

ภาคผนวก

1. การวิเคราะห์สมบัติของปุ๋ยหมัก ปุ๋ยหมักผสมโดโลไมต์ และลีโอนาร์ไต์

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

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก 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. คนทิ้งไว้ นาน 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่า EC ด้วยเครื่อง Conductivity meter

1.3 อินทรีย์วัตถุ (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. เขย่าและปรับปริมาตร เป็น 1,000 มล. เขย่าให้เข้ากัน

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

ชั่ง $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ จำนวน 139.0085 กรัม ใส่ใน volumetric flask 1,000 มล. เติมน้ำกลั่น ประมาณ 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. หาปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมัก

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมัก (ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ $75^\circ C$ นาน 20 ชั่วโมง) ให้ได้น้ำหนักที่

แน่นอนประมาณ 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 ไตเตรตด้วย $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ จนได้สารละลายสีเขียว และเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นน้ำตาลปนแดงถึงจุดยุติ ทำ blank โดยใช้ 1 N $K_2Cr_2O_7$ 10 มล. ซึ่งเป็นปริมาณเดียวกับที่เติมลงไปในตัวอย่างและทำวิธีเดียวกันกับตัวอย่าง

$$\% \text{ อินทรีย์วัตถุ (OM)} = \% \text{ OC} \times 1.7241$$

$$\% \text{ OC โดยหาจาก } \% \text{ อินทรีย์คาร์บอน (OC)} = \frac{0.3896 \times N \times B (C - D)}{AC}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

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

C = ปริมาตรของ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ที่ไตเตรตพอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ใน blank (มล.)

D = ปริมาตรของ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ที่ไตเตรตพอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ 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 $100^\circ C$ จนละลายหมด ยกกลงไว้ให้เย็น 5 – 10 นาที เติม sodiumthiosulfate ($N_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 1 กรัม ย่อยต่ออีก 5 – 10 นาที (ทิ้งไว้ให้เย็น) เติม catalyst mixture 0.5 กรัม ย่อยต่อ (โดยปรับอุณหภูมิขึ้นครั้งละ $20 - 30^\circ C$ เริ่มจาก $100^\circ C$ จนครบ $400^\circ C$) 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. แล้วนำไปไตเตรตด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้น 0.02 N

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

เมื่อ v = ปริมาตรที่นำไปใช้กลั่น

V = ปริมาตรที่ปรับเริ่มต้น (หลังจากย่อยจนใส)

W = น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม)

1.5 อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

$$\text{ค่า C/N ratio} = (\%OC) / (\%TN)$$

เมื่อ $\%OC = \% \text{อินทรีย์คาร์บอน}$

$\%TN = \% \text{Total Nitrogen}$

1.6 ฟอสฟอรัส (Total P₂O₅) (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. เตรียมกรดผสม HNO₃ (conc.) และ HClO₄ (conc.)

ผสม HNO₃ (conc.) และ HClO₄ (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 (NH₄VO₃) 2 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 500 มล. ละลายด้วยน้ำร้อน 300 มล. ทิ้งไว้ให้เย็น และเติมกรด HClO₄ 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 KH₂PO₄ (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. ใส่วัตถุค้ำเนินการเช่นเดียวกับสารละลายตัวอย่าง

6. หาปริมาณ Total P₂O₅ ในปุ๋ยหมัก

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยหมักที่ผ่านการบดและอบแล้วให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 0.5000 กรัม ใส่ หลอดย่อย ขนาด 100 มล. เติมกรดผสม (HNO₃ : HClO₄ อัตรา 1:1) 20 มล. นำไปย่อยบน hot plate หรือ digestion block ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 220 °C ย่อยจนมีควันสีขาวเกิดขึ้นเหนือสารละลาย หรือสารละลายมีลักษณะสีใส ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 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 ที่เตรียมไว้ก็ดำเนินการ develop สีเช่นเดียวกัน พร้อมกันกับสารละลายตัวอย่าง นำไปวัดความเข้มของสีด้วยเครื่อง UV-spectrophotometer ที่ 420 nm อ่านค่า absorbance (%A) นำค่าที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐาน ไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของปริมาณฟอสฟอรัสและ % A (standard curve) อ่านค่าความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในตัวอย่างจาก standard curve

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

เมื่อ V₁ = First solution volume (ml)

V₂ = Final solution volume (ml)

V₃ = Aliquot take volume (ml)

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

1.7 โฟสเฟตเซียม (Total K₂O) (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. เตรียมสารละลาย Suppressor

ชั่ง CaCO₃ 12.5 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 200 มล. ใส่น้ำให้พอท่วม CaCO₃ เติมกรดเกลือเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 105 มล. ลงไปที่ละน้อย นำไปต้มพอเดือด แล้วทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นใน volumetric flask ขนาด 1,000 มล. เขย่าให้เข้ากัน

2. หาปริมาณโพแทสเซียม (Total K₂O)

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

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

1.8 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 CaCO₃ 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 MgSO₄·7H₂O 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

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

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

เมื่อ C = ความเข้มข้น Ca /Mg ในตัวอย่างเมื่อเปรียบเทียบกับ standard curve

V_f = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์ (มล.)

V_d = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างทั้งหมดที่ได้จากการย่อย (มล.)

V_a = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์ (มล.)

w = น้ำหนักตัวอย่างปุ๋ยที่ใช้วิเคราะห์ (กรัม)

1.9 กรดอิมิก (% HA) คัดแปลงจาก (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 ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 มล. ละลายน้ำ 500 มล. และชั่ง NaOH 20 กรัม ละลายน้ำ 400 มล. ในบีกเกอร์ขนาด 1000 มล. ที่ว่างในเย็น จากนั้นนำมาผสมกับสารละลาย $Na_4P_2O_7$ ที่เตรียมไว้ ปรับปริมาตรใน volumetric flask ขนาด 1000 มล.

2. วิธีการวิเคราะห์กรดฮิวมิก

2.1 ชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ละลายในสารละลาย 0.5 M NaOH/0.15 M Na₄P₂O₇ 250 มล. จากนั้นนำไปเขย่า 24 ชั่วโมง และนำมา centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 นาที เพื่อแยกสารละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลาย

2.2 กรองเอาสารละลายที่กรองได้ซึ่งประกอบไปด้วยกรดฮิวมิกและกรดฟลูวิก นำไปปรับ pH ให้เป็น 2 ด้วย HCl 6 M หลังจากนั้น 48 ชั่วโมงกรดฮิวมิกจะแยกออกจากกรดฟลูวิกอย่างชัดเจน และนำไป centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 นาที กรองเก็บตะกอนกรดฮิวมิกที่กรองได้ไปอบที่อุณหภูมิ 55-60 °C จนแห้ง ซึ่งคำนวณหาน้ำหนักตะกอนกรดฮิวมิกในตัวอย่าง

$$\% \text{humic} = \frac{\text{น้ำหนักแห้งของตะกอน (กรัม)} \times \text{ปริมาตรน้ำยาสกัด (ml)}}{\text{ปริมาตรตัวอย่าง (ml)} \times \text{น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)}}$$

1.10 วิธีทดสอบดัชนีการงอกของเมล็ด (germination index : % GI) (กรมวิชาการเกษตร, 2541)

1. วัสดุอุปกรณ์

1.1 เมล็ดพันธุ์ฝัก เช่น เมล็ดฝักกาดเขียววางตุ้ง ที่มีความงอกไม่ต่ำกว่า 95 %

1.2 น้ำกลั่น

1.3 จานเพาะเชื้อ (Petri dish) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 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. และใส่น้ำกลั่นในจานควบคุมจานละ 3 มล.

2.4 บ่มจานเพาะเมล็ดไว้ในที่มีอุณหภูมิระหว่าง 28-30 °C นาน 48 ชั่วโมง

2.5 เก็บรวบรวมข้อมูล

- ค่าเฉลี่ยจำนวนเมล็ดที่ออกทั้งหมดต่อจาน (หน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์)

- วัดความยาวของรากเมล็ดที่ออกทั้งหมดแล้วหาค่าเฉลี่ย (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

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

1.11 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 ($\text{KSbO}_3 \cdot \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$) จำนวน 0.2908 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มล. จากนั้นผสมสารละลาย (a) และสารละลาย (b) เข้าด้วยกัน ใน volumetric flask ขนาด 2,000 มล. เติมน้ำกลั่น 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. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น แล้วเก็บไว้ในขวดสีน้ำตาลและนำไปแช่ไว้ในตู้เย็น

3. เตรียมสารละลาย Reagent B

ชั่ง ascorbic acid จำนวน 1.056 กรัม เติมน้ำกลั่น 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. เติมน้ำกลั่น Reagent B จำนวน 4 มล. และเติมน้ำกลั่น Bray II จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที นำไปอ่านค่าเปอร์เซ็นต์ transmittance ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 nm แล้วบันทึกผล

5. หาปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้

ชั่งตัวอย่าง 2.5 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 125 มล. ใช้ volumetric pipette ขนาด 25 มล. ดูดสารละลาย Bray II เติมน้ำกลั่นแล้วเขย่าด้วยมือเป็นเวลา 1 นาที หลังจากนั้นกรองด้วย

กระดาษกรองเบอร์ 5 ผสมสารละลายที่กรองได้จำนวน 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

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

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

V_f = ปริมาตรสุดท้ายที่นำมาวิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

V_e = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ได้จากการสกัดดินเท่ากับ 25 มล.

V_a = ปริมาตรของสารละลายตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์เท่ากับ 25 มล.

W = น้ำหนักดินแห้งเท่ากับ 2.5 กรัม

1.12 ชีวมวลจุลินทรีย์คาร์บอน และไนโตรเจน (Microbial biomass C and N) (Nunan *et al.*, 1998)

1. เตรียมสารละลาย K_2SO_4 0.5 N

ชั่ง K_2SO_4 87.14 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 1,000 มล.

2. หาชีวมวลจุลินทรีย์โดยวิธี chloroform fumigation และ UV-absorption ที่ 280 nm

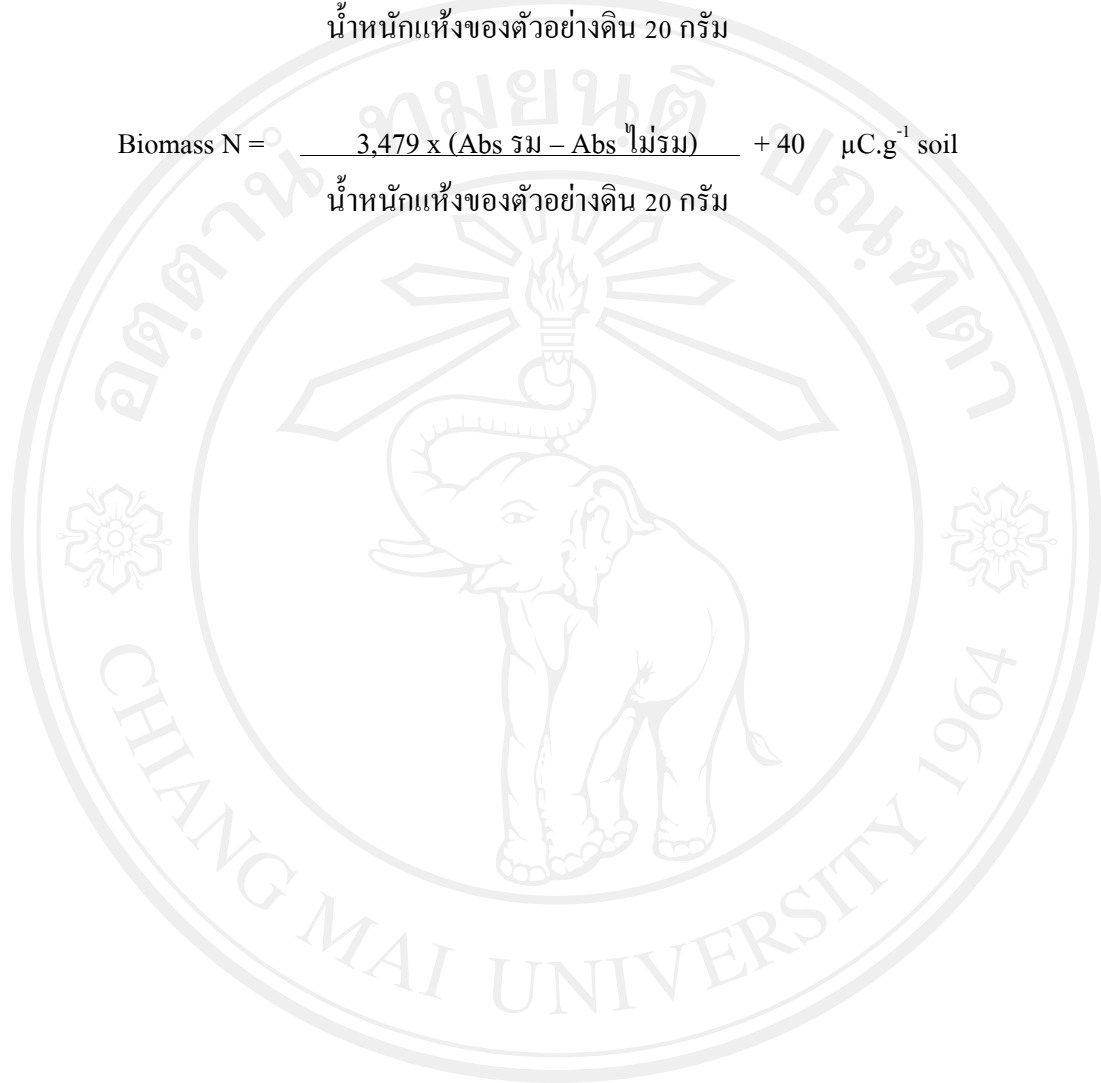
ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 50 มล. โดยแยกออกเป็น 3 ชุด โดย ชุดที่ 1 สำหรับรม chloroform และชุดที่ 2 ไม่รม chloroform นำตัวอย่างชุดที่ 1 ใส่ลงในโถดูดความชื้น ที่มีกระดาษทิชชูขึ้นวางอยู่ด้านล่าง ใส่ chloroform ปริมาตร 80 มล. ในบีกเกอร์แล้วนำไปวางในโถดูดความชื้น ปิดฝาโถดูดความชื้นใช้เครื่องดูดอากาศ ดูดอากาศในโถดูดความชื้นออก โดยดูด 8 ครั้งๆละ 6 นาที รม chloroform ไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในที่มืด สำหรับชุดที่ 2 นำไปบ่มไว้ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน และชุดที่ 3 นำไปหาน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง 20 กรัม โดยนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศา เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำ chloroform และกระดาษทิชชูออก ทำการดูด chloroform ออกจากโถดูดความชื้น ด้วยเครื่องดูดอากาศ โดยดูดอากาศออกจากโถดูดความชื้น 8 ครั้งๆละ 6 นาที นำตัวอย่างถ่ายใส่ขวดพลาสติกที่มีฝาปิด เติม K_2SO_4 0.5 N จำนวน 100 มล. เขย่าเป็นเวลา 30 นาที แล้วกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 นำสารละลายที่กรองได้ไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงของ UV ด้วย

เครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 280 nm ภายใน 1 ชั่วโมงหลังจากกรอง นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาปริมาณชีวมวลคาร์บอนและชีวมวลไนโตรเจน ดังสมการ

$$\text{Biomass C} = \frac{21,747 \times (\text{Abs ร่ม} - \text{Abs ไม่ร่ม})}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างดิน 20 กรัม}} \mu\text{C.g}^{-1} \text{ soil}$$

$$\text{Biomass N} = \frac{3,479 \times (\text{Abs ร่ม} - \text{Abs ไม่ร่ม})}{\text{น้ำหนักแห้งของตัวอย่างดิน 20 กรัม}} + 40 \mu\text{C.g}^{-1} \text{ soil}$$



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2. มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

2.1 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ.2548 กรมวิชาการเกษตร

ลำดับที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
1	ขนาดของปุ๋ย	ไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร
2	ปริมาณความชื้นและสิ่งที่ย่อยได้	ไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
3	ปริมาณหิน และกรวด	ขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
4	พลาสติก แก้ว วัสดุมีคม และ โลหะอื่น ๆ	ต้องไม่มี
5	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ	ไม่น้อยกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
6	ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH)	5.5 – 8.5
7	อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N)	ไม่เกิน 20 : 1
8	ค่าการนำไฟฟ้า (EC : Electrical Conductivity)	ไม่เกิน 6 เดซิซีเมน/เมตร
9	ปริมาณธาตุอาหารหลัก	- ไนโตรเจน (total N) ไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก - ฟอสฟอรัส (total P ₂ O ₅) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก - โพแทสเซียม (total K ₂ O) ไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก
10.	การย่อยสลายที่สมบูรณ์	มากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
11.	สารหนู (Arsenic) แคดเมียม (Cadmium) โครเมียม (Chromium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) ปรอท (Mercury)	ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 300 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

2.2 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ 2551

ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลว

1. ธาตุอาหารหลัก

- ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 ของน้ำหนัก
 - ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่า 0.5 ของน้ำหนัก
 - ปริมาณโพแทชทั้งหมด (Total K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
 - หรือปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.0 ของน้ำหนัก
2. ปริมาณอินทรีย์วัตถุรับรอง (Organic Matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก
 3. อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N ratio) ไม่เกิน 20:1
 4. การย่อยสลายที่สมบูรณ์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
 5. ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร
 6. ปริมาณเกลือ (NaCl) ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
 7. ขนาดของปุ๋ย ไม่เกิน 12.5 x 12.5 มิลลิเมตร
 8. ปริมาณหิน กรวด ขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก
 9. ความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก
 10. ต้องไม่พบพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม หรือโลหะอื่น ๆ
 11. ปริมาณสารพิษไม่เกินกว่าที่รัฐมนตรีประกาศกำหนด

2.3 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมพัฒนาที่ดิน

ปุ๋ยหมัก (เกรด 1) ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก ได้หรือทำจากวัสดุอินทรีย์ และผ่านการย่อยสลายเสร็จสมบูรณ์ จนแปรสภาพจากรูปเดิม เมื่อนำไปให้พืชจะให้ธาตุอาหารที่จำเป็นแก่พืช โดย มาตรฐานที่กำหนด คือ

- 1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุรับรอง (Organic Matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 30 ของน้ำหนัก
- 2) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ไม่เกิน 20:1
- 3) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร
- 4) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 5.5-8.5
- 5) ปริมาณโซเดียม (Na) ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก
- 6) ปริมาณธาตุอาหารหลัก

- ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.00 ของน้ำหนัก
- ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P₂O₅) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก
- โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K₂O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.50 ของน้ำหนัก

7) ความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก

8) ขนาดของปุ๋ยไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร

9) ปริมาณหิน และกรวด ขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

10) ต้องไม่พบเศษพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม หรือโลหะอื่นๆ

11) การย่อยสลายที่สมบูรณ์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80

12) ปริมาณธาตุโลหะหนัก

- Arsenic (As) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Cadmium (Cd) ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Chromium (Cr) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Copper (Cu) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Lead (Pb) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
- Mercury (Hg) ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปุ๋ยหมัก (เกรด 2) ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดไม่เป็นของเหลวที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ขึ้น สับ หมักบด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพมาตรฐานที่กำหนด คือ

1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุรับรอง (Organic Matter) ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 ของน้ำหนัก

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

3) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity) ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต่อเมตร

4) ปริมาณโซเดียม (Na) ไม่เกินร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก

5) ปริมาณธาตุอาหารหลัก

- ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 ของน้ำหนัก
 - ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P₂O₅) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
 - โพแทสเซียมทั้งหมด (Total K₂O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 ของน้ำหนัก
- หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2 ของน้ำหนัก

- 6) ปริมาณความชื้นของปุ๋ยหมักไม่เกินร้อยละ 30 ของน้ำหนัก
- 7) ขนาดของปุ๋ยไม่เกิน 12.5x12.5 มิลลิเมตร
- 8) ปริมาณหิน และกรวด ขนาดตั้งแต่ 5 มิลลิเมตรขึ้นไป ไม่เกินร้อยละ 2 ของน้ำหนัก
- 9) ต้องไม่พบเศษพลาสติก แก้ว วัสดุมีคม หรือโลหะอื่นๆ
- 10) การย่อยสลายที่สมบูรณ์ ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80
- 11) ปริมาณธาตุโลหะหนัก
 - Arsenic (As) ไม่เกิน 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 - Cadmium (Cd) ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 - Chromium (Cr) ไม่เกิน 300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 - Copper (Cu) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 - Lead (Pb) ไม่เกิน 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
 - Mercury (Hg) ไม่เกิน 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของประเทศฟิลิปปินส์

Properties	Organic Fertilizer	Compost/Soil Conditioner
Total NPK	5-7%	2.5-<5%
C:N	12:1 – 20:1	12:1 – 20:1
Organic Matter	≥ 20%	≥ 20%
Actual Moisture Content	30-35%	30-35%
Color	Brown to Black	Brown to Black
Consistency	Friable	Friable
Odor	No foul odor	No foul odor

Pathogens	Allowable Level
Fecal Streptococci	<5 x 10 ² CFU/g
Total coliforms	<5 x 10 ² CFU/g
Salmonella	0
Infective parasites	0

Heavy Metals	Allowable Level (mg/kg dry wt) (PPM dry wt.)
Arsenic (As)	5
Zinc (Zn)	5
Lead (Pb)	250
Copper (Cu)	300
Chromium (Cr)	150
Nickel(Ni)	50
Mercury (Hg)	2
Cadmium (Cd)	5

3. ข้อมูลการทดลอง analysis of variance

3.1 การทดลองที่ 1 การหาอัตราของโดโลไมต์ เพื่อปรับ pH ของลิโอนาร์ไนด์

3.1.1 Analysis of Variance Table for pH 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
tr	3	12.4510	4.15033	7114.86	0.0000
Error	8	0.0047	0.00058		
Total	11				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 4.4633 CV 0.54

3.1.2 Analysis of Variance Table for pH 7 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
tr	3	27.8994	9.29980	5552.12	0.0000
Error	8	0.0134	0.00168		
Total	11				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 5.4300 CV 0.75

3.1.3 Analysis of Variance Table for pH 14 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
tr	3	32.3657	10.7886	4794.92	0.0000
Error	8	0.0180	0.0023		
Total	11				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 5.6750 CV 0.84

3.1.4 Analysis of Variance Table for pH 28 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
tr	3	32.8942	10.9647	9893.00	0.0000
Error	8	0.0089	0.0011		
Total	11				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 5.6350 CV 0.59

3.1.5 Analysis of Variance Table for humic acid 28 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
tr	3	780.826	260.275	34.19	0.0001
Error	8	60.894	7.612		
Total	11				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 42.354 CV 6.51

3.2 การทดลองที่ 2 การหาอัตราการใช้หินฟอสเฟตเพื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในลีโอนาร์โด

3.2.1 Analysis of Variance Table for pH 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
D	1	48.9062	48.9062	67846.7	0.0000
P	3	0.7609	0.2536	351.88	0.0000
D*P	3	0.0304	0.0101	14.03	0.0001
Error	16	0.0115	0.0007		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 4.5758 CV 0.59

3.2.2 Analysis of Variance Table for total P₂O₅ 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
D	1	0.00120	0.00120	3.07	0.0987
P	3	2.80268	0.93423	2385.26	0.0000
D*P	3	0.00211	0.00070	1.80	0.1881
Error	16	0.00627	0.00039		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.5512 CV 3.59

3.2.3 Analysis of Variance Table for available P 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
D	1	2172618	2172618	2023.39	0.0000
P	3	2744058	914686	851.86	0.0000
D*P	3	961028	320343	298.34	0.0000
Error	16	17180	1074		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 514.04 CV 6.37

3.2.4 Analysis of Variance Table for pH 28 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
DL	1	59.4091	59.4091	77071.2	0.0000
RP	3	0.6792	0.2264	293.73	0.0000
DL*RP	3	0.0521	0.0174	22.54	0.0000
Error	16	0.0123	0.0008		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 4.6742 CV 0.59

3.2.5 Analysis of Variance Table for total P_2O_5 28 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
D	1	0.00735	0.00735	3.59	0.0762
P	3	2.88773	0.96258	470.51	0.0000
D*P	3	0.01258	0.00419	2.05	0.1473
Error	16	0.03273	0.00205		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.5700 CV 7.94

3.2.6 Analysis of Variance Table for available P 28 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
D	1	994301	994301	1115.63	0.0000
P	3	1737566	579189	649.86	0.0000
D*P	3	384944	128315	143.97	0.0000
Error	16	14260	891		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 431.87 CV 6.91

3.2.7 Analysis of Variance Table for humic acid 28 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
D	1	244.226	244.226	150.04	0.0000
P	3	229.000	76.333	46.90	0.0000
D*P	3	15.695	5.232	3.21	0.0511
Error	16	26.044	1.628		
Total	23				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 49.386 CV 2.58

3.3 การทดลองที่ 3 การเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมักโดยใช้ลีโอนาร์โดต์ที่ปรับปรุง

3.3.1 Analysis of Variance Table for pH

Analysis of Variance Table for pH 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	0.3450	0.3450	176.34	0.0000
L	1	14.3962	14.3962	7357.51	0.0000
R	4	51.2051	12.8013	6542.38	0.0000
C*L	1	0.6510	0.6510	332.73	0.0000
C*R	4	2.3861	0.5965	304.87	0.0000
L*R	4	20.4050	5.1013	2607.12	0.0000
C*L*R	4	0.9147	0.2287	116.87	0.0000
Error	40	0.0783	0.0020		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 6.1045 CV 0.72

Analysis of Variance Table for pH 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	2.5133	2.5133	1311.29	0.0000
L	1	13.6136	13.6136	7102.75	0.0000
R	4	42.3693	10.5923	5526.43	0.0000
C*L	1	0.2667	0.2667	139.13	0.0000
C*R	4	1.5535	0.3884	202.63	0.0000
L*R	4	23.8987	5.9747	3117.22	0.0000
C*L*R	4	0.7876	0.1969	102.73	0.0000
Error	40	0.0767	0.0019		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 6.0570 CV 0.72

Analysis of Variance Table for pH 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	3.1924	3.1924	1020.49	0.0000
L	1	16.7693	16.7693	5360.46	0.0000
R	4	40.1039	10.0260	3204.90	0.0000
C*L	1	0.1949	0.1949	62.31	0.0000
C*R	4	2.0085	0.5021	160.51	0.0000
L*R	4	29.4769	7.3692	2355.64	0.0000
C*L*R	4	1.6736	0.4184	133.75	0.0000
Error	40	0.1251	0.0031		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 6.1003 CV 0.92

3.3.2 Analysis of Variance Table for EC

Analysis of Variance Table for EC 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	43.1700	43.1700	2416.10	0.0000
L	1	5.2819	5.2819	295.61	0.0000
R	4	12.4203	3.1051	173.78	0.0000
C*L	1	0.0247	0.0247	1.38	0.2464
C*R	4	20.9539	5.2385	293.18	0.0000
L*R	4	1.2884	0.3221	18.03	0.0000
C*L*R	4	0.4962	0.1240	6.94	0.0002
Error	40	0.7147	0.0179		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2.8834 CV 4.64

Analysis of Variance Table for EC 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	33.3969	33.3969	457.55	0.0000
L	1	1.4131	1.4131	19.36	0.0001
R	4	15.8870	3.9718	54.41	0.0000
C*L	1	0.7278	0.7278	9.97	0.0030
C*R	4	14.3985	3.5996	49.32	0.0000
L*R	4	1.7326	0.4332	5.93	0.0008
C*L*R	4	0.1336	0.0334	0.46	0.7662
Error	40	2.9197	0.0730		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2.9333 CV 9.21

Analysis of Variance Table for EC 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	73.7485	73.7485	304.48	0.0000
L	1	0.9009	0.9009	3.72	0.0609
R	4	9.0695	2.2674	9.36	0.0000
C*L	1	0.1472	0.1472	0.61	0.4402
C*R	4	23.6470	5.9118	24.41	0.0000
L*R	4	0.6716	0.1679	0.69	0.6011
C*L*R	4	0.4426	0.1107	0.46	0.7668
Error	40	9.6886	0.2422		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 3.5077 CV 14.03

3.3.3 Analysis of Variance Table for OM

Analysis of Variance Table for OM 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	181.20	181.204	440.31	0.0000
L	1	90.31	90.307	219.44	0.0000
R	4	1201.77	300.442	730.04	0.0000
C*L	1	0.46	0.463	1.12	0.2953
C*R	4	46.33	11.583	28.14	0.0000
L*R	4	59.47	14.868	36.13	0.0000
C*L*R	4	0.82	0.204	0.50	0.7383
Error	40	16.46	0.412		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 19.722 CV 3.25

Analysis of Variance Table for OM 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	87.17	87.170	206.49	0.0000
L	1	87.70	87.701	207.74	0.0000
R	4	1110.76	277.690	657.79	0.0000
C*L	1	0.15	0.154	0.36	0.5492
C*R	4	67.37	16.841	39.89	0.0000
L*R	4	69.40	17.351	41.10	0.0000
C*L*R	4	2.05	0.513	1.22	0.3195
Error	40	16.89	0.422		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 18.178 CV 3.57

Analysis of Variance Table for OM 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	108.76	108.757	361.05	0.0000
L	1	77.70	77.703	257.96	0.0000
R	4	1153.66	288.415	957.48	0.0000
C*L	1	0.06	0.059	0.20	0.6607
C*R	4	35.28	8.819	29.28	0.0000
L*R	4	56.22	14.055	46.66	0.0000
C*L*R	4	8.62	2.155	7.16	0.0002
Error	40	12.05	0.301		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 17.840 CV 3.08

3.3.4 Analysis of Variance Table for C/N ratio

Analysis of Variance Table for C/N ratio 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	102.08	102.077	295.61	0.0000
L	1	0.37	0.368	1.07	0.3080
R	4	1697.20	424.301	1228.76	0.0000
C*L	1	1.15	1.148	3.33	0.0757
C*R	4	26.64	6.659	19.28	0.0000
L*R	4	5.46	1.366	3.96	0.0085
C*L*R	4	2.63	0.657	1.90	0.1287
Error	40	13.81	0.345		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 16.420 CV 3.58

Analysis of Variance Table for C/N ratio 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	253.18	253.176	508.52	0.0000
L	1	13.04	13.039	26.19	0.0000
R	4	1622.05	405.513	814.50	0.0000
C*L	1	0.97	0.965	1.94	0.1715
C*R	4	28.54	7.135	14.33	0.0000
L*R	4	11.75	2.938	5.90	0.0008
C*L*R	4	5.02	1.255	2.52	0.0561
Error	40	19.91	0.498		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 15.947 CV 4.42

Analysis of Variance Table for C/N ratio 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	134.28	134.281	205.60	0.0000
L	1	0.46	0.458	0.70	0.4075
R	4	1979.06	494.766	757.53	0.0000
C*L	1	0.19	0.190	0.29	0.5922
C*R	4	34.20	8.551	13.09	0.0000
L*R	4	9.70	2.425	3.71	0.0116
C*L*R	4	1.75	0.438	0.67	0.6163
Error	40	26.13	0.653		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 15.887 CV 5.09

3.3.5 Analysis of Variance Table for total N

Analysis of Variance Table for total N 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.38624	1.38624	2053.69	0.0000
L	1	0.08971	0.08971	132.90	0.0000
R	4	0.35548	0.08887	131.66	0.0000
C*L	1	0.00323	0.00323	4.78	0.0347
C*R	4	0.52138	0.13034	193.10	0.0000
L*R	4	0.01784	0.00446	6.61	0.0004
C*L*R	4	0.00506	0.00126	1.87	0.1341
Error	40	0.02700	0.00068		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.7367 CV 3.53

Analysis of Variance Table for total N 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.60393	1.60393	3207.87	0.0000
L	1	0.02360	0.02360	47.20	0.0000
R	4	0.26564	0.06641	132.82	0.0000
C*L	1	0.00140	0.00140	2.80	0.1019
C*R	4	0.43899	0.10975	219.50	0.0000
L*R	4	0.02162	0.00541	10.81	0.0000
C*L*R	4	0.00109	0.00027	0.54	0.7036
Error	40	0.02000	0.00050		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.7045 CV 3.17

Analysis of Variance Table for total N 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.16204	1.16204	1434.62	0.0000
L	1	0.04320	0.04320	53.34	0.0000
R	4	0.28879	0.07220	89.13	0.0000
C*L	1	1.667E-06	1.667E-06	0.00	0.9640
C*R	4	0.24972	0.06243	77.07	0.0000
L*R	4	0.06089	0.01522	18.79	0.0000
C*L*R	4	0.01272	0.00318	3.93	0.0088
Error	40	0.03240	8.100E-04		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.6915 CV 4.12

3.3.6 Analysis of Variance Table for total P₂O₅

Analysis of Variance Table for total P₂O₅ 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	36.4884	36.4884	4073.88	0.0000
L	1	8.0447	8.0447	898.18	0.0000
R	4	6.7387	1.6847	188.09	0.0000
C*L	1	0.0647	0.0647	7.22	0.0104
C*R	4	12.4612	3.1153	347.82	0.0000
L*R	4	6.6867	1.6717	186.64	0.0000
C*L*R	4	0.0785	0.0196	2.19	0.0873
Error	40	0.3583	0.0090		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.5815 CV 5.98

Analysis of Variance Table for total P₂O₅ 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	40.5756	40.5756	39844.4	0.0000
L	1	4.8843	4.8843	4796.32	0.0000
R	4	9.7516	2.4379	2393.97	0.0000
C*L	1	0.0345	0.0345	33.89	0.0000
C*R	4	13.6924	3.4231	3361.41	0.0000
L*R	4	3.6540	0.9135	897.03	0.0000
C*L*R	4	0.0422	0.0105	10.36	0.0000
Error	40	0.0407	0.0010		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.4437 CV 2.21

Analysis of Variance Table for total P₂O₅ 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	11.3448	11.3448	13723.6	0.0000
L	1	3.4034	3.4034	4117.02	0.0000
R	4	1.6499	0.4125	498.96	0.0000
C*L	1	0.0608	0.0608	73.55	0.0000
C*R	4	3.3538	0.8385	1014.26	0.0000
L*R	4	3.8565	0.9641	1166.28	0.0000
C*L*R	4	0.2192	0.0548	66.30	0.0000
Error	40	0.0331	0.0008		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.0548 CV 2.73

3.3.7 Analysis of Variance Table for available P

Analysis of Variance Table for available P 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.121E+08	1.121E+08	22363.0	0.0000
L	1	615904	615904	122.82	0.0000
R	4	8.179E+07	2.045E+07	4077.85	0.0000
C*L	1	557385	557385	111.15	0.0000
C*R	4	3.577E+07	8942790	1783.37	0.0000
L*R	4	1488743	372186	74.22	0.0000
C*L*R	4	239935	59983.8	11.96	0.0000
Error	40	200582	5014.55		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2421.1 CV 2.92

Analysis of Variance Table for available P 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.036E+08	1.036E+08	13011.7	0.0000
L	1	223260	223260	28.02	0.0000
R	4	8.063E+07	2.016E+07	2530.16	0.0000
C*L	1	562602	562602	70.62	0.0000
C*R	4	3.343E+07	8358245	1049.11	0.0000
L*R	4	924101	231025	29.00	0.0000
C*L*R	4	874554	218639	27.44	0.0000
Error	40	318680	7967.00		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2246.5 CV 3.97

Analysis of Variance Table for available P 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.070E+08	1.070E+08	15072.3	0.0000
L	1	291764	291764	41.09	0.0000
R	4	8.821E+07	2.205E+07	3105.52	0.0000
C*L	1	260305	260305	36.66	0.0000
C*R	4	3.512E+07	8780181	1236.52	0.0000
L*R	4	329029	82257.2	11.58	0.0000
C*L*R	4	303140	75785.0	10.67	0.0000
Error	40	284029	7100.73		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2247.0 CV 3.75

3.3.8 Analysis of Variance Table for total K₂O

Analysis of Variance Table for total K₂O 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	9.05593	9.05593	1621.47	0.0000
L	1	0.80968	0.80968	144.97	0.0000
R	4	0.56238	0.14060	25.17	0.0000
C*L	1	0.02440	0.02440	4.37	0.0430
C*R	4	3.72962	0.93241	166.95	0.0000
L*R	4	0.04848	0.01212	2.17	0.0899
C*L*R	4	0.02382	0.00596	1.07	0.3858
Error	40	0.22340	0.00558		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.4325 CV 5.22

Analysis of Variance Table for total K₂O 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	12.0691	12.0691	7535.36	0.0000
L	1	0.3760	0.3760	234.78	0.0000
R	4	0.4768	0.1192	74.43	0.0000
C*L	1	0.0047	0.0047	2.92	0.0951
C*R	4	4.0410	1.0102	630.75	0.0000
L*R	4	0.3405	0.0851	53.16	0.0000
C*L*R	4	0.3805	0.0951	59.39	0.0000
Error	40	0.0641	0.0016		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.4878 CV 2.69

Analysis of Variance Table for total K₂O 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	15.7286	15.7286	5825.42	0.0000
L	1	0.1771	0.1771	65.60	0.0000
R	4	0.0434	0.0108	4.02	0.0079
C*L	1	0.0056	0.0056	2.08	0.1574
C*R	4	5.3853	1.3463	498.64	0.0000
L*R	4	0.3461	0.0865	32.05	0.0000
C*L*R	4	0.1053	0.0263	9.75	0.0000
Error	40	0.1080	0.0027		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 1.5700 CV 3.31

3.3.9 Analysis of Variance Table for total Ca

Analysis of Variance Table for total Ca 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	18.2822	18.2822	741.87	0.0000
L	1	10.6850	10.6850	433.59	0.0000
R	4	1.2665	0.3166	12.85	0.0000
C*L	1	0.1144	0.1144	4.64	0.0373
C*R	4	13.0568	3.2642	132.46	0.0000
L*R	4	10.1954	2.5489	103.43	0.0000
C*L*R	4	0.3690	0.0923	3.74	0.0111
Error	40	0.9857	0.0246		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2.7237 CV 5.76

Analysis of Variance Table for total Ca 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	38.2242	38.2242	2806.48	0.0000
L	1	17.5500	17.5500	1288.55	0.0000
R	4	2.2342	0.5585	41.01	0.0000
C*L	1	0.2653	0.2653	19.48	0.0001
C*R	4	25.7835	6.4459	473.26	0.0000
L*R	4	6.3371	1.5843	116.32	0.0000
C*L*R	4	0.4264	0.1066	7.83	0.0001
Error	40	0.5448	0.0136		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2.7278 CV 4.28

Analysis of Variance Table for total Ca 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	50.6737	50.6737	1793.02	0.0000
L	1	7.4202	7.4202	262.55	0.0000
R	4	1.5900	0.3975	14.07	0.0000
C*L	1	0.0516	0.0516	1.83	0.1841
C*R	4	14.2530	3.5632	126.08	0.0000
L*R	4	9.7296	2.4324	86.07	0.0000
C*L*R	4	0.3509	0.0877	3.10	0.0257
Error	40	1.1305	0.0283		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 2.6673 CV 6.30

3.3.10 Analysis of Variance Table for total Mg

Analysis of Variance Table for total Mg 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.96204	1.96204	3834.61	0.0000
L	1	0.32708	0.32708	639.25	0.0000
R	4	0.03364	0.00841	16.44	0.0000
C*L	1	0.00121	0.00121	2.37	0.1312
C*R	4	1.08028	0.27007	527.83	0.0000
L*R	4	0.29294	0.07324	143.13	0.0000
C*L*R	4	0.01701	0.00425	8.31	0.0001
Error	40	0.02047	0.00051		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.5845 CV 3.87

Analysis of Variance Table for total Mg 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	1.06933	1.06933	247.25	0.0000
L	1	0.23688	0.23688	54.77	0.0000
R	4	0.12870	0.03218	7.44	0.0001
C*L	1	0.01504	0.01504	3.48	0.0695
C*R	4	0.75581	0.18895	43.69	0.0000
L*R	4	0.29419	0.07355	17.01	0.0000
C*L*R	4	0.06077	0.01519	3.51	0.0151
Error	40	0.17300	0.00432		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.5525 CV 11.90

Analysis of Variance Table for total Mg 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	3.41293	3.41293	2715.86	0.0000
L	1	0.42168	0.42168	335.56	0.0000
R	4	0.07991	0.01998	15.90	0.0000
C*L	1	0.04213	0.04213	33.53	0.0000
C*R	4	0.59882	0.14971	119.13	0.0000
L*R	4	0.27618	0.06904	54.94	0.0000
C*L*R	4	0.04756	0.01189	9.46	0.0000
Error	40	0.05027	0.00126		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 0.6305 CV 5.62

3.3.11 Analysis of Variance Table for humic acid

Analysis of Variance Table for humic acid 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	197.9	197.91	347.14	0.0000
L	1	419.2	419.18	735.27	0.0000
R	4	10073.9	2518.47	4417.54	0.0000
C*L	1	6.6	6.55	11.50	0.0016
C*R	4	112.2	28.06	49.22	0.0000
L*R	4	205.8	51.45	90.25	0.0000
C*L*R	4	19.4	4.86	8.52	0.0000
Error	40	22.8	0.57		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 27.168 CV 2.78

Analysis of Variance Table for humic acid 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	236.22	236.22	354.18	0.0000
L	1	411.81	411.81	617.47	0.0000
R	4	8684.81	2171.20	3255.51	0.0000
C*L	1	11.15	11.15	16.72	0.0002
C*R	4	78.97	19.74	29.60	0.0000
L*R	4	130.78	32.69	49.02	0.0000
C*L*R	4	8.94	2.24	3.35	0.0186
Error	40	26.68	0.67		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 26.750 CV 3.05

Analysis of Variance Table for humic acid 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	110.65	110.65	181.64	0.0000
L	1	430.41	430.41	706.56	0.0000
R	4	9131.99	2283.00	3747.76	0.0000
C*L	1	0.29	0.29	0.47	0.4974
C*R	4	80.89	20.22	33.20	0.0000
L*R	4	173.80	43.45	71.33	0.0000
C*L*R	4	24.75	6.19	10.16	0.0000
Error	40	24.37	0.61		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 27.520 CV 2.84

3.3.12 Analysis of Variance Table for microbial biomass C

Analysis of Variance Table for microbial biomass C 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	238069	238069	289.76	0.0000
L	1	6883	6883	8.38	0.0061
R	4	30784	7696	9.37	0.0000
C*L	1	1780	1780	2.17	0.1488
C*R	4	64135	16034	19.52	0.0000
L*R	4	3363	841	1.02	0.4071
C*L*R	4	7198	1799	2.19	0.0875
Error	40	32864	822		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 140.40 CV 20.42

Analysis of Variance Table for microbial biomass C 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	388.4	388.4	3.33	0.0756
L	1	15005.3	15005.3	128.58	0.0000
R	4	11190.6	2797.7	23.97	0.0000
C*L	1	9993.6	9993.6	85.63	0.0000
C*R	4	14933.8	3733.5	31.99	0.0000
L*R	4	2398.7	599.7	5.14	0.0019
C*L*R	4	10472.2	2618.1	22.43	0.0000
Error	40	4668.0	116.7		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 99.344 CV 10.87

Analysis of Variance Table for microbial biomass C 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	594907	594907	1652.04	0.0000
L	1	746	746	2.07	0.1579
R	4	208219	52055	144.55	0.0000
C*L	1	1772	1772	4.92	0.0323
C*R	4	136967	34242	95.09	0.0000
L*R	4	15938	3985	11.07	0.0000
C*L*R	4	847	212	0.59	0.6733
Error	40	14404	360		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 358.97 CV 5.29

3.3.13 Analysis of Variance Table for microbial biomass N

Analysis of Variance Table for microbial biomass N 0 day.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	6093.36	6093.36	289.78	0.0000
L	1	176.10	176.10	8.37	0.0061
R	4	787.77	196.94	9.37	0.0000
C*L	1	45.57	45.57	2.17	0.1488
C*R	4	1641.55	410.39	19.52	0.0000
L*R	4	86.01	21.50	1.02	0.4074
C*L*R	4	184.32	46.08	2.19	0.0873
Error	40	841.09	21.03		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 62.461 CV 7.34

Analysis of Variance Table for microbial biomass N 30 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	9.906	9.906	3.32	0.0760
L	1	384.054	384.054	128.65	0.0000
R	4	286.341	71.585	23.98	0.0000
C*L	1	255.606	255.606	85.62	0.0000
C*R	4	382.385	95.596	32.02	0.0000
L*R	4	61.417	15.354	5.14	0.0019
C*L*R	4	267.999	67.000	22.44	0.0000
Error	40	119.410	2.985		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

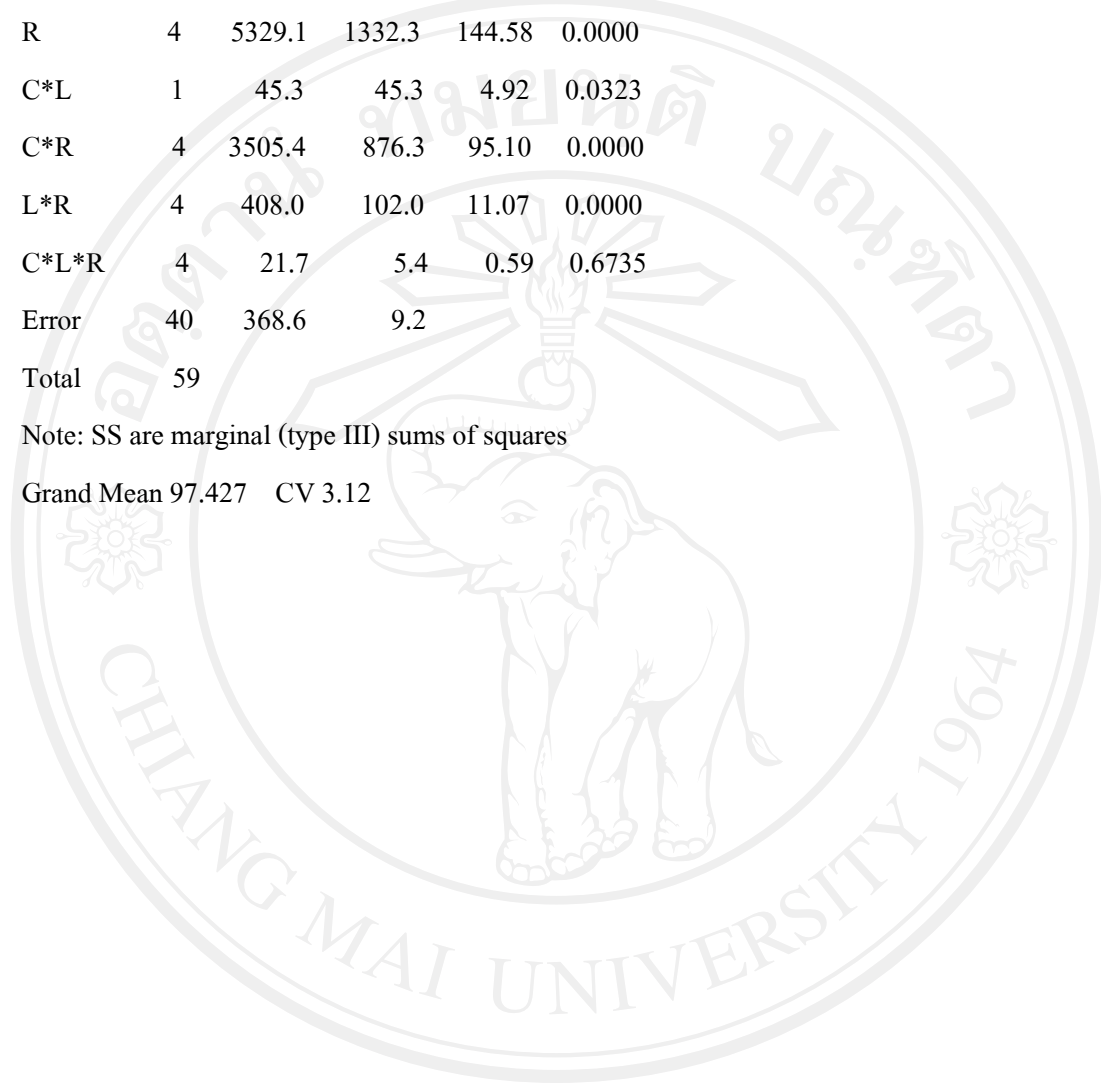
Grand Mean 55.893 CV 3.09

Analysis of Variance Table for microbial biomass N 60 days.

Source	DF	SS	MS	F	P
C	1	15224.9	15224.9	1652.27	0.0000
L	1	19.1	19.1	2.07	0.1580
R	4	5329.1	1332.3	144.58	0.0000
C*L	1	45.3	45.3	4.92	0.0323
C*R	4	3505.4	876.3	95.10	0.0000
L*R	4	408.0	102.0	11.07	0.0000
C*L*R	4	21.7	5.4	0.59	0.6735
Error	40	368.6	9.2		
Total	59				

Note: SS are marginal (type III) sums of squares

Grand Mean 97.427 CV 3.12



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายฉรรศ สมจันทร์
วัน เดือน ปี เกิด	17 มกราคม 2526
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนวชิรป่าซาง จังหวัดลำพูน ปีการศึกษา 2545 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ ภาควิชาทรัพยากรดินและสิ่งแวดล้อม คณะผลิตกรรมการเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ปีการศึกษา 2548



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved