

อุปกรณ์และวิธีการ

I. การทดลองในแปลงทดลอง

1. ระยะเวลาและสถานที่

เริ่มทำการทดลองเดือนมิถุนายน 2534 ถึงตุลาคม 2534 ที่หมวดดินและปุ๋ย
ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2. วิธีการทดลอง

เป็นการทดลองเกี่ยวกับอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยคอก ต่อคุณสมบัติของ
ดินและผลผลิตของข้าวโพด โดยใช้แผนการทดลองแบบ 3x5 Factorial in
Randomized Complete Block Design โดยมีปัจจัยที่ศึกษา 2 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 ปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย 46%N) มี 3 ระดับ ได้แก่

1. N₀ หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน
2. N₁ หมายถึง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 5 กก.N/ไร่
3. N₂ หมายถึง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กก.N/ไร่

ปัจจัยที่ 2 ปุ๋ยคอก (มูลวัวแห้ง) และคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยคอก (มูลวัว) ที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติทางเคมี	ค่าวิเคราะห์
pH (1:1)	8.3
Total N (%)	1.369
P (%)	0.39
K (%)	1.191
Ca (%)	0.729
Mg (%)	0.561
Na (%)	0.720
Organic C (%)	26.448
C/N	19.319

มี 5 ระดับ ได้แก่

1. M_0 หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยคอก
2. M_1 หมายถึง ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กก./ไร่
3. M_2 หมายถึง ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่
4. M_3 หมายถึง ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กก./ไร่
5. M_4 หมายถึง ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 3,000 กก./ไร่

โดยมีตัวรับการทดลองดังต่อไปนี้

1. N_0M_0 หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ไม่ใส่ปุ๋ยคอก
2. N_0M_1 หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กก./ไร่
3. N_0M_2 หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่
4. N_0M_3 หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กก./ไร่
5. N_0M_4 หมายถึง ไม่ใส่ปุ๋ยในโตรเจน ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 3,000 กก./ไร่
6. N_1M_0 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 5 กก./ไร่ ไม่ใส่ปุ๋ยคอก
7. N_1M_1 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 5 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กก./ไร่
8. N_1M_2 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 5 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่
9. N_1M_3 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 5 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กก./ไร่
10. N_1M_4 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 5 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 3,000 กก./ไร่
11. N_2M_0 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ ไม่ใส่ปุ๋ยคอก
12. N_2M_1 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 500 กก./ไร่
13. N_2M_2 หมายถึง ใส่ปุ๋ยในโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 1,000 กก./ไร่

14. N_2M_3 หมายถึง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 2,000 กก./ไร่

15. N_2M_4 หมายถึง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 10 กก./ไร่ ใส่ปุ๋ยคอกอัตรา 3,000 กก./ไร่

โดยใช้ข้าวโพดพันธุ์สุวรรณ 2 เป็นพืชทดสอบ (test plant)

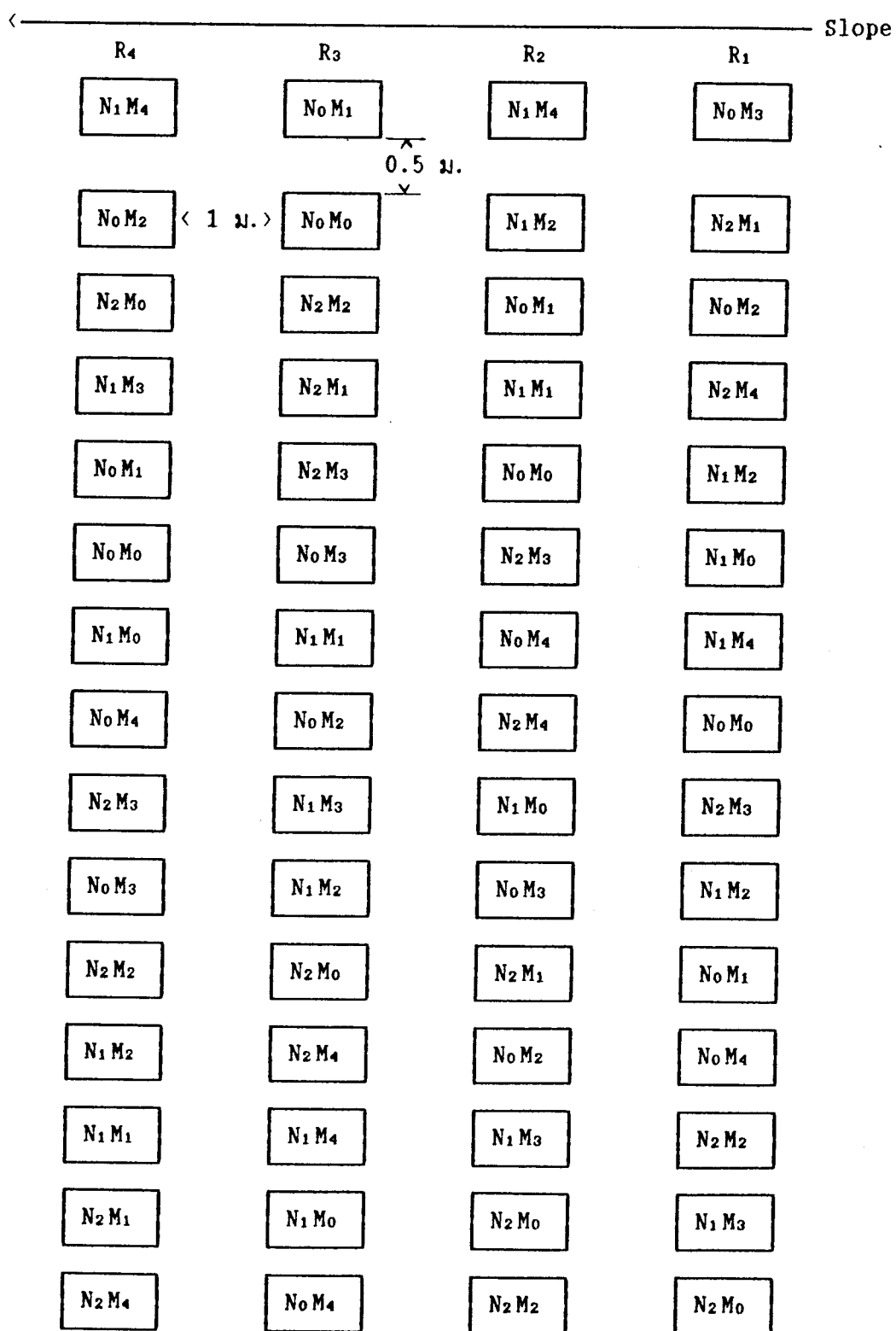
2.1 การเตรียมแปลงทดลอง

ดินที่ใช้ทดลองเป็นดินชุดยโสธร (Oxic Paleustults) การเตรียมดิน ทำการไถครั้งแรก ตากแดดไว้ 2 สัปดาห์เพื่อกำจัดวัชพืช หลังจากนั้นไถพรวน 1 ครั้ง แบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 บล็อก(block) ขวางความลาดเทของพื้นที่ แต่ละบล็อกแบ่งเป็น 15 แปลงย่อย รวมทั้งหมดเป็น 60 แปลงย่อย(plot) ระยะระหว่างแต่ละแปลงย่อยห่างกัน 50 ซม. ระหว่างบล็อกห่างกัน 1.0 เมตร ขนาดแปลงย่อยคือ 3 x 4 เมตร (ดูภาพที่ 1) ใส่ปุ๋ย 2 ชนิด และปูน 1 ชนิดรองพื้น คือ Triple superphosphate (46%N) อัตรา 15 กก./ไร่ Muriate of potash (60% K_2O) อัตรา 20 กก./ไร่ และใส่ ปูนโดโลไมท์ ($CaCO_3 \cdot MgCO_3$) อัตรา 500 กก./ไร่ นำปุ๋ยคอก ปุ๋ยยูเรีย ปุ๋ยรองพื้น และปูนโดโลไมท์ ที่ซื้อมาใส่ตามวิธีที่จดไว้ ใส่ครั้งเดียวทั้งหมดก่อนปลูกโดยวิธีหว่าน แล้วใช้คราดคลุกปุ๋ยกับดินให้ทั่วทั้งแปลง

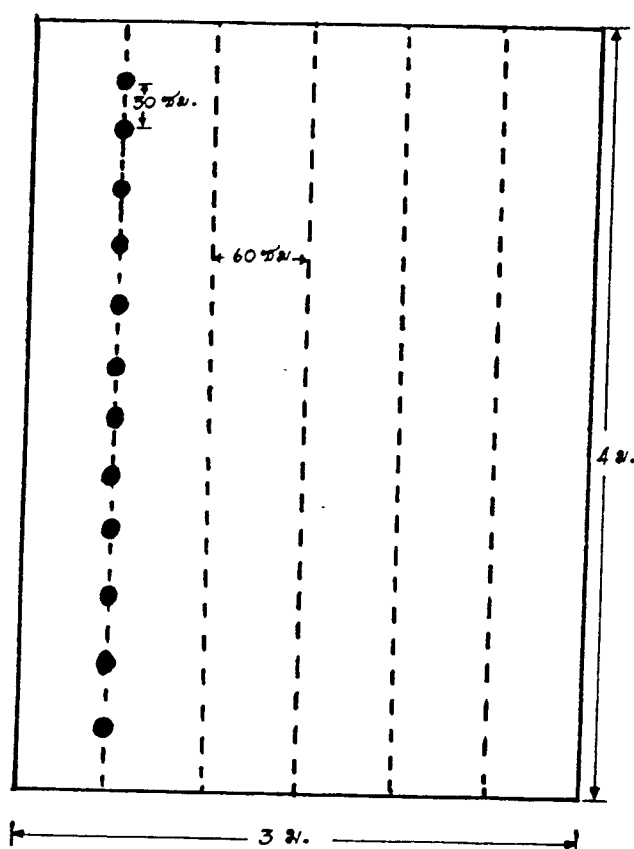
2.2 การปลูกและการดูแลรักษา

ใช้ระยะปลูก 60 x 30 ซม. 1 แปลงย่อย(plot) มี 5 แถวละ 12 ต้น รวมเป็น 60 ต้น/แปลงย่อย หรือ 8,000 ต้น/ไร่ ดังภาพที่ 2

การวางผังการทดลอง



ภาพที่ 1 แสดงผังการทดลองและการวางตำแหน่งของทรีทเมนต์ วางโดยการสุ่มที่ละห้า



ขนาดแปลงย่อย 3 x 4 เมตร (12 ตารางเมตร)

12 ตารางเมตร ปลูกลง 60 ต้น

1,600 ตารางเมตร ปลูกลง $\frac{60 \times 1,600}{12}$

= 8,000 ต้น/ไร่

ภาพที่ 2 แสดงการจัดแปลงปลูกและจำนวนต้นที่ปลูก/ไร่

หลังจากจัดแปลงสำหรับปลูกเสร็จแล้ว นำเมล็ดข้าวโพดหยอด 3 เมล็ด/หลุม จากนั้นฉีดพ่นยา Lasso เพื่อคุมเมล็ดวัชพืช ข้าวโพดอายุได้ 1 สัปดาห์ทำการปลูกซ่อมในหลุมที่ไม่งอก พออายุได้ 14 วันทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้น/หลุม พรวันดินกำจัดวัชพืช และฉีดยากำจัดแมลง โดยใช้ยาอะไซครินฉีดพ่น 2 ครั้ง เมื่ออายุ 30 และ 50 วันตามลำดับ

2.3 การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

(1) การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับดิน

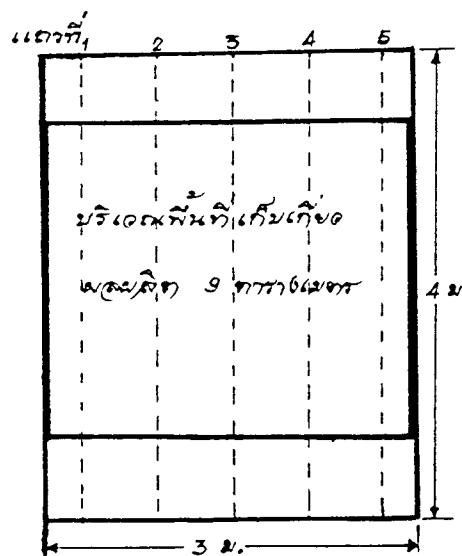
- เก็บดินก่อนปลูกนำมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น เปอร์เซ็นต์ Sand Silt Clay เนื้อดิน เปอร์เซ็นต์ความชื้น คุณสมบัติทางเคมี เช่น pH, OM., ECEC, N, P, K, Ca, Mg, Na และ Al

- หลังจากข้าวโพดออกแล้ว 14, 28, 42, 56 และ 70 วัน
เก็บดินในแปลงมาวิเคราะห์หา pH, OM., ECEC, N, P, K

(2) การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพืช

- เก็บตัวอย่างพืช 3 ครั้ง คือ เมื่ออายุ 42, 56 และ 70 วัน
โดยการตัดเฉพาะส่วนเหนือดิน สุ่มมาแถวละ 1 ต้น เพราะฉะนั้น 1 แปลงย่อย(plot) ก็
จะเก็บมาทั้งหมด 5 วัน นำมาหาพื้นที่ใบ (leaf area) โดยวิธี Blue Print (ดูรายละเอียดในภาคผนวก หน้า 142) หาน้ำหนักแห้งส่วนต้นและส่วนใบโดยนำเข้าตู้อบ หา
ปริมาณการดูดใช้ไนโตรเจน(N-uptake) ในลำต้นและใบ (ดูรายละเอียดการคำนวณใน
ภาคผนวก หน้า 144)

- เก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้าย (Final harvest) เมื่ออายุ 93
วัน โดยใช้ไม้ทำกรอบสี่เหลี่ยมขนาด 3 x 3 เมตร (9 ตารางเมตร) วางทับแปลงย่อย
ให้ได้ 9 ตารางเมตร ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงพื้นที่การเก็บเกี่ยวผลผลิตครั้งสุดท้าย

หลังจากนั้นเก็บผักข้าวโพดเฉพาะในกรอบ นำผักข้าวโพดมาตากแดดให้แห้ง แล้วคำนวณหา
น้ำหนักเมล็ดแห้งต่อต้น เช่น สมมุติว่าเก็บในกรอบได้ 20 ต้น ได้น้ำหนักเมล็ด 2 กก.
เพราะฉะนั้น 1 ต้นก็จะได้น้ำหนักเมล็ดเท่ากับ $2 \div 20 = 0.1$ กก. แล้วคำนวณให้เป็น
กก. ต่อไร่ ทำได้โดย

$$\begin{array}{rcl}
 1 \text{ แปลงย่อย (12 ตารางเมตร) มี} & 60 \text{ ต้น} & \\
 & 60 \times 1,600 & \\
 1 \text{ ไร่ (1,600 ตารางเมตร) มี} & \hline & 12 & \\
 & = 8,000 \text{ ต้น} & \\
 1 \text{ ต้น ใต้น้ำหนักเมล็ด} & 0.1 \text{ กก.} & \\
 ถ้า 8,000 \text{ ต้น ใต้น้ำหนักเมล็ด} & 0.1 \times 8,000 & \\
 & = 800 \text{ กก./ไร่} &
 \end{array}$$

นอกจากนี้หาน้ำหนัก 100 เมล็ด น้ำหนักแห้ง/ฝัก จำนวนฝัก/ต้น และ N, P, K ในเมล็ด

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of Variance) ในแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองแบบ Factorial in Randomized Complete Block Design เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนและอิทธิพลของปุ๋ยคอกต่อคุณสมบัติของดิน และผลผลิตของข้าวโพดที่ปลูกในดินชุดยโสธร โดยใช้โปรแกรม MSTAT (Nissan *et al.*, 1984)

II. การทดลองในห้องปฏิบัติการ

1) ระยะเวลาและสถานที่ทำการทดลอง

เริ่มทำการทดลองเมื่อเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกรกฎาคม 2534 โดยใช้สถานที่ในห้องปฏิบัติการ ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2) แผนการทดลอง

ใช้แผนการทดลองเช่นเดียวกันกับในแปลงทดลอง

3) อุปกรณ์

- Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml. จำนวน 64 ใบ
- จุกยาง 64 อัน
- ขวดเล็กปากกว้าง 64 ใบ
- บิวเรต ขนาด 50 ml. 2 อัน
- หลอดหยด
- ค้ำย
- เทอร์โมมิเตอร์
- ตัวอย่างดิน
- ปุ๋ยคอก (มูลวัว)
- ปุ๋ยไนโตรเจน (ยูเรีย 46%N)

4) สารเคมี

- 1 N NaOH
- 1 N HCl
- 3 N BaCl
- Phenolphthalein indicator

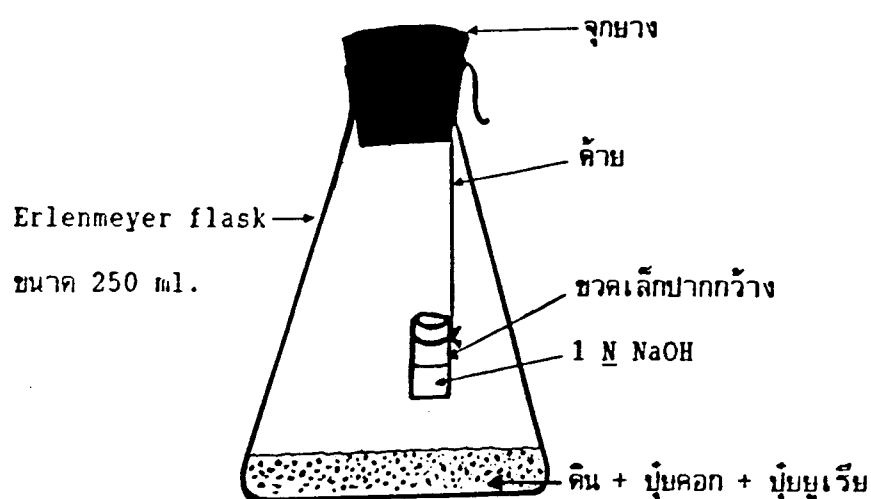
5) การเตรียมตัวอย่างดิน

ดินที่ใช้ในการศึกษาเป็นดินชุดยโสธร (Oxic Paleustults) ซึ่งเก็บจากบริเวณซึ่งไม่เคยทำการเกษตรมาก่อนภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่น (บริเวณข้างหมวดคินและปุ๋ย คณะเกษตรศาสตร์) โดยเก็บมา 2 ชุด คือ ตัวอย่างดินชุดที่ 1 เก็บที่ระดับความลึก 0-15 ซม., ตัวอย่างดินชุดที่ 2 เก็บที่ระดับความลึก 10 ซม. คือ 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90 และ 90-100 ซม. ตามลำดับ ดินทั้ง 2 ชุดนี้นำมาตากแห้งในที่ร่ม (Air dry) หลังจากนั้นนำไปหา % ความชื้นของดินต่อไป

6) วิธีการทดลอง

6.1 ตัวอย่างดินชุดที่ 1 (0-15 ซม.) ใช้ทำการศึกษาดังอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนต่อการสลายตัวของปุ๋ยคอก โดยวัดจากปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปลดปล่อย

ออกมา (CO_2 -Evolution) (Terry, Nelson and Sommers, 1979) วิธีการทดลองมีขั้นตอนดังนี้ เมื่อหา % ความชื้นของดินแล้วก็ทำการชั่งใส่ Erlenmeyer flask ขนาด 250 ml จำนวนใบละ 10 กรัม หลังจากนั้นใส่ปุ๋ยคอก(มูลวัว)ที่ตากแห้ง และหา % ความชื้นแล้ว 5 ระดับ ตามค่ารับทดลองที่จัดไว้ คือ 0, 500, 1000, 2,000 และ 3,000 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยยูเรีย 3 ระดับ คือ 0, 5 และ 10 กก./ไร่ หลังจากนั้นจับ flask ยกขึ้น แล้วเขย่าเบาๆจนปุ๋ยคอก ดิน และยูเรียเข้ากันดี จากนั้นก็เติมน้ำกลั่นลงไปจนความชื้นอยู่ในระดับความชื้นสนาม (Field capacity) แล้วนำขวดขนาดเล็กปากกว้างที่บรรจุด้วย 1 N NaOH จำนวน 15 ml ใช้ค้ายผูกคอขวดเล็กนั้นให้แน่นหย่อนลงไป ใน Erlenmeyer flask แล้วปิดจุกยางทับเส้นค้ายให้แน่น ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงอุปกรณ์การวัดปริมาณ CO_2 ที่ปลดปล่อยออกมา (CO_2 -Evolution) หลังจากการย่อยสลายของปุ๋ยคอก

* หมายเหตุ : ทำ Blank ด้วยจำนวน 4 ถ้ำ โดยทำเหมือนกันทุกประการ แต่ไม่ใส่ตัวอย่างดิน ปุ๋ยคอก และปุ๋ยยูเรีย

หลังจากนั้นนำ Erlenmeyer flask ทั้งหมดไปบ่ม (Incubate) ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 25°C) เป็นเวลา 14, 28, 42, 56 และ 70 วัน

วิธีการเก็บข้อมูล

เมื่อครบกำหนดระยะเวลาบ่มแล้วก็นำขวดเล็กปากกว้างนั้นออกมาใส่ 3 N BaCl₂ 1 ml. จะได้ตะกอนสีขาวขุ่น หยด Phenolphthalein indicator ลงไป 2-3 หยด จะได้สารละลายสีชมพู แล้วนำมาไทเทรตกับ 1 N HCl บันทึก ml. ของ 1 N HCl ไว้ เพื่อจะใช้คำนวณหา CO₂ ที่ปลดปล่อยออกมา โดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{mg C} - \text{CO}_2 = (\text{B} - \text{V}) \text{ NE}$$

เมื่อ B = ml. of 1 N HCl ที่ใช้ไทเทรตกับ Blank

V = ml. of 1 N HCl ที่ใช้ไทเทรตกับ Sample

N = Normality of HCl

E = Atomic wt. of C = 12

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อได้ข้อมูลจากการคำนวณแล้ว ก็ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลในแต่ละลักษณะตามแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยไนโตรเจนอัตราต่างๆต่อการย่อยสลายของปุ๋ยคอกที่บ่มในระยะเวลาต่างกัน โดยใช้โปรแกรม MSTAT (Nissan et al., 1984)

6.2 ตัวอย่างดินชุดที่ 2 เป็นดินที่เก็บมาจากระดับความลึก 10 ระดับ คือ 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60, 60-70, 70-80, 80-90 และ 90-100 ซม. เพื่อมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพ เช่น OM, Total-N, Available-P, Exchangeable K, Ca, Mg, Na, Al, Exchangeable acidity, ECEC, pH, Al saturation, Particle size distribution และ Water retention สำหรับรายละเอียดวิธีวิเคราะห์แสดงไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 รายละเอียดของวิธีการวิเคราะห์หาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดิน
ในการทดลองนี้

รายการ	วิธีการ	เอกสารอ้างอิง
1. คุณสมบัติทางกายภาพ		
- Particle size distribution	Pipette method	Drilon (1980)
- Water retention	Pressure plate	พิมพันธ์ (2526)
2. คุณสมบัติทางเคมี		
- pH (1:1, ดิน:น้ำ)	Std. glass electrode	Black (1965)
- Organic matter	Walkleys and Black	Black (1965)
- Cation Exchange capacity	Peech method	พงศ์ศิริ (2524)
- Total N	Kjeldahl method	Black (1965)
- Available P	Bray II	Drilon (1980)
- Exchangeable K, Na, Ca, Mg	NH ₄ OAc and atomic absorption spectro-photometry	Cottenie (1980)
- Exchangeable Al	Titrate method	Drilon (1980)