเคราะห์สมบัติของดิน

pH ดิน (เนาวรัตน์, 2527)

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

อินทรีย์วัตถุในดิน(organic matter) (Nelson and Sommers, 1996)

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 เบาๆเพื่อให้น้ำยากับตัวอย่างดินผสมเข้ากัน ใส่ H_2SO_4 จำนวน 20 มล.(รินกรดใส่ทีละน้อยเพื่อป้องกันการกระเด็นของอนุภาคดิน ควรเติมกรดในตู้ควัน) ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 100 มล. หยด O-phenanthroline ferrous complex ประมาณ 5-6 หยดแล้วนำมาไตเตรททันทีกับ standard Ferrous sulfate 0.5 N จนปริมาตร Ferrous sulfate ที่ใช้ในแต่ละตัวอย่าง end point ของ suspension จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

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. ใส่กรด 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 จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นดังนี้

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

N_1 = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

V_1 = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

N_2 = ความเข้มข้นของ $FeSO_4$ ที่ใช้

V_2 = ปริมาตรของ $FeSO_4$ ที่ใช้

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

M = ปริมาตร $FeSO_4$ ที่ไตเตรทได้ (มล.)

W = น้ำหนักดิน (กรัม)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ (available-P) (Houba *et al.*, 1988b)

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 ($C_4H_4KO_7Sb$) จำนวน 0.2908 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. หลังจากนั้นผสมสารละลาย (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 1,000 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเสร็จแล้วเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลและนำไปแช่ไว้ในตู้เย็น

3. เตรียมสารละลาย Reagent B

ชั่ง Ascorbic acid จำนวน 1.056 กรัม เติมสารละลาย Reagent A. จำนวน 200 มล. ซึ่ง Reagent B. นี้จะมีอายุการใช้งานไม่เกิน 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 5 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 นำไปอ่านค่าการการดูดกลืนแสง (% Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 *nm* บันทึกผล

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 50 มล.ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วดูดมาจำนวน 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

$$P(\%) = \frac{C \times V_f \times V_d}{10^6 \times V_a \times W}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ C : ความเข้มข้น P ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ Std. Curve-P (ppm)

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

V_c : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 25 มล.

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : น้ำหนักดินแห้งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดินชื้น 2.5 กรัม

ปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ (exchangeable-K) (Helkme and Sparke, 1996)

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

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

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

ใช้ volumetric pipette ดูด standard-K 5ppm. 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. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง flame photometer

3. หาปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยน (exchangeable-K) ได้ในดิน

ชั่งตัวอย่างดิน 4 กรัม ใส่ในหลอดเขย่าดิน เติมสารละลาย NH_4OAc 1 N pH 7 จำนวน 40 มล. เขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 หลังจากนั้นดูดสารละลายที่กรองได้จำนวน 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer เช่นเดียวกับข้อ 2 บันทึกผลแล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ K ที่สามารถแลกเปลี่ยนได้ดังสมการ

$$K(ppm) = \frac{C \times V_f \times V_d}{V_a \times W}$$

เมื่อ C : ความเข้มข้น K ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ std.curve-K(ppm.)

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 40 มล.

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : น้ำหนักดินแห้งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดินชื้น 4 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Exchangeable Ca และ Mg (Suarez, 1996)

1. เตรียม standard curve ของ Ca ที่มีความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 ppm.

การดูดสารละลาย standard-Ca 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล. ตามลำดับใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม NH_4OAc ปริมาตร 5 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2% Lanthanum chloride เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 422.7 *n*m

2. standard curve ของ Mg ที่มีความเข้มข้น 0 0.1 0.2 0.3 0.4 และ 0.5 ppm.

ดูดสารละลาย standard-Mg 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc ปริมาตร 5 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2% Lanthanum chloride เช่นเดียวกัน เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 285.2 *n*m

3. หาปริมาณ Ca และ Mg ที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 4 กรัม ใส่ใน centrifuge tube เติมน้ำยาสกัด NH_4OAc จำนวน 40 มล. นำไปเขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำไปกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 แล้วดูดสารละลายที่กรองได้จำนวน 2 มล. ใส่ใน volumetric flask 25 มล. ปรับปริมาตรด้วย Lanthanum chloride 0.2% เขย่าให้เข้ากันนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer Ca ที่ความยาวคลื่น 422.7 *n*m และ Mg ที่ความยาวคลื่น 285.2 *n*m บันทึกผลและนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{Ca/Mg (ppm)} = \frac{C \times V_f \times V_d}{V_a \times W}$$

เมื่อ C : ความเข้มข้น Ca/Mg ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ std.curve-Ca/Mg (ppm)

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 40 มล.

V_a : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์เท่ากับ 2 มล.

W : น้ำหนักดินแห้ง เท่ากับ 4 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Extractable Fe Cu Mn และ Zn (Lindsay and Norvell, 1978)

1. การเตรียม standard curve ของ Mn Cu และ Fe ที่มีความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 ppm.

ดูดสารละลาย standard-Mn Cu และ Fe ที่มีความเข้มข้น 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล.ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. โดยแยกเป็นแต่ละธาตุ เติมน้ำยาสกัด DTPA จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดย Mn จะอ่านที่ความยาวคลื่น 279.8 *nm* ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *nm* และที่ energy อยู่ในช่วง 61-74 สำหรับ Cu จะอ่านที่ความยาวคลื่น 324.8 *nm* ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *nm* และที่ energy อยู่ในช่วง 64-74 และ Fe จะอ่านที่ความยาวคลื่น 248.3 *nm* ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *nm* และที่ energy อยู่ในช่วง 45-50 ตามลำดับ

2. การเตรียม standard curve ของ Zn ที่มีความเข้มข้น 0 0.2 0.4 0.6 0.8 และ 1.0 ppm.

เตรียมสารละลาย standard-Zn ที่มีความเข้มข้น 10 ppm. จากการดูด standard-Zn 100 ppm. มาจำนวน 10 มล. โดยใช้ volumetric pipette ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นหลังจากนั้นดูดสารละลาย standard-Zn 10 ppm. มาจำนวน 0 2 4 6 8 และ 10 มล.ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล.เติมน้ำยาสกัด DTPA จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยอ่านที่ความยาวคลื่น 213.9 *nm* ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *nm* และที่ energy อยู่ในช่วง 58-64

3. การเตรียม DTPA (Diethylene triamine pentacetic acid) (10 ลิตร)

โดยการนำสาร TEA(Triethanolamine) จำนวน 149.2 กรัม ละลายในน้ำเล็กน้อย แล้วนำ DTPA จำนวน 19.67 กรัม มาละลายในสารละลาย TEA ที่เตรียมไว้ จากนั้นเติม $CaCl_2.2H_2O$ ลงไปอีกจำนวน 14.7 กรัม คนให้ละลายเข้ากัน เติมน้ำกลั่นให้มีปริมาตรใกล้ 10 ลิตร และปรับ pH ให้เป็น 7.3 ด้วยกรด HCl จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 10 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

4. การหา Fe Mn Cu และ Zn ที่สกัดได้ในดิน

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 4 กรัม ใส่น้ำยาสกัด DTPA จำนวน 40 มล. นำไปเขย่าประมาณ 2 ชั่วโมง นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 แล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดย Fe จะอ่านที่ความยาวคลื่น 248.3 *nm* Mn จะอ่านที่ความยาวคลื่น 279.8 *nm* Cu จะอ่านที่ความยาวคลื่น 324.8 *nm* และ Zn อ่านที่ความยาวคลื่น 213.9 *nm* บันทึกผลและนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{Fe/Mn/Cu/Zn (ppm)} = \frac{C \times V_d}{W}$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ C : ความเข้มข้น Fe/Mn/Cu/Zn ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ std.curve (ppm)

V_e : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดิน 40 มล.

W : น้ำหนักดินแห้ง เท่ากับ 4 กรัม

มวลชีวภาพของจุลินทรีย์ดิน (Nunan *et al.*, 1998)

1. เตรียมสารละลาย K_2SO_4 0.5 N

ชั่ง K_2SO_4 87.14 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มล.

2. หามวลชีวภาพของจุลินทรีย์โดยวิธี Chloroform Fumigation และ UV-absorption ที่ 280 *n*m

ชั่งตัวอย่างดิน 20 กรัม ด้วยช้อนตักสารที่ผ่านการจุ่ม alcohol แล้วเผาไฟ และใช้กระดาษที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้วใส่ลงในขวดแก้วขนาด 50 มล. โดยแยกดินออกเป็น 2 ชุด ชุดละ 3 ตัวอย่าง โดยชุดที่ 1 สำหรับรม Chloroform และชุดที่ 2 ไม่รม Chloroform นำตัวอย่างดินชุดที่ 1 ใส่ลงในโถดูดความชื้นที่มีกระดาษทิชชูชั้นวางอยู่ด้านล่าง ใส่ Chloroform ปริมาตร 40 มล. ในบีกเกอร์แล้วนำไปวางไว้ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถดูดความชื้นใช้เครื่องดูดอากาศดูดอากาศในโถดูดความชื้นออกจนกระทั่งไอของ Chloroform มาเกาะตามผนังของโถดูดความชื้น รม Chloroform ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในที่มืด สำหรับดินชุดที่ 2 นำไปบ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน เมื่อครบ 24 ชั่วโมงนำ Chloroform และกระดาษทิชชูออก ดูด Chloroform ที่เหลือในตัวอย่างดินออกโดยใช้เครื่องดูดอากาศดูดอากาศออก 8 ครั้งๆละ 3 นาที นำดินถ่ายใส่ขวดพลาสติกที่มีฝาปิด เติม K_2SO_4 0.5 N จำนวน 100 มล. เขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 นำสารละลายที่กรองได้ไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ UV ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 *n*m ภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากการกรอง นำค่าที่อ่านได้ไปคำนวณหาปริมาณชีวมวลคาร์บอนและชีวมวลไนโตรเจนดังสมการ

$$\text{Biomass C} = 21{,}747(E_{280})$$

$$\text{Biomass N} = 3{,}479(E_{280}) + 40$$

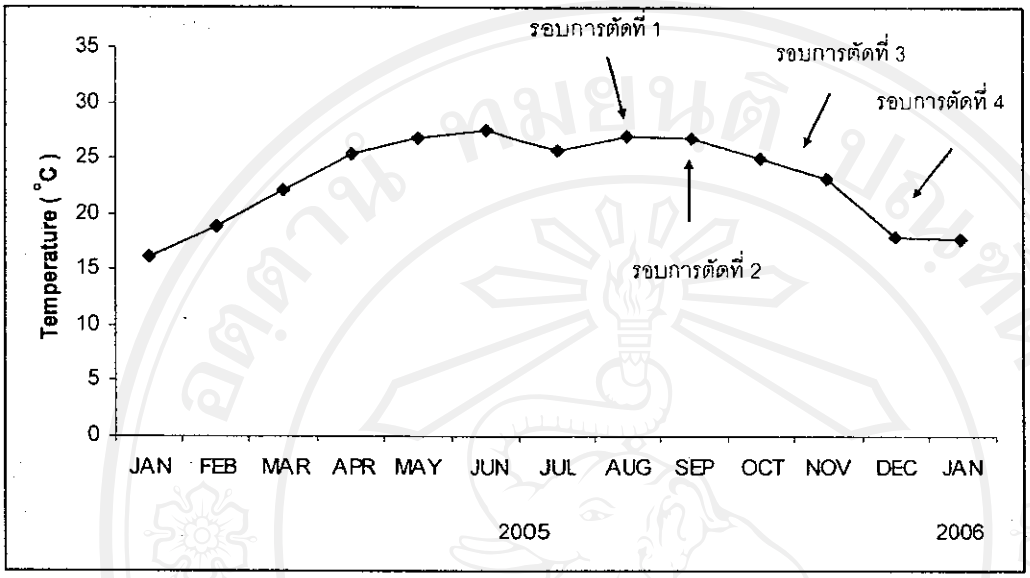
เมื่อ E_{280} : ค่าการดูดกลืนแสงต่อกรัมของดิน

Biomass C : มีหน่วยเป็น $\mu C.g^{-1}$ soil

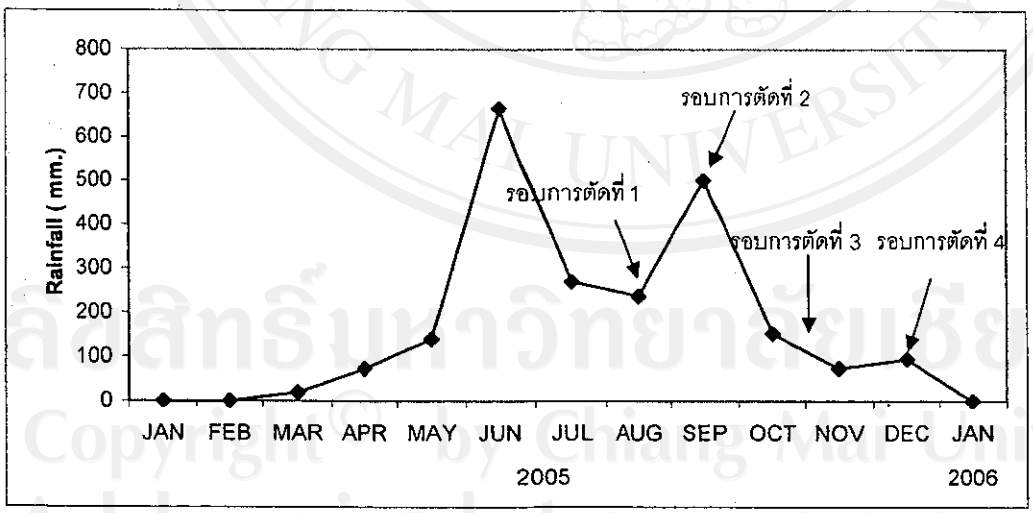
Biomass N : มีหน่วยเป็น $\mu N.g^{-1}$ soil

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ข

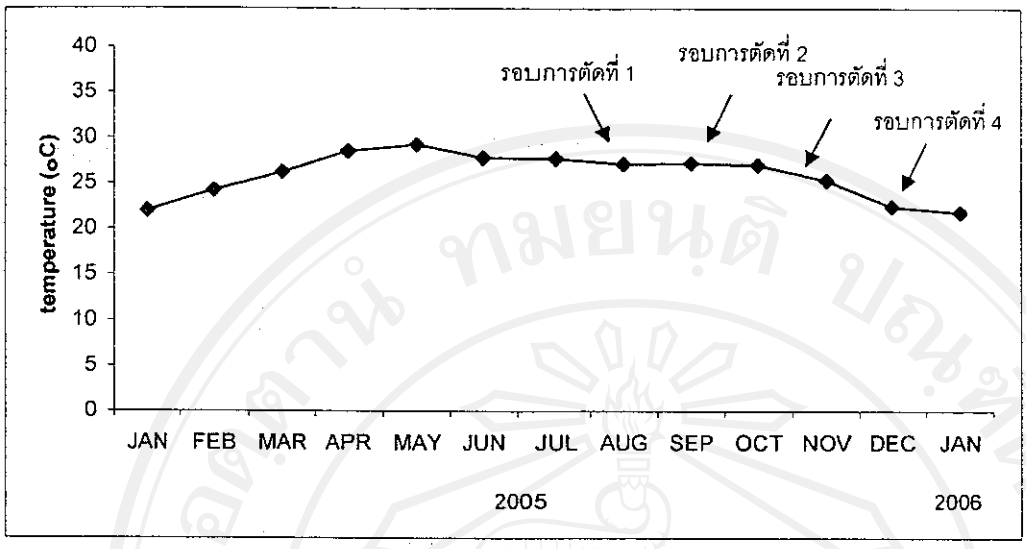


รูปภาคผนวก 1 อุณหภูมิในช่วงที่ทำการทดลอง วัด ณ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูง มูลนิธิโครงการหลวง ห้วยลึก อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่ (สิทธิพร และกนิษฐา. 2548)

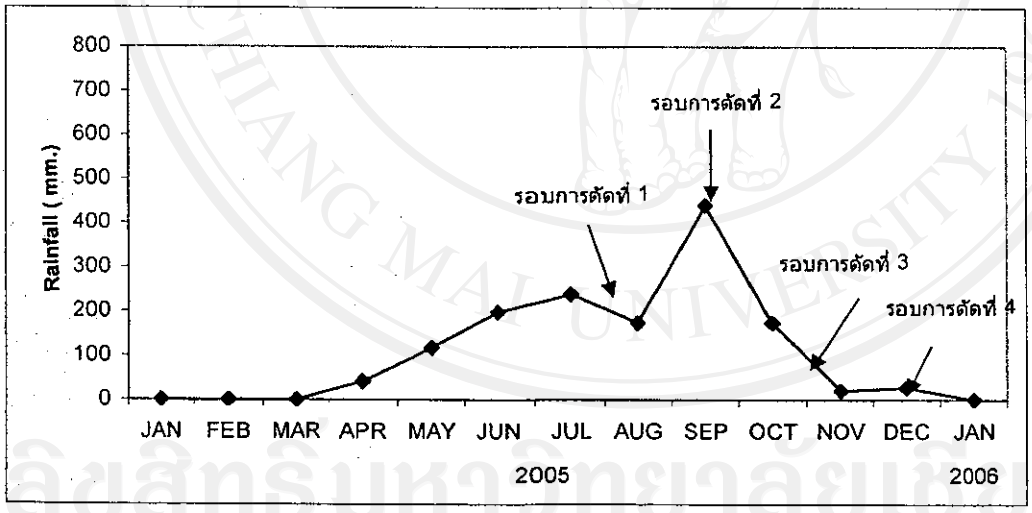


รูปภาคผนวก 2 ปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ทำการทดลอง วัด ณ ศูนย์วิจัยเกษตรที่สูง มูลนิธิโครงการหลวง ห้วยลึก อ. เชียงดาว จ. เชียงใหม่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปภาคผนวก 3 อุณหภูมิในช่วงที่ทำการทดลอง วัด ณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่



รูปภาคผนวก 4 ปริมาณน้ำฝนในช่วงที่ทำการทดลอง วัด ณ ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (สิทธิพร และกนิษฐา, 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 1 Analysis of variance ของผลผลิตและปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า ที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่เกษตรกร อ. ไชยปราการ

SOV	df	อ.ไชยปราการ				
		น้ำหนักแห้ง	% โปรตีน	N สะสมในผลผลิต	P สะสมในผลผลิต	K สะสมในผลผลิต
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1				
เกษตรกร	2	161,656.0**	4.9626	26.3284	1.0016**	214.8180**
อัตราปุ๋ย	4	20,492.0	3.4154	22.2868	0.2812	10.2990**
error	8	9,460.0	1.3324	8.2943	0.1115	1.1940
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2				
เกษตรกร	6	14,955.1**	5.3136**	7.3087**	0.5798	19.3846**
อัตราปุ๋ย	4	11,055.1**	7.7106**	10.9393**	0.1087**	13.0459**
error	24	1,090.1	1.0050	0.6859	0.0121	1.5033
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 3				
เกษตรกร	6	6,725.4**	8.1794**	49.3494**	4.6486*	3.2641*
อัตราปุ๋ย	4	31,026.4**	2.4027*	20.8226**	0.6031*	7.6478**
error	24	3,561.9	0.7907	2.3296	0.1709	1.0332
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 4				
เกษตรกร	5	26,037.9*	4.5211**	7.9277**	5.2126*	23.1188**
อัตราปุ๋ย	4	16,415.4*	2.8714*	14.6307**	0.8493**	17.2528**
error	20	4,327.1	0.7631	1.5803	0.0872	0.7983

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 2 Analysis of variance ของผลผลิตและปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า ที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่เกษตรกร อ. สันกำแพง

SOV	df	อ. สันกำแพง				
		น้ำหนักแห้ง	% โปรตีน	N สะสมในผลผลิต	P สะสมในผลผลิต	K สะสมในผลผลิต
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1				
เกษตรกร	3	51,912.4**	1.0755	24.3438**	0.7827**	47.3371**
อัตราปุ๋ย	4	14,074.0*	4.9345**	18.0760**	0.2163**	15.7948**
error	12	4,291.5	0.5014	1.7991	0.0249	1.1628
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2				
เกษตรกร	4	22,712.8*	2.9430	16.1328**	0.1364	7.7287**
อัตราปุ๋ย	4	37,849.0**	3.2642	21.7276**	0.7436**	29.1350**
error	16	3,226.3	1.1938	2.6285	0.0541	1.4509
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 3				
เกษตรกร	4	22,063.6**	2.2049*	8.2242**	0.9606*	17.2783**
อัตราปุ๋ย	4	16,236.5*	4.9581**	10.2837**	0.6879	5.9084**
error	16	4,121.9	0.6691	1.3089	0.2347	0.8522
		เก็บเกี่ยวครั้งที่ 4				
เกษตรกร	4	63,651.8**	1.7736	17.8181**	0.9395**	19.8257**
อัตราปุ๋ย	4	22,353.9	2.4134*	9.6917*	0.4477*	14.8712**
error	16	8,200.6	0.7106	2.9471	0.1038	1.0270

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 3 Analysis of variance ของความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า ที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่เกษตรกร อ. ไชยปราการ

SOV	df	อ.ไชยปราการ						
		%P	%K	%Ca	%Mg	Fe	Zn	Mn
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1			
เกษตรกร	2	0.0031	2.2930**	0.0502*	0.0023**	897.97	548.82**	3,125.02**
อัตราปุ๋ย	4	0.0034	0.1483	0.0155	0.0022**	233.77	18.06	1,638.36*
error	8	0.0009	0.1541	0.0083	0.0002	208.12	15.03	308.01
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2			
เกษตรกร	6	0.0293**	1.2556**	0.1529**	0.0096**	4,322.71**	383.18**	25,579.20**
อัตราปุ๋ย	4	0.0030*	0.2127**	0.0158*	0.0017*	332.46	67.79	491.30
error	24	0.0008	0.0332	0.0043	0.0005	296.94	33.33	1,201.00
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 3			
เกษตรกร	6	0.0604**	0.2686**	0.0513**	0.0066**	4,118.70**	78.315*	8,196.68**
อัตราปุ๋ย	4	0.0017	0.0216	0.0223**	0.0015**	1,094.10	113.16*	1,582.70
error	24	0.0015	0.0109	0.0047	0.0002	872.68	26.80	980.03
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 4			
เกษตรกร	5	0.1745**	0.9311**	0.0669**	0.0081**	5,773.04**	387.33**	1,086.85
อัตราปุ๋ย	4	0.0026	0.1315**	0.0064	0.0009*	807.72	85.02	254.87
error	20	0.0021	0.0288	0.0023	0.0003	524.56	46.86	969.25

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 4 Analysis of variance ของความเข้มข้นของธาตุอาหารในผลผลิตหญ้าแพงโกล่า ที่เก็บเกี่ยวจากพื้นที่เกษตรกร อ. สันกำแพง

SOV	df	อ. สันกำแพง						
		%P	%K	%Ca	%Mg	Fe	Zn	Mn
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1			
เกษตรกร	3	0.0073**	0.9324**	0.0340**	0.0008*	996.18*	855.32**	16,834.40**
อัตราปุ๋ย	4	0.0010*	0.1529*	0.0021	0.0013**	700.20	38.66**	1,781.90**
error	12	0.0003	0.0413	0.0015	0.0002	228.43	5.30	192.50
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 2			
เกษตรกร	4	0.0047**	0.4027**	0.1155**	0.0090**	8,462.50**	869.26**	16,560.90**
อัตราปุ๋ย	4	0.0053**	0.2608**	0.0080	0.0012	927.90*	6.18	2,006.80
error	16	0.0008	0.0195	0.0039	0.0011	233.03	9.61	793.40
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 3			
เกษตรกร	4	0.0612**	0.2370**	0.1426**	0.0025	345.96	1,068.47**	12,947.40**
อัตราปุ๋ย	4	0.0020	0.0568	0.0166*	0.0012	224.36	40.03	463.10
error	16	0.0037	0.0207	0.0042	0.0009	157.39	15.84	670.80
					เก็บเกี่ยวครั้งที่ 4			
เกษตรกร	4	0.0323**	0.2062**	0.0088*	0.0028**	2,246.34**	259.52**	25,616.10**
อัตราปุ๋ย	4	0.0032*	0.1229**	0.0093*	0.0028**	606.94	33.44**	2,045.20*
error	16	0.0007	0.0177	0.0029	0.0005	215.31	6.41	601.70

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 5 Analysis of variance ของธาตุอาหารในดินที่ปลูกหญ้าแพงโกล่าของเกษตรกร อ. ไชยปราการ

SOV	df	อ. ไชยปราการ							
		available P	exchangeable K	exchangeable Ca	exchangeable Mg	extractable Fe	extractable Zn	extractable Mn	extractable Cu
					หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1				
เกษตรกร	2	109,991.00**	32,813.40**	1,591,172.00**	31,269.90**	8,940.16*	0.7638**	824.89**	4.9718**
อัตราปุ๋ย	4	1,279.00	96.70	55,004.00	557.00*	1,331.29	0.1359*	43.46	0.0150
error	8	635.00	155.80	27,143.00	117.20	1,520.69	0.0300	71.88	0.0208
					หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2				
เกษตรกร	6	52,301.90**	23,298.80**	623,317.00**	16,662.00**	14,472.00**	1.0208**	2,550.78**	3.9456**
อัตราปุ๋ย	4	326.80	953.30*	74,308.00*	797.40	4,754.50**	0.0447	78.54*	0.1028
error	24	149.20	225.80	22,670.00	359.80	1,020.70	0.0668	26.47	0.1622
					หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3				
เกษตรกร	6	49,163.50**	25,796.50**	413,276.00**	10,796.50**	3,678.50**	1.1445**	2,943.45**	4.3132**
อัตราปุ๋ย	4	1,008.90**	1,812.10*	103,847.00**	677.20	2,047.87**	0.1208	139.66	0.1452
error	24	157.30	462.70	9,146.00	380.90	452.31	0.0655	54.75	0.2019
					หลังการเก็บเกี่ยวครั้งที่ 4				
เกษตรกร	5	51,203.90**	23,273.90**	443,535.00**	13,869.60**	5,231.64**	0.4795*	8,264.19**	7.8725**
อัตราปุ๋ย	4	1,178.00**	2,207.60**	75,858.00**	1,318.30**	2,501.80**	0.0547	303.94	0.8257
error	20	159.20	370.90	9,556.00	283.70	459.28	0.1528	130.64	0.3219

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 6 Analysis of variance ของธาตุอาหารในดินที่ปลูกหญ้าแพงโกล่าของเกษตรกร อ. สันกำแพง

SOV	df	อ. สันกำแพง							
		available P	exchangeable K	exchangeable Ca	exchangeable Mg	extractable Fe	extractable Zn	Extractable Mn	extractable Cu
					หลังเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1				
เกษตรกร	3	33,250.30**	30,618.70**	21,220,000.00**	11,804.02**	1,376.16	15.9885**	1,110.61**	16.9365**
อัตราปุ๋ย	4	528.40*	1,022.00*	101,564.00	384.30**	2,802.43*	0.3654	311.94**	0.6854**
error	12	139.60	261.70	40,132.80	64.10	586.94	0.1291	32.20	0.1106
					หลังเก็บเกี่ยวครั้งที่ 2				
เกษตรกร	4	19,072.60**	42,067.00**	2,876,151.00**	3,365.03**	4,792.69**	12.7971**	563.27**	12.9890**
อัตราปุ๋ย	4	1,328.90**	2,113.80**	233,055.00**	345.26*	3,860.62**	0.4515*	248.06**	0.8704**
error	16	92.70	240.50	41,066.00	105.20	641.00	0.1090	30.19	0.1293
					หลังเก็บเกี่ยวครั้งที่ 3				
เกษตรกร	4	20,794.40**	42,640.40**	3,338,421.00**	2,484.65**	2,174.54*	12.4913**	345.50**	12.8197**
อัตราปุ๋ย	4	1,736.00**	1,899.20**	186,168.00*	125.23	2,905.07**	0.4672*	186.02**	0.7740**
error	16	262.40	220.10	53,535.00	55.67	596.87	0.1058	22.18	0.0935
					หลังเก็บเกี่ยวครั้งที่ 4				
เกษตรกร	4	18,005.90**	35,231.40**	2,847,881.00**	1,099.97**	4,213.80**	12.3168**	332.76**	8.8583**
อัตราปุ๋ย	4	2,643.80**	3,014.20**	169,952.00	524.35**	1,516.49*	0.5057	133.07*	0.2880
error	16	227.40	376.20	57,216.00	46.79	345.01	0.2261	28.18	0.2555

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 7 Analysis of variance ของคุณสมบัติดินบางประการในพื้นที่เกษตรกรปลูกหญ้าแพงโกล่า อ. ไชยปราการ

SOV	df	อ. ไชยปราการ			
		pH	%อินทรียวัตถุ	Microbial biomass C	Microbial biomass N
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 1		
เกษตรกร	2	0.0313	2.4299**		
อัตราปุ๋ย	4	0.6307**	0.0325		
error	8	0.0246	0.0147		
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 2		
เกษตรกร	6	0.2370*	1.9750**		
อัตราปุ๋ย	4	0.7782**	0.2890**		
error	24	0.0650	0.0202		
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 3		
เกษตรกร	6	0.1758**	1.7786**		
อัตราปุ๋ย	4	0.2478**	0.1947**		
error	24	0.0367	0.0088		
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 4		
เกษตรกร	5	0.1854*	1.9747**	2,978,267.00**	73,217.70**
อัตราปุ๋ย	4	0.5774**	0.1895**	835,654.00**	21,387.50**
error	20	0.0544	0.0111	148,663.00	3,085.80

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวก 8 Analysis of variance ของคุณสมบัติดินบางประการในพื้นที่เกษตรกรปลูกหญ้าแพงโกล่า อ. สันกำแพง

SOV	df	อ. สันกำแพง			
		pH	%อินทรียวัตถุ	Microbial biomass C	Microbial biomass N
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 1		
เกษตรกร	3	0.7969**	0.0385**		
อัตราปุ๋ย	4	1.4667**	0.0467**		
error	12	0.0302	0.0019		
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 2		
เกษตรกร	4	0.5090**	0.3339**		
อัตราปุ๋ย	4	0.9467**	0.1119**		
error	16	0.0690	0.0062		
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 3		
เกษตรกร	4	12.8197**	0.2663**		
อัตราปุ๋ย	4	0.7740**	0.1534**		
error	16	0.0935	0.0099		
			หลังการเก็บเกี่ยว ครั้งที่ 4		
เกษตรกร	4	8.8583**	0.2824**	222,357.00	5,690.90
อัตราปุ๋ย	4	0.2880**	0.1760**	669,095.00**	17,116.60**
error	16	0.2555	0.0081	106,131.00	2,715.90

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาววาสนา วิรุญรัตน์
วัน เดือน ปี เกิด	9 มีนาคม 2524
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย โรงเรียนพร้าววิทยาคม จ.เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2542
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2546

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved