บทที่ 3

การทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 วัตถุดิบ และสารเคมี

1. ยางธรรมชาติ (Natural Rubber TTR 5L)
2. ยางสกิม (Skim Rubber)

   (ข้อ 1 และ 2 ได้รับความอนุเคราะห์จากสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร)
3. ปุ๋ยยูเรีย สูตร 46-0-0 เกรดการค้า ตราหัววัวคันไถ จากบริษัท ไทยเชนทรัลเคมี จำกัด
4. ยูเรีย เกรดงานวิเคราะห์
5. สารสำหรับวัลคาไนซ์ยาง ได้แก่ sulphur, diphenyl guanidine, zinc oxide และ steric acid จากบริษัทไบเออร์ ประเทศไทย
6. แป้งมันสำปะหลังเกรดการค้า ตราปลามังกร
7. ดินเหนียว (clay) จากบริษัท Clay and Mineral ซึ่งได้จากแหล่งดินดำแม่ทาน จังหวัดลำปาง
8. สารเคมีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของยูเรีย ด้วยเทคนิค UV-Visible Spectroscopy
9. สารเคมีสำหรับใช้ในการวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของยางด้วยเครื่อง Gel Permeation Chromatograph

3.1.2 อุปกรณ์ และเครื่องมือ

1. เครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง ของบริษัท Kodaira Seisakusho จากประเทศญี่ปุ่น รุ่น R 11-3FF มีค่า Rotative ratio = 1:30 -ลูกกลิ้งลูกหน้า มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 152.4 มิลลิเมตร ความเร็ว

ในการหมุน 21.2 รอบต่อนาที

-ลูกกลิ้งลูกหลัง มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 330.2 มิลลิเมตร ความเร็วในการหมุน 31.8 รอบต่อนาที

2. UV-Visible Spectrophotometer
3. Gel Permeation Chromatograph (Waters 150-9)
4. Polarizing Microscope
5. เครื่องแก้วที่ใช้ในห้องปฏิบัติการเคมีวิเคราะห์
6. เครื่องกวนแบบแม่เหล็ก (Magnetic Stirrer)
7. กระดาษกรอง Wattman เบอร์ 40
8. เตาอบที่ให้อุณหภูมิได้สูง 80 องศาเซลเซียส
9. ตู้เย็นเพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิ
10. เวอร์เนีย คาลิปเปอร์ ซึ่งมีความละเอียดสูงสุด 0.025 มิลลิเมตร
11. เครื่องชั่งที่ชั่งได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม

3.2 วิธีการทดลอง

3.2.1 การศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสม ที่มีต่อประสิทธิภาพในการผลิตปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมสารต่าง ๆ ตามสูตรที่ 1 2 3 และ 10 ในตารางที่ 3.1
2. ผสมสูตรปุ๋ยตัวอย่างด้วยเครื่องบดผสมแบบสองลูกกลิ้ง (รูปที่ 3.1) โดยอุณหภูมิลูกกลิ้ง ลูกหน้า และ ลูกหลัง 45-50 องศาเซลเซียส ทำการบดผสมยางด้วยหลักการดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 ข้อ 2.3.1 โดยค่อย ๆ ผสมยูเรียทีละน้อยจนส่วนผสมเข้ากันได้หมด
3. จากข้อ 2. จะได้ปุ๋ยตัวอย่างเป็นแผ่นยาวต่อเนื่อง ให้นำมาทิ้งไว้ให้เย็นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง
4. ตัดชิ้นงานที่ผลิตได้ด้วยกรรไกรให้มีขนาด กว้าง 1 เซนติเมตร ยาว 1 เซนติเมตร และหนา 0.7 เซนติเมตร
5. สังเกตประสิทธิภาพในการผสม และลักษณะของปุ๋ยที่ผลิตได้ ในแต่ละสูตร

ตารางที่ 3.1

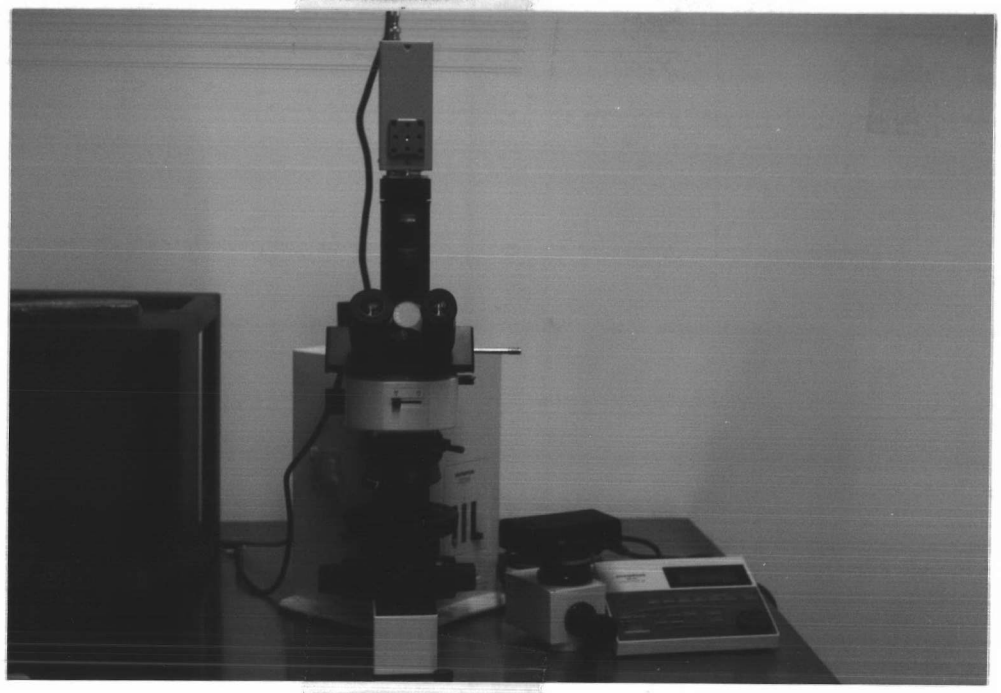
แสดงสูตรผสมปุ๋ยตัวอย่าง (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

สูตรที่	1	2	3	4	5	6
Natural Rubber	-	-	-	-	-	-
Skim Rubber	100	100	100	100	100	100
Urea	300	400	500	400	400	400
Clay (ดินเหนียว)	-	-	-	-	50	100
แป้งมันสำปะหลัง	-	-	-	-	50	-
ZnO	-	-	-	5	-	-
Stearic acid	-	-	-	3	-	-
Sulphur	-	-	-	3	-	-
Diphenyl Guanidine(DPG)	-	-	-	1.5	-	-

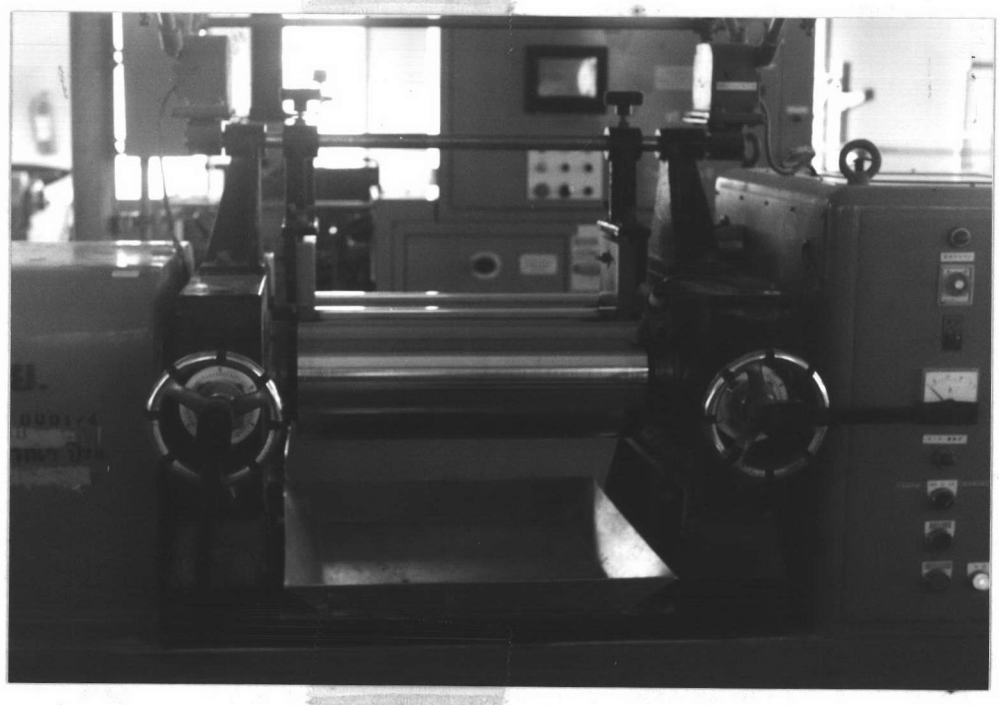
ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

แสดงสูตรผสมปุ๋ยตัวอย่าง (อัตราส่วนโดยน้ำหนัก)

สูตรที่	7	8	9	10	11	12
Natural Rubber	-	-	100	-	-	-
Skim Rubber	100	100	-	100	100	100
Urea	400	400	400	600	400	400
Clay(ดินเหนียว)	-	50	-	-	80	120
แป้งมันสำปะหลัง	100	50	-	-	-	-
ZnO	-	5	-	-	-	-
Steric acid	-	3	-	-	-	-
Sulphur	-	3	-	-	-	-
Diphenyl guanidine(DPG)	-	1.5	-	-	-	-



รูปที่ 3.1 แสดงเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง



รูปที่ 3.2 แสดงการวิเคราะห์ปุ๋ยตัวอย่างด้วย Polarizing Microscope

3.2.2 การศึกษาอิทธิพลจากความเข้มข้นของยูเรียในสูตรผสมปุ๋ยตัวอย่างที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่าง

3.2.2.1 ผลิตปุ๋ยตัวอย่าง โดยเตรียมสารต่าง ๆ ตามสูตรที่ 1 2 และ 3 ในตารางที่ 3.1 และผสมสูตรปุ๋ยตัวอย่างด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้ง แล้วตัดชิ้นงานที่ได้โดยวิธีเดียวกับหัวข้อที่ 3.2.1

3.2.2.2 นำปุ๋ยตัวอย่างที่ผลิตได้สูตรละ 5 ชิ้น มาวัดขนาดโดยละเอียดด้วยเวอร์เนีย คาลิปเปอร์ แล้วแช่ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร แยกบีกเกอร์กันตามแต่ละสูตร แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.2.3 เมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน นำปุ๋ยตัวอย่างออกจากบีกเกอร์ แล้วนำน้ำในบีกเกอร์ที่เหลืออยู่ไปวัดอัตราการปลดปล่อยยูเรีย (Potts, 1963) ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. เตรียมสารละลายต่าง ๆ ดังนี้

- เตรียมสารละลาย dimethylaminobenzaldehyde (DMAB) โดยชั่ง DMAB 16.00 กรัม ละลายด้วย 95 % ethyl alcohol จนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร แล้วเติม concentrated HCl 100 มิลลิลิตร สารละลายที่ได้นี้ สามารถเก็บไว้ได้นาน 1 เดือน

- เตรียมสารละลาย zinc acetate ซึ่งเตรียมโดยชั่ง $Zn(C_2H_3O_2)_2.2H_2O$ 22.0 กรัม นำมาละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วเติม glacial acetic acid และเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

- เตรียมสารละลาย potassium ferrocyanide โดยชั่ง $K_4Fe(CN)_6.3H_2O$ 10.6 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น และเจือจางจนมีปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2. เตรียมกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของยูเรีย โดยมีขั้นตอนดังนี้ (ใช้เทคนิค UV-Visible Spectroscopy)

- ชั่ง urea (reagent grade) 5.000 $\pm$ 0.001 กรัม นำมาละลายในน้ำกลั่น และเจือจางจนมีปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ปิเปตสารละลายที่ได้มาในปริมาตร 2,4,6,8, 10,12,14,16,18 และ 20 มิลลิลิตร ตามลำดับ เติมลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร ทั้งหมด 10 ขวด แยกกันตามปริมาตรของสารละลายที่ปิเปตมา แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดวัดปริมาตร จะได้สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นของยูเรีย 0.0002 0.0004 0.0006 0.0008 0.0010 0.0012 0.0014 0.0016 0.0018 และ 0.0020 กรัม ต่อปริมาตรของสารละลาย 5 มิลลิลิตร ตามลำดับ

- ปิเปตสารละลายมาตรฐาน 5 มิลลิลิตร และสารละลาย DMAB 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง จำนวน 10 หลอด ตามปริมาณความเข้มข้นของยูเรียต่าง ๆ เขย่าจนสารละลายเข้ากันทั่ว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที พร้อมทั้งเตรียมสารละลาย reagent blank โดยเจือจางสารละลาย DMAB ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง เขย่าจนสารละลายเข้ากันทั่ว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 10 นาที

- นำสารละลายมาตรฐานที่เตรียมใส่หลอดทดลองข้างต้น มาวัดค่า absorbance ด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร โดยกำหนดให้ค่า absorbance ของ reagent blank เป็น 0 และค่าความเข้มข้นของยูเรียใน reagent blankเป็น 0

- เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่า absorbance ของสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นยูเรียต่าง ๆ กับความเข้มข้นของยูเรีย จะได้กราฟมาตรฐานความเข้มข้นของยูเรีย

3. นำน้ำที่บรรจุในบีกเกอร์ซึ่งต้องการวัดอัตราการปลดปล่อยยูเรียและปุ๋ยตัวอย่าง มากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 40 นำสารที่ได้จากการกรองบรรจุลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร

4. ชั่งผงถ่าน (vegetable charcoal) ปริมาณ 1 กรัม เติมลงในบีกเกอร์จากข้อ 3 แล้วเติมสารละลาย zinc acetate จำนวน 5 มิลลิลิตร และสารละลาย potassium ferrocyanide 5 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นกวนบนเครื่องกวนแบบแม่เหล็ก 30 นาที จากนั้นนำไปกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 40 นำสารละลายที่ได้จากการกรองไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นแล้วเติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มา 5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลองและเติมสารละลาย DMAB ลงไป 5 มิลลิลิตร เขย่าจนสารละลายเข้ากันดี แล้วนำสารละลายที่ได้ไปวัดค่า absorbance ด้วยเทคนิค UV-Visible Spectroscopy นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานความเข้มข้นของยูเรีย จะทำให้ทราบค่าความเข้มข้นของยูเรียในสารละลายที่กรองได้ (เครื่องจะเปรียบเทียบค่า absorbance ที่ได้กับกราฟมาตรฐาน และคำนวณหาความเข้มข้นของยูเรีย แล้วแสดงค่าที่คำนวณได้โดยอัตโนมัติ) จากค่าความเข้มข้นที่วัดได้ และจากปริมาตรของสารละลายที่ทราบอยู่แล้ว ทำให้สามารถคำนวณหาปริมาณของยูเรียที่อยู่ในสารละลายได้ซึ่งก็ คือ ปริมาณยูเรียที่ถูกปลดปล่อยออกมาจากปุ๋ยตัวอย่างนั่นเอง ค่าที่ได้นำมาคำนวณให้อยู่ในหน่วยมิลลิกรัม เพื่อความสะดวกในการอธิบายต่อไป จะแทนค่าที่ได้ด้วย U มิลลิกรัม หลังจากนั้น

สามารถคำนวณหาปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่างได้โดยอาศัยหลักการดังนี้ คือ

จากสูตรโมเลกุลของยูเรียที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 (หัวข้อ 2.5) ทำให้ทราบว่า

ยูเรีย 60 มิลลิกรัม มีไนโตรเจนอยู่	14	มิลลิกรัม
ถ้ามียูเรียอยู่ U กรัม จะมีไนโตรเจนอยู่	14U/60	มิลลิกรัม

เพราะฉะนั้น ปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่างจะเท่ากับ 14U/60 มิลลิกรัม เมื่อนำค่าที่ได้หารด้วย ขนาดพื้นที่ผิวของปุ๋ยตัวอย่างเฉลี่ยต่อชิ้น (ตารางเซนติเมตร) จะได้ปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยออกจากปุ๋ยตัวอย่างมีหน่วยเป็น มิลลิกรัมของ urea-N ต่อพื้นที่ผิวของปุ๋ย 1 ตารางเซนติเมตร (mg/cm^2) เมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับเวลาที่ผ่านไป ก็จะทำให้ทราบถึงอัตราการปลดปล่อยยูเรีย ซึ่งวัดในรูปของ urea-N ได้

3.2.2.4 สำหรับปุ๋ยตัวอย่างที่ถูกแยกออกจากหลังจากแช่ไว้นั้น ให้นำไปแช่ในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่นปริมาตร 250 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

3.2.2.5 ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 3.2.3.3 และ 3.2.3.4 เมื่อเวลาผ่านไปทุก ๆ 7 วัน

3.2.2.6 เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อยยูเรียกับเวลาที่ผ่านไป เปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ 1 2 และ 3

3.2.3 การศึกษาอิทธิพลของ pH ของตัวกลาง ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมบีกเกอร์ บรรจุน้ำกลั่นที่ผ่านการปรับ pH เป็น 3 ภาวะ คือ กรด เบส และกลาง ในปริมาตร 250 มิลลิลิตร โดยมีวิธีการดังนี้ คือ

- กรณีที่เป็นกลาง (pH 7) ให้ใช้น้ำกลั่น ปริมาตร 250 มิลลิลิตร เติมลงในบีกเกอร์ได้เลย

- กรณีที่เป็นกรด หรือเบส (pH 5 หรือ 9) ให้นำน้ำกลั่นไปปรับ pH ให้ได้ตามต้องการด้วย สารละลายกรดผสม (ประกอบด้วย acetic acid solution 0.4 M phosphoric acid solution 0.4 M และ boric acid solution 0.4 M ผสมกันอยู่ในปริมาตรที่เท่ากัน) และ sodium hydroxide solution เข้มข้น 1 M จากนั้นนำน้ำที่ผ่านการปรับค่า pH แล้ว เติมลงในบีกเกอร์ในปริมาตร 250 มิลลิลิตร

2. นำปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 ที่เตรียมได้จากข้อ 3.2.1 จำนวน 5 ชิ้น เติมลงในบีกเกอร์ที่เตรียมไว้จากข้อ 1.

3. วัดอัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่างด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.2.2-3.2.2.5

4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อย urea-N กับเวลาที่ผ่านไป เปรียบเทียบระหว่าง 3 ภาวะ

3.2.4 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิของตัวกลาง(น้ำกลั่น) ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมบีกเกอร์บรรจุน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับอุณหภูมิของน้ำดังนี้

- กรณีอุณหภูมิสูง ให้ตั้งบีกเกอร์บน heater ปรับอุณหภูมิให้อุณหภูมิของน้ำประมาณ 40 องศาเซลเซียส
- กรณีอุณหภูมิปกติ ให้ตั้งบีกเกอร์ไว้ที่อุณหภูมิห้อง
- กรณีอุณหภูมิต่ำ ให้ตั้งบีกเกอร์ไว้ในตู้เย็น วัดอุณหภูมิของน้ำ แล้วบันทึกค่าอุณหภูมิ

2. นำปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 ซึ่งผลิตได้จากข้อ 3.2.1 จำนวน 5 ชิ้น ใส่ลงในบีกเกอร์ที่กำหนดสภาวะไว้จากข้อ 1 ทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3. นำปุ๋ยตัวอย่างออกจากบีกเกอร์แล้วนำน้ำในบีกเกอร์ไปวัดอัตราการปลดปล่อยยูเรียด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.2.3

4. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณ urea-N ที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ย กับอุณหภูมิของตัวกลาง(น้ำกลั่น)

3.2.5 การวิเคราะห์หาปริมาณสูงสุดที่ของดินเหนียว ที่สามารถใช้เป็นสารตัวเติมในการผลิตปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมสารต่าง ๆ ตามสูตรที่ 6 11 และ 12 ในตารางที่ 3.1
2. ผสมสูตรปุ๋ยตัวอย่างด้วยเครื่องผสมแบบสองลูกกลิ้งและตัดชิ้นงานที่ได้โดยวิธีเดียวกับหัวข้อที่ 3.2.1
3. สังเกตประสิทธิภาพในการผสม และลักษณะทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างที่ผลิตได้ในแต่ละสูตร

3.2.6 การศึกษาอิทธิพลของการเติมสารตัวเติมในสูตรผสมปุ๋ยตัวอย่าง ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 5 6 และ 7 และตัดให้เป็นชิ้น ด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.1
2. วัดอัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่างด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.2.2-3.2.2.5
3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อย urea-N กับเวลาที่ผ่าน

ไป เปรียบเทียบกันระหว่างปุ๋ยตัวอย่างสูตรต่าง ๆ

3.2.7 การศึกษาอิทธิพลของการเชื่อมโยงโมเลกุลของยางสกิม ด้วยสารวัลคาไนซ์ (กำมะถัน) ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 4 5 และ 8 และตัดให้เป็นชิ้น ด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.1

เฉพาะการผลิตปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 4 และ 8 ซึ่งต้องมีการเติมสารวัลคาไนซ์ ให้เติมสารวัลคาไนซ์ภายหลังจากที่ผสมยูเรียเข้ากับยางสกิมหมดแล้ว และเติมสารเร่งการวัลคาไนซ์เป็นลำดับสุดท้าย เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจเกิดจากการคงรูปของยาง แล้วทำให้ส่วนผสมเข้ากันได้ยาก และก่อนจะนำชิ้นงานไปตัด ให้นำปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 4 และ 8 ไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุลโดยสมบูรณ์ แล้วนำออกมาทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องอีก 24 ชั่วโมง จึงนำไปตัดเป็นชิ้นได้

2. วัดอัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่างด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.2.2-3.2.2.5

3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ urea-N สะสมที่ถูกปลดปล่อยจากปุ๋ยตัวอย่าง กับเวลาที่ผ่านไป เปรียบเทียบระหว่างสูตรที่ใส่สารวัลคาไนซ์ กับสูตรที่ไม่ใส่สารวัลคาไนซ์

3.2.8 การศึกษาอิทธิพลของชนิดของยางในสูตรผสม ที่มีต่ออัตราการปลดปล่อยยูเรียของปุ๋ยตัวอย่าง

1. เตรียมปุ๋ยตัวอย่างสูตรที่ 2 และ 9 และตัดให้เป็นชิ้น ด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.1

2. วัดอัตราการปลดปล่อยยูเรียจากปุ๋ยตัวอย่างด้วยวิธีการดังข้อ 3.2.2.2-3.2.2.5

3. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการปลดปล่อย urea-N กับเวลาที่ผ่านไป เปรียบเทียบระหว่างปุ๋ยสูตรที่ 2 (ใช้ยางสกิม) กับ สูตรที่ 9 (ใช้ยางธรรมชาติ)

3.2.9 การวิเคราะห์การดูดซึมน้ำของปุ๋ยตัวอย่าง

1. นำปุ๋ยตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด บันทึกน้ำหนักที่ได้ไว้ (w_1)

2. นำปุ๋ยตัวอย่างใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 4 วัน (96 ชั่วโมง)

3. จากข้อ 2 นำปุ๋ยขึ้นมาจากบีกเกอร์ใช้กระดาษกรองซับเม็ดปุ๋ยให้แห้ง จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด และบันทึกน้ำหนักที่ได้ (w_2) จากนั้นทำให้เม็ดปุ๋ยแห้งแล้วนำมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียดจนได้น้ำหนักที่คงที่ แทนค่าที่วัดได้ด้วย w_3

4. หา % water uptake จากสูตร

$$\% \text{ water uptake} = 100(w_2-w_3)/w_1$$

3.2.10 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปุ๋ยตัวอย่างหลังจากทิ้งไว้บนผิวดิน ในภาวะธรรมชาติกลางแจ้ง

3.2.10.1 การเตรียมปุ๋ยตัวอย่างเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลง

นำปุ๋ยตัวอย่างมาชั่งน้ำหนักโดยละเอียด และวัดขนาดของปุ๋ยตัวอย่าง จากนั้นนำไปทิ้งไว้ในกระถางต้นไม้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 เซนติเมตร ซึ่งบรรจุดินร่วนไว้ โดยให้เม็ดปุ๋ยอยู่บนผิวดิน นำกระถางตั้งทิ้งไว้กลางแจ้งในภาวะธรรมชาติ รดน้ำครั้งละประมาณ 500 มิลลิลิตร วันละ 2 หน (เช้า และ เย็น) ดังรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.3 แสดงการเตรียมปุ๋ยตัวอย่างเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลง

3.2.10.2 การวิเคราะห์น้ำหนักที่สูญหายไป

1. นำปุ๋ยตัวอย่างไปทิ้งไว้ดังข้อ 3.2.10.1 เมื่อเวลาผ่านไป 2 เดือน ให้นำขึ้นจากดินทำความสะอาดเม็ดปุ๋ยด้วยน้ำกลั่นให้เศษดิน และสิ่งสกปรกซึ่งติดอยู่ที่ผิวของปุ๋ยตัวอย่างหลุดออก ซับผิวของปุ๋ยให้แห้งด้วยกระดาษกรอง แล้วทำให้เม็ดปุ๋ยแห้ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักโดยละเอียดจนได้น้ำหนักที่คงที่ บันทึกผลที่ได้แล้วนำปุ๋ยตัวอย่างทิ้งลงไปบนพื้นดิน ดังข้อ 3.2.10.1 เช่นเดิม

2. ทำเช่นเดียวกับข้อ 1 เมื่อเวลาผ่านไป 5 เดือน

3. คำนวณหาน้ำหนักปุ๋ยตัวอย่างที่สูญหายไปเมื่อเวลาผ่านไป 2 เดือน และ 5 เดือน ตามลำดับ

4. คำนวณหาน้ำหนักที่สูญหายไปโดยคิดเป็นเปอร์เซนต์ของน้ำหนักที่สูญหายไป เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้นของปุ๋ยตัวอย่างก่อนนำไปทิ้งไว้บนดินดังข้อ 3.2.10.1

3.2.10.3 วิเคราะห์น้ำหนักโมเลกุลของยางในปุ๋ยตัวอย่างที่เปลี่ยนแปลงไป โดยใช้เทคนิค Gel Permeation Chromatography (GPC)

1. นำปุ๋ยตัวอย่างมาวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุล โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.1 นำปุ๋ยตัวอย่างมาละลายด้วย tetrahydrofuran (THF) จากนั้นนำสารละลายที่ได้ไปกรองเอาสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออก

1.2 นำสารที่ได้จากการกรองจากข้อ 1.1 ไปวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุล ด้วยเครื่อง Gel Permeation Chromatograph

2. นำปุ๋ยตัวอย่างไปทิ้งไว้ดังข้อ 3.2.10.1 5 เดือน จากนั้นนำปุ๋ยตัวอย่างที่ทิ้งไว้มาวิเคราะห์หาน้ำหนักโมเลกุลของยางในปุ๋ยตัวอย่าง ด้วยวิธีเดียวกันกับข้อ 1

3. เปรียบเทียบน้ำหนักโมเลกุลที่วิเคราะห์ได้จาก ข้อ 1 และ 2

3.2.10.4 วิเคราะห์ลักษณะพื้นผิวของปุ๋ยตัวอย่าง ด้วยกล้อง Polarizing Microscope ที่มุม Polarize 90 องศา และกำลังขยาย 200 เท่า (10 X 20)

1. นำปุ๋ยตัวอย่างมาส่องด้วยกล้อง Polarizing Microscope ดังข้อ 3.2.2 แล้วสังเกตลักษณะของพื้นผิว แล้วจดบันทึกและถ่ายรูปไว้

2. นำปุ๋ยตัวอย่างที่ผ่านการทิ้งไว้ดังข้อ 3.2.10.1 นาน 2 และ 5 เดือน ตามลำดับ ตามลำดับ มาส่องด้วย Polarizing Microscope สังเกตลักษณะของพื้นผิว แล้วจดบันทึกและถ่ายรูปไว้

3. เปรียบเทียบผลที่ได้จาก ข้อ 1 และ ข้อ 2

3.2.10.5 สังเกตการเปลี่ยนแปลงทั่ว ๆ ไป ของปุ๋ยตัวอย่าง

1. สังเกตลักษณะทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่าง เช่น ขนาด รูปทรง สี ความแข็ง ความเหนียว กลิ่น ลักษณะของเนื้อปุ๋ยและพื้นผิว เป็นต้น

2. สังเกตการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั่วไปของปุ๋ยตัวอย่างที่ทิ้งไว้จากข้อ 3.2.10.1 ทั้งการเปลี่ยนแปลงในระหว่างที่ทิ้งไว้ และการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านไป 2 เดือน และ 5 เดือนตามลำดับ