ภาคผนวก ก การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

การหาไนโตรเจนทั้งหมดในพืช

สารเคมี

1. Boric acid indicator

1.1 Mixed indicator ละลาย bromgresal green 0.5 กรัม และ methyl red 0.1 กรัม ใน ethyl alcohol 95% ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

1.2 Boric acid (H_3BO_3) ละลาย boric acid 40 กรัม ในน้ำอุ่น 700 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น

1.3 เติม Mixed indicator ในข้อ 1.1 ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ลงใน Boric acid ในข้อ 1.2 ข้างต้น ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1 ลิตร ปรับ pH ให้ได้ 5.5

2. Sodium Hydroxide (NaOH) 40%

ละลาย NaOH จำนวน 400 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร

3. สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.005 นอร์มอล ($H_2SO_4$0.05 N)

ละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1 N ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตร หาความเข้มข้นที่แน่นอนโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.1 ชั่ง Na_2CO_3 0.0500 กรัม (อบ 105 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง)

3.2 ใส่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร เขย่าให้ละลาย

3.3 หยด methyl red 2-3 หยด

3.4 ไตเตรทกับกรด H_2SO_4 ที่ต้องการทราบความเข้มข้นที่แน่นอนจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีส้มแก่ บันทึกปริมาตรกรด H_2SO_4 ที่ใช้

3.5 ต้มบน hot plate ประมาณ 2 นาที จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีเหลือง

3.6 ไตเตรทต่อจนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรกรด H_2SO_4 ที่ใช้

3.7 คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนตามสูตร

H_2SO_4 (N) = น้ำหนักของ Na_2CO_3 x 1000 x 2 / 105.99 x ปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้

= 18.8697 x น้ำหนักของ Na_2CO_3 / ปริมาตร H_2SO_4 ที่ใช้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ

การกลั่นไนโตรเจนด้วยเครื่องกลั่นไนโตรเจน

1. ดูดตัวอย่างที่ย่อยได้ 25 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดกลั่น
2. ตวงกรดบอริก (H_3BO_3) 15 มิลลิลิตร ใส่ใน Erlenmeyer flask 125 มิลลิลิตร เพื่อรองรับสารที่กลั่นได้
3. กลั่นจนสารละลายใน Erlenmeyer flask มีปริมาตร 75 มิลลิลิตร
4. ไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วย H_2SO_4 0.05 N ให้สารละลายสีเขียวกลายเป็นสีของกรดบอริก
5. คำนวณหาปริมาณไนโตรเจน

การคำนวณหา % N

จาก H_2SO_4 เข้มข้น 0.05xx นอร์มาล

สารละลาย 1000 มิลลิลิตรมีไนโตรเจน	0.05xx	นอร์มาล
ปริมาณของ ลบกับปริมาณของ blank มีไนโตรเจน	$\frac{(\text{ml-blank}) \times 0.05xx \times 14}{1000}$	gN
ตัวอย่างที่ใช้ 50 มิลลิลิตรมีไนโตรเจน	$\frac{(\text{ml-blank}) \times 0.05xx \times 14}{1000}$	gN
สารละลายที่ปรับ 100 มิลลิลิตรมีไนโตรเจน	$\frac{(\text{ml-blank}) \times 0.05xx \times 14 \times 100}{1000 \times 50}$	gN
ตัวอย่างพืช 0.5 กรัมมีไนโตรเจน	$\frac{(\text{ml-blank}) \times 0.05xx \times 14 \times 100}{1000 \times 50}$	gN
ตัวอย่างพืช 100 กรัมมีไนโตรเจน	$\frac{(\text{ml-blank}) \times 0.05xx \times 14 \times 100 \times 100}{1000 \times 50 \times 0.5}$	gN

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การหาฟอสฟอรัสในพืช

สารเคมี

1. กรดย่อย ใช้กรดย่อยเดียวกับกรดย่อยไนโตรเจน
2. สาร develop สี vanadate reagent (mixed reagent)
   2.1 ละลาย ammonium vanadar 1.25 กรัมในน้ำกลั่นอุ่น 200 มิลลิลิตร เติม HNO_3 ลงไป 153.42 มิลลิลิตร
   2.2 ละลาย ammonium molydate tetrahydrate 25 กรัมในน้ำกลั่น
   2.3 ละลานสารละลายจากข้อ 2.1 และ2.2 เข้าด้วยกัน ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร เก็บไว้ในขวดสีชาและเก็บไว้ในตู้เย็นหากไม่ใช้ทันที

3. เตรียม standard phosphorus 100 $mgkg^{-1}$
   3.1 ชั่ง KH_2PO_4 0.4390 กรัม
   3.2 เติม KNO_3 conc. 5 มิลลิลิตร
   3.3 ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น

วิธีการ

1. ทำ standard set โดยให้มีความเข้มข้น 0, 4, 8, 12, 16 และ 20 $mgkg^{-1}$โดยใช้ volumetric pipette ดูด standard P 100 $mgkg^{-1}$ มา 1, 2, 3, 4 และ 5 มิลลิลิตร เติม mixed reagent 5 มิลลิลิตร และกรดย่อยที่เจือขาง 7 ต่อ 100 มิลลิลิตร มา 5 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 25 มิลลิลิตร
2. ดูดตัวอย่างที่ย่อยได้มา 5 มิลลิลิตร เติม mixed reagent 5 มิลลิลิตร
3. เติมน้ำกลั่นแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เกิดสี ถ้าไม่เกิดสีให้เติมตัวอย่างเพิ่มลงไปอีก
4. นำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 470 nm

วิธีการคำนวณ

นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เข้าสมการ Linear Regression จะได้ปริมาณฟอสฟอรัสในหน่วย $mgkg^{-1}$ โดยมีวิธีคำนวณดังนี้

ถ้าปริมาณฟอสฟอรัสในสมการ Linear Regression ได้เท่ากับ 0.955 กรัม ดูดตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น

สารละลาย 10^6 มิลลิลิตร มีฟอสฟอรัส	0.955	กรัม
ถ้าสารละลาย 1 มิลลิลิตร มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.955 \times 1}{10^6}$	กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สารละลาย 25 มิลลิลิตร มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.955 \times 1}{10^6}$	กรัมด้วย
ในตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.955 \times 1 \times 25}{10^6 \times 1}$	กรัม
ดังนั้นสารละลาย 100 มิลลิลิตร มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.955 \times 1 \times 25 \times 100}{10^6 \times 1 \times 2}$	กรัม
ตัวอย่างพืช 0.5 กรัม มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.955 \times 1 \times 25 \times 100}{10^6 \times 1 \times 2}$	กรัมด้วย
ถ้าตัวอย่างพืช 100 กรัม มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.955 \times 1 \times 25 \times 100 \times 100}{10^6 \times 1 \times 2 \times 0.5}$	กรัม
เท่ากับ	0.2388	กรัม
ถ้าน้ำหนักแห้งพืช 97.54 กรัม มีฟอสฟอรัส	$\frac{0.2388 \times 97.54}{100}$	กรัม
ดังนั้น แสดงว่าพืชดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้	0.2329	กรัม

การหาโพแทสเซียมในพืช

วิธีการ

1. ดูดสารละลายตัวอย่างที่ย่อยได้ด้วยกรดย่อยเดียวกับการหาไนโตรเจนมา 1 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 25 มิลลิลิตร
2. นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง atomic absorption ที่ความยาวคลื่น 476.2 nm
3. วิธีการคำนวณหาปริมาณโพแทสเซียม คำนวณเช่นเดียวกับการหาฟอสฟอรัส

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

สมบัติทางเคมีของดิน (เนาวรัตน์,2527)

การเตรียมตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์

ตัวอย่างดินที่สุ่มเก็บมาถ้ามีกรวดหรือเศษซากพืชที่ยังไม่ย่อยสลายให้คัดทิ้งไป ผึ่งลมให้แห้งที่อุณหภูมิห้องแล้วบดเบาๆ ด้วยโกร่งบดดิน (porcelain mortar) นำไปร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. จากนั้นสำรวจดูว่าในตะแกรงยังมีอนุภาคของดินอยู่หรือไม่ถ้ามีให้ทำการบดต่อ ทิ้งอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 มม. ที่ค้างในตะแกรง เก็บตัวอย่างดินที่ร่อนผ่านตะแกรงไว้ใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

การหาไนโตรเจนทั้งหมดในดินและปุ๋ยหมัก (Novozamsky *et al.*, 1983)

สารเคมี

1. Sulphuric acid-selenium mixture (H_2SO_4-Se mixture)
   ละลาย 3.5 กรัมของผง selenium ใน 1 ลิตรของ comc. H_2SO_4 (ρ=1.84gcm^{-3}) ตั้งไว้บนเตาด้วยความร้อน จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีดำเป็นสีใส
2. Salicylic acid powder (analytical grade)
3. Hydrogen peroxide 30% (analytical grade)
4. Digestion mixture
   ละลาย 72 กรัมของ Salicylic acid ใน 1 ลิตรของ H_2SO_4-Se mixture (จากข้อ 1) คนให้เข้ากันจนได้สารละลายสีใส โดยสารที่เตรียมได้ต้องใช้ภายใน 48 ชั่วโมง

วิธีการ

1. ชั่งตัวอย่างที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 มม. จำนวน 0.4 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยตัวอย่าง
2. เติม digestion mixture จำนวน 2.5 มล. ลงไปในหลอดตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง
3. นำหลอดตัวอย่างไปตั้งบนเตาย่อย ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
4. เอาหลอดตัวอย่างออกจากเตาย่อย แล้วเติม H_2O_2 30% จำนวน 3 มล. โดยการใส่แต่ละครั้งให้ทิ้งระยะห่างกันประมาณ 10 วินาที ซึ่งระหว่างนี้จะเกิดความร้อนสูงมาก ให้ทำอย่างระมัดระวัง
5. นำหลอดตัวอย่างใส่ลงไปในเตาย่อย แล้วค่อยๆ ปรับอุณหภูมิขึ้น จนถึง 330 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นจุดเดือดของกรดย่อยที่ใช้
6. ย่อยที่อุณหภูมิ 330 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้สารละลายใสที่ย่อยสมบูรณ์แล้ว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

7. นำสารสะลายที่ได้ไปกลั่นหาไนโตรเจนทั้งหมดในตัวอย่าง โดยวิธีการกลั่นและการคำนวณทำเช่นเดียวกับการกลั่นในตัวอย่างพืช

การหาฟอสฟอรัส

สารเคมี

1. 0.5 N HCl
2. 0.5 N NaOH
3. Extracting solution (Bray II)
   ละลาย NH_4F จำนวน 1.11 กรัม ปรับปริมาตรด้วย 0.1 N HCl ให้ครบ 1 ลิตร
4. 0.1 N HCl
   เตรียมไว้จาก conc. HCl 8.28 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 1000 มิลลิลิตร
5. Standard 100 $mgkg^{-1}$ P
   ละลาย KH_2PO_4 (อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง) จำนวน 0.4390 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรให้ครบ 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น
6. Reagent A
   ละลาย ammonium molybdate 12 กรัมในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร ผสมกับ 5 N H_2SO_4 เขย่าให้เข้ากัน แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 2 ลิตร
7. Reagent B
   ชั่ง ascorbic acid 1.056 กรัม ใน 200 มิลลิลิตรของ Reagent A ซึ่งมีอายุการใช้งานไม่เกิน 24 ชั่วโมง
8. สารละลาย standard curve-P
   เตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 0 , 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 และ 1.0 $mgkg^{-1}$ P โดยใช้ volumetric pipette ดูดสารละลาย Standard 5 $mgkg^{-1}$ P จำนวน 0 , 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติม Reagent B จำนวน 4 มล. และเติมสารละลาย Bray II จำนวน 5 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที นำไปอ่านค่า %Absorbent ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างดิน 2.5 กรัม ใส่ใน Erlenmeyer flask 125 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด Bray II 25 มิลลิลิตร เขย่าทันทีที่เติมน้ำยาเป็นเวลา 1 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ดูดสารละลายที่กรองได้มาประมาณ 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. เติม reagent B จำนวน 4 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที นำไปอ่านค่า Absorbent เช่นเดียวกับ standard curve-P นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาปริมาณฟอสฟอรัสโดยการคำนวณใช้วิธีเดียวกับการคำนวณหาฟอสฟอรัสในพืช

การหาโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

สารเคมี

1. สารละลาย Ammonium acetate (NH_4oAc) 1 N pH 7
   ชั่ง NH_4oAc จำนวน 77.08 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร เติมน้ำกลั่น 800 มล. คนให้สารละลายจนหมด นำไปวัด pH และปรับ pH ให้เป็น 7 โดยใช้ NH_3-solution หรือ acetic acid แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น
2. สารละลาย standard-K 1000 $mgkg^{-1}$
   ละลาย KCl บริสุทธิ์ (อบให้แห้งที่ 105 ^0C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง) จำนวน 0.9533 กรัม ใน volumetric flask ขนาด 500 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น
3. สารละลาย standard curve-K
   เตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 0 , 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 $mgkg^{-1}$ P โดยใช้ volumetric pipette ดูดสารละลาย Standard-K 100 $mgkg^{-1}$ P จำนวน 0 , 1 , 2 , 3 , 4 และ 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มล. เติม NH_4oAc 1 N pH 7 จำนวน 20 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเขย่าให้เข้ากัน นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง flame photometer ที่ความยาวคลื่น 766.5 นาโนเมตร slit width 0.7 นาโนเมตร และที่ energy ช่วง 66-70

วิธีการ

ชั่งตัวอย่างดินจำนวน 4 กรัม ใส่ในหลอดสกัด K เติมสารละลาย NH_4oAc 1 N pH 7 จำนวน 40 มล. นำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าเป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 5 ดูดสารละลายที่กรองได้มาประมาณ 5 มล. ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มล. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น นำไปอ่านค่าด้วยเครื่อง flame photometer เช่นเดียวกับ standard curve-K นำค่าที่อ่านได้มาคำนวณหาปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยคำนวณเช่นเดียวกับการคำนวณหาปริมาณโพแทสเซียมในพืช

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน

วิธีการ

1. ชั่งดินที่ร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร จำนวน 20 กรัมใส่ในบีกเกอร์ 50 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร
3. ใช้แท่งแก้วคน 3 ครั้ง ห่างกันครั้งละ 5 นาที ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที
4. นำไปวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH meter

ภาคผนวก ข การหาปริมาณเชื้อในดินและตัวอย่างปุ๋ยหมัก

การหาปริมาณเชื้อในดินและตัวอย่างปุ๋ยหมัก

หาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนด้วยวิธี dilution plating technique ใช้อาหารสำหรับ *Azotobacter* , *Beijerinckia* medium (N-free medium) และ *Azospirillum* medium (Atlas,1993) ทำ dilution โดยชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 95 มล. เป็น dilution ที่ 1 (10^{-1}) เขย่าเป็นเวลา 15 นาที แล้วนำมาเจือจางโดยใช้ปิเปตที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้วดูดสารละลายดิน 1 มล. ใส่ในน้ำกลั่นฆ่าเชื้อ 9 มล. เป็น dilution ที่ 2 (10^{-2}) ให้ได้ความเข้มข้นตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-6} จากนั้นดูดสารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} ปริมาตร 1 มล. ใส่ในจานเพาะเชื้อแล้วแทอาหารที่อุ่นพอประมาณลงไปประมาณ 15 มล. แล้วหมุนจานเพาะเชื้อเบาๆ ให้อาหารเลี้ยงเชื้อกับสารละลายที่ใส่ลงไปเข้ากันได้ดี ทิ้งไว้ให้วุ้นแข็งจึงปิดฝาจานเพาะเชื้อ บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วจึงนำมานับจำนวนโคโลนีที่ขึ้นบนอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับ *Azotobacter* และ *Beijerinckia* medium (N-free medium) ส่วนเชื้อ *Azospirillum* sp. ทำโดยดูดสารละลายดินที่ความเข้มข้น 10^{-4} , 10^{-5} และ 10^{-6} ปริมาตร 1 มล. ใส่ในอาหารสำหรับ *Azospirillum* medium ซึ่งเป็นอาหาร semi-solid ที่มีอาหารเลี้ยงเชื้อปริมาตร 9 มล. ใส่อยู่ในหลอดทดลอง บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วหาปริมาณเชื้อด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) (Hall,1996) (ภาคผนวก)โดยสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอาหาร semi-solid จากสีเขียวเป็นสีฟ้า และมีวงแหวนเกิดขึ้นภายในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 1 Most Probable Number of 2 , 3 , 4 , 5 and 10-fold dilution series replicated twice*

No. of positive results At dilution level	**Population estimate (tabular MPN) ratio of the dilution series**				
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6	**2**	**3**	**4**	**5**	**10**
0 – 1 – 0 – 0 – 0 – 0	0.5	1.0	1.5	2.0	4.6
1 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0	0.6	1.2	1.8	2.5	6.0
1 – 0 – 1 – 0 – 0 – 0	1.2	2.5	3.9	5.2	12
1 – 1 – 0 – 0 – 0 – 0	1.3	2.6	4.1	5.5	12
2 – 0 – 0 – 0 – 0 – 0	1.4	3.3	5.5	8.0	23
2 – 0 – 1 – 0 – 0 – 0	2.3	5.5	9.4	14	49
2 – 1 – 0 – 0 – 0 – 0	2.4	6.0	11	16	61
2 – 1 – 1 – 0 – 0 – 0	3.6	9.3	17	28	128
2 – 2 – 0 – 0 – 0 – 0	3.9	11	23	40	230
2 – 2 – 0 – 1 – 0 – 0	5.4	17	38	71	493
2 – 2 – 1 – 0 – 0 – 0	5.7	18	43	81	614
2 – 2 – 1 – 1 – 0 – 0	7.8	28	70	142	1270
2 – 2 – 2 – 0 – 0 – 0	8.4	33	91	202	2305
2 – 2 – 2 – 0 – 1 – 0	11	51	152	354	4844
2 – 2 – 2 – 1 – 0 – 0	12	56	172	408	5938
2 – 2 – 2 – 1 – 1 – 0	17	86	280	713	12704
2 – 2 – 2 – 2 – 0 – 0	18	104	372	1016	23054
2 – 2 – 2 – 2 – 0 – 1	25	162	638	1797	48442
2 – 2 – 2 – 2 – 1 – 0	27	179	688	2109	59379
2 – 2 – 2 – 2 – 1 – 1	38	285	1136	3565	120000
2 – 2 – 2 – 2 – 2 – 0	44	359	1484	5075	230545
2 – 2 – 2 – 2 – 2 – 1	73	703	2752	10545	593790
Confidence factor**	2.67	3.45	4.01	4.47	6.61

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

*This is a population density in the original test sample that assumes 1-mL inoculation volume. Table generated using MPNES software (Woomer *et al*., 1990)

**The confidence factor is divided into and multiplied by the population estimate to establish the lower and upper confidence limits ($p=0.05$) respectively. (After Cochran,1950)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ค ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance

ตารางภาคผนวกที่ 2 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ขึ้นบนอาหาร *Azotobacter* หลังจากเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 7 วัน จากตัวอย่างดินแต่ละภาค

Parameter	SOV	DF	MS
ภาคเหนือ	Treatment	9	0.2933 ns
	Error	20	0.4035
	Total	29	
ภาคกลาง	Treatment	9	0.3894 ns
	Error	20	0.4732
	Total	29	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	Treatment	9	0.2942 ns
	Error	20	0.3614
	Total	29	

ตารางภาคผนวกที่ 3 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อจุลินทรีย์ที่ขึ้นบนอาหาร *Beijerinckiar* หลังจากเลี้ยงเชื้อเป็นเวลา 7 วัน จากตัวอย่างดินแต่ละภาค

Parameter	SOV	DF	MS
ภาคเหนือ	Treatment	9	1.3922 *
	Error	20	0.4173
	Total	29	
ภาคกลาง	Treatment	9	0.4000 ns
	Error	20	0.3364
	Total	29	
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	Treatment	9	0.7204 ns
	Error	20	0.5318
	Total	29	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 4 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปุ๋ยหมักที่ไม่นึ่งฆ่าเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์หลังบ่มเชื้อเป็นเวลา 2 สัปดาห์

Parameter	SOV	DF	MS
Azotobacter	Treatment	13	1.9625**
	Error	28	0.2184
	Total	41	
Beijerinckiar	Treatment	13	3.5119**
	Error	28	0.3510
	Total	41	
Azospirillum	Treatment	13	3.5083**
	Error	28	0.4530
	Total	41	
Bacillus	Treatment	13	4.8614*
	Error	28	2.0210
	Total	41	

ตารางภาคผนวกที่ 5 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปุ๋ยหมักที่ไม่นึ่งฆ่าเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณจุลินทรีย์หลังบ่มเชื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

Parameter	SOV	DF	MS
Azotobacter	Treatment	13	12.5061**
	Error	28	0.0859
	Total	41	
Beijerinckiar	Treatment	13	2.1148**
	Error	28	0.2135
	Total	41	
Azospirillum	Treatment	13	3.3508**
	Error	28	0.2924
	Total	41	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 5 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
Bacillus	Treatment	13	0.1994 ns
	Error	28	0.1048
	Total	41	

ตารางภาคผนวกที่ 6 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปุ๋ยหมักที่นึ่งฆ่าเชื้อและไม่นึ่งฆ่าเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการตรึงไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด ค่า pH และปริมาณจุลินทรีย์หลังบ่มเชื้อเป็นเวลา 2 สัปดาห์

Parameter	SOV	DF	MS
C_2H_4	Treatment(A)	13	0.1246**
	Time(B)	1	0.6154**
	A*B	13	0.0374*
	Error	56	0.0154
	Total	83	
Total N	Treatment(A)	13	0.0351**
	Time(B)	1	0.0168*
	A*B	13	0.0161**
	Error	56	0.0033
	Total	83	
pH	Treatment(A)	13	2.6324**
	Time(B)	1	1.5991**
	A*B	13	0.3151**
	Error	56	0.0046
	Total	83	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 6 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
Azotobacter	Treatment(A)	13	7.0263**
	Time(B)	1	0.2743 ns
	A*B	13	1.6806 ns
	Error	56	0.9350
	Total	83	
Beijerinckiar	Treatment(A)	13	3.0226**
	Time(B)	1	17.0821**
	A*B	13	3.0226**
	Error	56	0.3475
	Total	83	

ตารางภาคผนวกที่ 7 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปุ๋ยหมักที่นึ่งฆ่าเชื้อและไม่นึ่งฆ่าเชื้อต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการตรึงไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด ค่า pH และปริมาณจุลินทรีย์หลังบ่มเชื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

Parameter	SOV	DF	MS
C_2H_4	Treatment(A)	13	0.3399**
	Time(B)	1	1.8187**
	A*B	13	0.3744**
	Error	56	0.0050
	Total	83	
Total N	Treatment(A)	13	0.04414**
	Time(B)	1	0.0663**
	A*B	13	0.0055**
	Error	56	0.0019
	Total	83	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 7 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
pH	Treatment(A)	13	1.1997**
	Time(B)	1	4.1141**
	A*B	13	0.0678**
	Error	56	0.0033
	Total	83	
Azotobacter	Treatment(A)	13	12.9884**
	Time(B)	1	56.8759**
	A*B	13	10.9278**
	Error	56	0.0970
	Total	83	
Beijerinckiar	Treatment(A)	13	5.5908**
	Time(B)	1	0.2508 ns
	A*B	13	1.9863**
	Error	56	0.3755
	Total	83	

ตารางภาคผนวกที่ 8 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปุ๋ยหมักที่ระดับน้ำตาลต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณการตรึงไนโตรเจน ไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณจุลินทรีย์หลังบ่มเชื้อเป็นเวลา 4 สัปดาห์

Parameter	SOV	DF	MS
C_2H_4	Treatment	7	0.0001137*
	Error	16	0.0000375
	Total	23	
Total N	Treatment	7	0.0028518*
	Error	16	0.0008708
	Total	23	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 8 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
Azotobacter	Treatment	7	2040420.15**
	Error	16	373790.89
	Total	23	
Beijerinckiar	Treatment	7	0.142518 ns
	Error	16	0.144566
	Total	23	

ตารางภาคผนวกที่ 9 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของการเจริญเติบโตของข้าวระยะเก็บเกี่ยว

Parameter	SOV	DF	MS
ความสูง	Treatment	9	53.4827 ns
	Error	80	30.7694
	Total	89	
จำนวนกอ	Treatment	9	25.5568 ns
	Error	80	13.6306
	Total	89	
จำนวนรวง	Treatment	9	27.2840 ns
	Error	80	14.0306
	Total	89	
นน.สดรวม (ต้น+เมล็ด)	Treatment	9	3274.7951 ns
	Error	80	1754.6583
	Total	89	
นน.แห้งรวม (ต้น+เมล็ด)	Treatment	9	1638.0815 ns
	Error	80	857.8839
	Total	89	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 9 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
นน.สดต้น	Treatment	9	3274.2396 ns
	Error	80	1817.1740
	Total	89	
นน.แห้งต้น	Treatment	9	411.8088 ns
	Error	80	214.9590
	Total	89	
นน.สดเมล็ด	Treatment	9	407.3479 ns
	Error	80	214.0520
	Total	89	
นน.แห้งเมล็ด	Treatment	9	73.8110 ns
	Error	80	39.5943
	Total	89	

ตารางภาคผนวกที่ 10 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปริมาณเชื้อ *Azotobacter* sp. ในกระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อทันที	Treatment	4	16.5246 **
	Error	10	0.0609
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 1 สัปดาห์	Treatment	4	16.1889**
	Error	10	0.0113
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 2 สัปดาห์	Treatment	4	16.2349**
	Error	10	0.0053
	Total	14	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 10 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อ 3 สัปดาห์	Treatment	4	15.9520**
	Error	10	0.0130
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 4 สัปดาห์	Treatment	4	15.4678**
	Error	10	0.0247
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 6 สัปดาห์	Treatment	4	11.8777**
	Error	10	1.0138
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 8 สัปดาห์	Treatment	4	9.6499**
	Error	10	0.9105
	Total	14	

ตารางภาคผนวกที่ 11 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปริมาณเชื้อ *Beijerinckia* sp. ในกระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อทันที	Treatment	4	16.6800**
	Error	10	0.0281
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 1 สัปดาห์	Treatment	4	16.5675**
	Error	10	0.0191
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 2 สัปดาห์	Treatment	4	17.2058**
	Error	10	0.0118
	Total	14	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 11 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อ 3 สัปดาห์	Treatment	4	13.6436**
	Error	10	0.0466
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 4 สัปดาห์	Treatment	4	14.1164**
	Error	10	0.0418
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 6 สัปดาห์	Treatment	4	9.6499**
	Error	10	0.9105
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 8 สัปดาห์	Treatment	4	8.9816*
	Error	10	1.7552
	Total	14	

ตารางภาคผนวกที่ 12 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปริมาณเชื้อ *Azospirillum* sp. ในกระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อทันที	Treatment	4	16.6800**
	Error	10	0.0281
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 1 สัปดาห์	Treatment	4	16.5675**
	Error	10	0.0191
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 2 สัปดาห์	Treatment	4	17.2058**
	Error	10	0.0118
	Total	14	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 12 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อ 3 สัปดาห์	Treatment	4	13.6436**
	Error	10	0.0466
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 4 สัปดาห์	Treatment	4	14.1164**
	Error	10	0.0418
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 6 สัปดาห์	Treatment	4	9.6499**
	Error	10	0.9105
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 8 สัปดาห์	Treatment	4	8.9816*
	Error	10	1.7552
	Total	14	

ตารางภาคผนวกที่ 13 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปริมาณเชื้อ *Bacillus* sp. ในกระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อ ทันที	Treatment	4	18.3688*
	Error	10	3.6899
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 1 สัปดาห์	Treatment	4	8.9816*
	Error	10	1.7552
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 2 สัปดาห์	Treatment	4	0.7199**
	Error	10	0.0245
	Total	14	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 13 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อ 3 สัปดาห์	Treatment	4	5.6249 ns
	Error	10	3.6691
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 4 สัปดาห์	Treatment	4	0.3589 ns
	Error	10	0.2081
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 6 สัปดาห์	Treatment	4	0.3288 ns
	Error	10	0.1037
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 8 สัปดาห์	Treatment	4	0.2313 ns
	Error	10	0.1760
	Total	14	

ตารางภาคผนวกที่ 14 ค่าวิเคราะห์ Analysis of Variance ของปริมาณเชื้อ Phosphate solubilizer ในกระบวนการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์-ชีวภาพ

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อทันที	Treatment	4	0.2313 ns
	Error	10	0.1760
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 1 สัปดาห์	Treatment	4	1.9595 ns
	Error	10	2.1151
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 2 สัปดาห์	Treatment	4	3.0025 ns
	Error	10	4.4905
	Total	14	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางภาคผนวกที่ 14 (ต่อ)

Parameter	SOV	DF	MS
หลังคลุกเชื้อ 3 สัปดาห์	Treatment	4	2.8721 ns
	Error	10	4.0711
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 4 สัปดาห์	Treatment	4	2.6993 ns
	Error	10	1.7604
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 6 สัปดาห์	Treatment	4	0.0927 ns
	Error	10	0.0985
	Total	14	
หลังคลุกเชื้อ 8 สัปดาห์	Treatment	4	0.3288 ns
	Error	10	0.1037
	Total	14	

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ดลนภา ศิริต๊ะ
วัน เดือน ปี เกิด	26 พฤศจิกายน 2521
ประวัติการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนส่วนบุญโญปถัมภ์ จ.ลำพูน ปีการศึกษา 2539
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ ปีการศึกษา 2543

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved