ภาคผนวก ก

การวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำสกัดชีวภาพและพืช

ไนโตรเจนทั้งหมด (total-N) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การเตรียมสารละลาย 2 % boric acid-indicator (2 % H_3BO_3)

ชั่ง H_3BO_3 จำนวน 20 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1,000 มล. เติมน้ำกลั่น จำนวน 200 มล. นำไปอุ่นเพื่อให้ H_3BO_3 ละลายจนหมดจากนั้นเติมน้ำกลั่นอีก 600 มล. ปล่อยไว้ให้เย็น เติม mixed indicator (methylred 0.0660 g. และ bromcresol green 0.0990 g. ละลายใน ethanol จำนวน 100 ml.) จำนวน 20 มล. ปรับ pH ของสารละลายให้เป็น 5.0 โดยใช้ NaOH 0.1 N หรือ HCl 0.1 N จะได้สีของสารละลายเป็นสีม่วงแดง ทดสอบว่าสีของสารละลายใช้ได้หรือไม่โดยการนำสารละลาย boric acid-indicator มาจำนวน 10 มล. ใส่ในกระบอกตวงแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจำนวน 10 มล. สีของสารละลายจะเปลี่ยนจากสีม่วงแดงเป็นสีเขียวทันทีแล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มล. (เนาวรัตน์, 2527)

2. การกลั่นหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Beremner, 1996) ใช้ volumetric pipette ขนาด 25 มล. ดูดสารละลายที่ย่อยได้นำมาใส่ในหลอดกลั่นของเครื่องกลั่นไนโตรเจนเติม 40 % NaOH 5 มล. รองรับของเหลวที่ได้รับจากการกลั่นประมาณ 75 มล. นำ erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. ที่มี boric acid-indicator บรรจุอยู่เป็นจำนวน 15 มล. มารองรับใต้ condenser ของเครื่องกลั่นโดยให้ปลายของ erlenmeyer flask จุ่มลงใน boric acid-indicator ทำการกลั่น เมื่อกระบวนการกลั่นสิ้นสุดลง นำ erlenmeyer flask ที่บรรจุสารละลายที่ได้ซึ่งมีสีเขียวใสมาไตเตรตกับ standard H_2SO_4 0.005 N จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเขียวใสเป็นสีม่วงแดง บันทึกปริมาตรของ H_2SO_4 ที่ใช้ในการไตเตรตและนำมาคำนวณหาปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดจากสมการ

$$\text{Total-N}(\%) = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 14 \times V_d \times 100}{1{,}000 \times V_a \times W}$$

เมื่อ V_s : ปริมาตร standard H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มล.)

V_b : ปริมาตร standard H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรต blank (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

N : ความเข้มข้นของ standard H_2SO_4 เท่ากับ 0.005 N.

W : ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.) / น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total-P) (ศรีสม, 2544)

1. การเตรียมสารละลาย Mixed reagent

ละลาย ammonium vanadate 1.25 กรัม ในน้ำกลั่นอุ่นจำนวน 200 มล. เติม HNO_3 (s.p.= 1.42) ปริมาตร 158.42 มล. เขย่าให้เข้ากันจะได้เป็นสารละลาย ก สำหรับสารละลาย ข ได้จากการละลาย ammonium molybdate tetrahydrate จำนวน 25.00 กรัม ในน้ำกลั่นอุ่น 300 มล. หลังจากนั้นผสมสารละลายที่ ก และสารละลายที่ 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 ชม. 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. ตามลำดับใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติม mixed reagent ลงไปปริมาตร 5 มล. หลังจากนั้นเติม H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.88 M. จำนวน 2 มล. ปรับปริมาตรเป็น 25 มล. โดยน้ำกลั่น เขย่าแล้วตั้งทิ้งได้เป็นเวลา 20 นาที นำไปวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านของแสง (% transmittance) ที่ความยาวคลื่น 470 *nm.* ด้วยเครื่อง Spectrophotometer แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าที่อ่านได้โดยใช้กราฟ

4. การหาปริมาณ P

ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย จำนวน 2 มล. ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติม mixed reagent จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าตั้งทิ้งไว้ 20 นาที แล้วนำไปวัดความเข้มข้นของสีที่เกิดขึ้นเหมือนกับ standard curve ในข้อที่ 3 เทียบค่าความเข้มข้นของตัวอย่างกับ standard curve แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสในตัวอย่างจากสมการ

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

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

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์(มล.) / น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

ปริมาณโพแตสเซียมทั้งหมด (total-K) (Helkme และ Sparke, 1996)

1. การเตรียม standard-K 1,000 ppm.

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

2. การเตรียม standard-K 100 ppm.

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

3. การเตรียม standard curve ให้มีความเข้มข้นของ K เป็น 0 2 4 6 8 และ 10 ppm

ใช้ volumetric pipette ดูด standard-K 100 ppm. มาจำนวน 0 2 4 6 8 และ 10 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม H_2SO_4 ความเข้มข้น 1.88 M. จำนวน 12 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 *nm*. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *nm*. และที่ energy อยู่ในช่วง 66-70.

4. ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย จำนวน 3 มล. ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นนำไปอ่านด้วยเครื่อง Flame photometer เหมือนกับ standard curve แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ K ดังสมการ

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

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

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์(มล.) / 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 ปรับปริมาตรให้เป็น1,000 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. แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 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-Ca 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 5 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % Lanthanum chloride และสำหรับ standard curve ของ Mg ที่มีความเข้มข้น 0 1 2 3 4 และ 5 ppm.จากการดูดสารละลาย 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 30 โดย Ca จะอ่านที่ความยาวคลื่น 422.7 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy เท่ากับ 73 ส่วน Mg จะอ่านที่ความยาวคลื่น 285.2 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 69-74.

6. การหาปริมาณ Ca และ Mg

ดูดสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อย มาจำนวน 5 มล. ใส่ใน volumetric flask ขนาด 25 มล. ปรับปริมาตรด้วย 0.2 % lanthanum chloride เขย่าแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer เช่นเดียวกับ standard curve ในข้อที่ 5 แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ Ca และ Mg ดังสมการ

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

เมื่อ C : ความเข้มข้น Ca หรือ Mg ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.) / น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

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

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

ชั่ง $MnSO_4.H_2O$ จำนวน 0.0308 กรัม ชั่ง $ZnSO_4.7H_2O$ จำนวน 0.0440 กรัม และ ชั่ง $CuSO_4.5H_2O$ 0.0387 กรัม ที่เก็บรักษาไว้ในโถดูดความชื้น แยกใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล.แต่ละอัน เติมน้ำกลั่น 20 มล. เขย่าให้ละลายหลังจากนั้นเติม 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 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 ลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. โดยแยกเป็นแต่ละธาตุ เติม H_2SO_4 1.88 M. ปริมาตร 12 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง

Atomic Absorption Spectrophotometer โดย Mn จะอ่านที่ความยาวคลื่น 279.8 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 61-74 สำหรับ Cu จะอ่านที่ความยาวคลื่น 324.8 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 64-74 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. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วย เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดยอ่านที่ความยาวคลื่น 213.9 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 58-64

3. การหาปริมาณ Mn Zn Fe และ Cu

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

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

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

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

W : ปริมาตรตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.) / น้ำหนักตัวอย่างพืชที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

การวิเคราะห์สมบัติของดิน

pH ดิน (เนาวรัตน์, 2527)

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

อินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) (Nelson และ 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 pipet เขย่า flask เบาๆ เพื่อให้น้ำยากับตัวอย่างดินผสมเข้ากัน ใส่ H_2SO_4 จำนวน 20 มล. (รินกรดใส่ที่ละน้อยเพื่อป้องกันการกระเด็นของอนุภาคดิน ควรเติมกรดในตู้ควัน) ทิ้งไว้ให้เย็น เติมน้ำกลั่น 100 มล. หยด O-phenanthroline ferrous complex ประมาณ 5-6 หยดแล้วนำมาไตเตรตทันทีกับ standard Ferrous sulfate 0.5 N จดปริมาณ ferrous sulfate ที่ใช้ในแต่ละตัวอย่าง end point ของ suspension จะเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง

หาความเข้มข้นที่แท้จริงของ ferrous sulfate โดยทำการทำ blank คือใช้ volumetric pipet 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. เติม phosphoric acid 10 มล. นำไป titrate กับ ferrous sulfate โดยใช้ diphenylamine หรือ O-Phenanthroline เป็น indicator เช่นเดียวกับตัวอย่าง จดปริมาตร ferrous sulfate ที่ใช้กับ blank แล้วนำมาคำนวณหาความเข้มข้นดังนี้

$$N_1V_1 = N_2V_2$$

N_1 = ความเข้มข้นของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

N_2 = ปริมาตรของ $K_2Cr_2O_7$ ที่ใช้

N_3 = ความเข้มข้นของ Fe_2SO_4 ที่ใช้

N_4 ปริมาตรของ Fe_2SO_4 ที่ใช้

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

M = ปริมาตร Fe_2SO_4 ที่ไตเตรตได้ (มล.)

W = น้ำหนักดิน (กรัม)

อนินทรีย์ไนโตรเจน (Mulvaney, 1996)

อนินทรีย์-N จะมีอยู่ในดินด้วยกัน 2 รูป คือ NH_4-N และ NO_2+ NO_3-N ซึ่งมีขั้นตอนการวิเคราะห์หาดังต่อไปนี้

1. เตรียมสารละลาย KCl 2 N.

ชั่ง KCl จำนวน 149.12 กรัม ใส่ใน บีกเกอร์ ขนาด 500 มล. เติมน้ำกลั่น 300 มล.ละลาย KCl ให้หมดใส่ volumetric flask ขนาด 1,000 มล. แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

2. การเตรียม MgO

ชั่ง MgO (heavy powder) เผาไล่ CO_2 โดยใช้เตาเผาที่อุณหภูมิ 600-700° C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและเก็บไว้ในโถแก้วที่บรรจุ KOH เพื่อกันการดูด CO_2 จากอากาศ

3. การเตรียมสารละลาย 2 % Boric acid-indicator (2% H_3BO_3) เช่นเดียวกับวิธีการหา total N ในพืช

4. หาปริมาณ Mineralizable-N ในรูปของ NH_4-N และ NO_2+ NO_3-N ในตัวอย่างดิน

ชั่งดินจำนวน 10 กรัม ใส่ใน erlenmayer flask ขนาด 250 มล. เติม KCl 2 N. จำนวน 100 มล. ปิดจุกเขย่าเป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำสารละลายที่กรองได้ไปกลั่นหาอนินทรีย์-N โดยวิธี Magnesium oxide-Devada alloy method แล้วนำมาคำนวณหาปริมาณ Inorganic-N ดังสมการ

$$NH_4\text{-}N / NO_2\text{+}NO_3\text{-}N\ (ppm) = \frac{(V_s - V_b) \times N \times 14 \times V_d \times 10^6}{1{,}000 \times V_a \times W}$$

เมื่อ V_s : ปริมาตร standard H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรตตัวอย่าง (มล.)

V_b : ปริมาตร standard H_2SO_4 ที่ใช้ไตเตรต blank (มล.)

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

V_d : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการสกัด (มล.)

N : ความเข้มข้นของ standard H_2SO_4 เท่ากับ 0.05 N.

W : น้ำหนักดินแห้งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดินชื้น 10 กรัม

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 ($KSbO.C_4H_4O_6$) จำนวน 0.2908 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. หลังจากนั้นผสมสารละลาย (a) และ สารละลาย (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 100 ppm.จำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล.เติมสารละลาย Reagent B. จำนวน 4 มล. และเติม สารละลาย Bray II จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาทีนำไปอ่านค่าการส่องผ่านของแสง (% Transmittance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 *nm.* บันทึกผล

5. หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดิน

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

$$P(\%) = \frac{C \times V_f \times V_e \times 100}{10^6 \times V_a \times W}$$

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

V_f : ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

V_e : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 25 มล.

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เท่ากับ 5 มล.

W : น้ำหนักดินแห้งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดินชื้น 2.5 กรัม

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

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

ชั่ง NH_4OAc จำนวน 77.08 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ 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 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 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 : ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อยเท่ากับ 40 มล.

V_a : ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ เท่ากับ 5 มล.

W : น้ำหนักดินแห้งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับดินชื้น 4 กรัม

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. ตามลำดับใส่ใน 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 1 2 3 4 และ 5 ppm.

ดูดสารละลาย standard-Mg 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม น้ำยาสกัด 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 ที่และเปลี่ยนได้ในดิน

ชั่วตัวอย่างดินจำนวน 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 % เขย่าให้เข้ากันนำไปอ่านเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer Ca ที่ความยาวคลื่น 422.7 *n*m และ Mg ที่ ความยาวคลื่น 285.2 *n*m บันทึกผลและนำมาคำนวณดังนี้

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

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

V_f = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

V_e = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 40 มล.

V_a = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์เท่ากับ 2 มล.

W = น้ำหนักดินแห้งดิน เท่ากับ 4 กรัม

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

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

ดูดสารละลาย standard-Mn Zn และ Fe ที่มีความเข้มข้น 100 ppm. มาจำนวน 0 1 2 3 4 และ 5 มล.ตามลำดับ ลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. โดยแยกเป็นแต่ละธาตุ เติมน้ำยาสกัด DPTA จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer โดย Mn จะอ่านที่ความยาวคลื่น 279.8 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 61-74 สำหรับ Cu จะอ่านที่ความยาวคลื่น 324.8 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m. และที่ energy อยู่ในช่วง 64-74 และ Fe จะอ่านที่ความยาวคลื่น 248.3 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.2 *n*m. 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 ppm. ตามลำดับ ใส่ใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม น้ำยาสักด DPTA 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากันแล้วนำไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometerโดยอ่านที่ความยาวคลื่น 213.9 *n*m. ที่ slit width เท่ากับ 0.7 *n*m.และที่ energyอยู่ในช่วง 58-64

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

โดยการนำสาร TEA (Triathanolamine) 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 DPTA จำนวน 40 มล. นำไปเขย่าประมาณ 2 ชั่วโมง นำสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 แล้วไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spcetrophotometer โดยที่ Fe อ่านที่ความยาวคลื่น 248.3 *n*m , Mn อ่านที่ 279.8 *n*m , Cu อ่านที่ความยาวคลื่น 324.8 *n*m และ Zn อ่านที่ความยาวคลื่น 213.9 *n*m บันทึกผลและนำมาคำนวนดังนี้

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

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

V_e = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการย่อยตัวอย่างพืชเท่ากับ 100 มล.

W = น้ำหนักดินแห้งเท่ากับ 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 ใส่ลงในโถดูดความชื้นที่มีกระดาษทิชชูชื้นวางอยู่ด้านล่าง ใส่ Chloroform ปริมาตร 40 มล.ในบีกเกอร์แล้วนำไปวางไว้ในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถดูดความชื้นใช้เครื่องดูดอากาศดูดอากาศในโถดูดความชื้นออกจนกระทั่งไอ Chloroform มาเกาะตามผนังของโถดูดความชื้น รม Chloroform ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในที่มืดสำหรับดินชุดที่ 2 นำไปบ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมงเช่นเดียวกัน เมื่อครบ 24 ชั่วโมงนำ Chloroform และกระดาษทิชชูออก ดูด Chloroform ที่เหลือในตัวอย่างดินออกโดยใช้เครื่องดูดอากาศดูดอากาศออก 8 ครั้ง ครั้งละ 3 นาที นำดินถ่ายใส่ขวดพลาสติกที่มีฝาปิด เติม K_2SO_4 0.5 M. จำนวน 100 มล. เขย่าเป็นเวลา 0.5 ชั่วโมง 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 $\mu gC.g^{-1}$ soil

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

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการทดลอง

ตารางภาคผนวกที่ 1 สมบัติทางเคมีของน้ำสกัดชีวภาพของเกษตรกร

ข้อมูล	น้ำสกัดชีวภาพสูตรเร่งดอก ซ้ำ				น้ำสกัดชีวภาพสูตรเร่งการเจริญ ซ้ำ			
	1	2	3	4	1	2	3	4
pH	4.24	4.18	4.16	4.19	4.21	4.16	4.15	4.17
%N	1.11	1.16	1.16	1.11	1.13	1.13	1.19	1.15
%P	0.45	0.37	0.45	0.37	0.38	0.49	0.52	0.38
%K	0.84	1.15	0.97	0.75	1.27	0.96	1.05	1.02
%Ca	0.7	0.62	0.53	0.57	0.67	0.79	0.62	0.7
%Mg	0.12	0.15	0.13	0.12	0.09	0.14	0.11	0.08
Fe (ppm)	22	13	8	12	9	11	9	12
Mn (ppm)	20	18	18	16	17	16	18	17
Cu (ppm)	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn (ppm)	9	8	8	8	8	8	9	12

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางภาคผนวกที่ 2 pH อินทรีย์วัตถุในดินและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินจากพื้นที่เกษตรกร

กรรมวิธี	ซ้ำ	pH				%OM				Avialable P ($mg.kg^{-1}$)			
		ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย
	1	7.32	7.67	6.90	6.91	1.64	1.70	2.01	6.22	189	207	229	212
	2	7.48	7.39	6.91	6.32	1.66	1.51	1.78	6.28	179	225	166	145
	3	7.21	7.35	7.36	7.17	1.86	1.65	1.72	6.29	185	183	202	170
	4	7.36	7.28	7.58	7.30	1.76	1.61	1.78	6.28	161	187	202	180
3 ปี	5	7.36	7.26	7.52		1.61	1.68	1.75		170	189	186	
	6	7.02	7.21	7.86		1.66	1.47	1.89		149	173	169	
	7	7.37	7.3	7.73		2.06	1.44	1.71		212	163	185	
	8	7.29	7.47	7.63		1.74	1.34	1.76		205	163	172	
	9	7.1	7.26	6.96		1.71	1.71	1.75		195	152	163	
	10	6.98	7.43	6.71		2.21	1.51	1.77		173	149	183	
	1		7.14	6.99			1.82	1.84			148	164	
	2		7.17	7.39			1.53	1.85			163	157	
	3		7.26	7.90			1.61	1.54			148	152	
	4		7.10	6.15			1.68	1.97			163	159	
1 ปี	5		7.43	6.63			1.54	1.64			160	179	
	6		7.50	7.21			1.30	1.85			171	148	
	7		7.38	7.15			1.54	1.53			149	146	
	8		7.09	7.05			1.38	1.81			146	134	
	9		7.17	6.63			1.63	1.67			148	136	
	10		7.15	6.89			1.79	1.75			138	132	
	1	7.15	7.36	6.99	6.69	1.86	1.63	1.88	6.25	225	184	195	156
	2	7.32	7.04	7.39	6.59	1.76	1.90	1.81	6.30	153	161	175	154
	3	7.32	7.32	7.90	6.63	1.66	1.71	2.01	6.28	164	171	176	208
ปุ๋ย	4	7.38	7.53	6.15	6.92	1.51	1.74	1.78	6.29	148	160	162	147
เคมี	5	7.47	7.27	6.63		1.96	1.87	1.80		140	175	180	
	6	7.08	7.02	7.21		2.16	1.50	2.06		115	163	160	
	7	7.29	7.08	7.15		2.06	1.53	1.52		138	150	155	
	8	7.08	6.79	7.05		1.54	1.71	1.82		183	147	155	
	9	6.8	6.84	6.63		2.16	1.51	1.88		168	148	139	
	10	6.92	6.94	6.89		1.74	1.70	1.70		158	138	125	

ตารางภาคผนวกที่ 3 ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินจากพื้นที่เกษตรกร

กรรมวิธี	ซ้ำ	Extchangeable K ($mg.kg^{-1}$)				ExchangeableCa ($mg.kg^{-1}$)				ExchangeableMg ($mg.kg^{-1}$)			
		ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย
	1	169	210	210	188	1565	2814	3592	3219	185	193	195	196
	2	165	276	204	203	2539	2192	2660	3184	175	175	185	210
	3	143	188	198	234	2580	2400	3807	3031	171	115	194	196
	4	148	234	235	213	2254	2616	2741	3047	156	181	187	179
3 ปี	5	145	282	195		2638	2470	3155		155	176	182	
	6	196	174	210		2221	2488	3222		142	176	175	
	7	200	228	216		2435	2418	3173		157	169	175	
	8	184	178	206		1846	2408	2658		161	187	177	
	9	156	158	224		1878	2404	2386		182	173	173	
	10	185	174	235		2293	2106	2494		159	172	170	
	1		190	196			2908	3365			156	185	
	2		156	182			3134	3157			174	183	
	3		148	162			3996	3471			158	186	
	4		162	178			3086	2965			154	181	
1 ปี	5		160	146			2882	3391			151	191	
	6		144	120			3244	3303			161	189	
	7		156	140			3052	2639			155	177	
	8		182	162			2868	2531			156	171	
	9		190	140			2972	2556			163	178	
	10		162	188			3032	2922			167	186	
	1	206	228	216	234	2433	2582	2875	2668	168	127	161	156
	2	213	258	210	265	2360	2794	3384	2668	154	168	167	154
	3	218	186	222	276	3216	2014	3034	2202	171	121	190	135
ปุ๋ย	4	229	252	198	225	2644	3290	3279	2633	156	167	190	173
เคมี	5	220	216	258		2755	3150	3030		140	156	193	
	6	206	258	240		2285	3320	3126		131	156	187	
	7	213	264	216		2645	3378	3539		172	171	193	
	8	213	288	264		1950	3166	3079		159	169	186	
	9	210	300	288		2278	2774	3365		158	164	195	
	10	205	312	240		2369	2750	3165		162	167	183	

ตารางภาคผนวกที่ 4 ปริมาณเหล็ก แมงกานีส ทองแดงและสังกะสีที่สกัดได้ในดินจากพื้นที่เกษตรกร

กรรมวิธี	ซ้ำ	Extractable Fe ($mg.kg^{-1}$)				Extractable Mn ($mg.kg^{-1}$)				Extractable Cu ($mg.kg^{-1}$)				Extractable Zn ($mg.kg^{-1}$)			
		ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย	ก่อน	ต้น	กลาง	ปลาย
	1	24	24	30	26	1	51	55	43	1	1	1	1	2	2	2	2
	2	27	49	31	21	1	48	58	39	1	1	1	1	2	2	3	2
	3	27	31	30	23	1	49	53	59	1	1	1	1	2	2	3	2
	4	21	26	34	29	0	56	46	53	0	2	1	1	4	2	2	2
3 ปี	5	24	22	32		1	51	46		1	1	1		2	2	3	
	6	22	32	30		1	51	53		1	1	1		2	2	3	
	7	23	33	36		1	38	51		1	1	1		2	2	2	
	8	20	36	31		1	38	51		1	1	1		2	2	2	
	9	21	35	31		1	39	59		1	1	1		2	2	3	
	10	26	38	31		1	45	53		1	1	1		2	2	2	
	1		27	33			37	45			1	1			2	3	
	2		27	30			40	48			1	1			2	2	
	3		28	28			45	51			1	1			1	2	
	4		28	28			51	44			1	2			2	3	
1 ปี	5		24	31			32	52			1	1			2	3	
	6		27	32			46	48			1	1			2	2	
	7		26	32			40	60			1	1			2	3	
	8		30	28			38	55			1	1			2	2	
	9		30	30			38	54			1	1			1	2	
	10		31	31			38	60			1	1			2	2	
	1	24	22	30	30	1	35	58	48	1	2	1	1	2	2	2	2
	2	16	21	20	33	1	48	55	37	1	1	1	1	2	2	2	2
	3	20	19	28	32	1	39	49	44	1	1	1	2	2	2	3	2
	4	12	23	27	27	1	35	39	35	1	1	1	1	2	2	3	2
เคมี	5	16	17	25		1	30	41		1	1	1		2	2	2	
	6	15	21	23		1	39	44		1	1	1		2	2	2	
	7	17	22	21		1	39	44		1	1	1		2	2	3	
	8	16	31	29		1	46	41		1	1	1		2	2	3	
	9	24	25	23		1	45	50		1	1	1		2	2	3	
	10	17	28	21		1	51	38		1	1	0		2	2	2	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

ตารางภาคผนวกที่ 5 ปริมาณ mineralizable N ของดินจากพื้นที่เกษตรกรที่ได้จากการบ่มดินในแปลงและห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี	ซ้ำ	บ่มในแปลงทดลอง ($\mu gN.g^{-1}soil$)			บ่มในห้องปฏิบัติการ ($\mu gN.g^{-1}soil$)		
		NH_4	NO_3	NH_4+NO_3	NH_4	NO_3	NH_4+NO_3
3 ปี	1	0	9.8	9.8	0	15.4	15.4
	2	2.8	14	16.8	0	11.2	11.2
	3	5.6	8.4	14	0	15.4	15.4
	4	1.4	12.6	14	0	12.6	12.6
1 ปี	1	1.4	8.4	9.8	0	12.6	12.6
	2	0	9.8	9.8	0	9.8	9.8
	3	2.8	7	9.8	0	11.2	11.2
	4	0	8.4	8.4	0	9.8	9.8
เคมี	1	2.8	7	9.8	0	12.6	12.6
	2	0	12.6	12.6	0	8.4	8.4
	3	0	8.4	8.4	0	7	7
	4	0	7	7	0	8.4	8.4

ตารางภาคผนวกที่ 6 มวลชีวภาพคาร์บอนและไนโตรเจนของจุลินทรีย์ดิน

กรรมวิธี	ซ้ำ	มวชีวภาพคาร์บอน ($\mu gC/g^{-1}soil$)		มวลชีวภาพไนโตรเจน ($\mu gN\ g^{-1}soil$)	
		ช่วงออกดอกและติดผล	ช่วงเก็บเกี่ยว	ช่วงออกดอกและติดผล	ช่วงเก็บเกี่ยว
3 ปี	1	1522	928	939	148
	2	1359	964	155	154
	3	2740	1120	438	179
	4	957	1207	153	193
1 ปี	1	2059	-	329	-
	2	1109	-	177	-
	3	1363	-	218	-
	4	1066	-	170	-
เคมี	1	892	370	143	59
	2	1138	337	182	54
	3	22	174	3	28
	4	1609	1000	452	160

ตารางภาคผนวกที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่สะสมในส่วนเหนือดินของพริก

กรรมวิธี	ซ้ำ	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
		---------- กก./ไร่ ----------					---------- กรัม/ไร่ ----------			
	1	0.62	0.352	11.79	3.86	2.07	92	24	17	0.0018
	2	0.48	0.183	11.29	3.00	1.52	76	17	12	0.0014
	3	0.89	0.654	19.85	7.52	3.26	140	27	20	0.0015
	4	0.79	0.197	22.04	5.40	2.32	116	26	14	0.0016
3 ปี	5	1.04	0.715	42.68	9.40	6.36	157	36	20	0.0014
	6	0.73	0.522	23.92	6.66	4.09	93	28	14	0.0015
	7	0.64	0.559	17.48	3.69	4.87	88	28	10	0.0014
	8	0.88	1.102	42.03	10.20	7.14	165	39	15	0.0013
	9	0.50	0.442	32.45	3.81	5.78	85	28	9	0.0013
	10	0.74	0.817	22.52	6.17	3.27	114	29	13	0.0020
	1	0.55	0.393	17.08	6.38	2.71	75	16	9	0.0016
	2	0.72	0.623	14.85	5.85	2.45	78	21	9	0.0017
	3	0.57	0.309	10.19	4.37	1.94	68	17	7	0.0017
	4	0.57	0.354	1.53	1.82	1.66	55	14	9	0.0019
1 ปี	5	0.69	0.530	7.84	3.57	1.34	63	14	8	0.0016
	6	0.46	0.214	15.73	3.82	1.24	61	15	9	0.0015
	7	0.43	0.109	17.19	4.12	1.86	45	16	7	0.0013
	8	0.41	0.438	19.62	4.00	1.90	53	15	5	0.0014
	9	0.36	0.339	9.86	2.65	2.25	53	15	8	0.0021
	10	0.54	0.106	18.35	4.61	2.23	59	14	7	0.0018
	1	0.37	0.111	10.70	4.07	0.84	68	16	8	0.0014
	2	0.45	0.124	15.39	5.02	1.54	55	13	7	0.0010
	3	0.49	0.320	9.34	2.98	2.08	59	24	6	0.0018
	4	0.41	0.305	7.74	3.20	0.73	59	13	7	0.0020
เคมี	5	0.45	0.458	11.11	3.11	1.24	72	17	7	0.0020
	6	0.43	0.323	14.60	4.38	1.56	74	20	7	0.0020
	7	0.41	0.393	12.86	3.05	1.74	59	16	8	0.0023
	8	0.33	0.254	7.36	2.17	1.01	45	16	5	0.0023
	9	0.35	0.366	7.76	2.40	0.78	42	17	6	0.0025
	10	0.61	0.651	14.80	4.43	1.35	92	39	9	0.0026

ตารางภาคผนวกที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารพืชที่สะสมในผลพริก

กรรมวิธี	ซ้ำ	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
		กก./ไร่					กรัม/ไร่			
	1	0.07	0.21	1.38	0.15	0.11	4.32	0.78	1.34	0.0022
	2	0.07	0.19	1.87	0.11	0.15	2.62	0.61	0.81	0.0017
	3	0.09	0.21	1.16	0.09	0.10	3.74	0.75	1.15	0.0020
	4	0.12	0.30	0.42	0.26	0.37	4.00	0.99	1.41	0.0018
3 ปี	5	0.12	0.29	0.41	0.27	0.40	5.56	1.23	1.45	0.0012
	6	0.10	0.23	2.73	0.17	0.23	8.78	0.66	1.58	0.0020
	7	0.06	0.15	1.95	0.13	0.18	1.73	0.59	0.70	0.0021
	8	0.10	0.24	3.48	0.20	0.30	3.96	0.83	1.19	0.0020
	9	0.11	0.27	2.25	0.15	0.21	4.76	0.95	1.67	0.0021
	10	0.09	0.21	2.56	0.17	0.18	3.61	0.56	1.19	0.0023
	1	0.03	0.08	0.99	0.08	009	2.56	0.28	0.49	0.0021
	2	0.03	0.08	1.33	0.06	0.08	1.39	0.28	0.43	0.0019
	3	0.05	0.11	1.47	0.10	0.16	3.80	0.37	0.53	0.0024
	4	0.07	0.14	1.46	0.11	0.16	2.65	0.56	0.86	0.0020
1 ปี	5	0.05	0.13	1.16	0.10	0.19	2.22	0.31	0.44	0.0023
	6	0.05	0.11	1.30	0.10	0.11	2.58	0.28	0.55	0.0024
	7	0.05	0.12	1.90	0.10	0.17	2.28	0.31	0.78	0.0023
	8	0.06	0.14	2.33	0.13	0.17	1.76	0.50	0.71	0.0018
	9	0.05	0.15	1.61	0.13	0.14	2.83	0.42	0.51	0.0020
	10	0.07	0.15	1.42	0.11	0.11	3.54	0.31	0.90	0.0015
	1	0.03	0.07	0.71	0.04	0.08	0.82	0.28	0.33	0.0023
	2	0.04	0.09	0.96	0.07	0.07	1.18	0.16	0.45	0.0017
	3	0.07	0.15	1.38	0.11	0.10	3.01	0.52	0.86	0.0023
	4	0.04	0.11	0.53	0.05	0.04	1.43	0.34	0.41	0.0019
เดมี	5	0.05	0.12	1.51	0.12	0.11	2.29	0.32	0.46	0.0016
	6	0.04	0.10	0.88	0.06	0.06	1.44	0.18	0.42	0.0023
	7	0.03	0.07	0.73	0.07	0.05	1.83	0.16	0.34	0.0022
	8	0.03	0.06	0.80	0.05	0.06	0.74	0.16	0.37	0.0017
	9	0.06	0.17	1.53	0.11	0.14	3.48	0.40	0.74	0.0017
	10	0.04	0.11	1.06	0.08	0.06	2.89	0.25	0.43	0.0023

ตารางภาคผนวกที่ 9 การเจริญเติบโตของต้นพริก

กรรมวิธี	ซ้ำ	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ซม.)			ความสูง (ซม.)			ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทรงพุ่ม (ซม.)		
		2 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	2 เดือน	4 เดือน	5 เดือน
	1	0.82	0.70	2.10	47.33	64.67	80.40	41.67	60.00	74.60
	2	0.58	0.83	1.80	41.67	67.67	82.00	20.00	65.33	67.70
	3	0.65	1.50	2.40	40.00	81.67	100.70	26.67	71.67	96.30
	4	0.68	1.50	2.25	41.67	63.33	91.30	25.00	71.67	84.70
3 ปี	5	0.68	1.03	2.10	42.00	70.00	101.70	28.33	55.00	90.80
	6	0.82	1.03	1.80	42.33	68.33	91.30	25.67	50.00	89.60
	7	0.88	1.40	2.05	37.67	71.67	95.90	34.33	66.67	86.90
	8	0.82	0.80	2.20	43.00	75.00	107.00	37.67	51.67	89.40
	9	0.58	1.30	1.80	32.67	68.33	94.00	28.33	56.67	81.50
	10	0.55	0.80	1.95	38.67	73.33	102.20	16.00	43.33	94.60
	1	0.73	1.09	1.84	40.00	73.33	75.90	27.33	51.67	69.40
	2	0.53	1.30	1.71	32.67	66.33	72.80	30.00	50.00	65.00
	3	0.60	1.15	1.66	36.67	57.33	71.10	18.50	37.33	61.50
	4	0.57	0.73	1.89	36.00	67.67	77.40	25.67	48.33	73.60
1 ปี	5	0.63	1.33	1.57	39.33	70.67	70.00	31.33	50.00	62.40
	6	0.67	1.10	1.54	36.33	61.00	72.50	27.67	56.67	70.00
	7	0.70	1.03	1.65	42.67	70.00	70.80	25.67	60.00	69.20
	8	0.67	0.90	1.42	29.00	63.33	72.90	20.67	63.33	72.50
	9	0.73	0.80	1.49	36.33	63.33	68.50	30.33	67.00	70.70
	10	0.70	0.93	1.80	39.67	61.67	73.10	36.00	67.33	75.00
	1	0.57	1.50	1.50	46.67	60.00	65.20	34.33	56.00	66.90
	2	0.53	0.97	1.50	31.67	62.67	69.40	26.67	55.00	63.60
	3	0.67	0.57	1.60	40.00	62.00	72.80	36.67	48.33	68.50
	4	0.60	1.37	1.45	42.00	67.67	66.60	31.00	59.67	68.80
เคมี	5	0.67	1.10	1.75	34.67	65.33	67.40	25.00	47.67	61.70
	6	0.93	0.80	1.50	47.33	59.33	67.60	33.00	56.33	62.90
	7	0.47	1.03	1.35	27.67	63.33	69.40	16.33	59.33	66.30
	8	0.53	0.60	1.70	26.67	65.67	66.30	16.67	52.33	69.90
	9	0.60	0.83	1.60	34.67	58.33	70.80	26.00	53.33	62.00
	10	0.53	0.97	1.40	34.00	60.33	65.10	30.67	60.00	72.10

ตารางภาคผนวกที่ 10 น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน ผลผลิตพริกสดทั้งหมด ผลผลิตพริกสดที่ดีและที่เสียหาย น้ำหนักแห้งของผลพริก เปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ดีและที่เสียหาย

กรรมวิธี	ซ้ำ	นน.แห้งส่วน	ผลผลิตพริกสด (กก./ไร่)			นน.แห้ง	% ผล	%ผลผลิต
		เหนือดิน (กก./ไร่)	ทั้งหมด	ดี	เสียหาย	ผลผลิต(กก./ไร่)	ผลิตดี	เสียหาย
	1	479.36	215.68	190.08	25.60	35.23	88.13	11.87
	2	375.36	80.00	73.60	6.40	33.60	92.00	8.00
	3	595.52	270.72	164.48	10.24	41.15	60.76	3.78
	4	623.04	389.12	358.40	30.72	54.40	92.11	7.89
3 ปี	5	713.6	379.84	339.84	40.00	55.63	89.47	10.53
	6	553.6	382.72	296.32	54.40	46.42	77.42	14.21
	7	476.48	348.80	296.64	20.16	26.83	85.05	5.78
	8	669.12	216.64	198.40	18.24	45.61	91.58	8.42
	9	425.28	375.36	330.56	43.20	52.14	88.06	11.51
	10	583.04	289.28	220.80	68.48	39.63	76.33	23.67
	1	340.80	57.60	40.00	17.60	15.36	69.44	30.56
	2	364.80	39.36	16.32	23.04	15.24	41.46	58.54
	3	334.72	74.88	47.36	27.52	20.56	63.25	36.75
	4	360.32	107.20	42.24	64.96	30.62	39.40	60.60
1 ปี	5	300.80	72.00	47.04	24.96	22.12	65.33	34.67
	6	299.20	57.92	32.32	25.60	19.56	55.80	44.20
	7	264.96	72.00	41.60	30.40	21.79	57.78	42.22
	8	226.56	38.72	15.68	23.04	27.34	40.50	59.50
	9	210.56	57.92	23.36	32.96	23.04	40.33	56.91
	10	299.52	129.60	87.68	41.92	30.07	67.65	32.35
	1	236.80	19.20	6.40	12.80	12.80	33.33	66.67
	2	265.28	37.44	21.44	16.00	16.15	57.33	42.78
	3	302.40	72.32	25.60	46.72	28.79	35.40	64.60
	4	224.00	32.32	10.88	21.44	18.45	33.66	66.34
เคมี	5	272.00	39.68	23.68	25.60	22.89	59.68	64.52
	6	243.52	33.92	9.60	24.32	17.54	28.30	71.70
	7	232.96	32.64	19.20	13.44	15.52	58.82	41.18
	8	194.56	74.24	35.20	39.04	11.56	47.41	52.59
	9	212.48	65.60	20.80	44.80	28.36	31.71	68.29
	10	382.40	35.84	8.64	27.20	17.73	24.11	75.89

ตารางภาคผนวกที่ 11 ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจนที่บ่มดินด้วยน้ำสกัดชีวภาพเป็นเวลา 4 สัปดาห์

ดิน	อัตรา	ซ้ำ	ปริมาณอนินทรีย์ไนโตรเจน ($\mu gN.g^{-1}soil$)			
			1 สัปดาห์	2 สัปดาห์	3 สัปดาห์	4 สัปดาห์
ดินที่ใช้น้ำสกัดชีวภาพ 3 ปี	0	1	3.51	7.88	9.99	9.70
		2	3.51	9.84	10	10.58
		3	5.08	8.08	9.84	10.05
	1 : 500	1	M	M	10.38	11.96
		2	7.54	8.26	10.62	12.15
		3	5.26	7.88	10.58	12.56
	1 : 250	1	10.34	14.09	11.94	13.33
		2	8.59	M	12.49	13.99
		3	10.52	9.95	12.41	13.88
ดินที่ไม่เคยใช้น้ำสกัดชีวภาพ	0	1	3.33	3.85	6.64	6.61
		2	5.26	7.48	5.83	6.58
		3	3.33	7.89	6.22	6.54
	1 : 500	1	5.26	7.69	6.47	8.24
		2	6.66	6.09	7.01	8.81
		3	5.08	8.31	6.76	8.56
	1 : 250	1	7.01	11.46	9.65	8.56
		2	8.59	8.08	9.35	9.34
		3	8.59	9.78	9.71	8.43

M missing data

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลของการวิเคราะห์ t-test ของสมบัติของดิน

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p* (F)	t	df	p* (t)	SE
pH ก่อนปลูก	cf vs 3 year	0.795	0.384	0.796	18	0.436	8.539E-02
pH ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	3.307	0.086	1.342	14.838	0.200	8.942E-02
	cf vs 3 year	4.726	0.043	2.770	14.181	0.015	8.771E-02
	3 year vs 1 year	0.358	0.557	1.944	18	0.123	6.327E-03
pH กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	2.731	0.116	0.402	18	0.692	0.1641
	cf vs 3 year	9.448	0.007	2.640	13.293	0.020	0.1451
	3 year vs 1 year	0.200	0.889	1.596	18	0.128	0.1986
pH ปลายฤดูปลูก	cf vs 3 year	2.459	0.168	0.948	6	0.380	0.2295
OM ก่อนปลูก	cf vs 3 year	0.839	0.372	0.509	18	0.617	9.823E-02
OM ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	0.125	0.728	1.442	18	0.167	6.797E-02
	cf vs 3 year	0.004	0.948	1.98	18	0.063	5.959E-02
	3 year vs 1 year	0.206	0.655	0.307	18	0.762	6.516E-02
OM กลางฤดู	cf vs1 year	0.138	0.715	1.218	18	0.239	6.649E-02
	cf vs 3 year	1.214	0.285	0.608	18	0.551	5.592E-02
	3 year vs 1 year	3.573	0.075	0.866	18	0.398	5.428E-02
OM ปลายฤดู	cf vs 3 year	1.717	0.238	0.355	6	0.734	5.000E-02
P ก่อนปลูก	cf vs 3 year	0.498	0.490	2.005	18	0.060	11.28
P ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	0.390	0.540	3.375	18	0.003	7.32
	cf vs 3 year	2.681	0.199	2.198	18	0.041	8.87
	3 year vs 1 year	0.943	0.344	4.597	18	0.000	9.61
P กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	0.685	0.419	1.440	18	0.167	7.94
	cf vs 3 year	0.000	0.999	2.570	18	0.019	9.14
	3 year vs 1 year	0.678	0.421	4.597	18	0.000	7.95
P ปลายฤดูปลูก	cf vs 3 year	1.255	0.305	1.998	6	0.093	15.26

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลของการวิเคราะห์ t-test ของสมบัติของดิน (ต่อ)

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p*(F)	t	df	p* (t)	SE
K ก่อนปลูก	cf vs 3 year	1.441	0.246	0.382	18	0.707	7.06
K ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	8.927	0.008	3.054	11.530	0.010	14.80
	cf vs 3 year	8.537	0.009	5.181	11.721	0.000	14.32
	3 year vs 1 year	0.017	0.896	1.509	18	0.149	19.21
K กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	0.399	0.535	6.717	18	0.000	12.24
	cf vs 3 year	0.218	0.646	6.241	18	0.000	11.83
	3 year vs 1 year	0.031	0.862	0.648	18	0.525	12.96
K ปลายปลูก	cf vs 3 year	1.439	0.276	2.547	6	0.044	15.46
Ca ก่อนปลูก	cf vs 3 year	0.049	0.827	1.717	18	0.103	156.45
Ca ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	0.630	0.438	5.633	18	0.000	121.76
	cf vs 3 year	5.935	0.025	3.312	12.721	0.006	148.03
	3 year vs 1 year	1.572	0.226	1.150	18	0.265	170.12
Ca กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	5.792	0.027	1.207	14.107	0.247	130.57
	cf vs 3 year	9.670	0.006	1.217	12.119	0.247	163.32
	3 year vs 1 year	1.206	0.287	0.218	18	0.830	188.75
Ca ปลายฤดูปลูก	cf vs 3 year	2.368	0.175	4.679	6	0.003	123.42
Mg ก่อนปลูก	cf vs 3 year	0.242	0.629	1.209	18	0.242	5.96
Mg ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	4.253	0.054	0.496	11.689	0.629	6.11
	cf vs 3 year	0.052	0.828	1.716	18	0.103	8.79
	3 year vs 1 year	1.299	0.269	1.708	18	0.105	7.06
Mg กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	2.198	0.155	0.452	18	0.657	4.12
Mg กลางฤดูปลูก	cf vs 3 year	0.279	0.604	0.685	18	0.502	4.54
	3 year vs 1 year	1.868	0.189	0.374	18	0.712	3.34
Mg ปลายปลูก	cf vs 3 year	0.078	0.79	0.062	6	0.007	10.03

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลของการวิเคราะห์ t-test ของสมบัติของดิน (ต่อ)

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p*(F)	t	df	p*(t)	SE
Fe ก่อนปลูก	cf vs 3 year	1.168	0.294	3.965	18	0.001	1.46
Fe ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	2.663	0.120	3.333	18	0.004	1.47
	cf vs 3 year	1.938	0.181	3.470	18	0.003	2.80
	3 year vs 1 year	5.788	0.027	1.878	10.293	0.089	2.56
Fe กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	0.909	0.353	1.692	18	0.108	2.96
	cf vs 3 year	0.464	0.505	2.736	18	0.014	3.69
	3 year vs 1 year	0.023	0.882	1.3	18	0.210	3.91
Fe ปลายฤดูปลูก	cf vs 3 year	1.038	0.294	0.665	6	0.531	6.39
Mn ก่อนปลูก	cf vs 3 year	5.886	0.026	4.020	15.574	0.001	2.24
Mn ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	0.831	0.374	0.074	17.329	0.942	2.71
	cf vs 3 year	0.013	0.912	2.035	18	0.057	2.90
	3 year vs 1 year	0.696	0.415	2.311	18	0.033	2.64
Mn กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	0.689	0.417	2.069	18	0.053	2.8
	cf vs 3 year	3.307	0.083	2.579	15.211	0.021	2.56
	3 year vs 1 year	1.016	0.327	0.356	18	0.726	2.25
Mn ปลายปลูก	cf vs 3 year	2.083	0.199	1.367	6	0.221	5.48
Cu ก่อนปลูก	cf vs 3 year	5.063	0.037	1	9	0.343	0.10
Cu ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	5.063	0.037	1	9	0.343	0.10
	cf vs 3 year	0.00	1.00	0.000	18	1.000	0.14
	3 year vs 1 year	5.063	0.037	1	9	0.343	0.10
Cu กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	0.000	1.000	1.414	18	0.174	0.14
	cf vs 3 year	5.062	0.037	1	9	0.343	0.10
	3 year vs 1 year	5.063	0.037	1	9	0.343	0.10
Cu ปลายฤดู	cf vs 3 year	9.00	0.024	1	3	0.391	0.25

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 12 ผลของการวิเคราะห์ t-test ของสมบัติของดิน (ต่อ)

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p*(F)	t	df	p*(t)	SE
Zn ก่อนปลูก	cf vs 3 year	5.063	0.037	1	9	0.343	0.20
Zn ต้นฤดูปลูก	cf vs1 year	16	0.001	1.5	9	0.168	0.13
	3 year vs 1 year	16	0.001	1.500	9	0.168	0.13
Zn กลางฤดูปลูก	cf vs1 year	0.000	1	0.000	18	1.00	0.23
	cf vs 3 year	0.375	0.548	0.429	18	0.673	0.23
	3 year vs 1 year	0.375	0.548	0.429	18	0.673	0.23
Inorganic N(Lab)	cf vs1 year	0.923	0.374	1.263	6	0.253	1.39
	cf vs 3 year	0.000	1.000	2.837	6	0.030	1.60
	3 year vs 1 year	3.000	0.134	2.248	6	0.066	1.25
InorganicN(Field)	cf vs1 year	3.419	0.114	0.00	6	1.000	1.25
	cf vs 3 year	0.024	0.881	2.241	6	0.066	1.87
	3 year vs 1 year	2.233	0.186	2.828	6	0.030	1.48
MBC ออกดอก	cf vs1 year	0.290	0.610	1.197	6	0.277	404.35
	cf vs 3 year	0.090	0.774	1.435	6	0.201	508.24
	3 year vs 1 year	0.744	0.422	0.549	6	0.603	447.33
MBC เก็บเกี่ยว	cf vs 3 year	2.441	0.169	3.024	6	0.023	193.30
MBN ออกดอก	cf vs1 year	1.554	0.260	0.285	6	0.785	100.81
	cf vs 3 year	1.401	0.281	1.090	6	0.318	207.64
	3 year vs 1 year	4.237	0.085	1.046	6	0.336	188.81
MBN เก็บเกี่ยว	cf vs 3 year	2.441	0.169	3.024	6	0.023	30.92

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 13 ผลการวิเคราะห์ t-test ของการเจริญเติบโตของต้นพริก

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p*(F)	t	df	p*(t)	SE
ความสูง(2 เดือน)	cf vs1 year	5	0.038	0.123	13.858	0.904	2.61
	cf vs 3 year	5.270	0.034	1.599	13.722	0.133	2.60
	3 year vs 1 year	0.006	0.942	2.202	18	0.041	1.74
ความสูง(4 เดือน)	cf vs1 year	3.208	0.090	1.616	14.947	0.127	1.86
	cf vs 3 year	1.778	0.199	4.066	18	0.001	1.95
	3 year vs 1 year	0.009	0.927	2.132	18	0.047	2.31
ความสูง(5 เดือน)	cf vs1 year	0.031	0.861	3.838	17.947	0.001	1.16
	cf vs 3 year	9.211	0.007	9.257	10.477	0.000	2.87
	3 year vs 1 year	9.221	0.007	7.682	10.644	0.000	2.88
ทรงพุ่ม(2 เดือน)	cf vs1 year	1.231	0.282	0.117	18	0.908	2.73
	cf vs 3 year	0.012	0.913	0.221	18	0.827	3.30
	3 year vs 1 year	1.130	0.302	0.357	0.950	0.725	2.94
ทรงพุ่ม(4 เดือน)	cf vs1 year	5.828	0.027	0.112	12.735	0.913	3.31
	cf vs 3 year	6.634	0.019	1.326	12.680	0.208	3.33
	3 year vs 1 year	0.006	0.938	0.950	18	0.355	4.26
ทรงพุ่ม(5 เดือน)	cf vs1 year	0.366	0.553	1.443	18	0.166	1.84
	cf vs 3 year	4.656	0.045	6.368	11.863	0.000	3.03
	3 year vs 1 year	2.952	0.103	5.266	18	0.000	3.17
ขนาดลำต้น(2 เดือน)	cf vs1 year	0.010	0.921	0.240	18	0.813	5.408E-02
	cf vs 3 year	0.216	0.647	1.721	18	0.102	5.58
	3 year vs 1 year	0.489	0.494	1.598	18	0.127	5.195E-02
ขนาดลำต้น(4 เดือน)	cf vs1 year	0.968	0.338	0.494	18	0.628	0.19
	cf vs 3 year	0.443	0.514	0.842	18	0.411	0.14
	3 year vs 1 year	4.549	0.047	0.506	15.251	0.620	0.12
ขนาดลำต้น(5 เดือน)	cf vs1 year	0.663	0.426	2.059	18	0.054	2.587E-02
	cf vs 3 year	3.03	0.099	6.820	18	0.000	7.552E-02
	3 year vs 1 year	0.941	0.345	4.738	18	0.000	0.39

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 14 ผลการวิเคราะห์ t-test ของผลผลิตพริก

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p*(F)	t	df	p*(t)	SE
น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	0.004	0.950	1.821	18	0.085	23.93
	cf vs 3 year	5.583	0.030	7.642	13.198	0.000	38.32
	3 year vs 1 year	5.604	0.029	6.526	13.072	0.000	38.18
ผลผลิตพริกสด	cf vs1 year	0.478	0.498	2.431	18	0.026	10.86
	cf vs 3 year	13.096	0.002	7.683	9.641	0.000	32.61
	3 year vs 1 year	10.438	0.005	6.733	10.418	0.000	33.28
ผลผลิตดี	cf vs1 year	1.679	0.211	2.976	18	0.008	7.19
	cf vs 3 year	26.875	0.000	7.835	9.187	0.000	29.22
	3 year vs 1 year	20.125	0.00	6.964	9.913	0.000	29.80
ผลผลิตเสียหาย	cf vs1 year	0.026	0.874	0.697	18	0.495	5.82
	cf vs 3 year	2.190	0.156	0.619	18	0.544	7.38
	3 year vs 1 year	2.103	0.164	0.067	18	0.948	7.58
น้ำหนักแห้งผลผลิต	cf vs1 year	0.099	0.756	1.414	18	0.174	2.54
	cf vs 3 year	2.845	0.109	6.788	18	0.000	3.55
	3 year vs 1 year	3.894	0.064	5.916	14.264	0.000	3.46
% ผลผลิตดี	cf vs1 year	0.176	0.679	2255	18	0.037	5.82
	cf vs 3 year	2.960	0.102	8.108	18	0.000	5.32
	3 year vs 1 year	1.972	0.177	5.947	18	0.000	5.05
% ผลผลิตเสียหาย	cf vs1 year	0.176	0.680	2.947	18	0.009	5.37
	cf vs 3 year	6.619	0.023	12.288	12.725	0.000	4.14
	3 year vs 1 year	12.553	0.002	8.313	12.577	0.000	4.22

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 15 ผลการวิเคราะห์ t-test การดูดใช้ธาตุอาหารส่วนเหนือดินของพริก

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p*(F)	t	df	p*(t)	SE
N uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	1.789	0.198	2.229	18	0.039	4.487-E02
	cf vs 3 year	4.838	0.041	4.889	12.512	0.000	6.156E-02
	3 year vs 1 year	1.352	0.260	2.989	18	0.008	6.725E-02
P uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	0.093	0.764	0.165	18	0.871	7.266E-02
	cf vs 3 year	2.693	0.118	2.183	18	0.043	0.10
	3 year vs 1 year	2.050	0.169	2.038	18	0.057	0.10
K uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	4.299	0.053	1.001	18	0.330	2.06
	cf vs 3 year	8.590	0.009	3.672	18	0.004	3.66
	3 year vs 1 year	3.236	0.089	2.874	13.413	0.010	3.95
Ca uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	0.232	0.636	1.230	18	0.235	0.52
	cf vs 3 year	7.968	0.011	2.953	11.508	0.013	0.84
	3 year vs 1 year	4.583	0.046	2.066	13.818	0.053	0.89
Mg uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	0.002	0.962	3.270	18	0.004	0.21
	cf vs 3 year	16.142	0.001	3.808	9.899	0.004	0.65
	3 year vs 1 year	15.964	0.001	2.773	9.970	0.020	1.81
Fe uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	0.912	0.352	0.264	18	0.795	5.681-E02
	cf vs 3 year	6.335	0.022	4.544	12.713	0.001	1.103-E02
	3 year vs 1 year	10.712	0.004	4.905	10.903	0.000	1.052-E02
Mn uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	4.277	0.053	1.347	18	0.195	2.523E-03
	cf vs 3 year	0.321	0.278	2.943	18	0.009	3.092E-03
	3 year vs 1 year	2.728	0.116	6.184	18	0.000	2.021E-03
Cu uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	0.060	0.810	1.915	18	0.072	5.744E-04
	cf vs 3 year	6.863	0.017	6.163	10.983	0.000	1.249E-03
	3 year vs 1 year	6.316	0.022	5.254	11.188	0.000	1.171E-04
Zn uptake ส่วนเหนือดิน	cf vs1 year	2.442	0.136	1.908	18	0.073	1.730E-07
	cf vs 3 year	2.806	0.111	2.742	18	0.017	1.714E-07
	3 year vs 1 year	0.037	0.850	1.356	18	0.192	1.033E-07

* p = probability

ตารางภาคผนวกที่ 16 ผลการวิเคราะห์ t-test การดูดใช้ธาตุอาหารในผลพริก

parameter	compared treatment	Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means			
		F	p* (F)	t	df	p*(t)	SE
N uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.042	0.840	1.321	18	0.203	6.055E-03
	cf vs 3 year	2.463	0.134	6.327	18	0.000	7.902E-03
	3 year vs 1 year	2.699	0.118	5.278	18	0.000	7.958E-03
P uptake ผลพริก	cf vs1 year	1.161	0.296	0.963	18	0.350	1.350E-02
	cf vs 3 year	0.701	0.413	6.774	18	0.000	1.845E-02
	3 year vs 1 year	2.050	0.082	6.780	18	0.000	1.652E-02
K uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.037	0.849	2.966	18	0.008	0.16
	cf vs 3 year	7.147	0.016	2.432	11.231	0.004	0.34
	3 year vs 1 year	7.025	0.016	0.961	11.598	0.356	0.34
Ca uptake ผลพริก	cf vs1 year	1.862	0.189	2.331	18	0.032	1.116E-02
	cf vs 3 year	2.802	0.111	4.537	18	0.000	2.072E-02
	3 year vs 1 year	5.622	0.029	3.431	11.235	0.005	1.982E-02
Mg uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.341	0.566	2.938	18	0.009	1.293E-02
	cf vs 3 year	9.179	0.007	4.282	10.601	0.001	3.409E-02
	3 year vs 1 year	10.714	0.004	3.201	10.204	0.009	3.374E-02
Fe uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.041	0.842	2.155	18	0.045	4.176E-04
	cf vs 3 year	1.339	0.262	4.045	18	0.001	6.675E-04
	3 year vs 1 year	1.464	0.242	2.680	18	0.019	6.717E-04
Mn uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.192	0.053	1.347	18	0.099	4.594E-05
	cf vs 3 year	4.325	0.052	7.065	18	0.000	7.219E-05
	3 year vs 1 year	3.366	0.083	5.882	18	0.000	7.311E-05
Cu uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.633	0.437	1.512	18	0.148	8.599E-05
	cf vs 3 year	1.663	0.218	6.666	18	0.000	1.155E-04
	3 year vs 1 year	0.740	0.401	5.466	18	0.000	1.171E-04
Zn uptake ผลพริก	cf vs1 year	0.781	0.388	0.525	18	0.606	1.334E-07
	cf vs 3 year	0.644	0.433	0.434	18	0.670	1.384E-07
	3 year vs 1 year	0.005	0.943	0.962	18	0.349	1.352E-07

* p = probability

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ความแปรรวนของปริมาณอนินทรีย์ในโตรเจนที่ได้จากการบ่มดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์

Time	Parameter	SOV	df	MS	F	p[1]
1 week	Inorganic N	Soil (A)	1	3.24276	2.93	0.1148
		Bioextract rate (B)	2	36.9403	33.42*	0.000
		A*B	2	1.09029	0.99	0.4036
		Error	11	1.71106		
		Total	16			
2 week	Inorganic N	Soil (A)	1	13.2441	4.54	0.059
		Bioextract rate (B)	2	21.6726	7.42*	0.0106
		A*B	2	1.14616	0.39	0.6853
		Error	10	2.91938		
		Total	15			
3 week	Inorganic N	Soil (A)	1	53.6648	1069.61*	0.000
		Bioextract rate (B)	2	28.8211	287.22*	0.000
		A*B	2	0.38887	7.75*	0.0069
		Error	12	0.05017		
		Total	17			
4 week	Inorganic N	Soil (A)	1	74.1356	600.72*	0.000
		Bioextract rate (B)	2	13.3914	108.51*	0.000
		A*B	2	0.91557	7.42*	0.008
		Error	12	0.12341		
		Total	17			

1 p = probability

* แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวชุติมา ประดิษฐเวทย์
วัน เดือน ปี เกิด	27 สิงหาคม 2519
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายโรงเรียนบุญวาทย์วิทยาลัย ปีการศึกษา 2536
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต(เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2540

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University