

เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของปุ๋ยเคมีแบบคอกกั่ว 3 สูตร  
ที่ใช้แม่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 2 แหล่ง



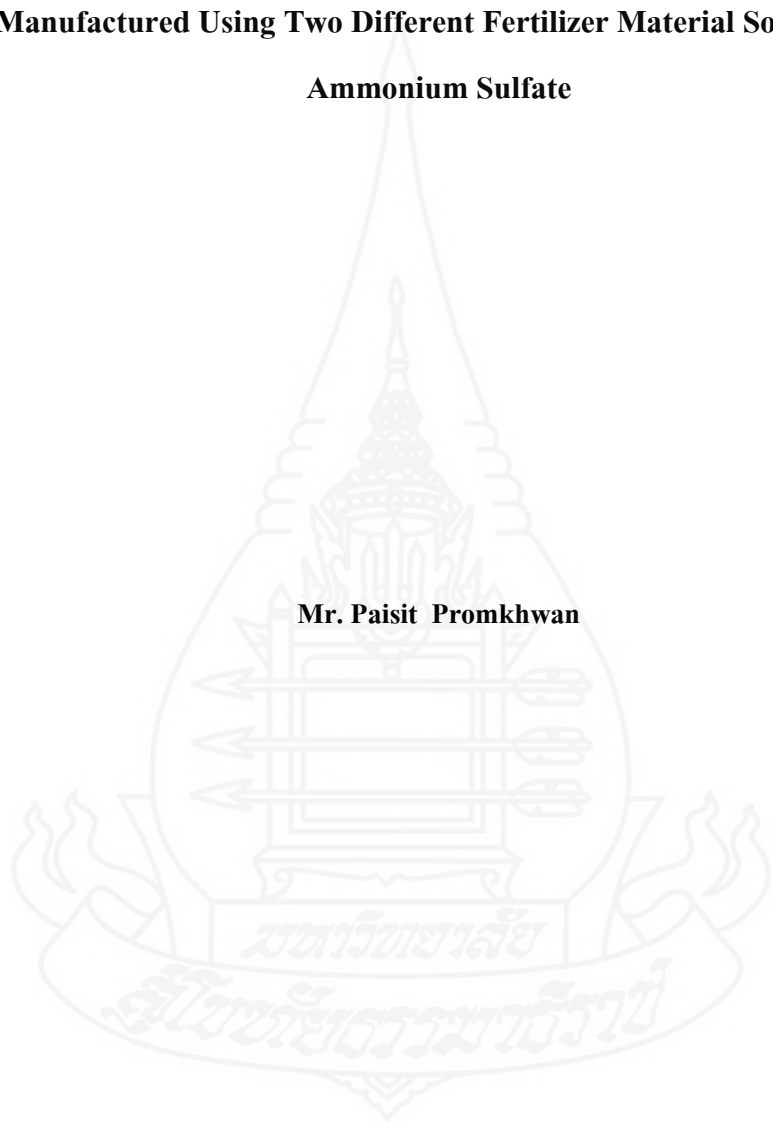
นายไพสิทธิ์ พรหมขวัญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเกษตรศาสตรมหาบัณฑิต  
แขนงวิชาการจัดการการเกษตร สาขาวิชาเกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

พ.ศ. 2557

**Comparison of Nutrients and Moisture Contents of Three Bulk Blend Fertilizers  
Manufactured Using Two Different Fertilizer Material Sources of  
Ammonium Sulfate**

**Mr. Paisit Promkhwan**



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for  
the Degree of Master of Agriculture in Agricultural Resources Management

School of Agriculture and Cooperatives

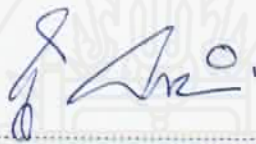
Sukhothai Thammathirat Open University

2014

หัวข้อวิทยานิพนธ์ เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของปุ๋ยเคมีแบบคลุกเคล้า 3 สูตร  
ที่ใช้แม่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 2 แหล่ง  
ชื่อและนามสกุล นายไพสิทธิ์ พรหมขวัญ  
แขนงวิชา การจัดการการเกษตร  
สาขาวิชา เกษตรศาสตร์และสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช  
อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร  
2. อาจารย์ ดร. สุกัญญา เข้มประชา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 28 มกราคม 2558

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นุชถ ถวิสดีง)



กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร)

สุกัญญา เข้มประชา

กรรมการ

(อาจารย์ ดร. สุกัญญา เข้มประชา)



ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(ศาสตราจารย์ ดร. สิริวรรณ ศรีพหล)

**ชื่อวิทยานิพนธ์** เปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของปุ๋ยเคมีแบบคลุกเคล้า 3 สูตร ที่ใช้แม่ปุ๋ย  
แอมโมเนียมซัลเฟต 2 แหล่ง

**ผู้วิจัย** นายไพสิทธิ์ พรหมขวัญ รหัสนักศึกษา 2549000095

**ปริญญา** เกษตรศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรเกษตร)

**อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร (2) อาจารย์ ดร. สุกัญญา เข้มประชา

**ปีการศึกษา** 2557

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของปุ๋ยเคมีแบบคลุกเคล้า 3 สูตร ที่ได้จากแม่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต 2 แหล่งในช่วงระยะเวลาการเก็บเวลา 7 เดือน

การทดลอง มี 2 ทรีตเมนต์ คือ แม่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่ผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า และแอมโมเนียมซัลเฟตที่ผลิตโดยเทคนิคปรับปรุงใหม่ ทำการศึกษาจากปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า 3 สูตร คือ (1) 15-15-15+1MgO+7S (2) 22-5-18+1MgO+4S และ (3) 27-12-6+1MgO+4S จากแม่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตแต่ละแหล่ง แล้วบรรจุในกระสอบขนาด 50 กิโลกรัม สูตรละ 8 กระสอบ รวม 48 กระสอบ นำปุ๋ยไปเก็บรักษา 7 เดือน เก็บตัวอย่างปุ๋ย 8 ครั้ง คือ ก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาทุก 1 เดือน ทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของแต่ละตัวอย่าง ปริมาณธาตุอาหารที่วิเคราะห์ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (%TN) ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (%K<sub>2</sub>O) แมกนีเซียมออกไซด์ (%MgO) ซัลเฟอร์ (%Sulphur) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ t-test

ผลการวิจัย พบว่า การใช้แอมโมเนียมซัลเฟตจากแหล่งที่ต่างกันมีผลดังนี้ (1) ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน (%TN) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S และปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S (2) ปริมาณธาตุอาหารฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S สูตร 22-5-18+1MgO+4S และสูตร 27-12-6+1MgO+4S (3) ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (%K<sub>2</sub>O) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า มีความแตกต่างในทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยทั้ง 3 สูตร 15-15-15+1MgO+7S สูตร 22-5-18+1MgO+4S และสูตร 27-12-6+1MgO+4S (4) ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (%MgO) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S สูตร 22-5-18+1MgO+4S แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S (5) ปริมาณซัลเฟอร์ (% Sulphur) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S สูตร 22-5-18+1MgO+4S แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S (6) ปริมาณความชื้น (%Moisture) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S สูตร 22-5-18+1MgO+4S แต่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S

**คำสำคัญ** ปุ๋ยเคมี แม่ปุ๋ย ปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า แอมโมเนียมซัลเฟต

**Thesis title:** Comparison of Nutrients and Moisture Contents of Three Bulk Blend Fertilizers Manufactured Using Two Different Fertilizer Material Sources of Ammonium Sulfate

**Researcher:** Mr. Paisit Promkhwan; **ID:** 2549000095;

**Degree:** Master of Agriculture (Agricultural Resources Management);

**Thesis advisors:** (1) Dr. Achara Chittaladakorn, Associate Professor;  
(2) Dr. Sukunya Yampracha; **Academic year:** 2014

### Abstract

The purpose of this research was to compare the amount of nutrients and moisture over a storage period of seven months of three different bulk blend fertilizers that were made using two different fertilizer material sources of ammonium sulfate.

The experiment was done using two treatments of fertilizer materials: ammonium sulfate prepared by the old technique and ammonium sulfate prepared by a new technique. The study was conducted on three blends: (1) 15-15-15+1MgO+7S; (2) 22-5-18+1MgO+4S; and (3) 27-12-6+1MgO+4S. After blending with each source of fertilizer material, the fertilizers were stored in 50 kg sacks. Eight replicates were done for each formula and fertilizer material combination for a total of 48 sacks. Fertilizers were kept for seven months, and were sampled eight times: before being stored and monthly afterwards. Moisture was measured as well as total nitrogen (%TN), available phosphate (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), water soluble potash (%K<sub>2</sub>O), magnesium oxide (%MgO) and sulfur (%sulfur). Statistics used was t-tests.

The experiment showed that using different sources of ammonium sulfate as a fertilizer material resulted in (1) No statistical difference in nitrogen (%TN) measurements in fertilizer formulas 15-15-15+1MgO+7S and 27-12-6+1MgO+4S, but different in 22-5-18+1MgO+4S. (2) No statistical difference in available phosphate (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) amounts in all formulas tested. (3) Statistically different amounts of water soluble potash (%K<sub>2</sub>O) in all formulas tested. (4) No statistical difference in magnesium oxide (%MgO) measurements in 15-15-15+1MgO+7S and 22-5-18+1MgO+4S, but different in 27-12-6+1MgO+4S. (5) No statistical difference in Sulfur (%sulfur) measurements in fertilizer formula 15-15-15+1MgO+7S and 22-5-18+1MgO+4S but different in 27-12-6+1MgO+4S. (6) No statistical moisture difference in fertilizers 15-15-15+1MgO+and 22-5-18+1MgO+4S but different in 27-12-6+1MgO+4S.

**Keywords:** Chemical fertilizer, Fertilizer material, Bulk blend fertilizer, Ammonium sulfate

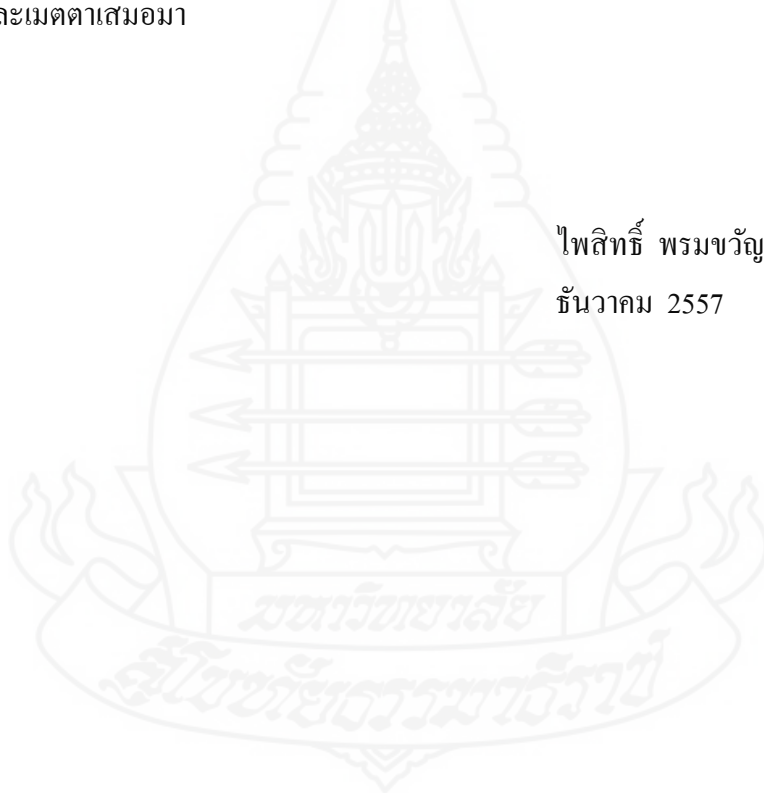
## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก  
รองศาสตราจารย์ ดร. อัจฉรา จิตตลดากร อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.สุกัญญา เข้มประชา  
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นฤกุล ถวิลถึง ประธานกรรมการสอบ ที่ให้คำแนะนำ  
ข้อเสนอแนะ และแนวทางทำให้วิทยานิพนธ์ ฉบับนี้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา คุณค่าและประโยชน์  
อันเกิดจากงานวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่มี  
ส่วนร่วมในการช่วยเหลือ และขอน้อมบูชาท่านบูรพาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้ด้วย  
ความรักและเมตตาเสมอมา

ไพสิษฐ์ พรหมขวัญ

ธันวาคม 2557

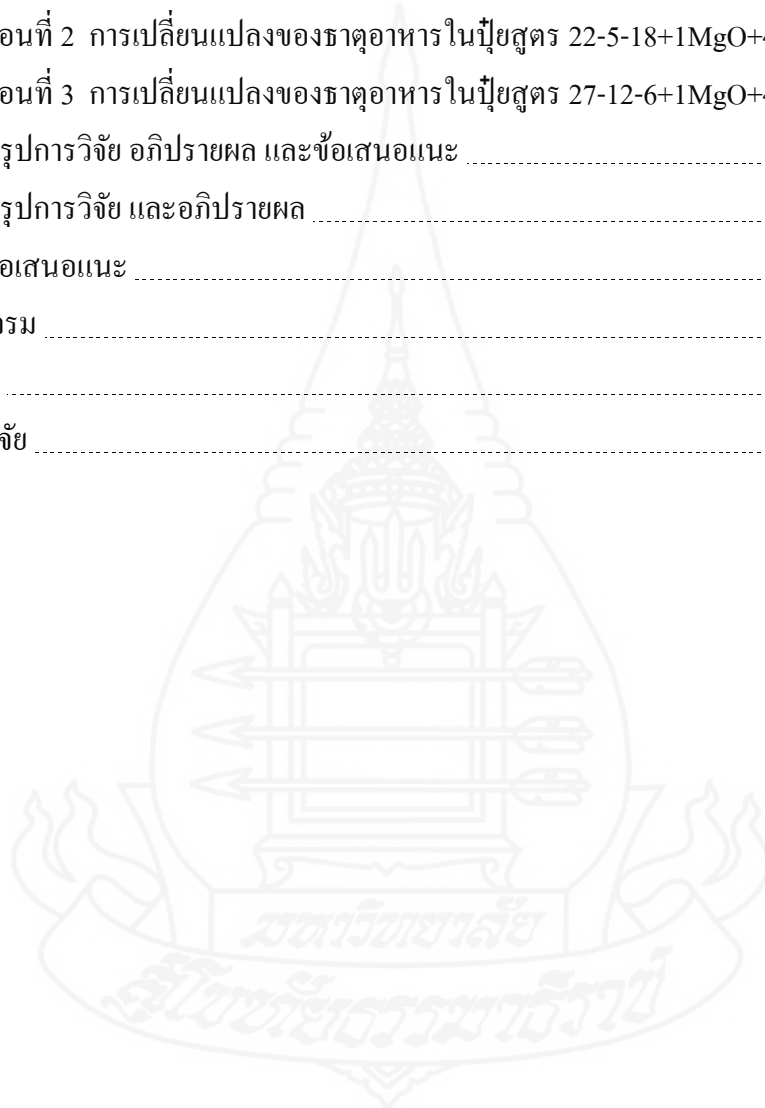


## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ฅ
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา .....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	2
สมมติฐานการวิจัย .....	2
ขอบเขตการวิจัย .....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	2
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง .....	3
ความหมายของปุ๋ยเคมี .....	3
การจำแนกปุ๋ยเคมี .....	4
มาตรฐานของปุ๋ยเคมี .....	7
แหล่งที่มาของธาตุอาหารพืชบางชนิด .....	10
การผลิตแอมโมเนียมซัลเฟต .....	17
การผสมปุ๋ยแบบคลุกเคล้า (Bulk blending) .....	19
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	30
อุปกรณ์การทดลอง .....	30
แผนการทดลอง .....	31
การเก็บข้อมูล .....	34
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	37
สถานที่ทำการวิจัย .....	37
ระยะเวลาทำการวิจัย .....	37

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	38
ตอนที่ 1 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S .....	38
ตอนที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S .....	45
ตอนที่ 3 การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S .....	51
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	58
สรุปการวิจัย และอภิปรายผล .....	58
ข้อเสนอแนะ .....	61
บรรณานุกรม .....	62
ภาคผนวก .....	65
ประวัติผู้วิจัย .....	72





สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ปุ๋ยเชิงเดี่ยวที่พบโดยทั่วไป (common straight fertilizers) .....	5
ตารางที่ 2.2 ลักษณะที่สำคัญของปุ๋ยเคมีมาตรฐาน .....	8
ตารางที่ 2.3 เกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองในปุ๋ยเคมี ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ลงวันที่ 30 กรกฎาคม 2528 .....	9
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการคำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี .....	10
ตารางที่ 2.5 ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ .....	12
ตารางที่ 2.6 ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่างๆ .....	14
ตารางที่ 2.7 ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดต่างๆ .....	16
ตารางที่ 2.8 สารประกอบที่ให้ธาตุแมกนีเซียม .....	17
ตารางที่ 2.9 ค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยเคมีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตที่เกิดขึ้นหลังจากการผสมปุ๋ยเคมีในแต่ละคู่ .....	20
ตารางที่ 2.10 ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยที่อุณหภูมิ 3 ระดับ .....	26
ตารางที่ 2.11 สภาพละลายน้ำของปุ๋ยเคมีบางชนิด (ที่อุณหภูมิในวงเล็บต่อท้าย) .....	27
ตารางที่ 3.1 ปริมาณธาตุอาหารในแม่ปุ๋ยที่นำมาผสมเป็นสูตรปุ๋ย (ปุ๋ยผสมแบบคลุกคล้า) .....	31
ตารางที่ 3.2 ผลของการวัดขนาดของเม็ดปุ๋ยก่อนการผสมสูตรปุ๋ย (ปุ๋ยผสมแบบคลุกคล้า) .....	32
ตารางที่ 3.3 สัดส่วนผสมแม่ปุ๋ยแต่ละตัวในปุ๋ยผสมแบบคลุกคล้าในแต่ละสูตร .....	33
ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S .....	44
ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S .....	51
ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S .....	57
ตารางที่ 5.1 สรุปผลความแตกต่างกันทางสถิติที่ 0.05 .....	59

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตคาโปรแลกแทม มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นผลพลอยได้.....	19
ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงการเก็บรักษาปุ๋ยที่ผสมแล้ว.....	34
ภาพที่ 4.1 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด.....	39
ภาพที่ 4.2 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์.....	40
ภาพที่ 4.3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้.....	41
ภาพที่ 4.4 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์.....	42
ภาพที่ 4.5 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์.....	43
ภาพที่ 4.6 แสดงผลวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ความชื้นตามเกณฑ์ไม่เกิน 3%).....	44
ภาพที่ 4.7 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด.....	45
ภาพที่ 4.8 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์.....	46
ภาพที่ 4.9 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ.....	47
ภาพที่ 4.10 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์.....	48
ภาพที่ 4.11 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์.....	49
ภาพที่ 4.12 แสดงผลวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ความชื้นตามเกณฑ์ไม่เกิน 3%).....	50
ภาพที่ 4.13 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด.....	52
ภาพที่ 4.14 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์.....	53
ภาพที่ 4.15 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ.....	54
ภาพที่ 4.16 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์.....	55
ภาพที่ 4.17 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์.....	56
ภาพที่ 4.18 แสดงผลวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ความชื้นตามเกณฑ์ไม่เกิน 3%).....	57

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปฏีผสมแบบคลุกเคล้า หมายถึง ปฏีเคมีที่ได้จากการนำแม่ปฏีแต่ละชนิดที่มีขนาดของเม็ดปฏีขนาดใกล้เคียงกันผสมคลุกเคล้าอย่างง่าย ๆ ให้ได้สัดส่วนและสูตร (เกรดปฏี) ตามที่ต้องการ กระบวนการผสมปฏีแบบคลุกเคล้าประกอบด้วย การเลือกวัสดุแม่ปฏี การคำนวณ การชั่งน้ำหนัก การผสม การบรรจุ การจัดเก็บ

ก่อนการผสมปฏีต้องทำการคัดเลือกแม่ปฏีให้มีคุณสมบัติเหมาะสมตามความต้องการ โดยคำนึงถึงของต้นทุนการผลิต สมบัติทางกายภาพ ความกลมกลืนของขนาดเม็ดปฏีผสมแล้วไม่เกิดการแยกตัว และความสามารถเข้ากันได้ทางเคมี นอกจากนี้แม่ปฏีเหล่านั้นจะต้องสามารถจัดหามาได้

การผสมปฏีแบบคลุกเคล้า ทำโดยการคำนวณหาปริมาณของแม่ปฏีแต่ละชนิดโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณ เพื่อให้ได้ผสมปฏีเกรดต่างๆ ที่กำหนดจำนวน 1 ตัน เมื่อได้สัดส่วนผสมแล้วดำเนินการชั่งน้ำหนักวัสดุแม่ปฏีแต่ละชนิดตามสัดส่วนที่ได้คำนวณไว้ หลังจากชั่งน้ำหนักเสร็จแล้วนำแม่ปฏีเข้าสู่เครื่องผสมเพื่อผสมให้แม่ปฏีคลุกเคล้ากัน โดยใช้เครื่องผสมปฏีแบบคลุกเคล้า ซึ่งในการผสมวัสดุแม่ปฏีให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอใช้เวลาที่ใช้เพียง 2-3 นาที หลังจากทำการผสมเสร็จเรียบร้อยแล้วให้นำปฏีไปจัดเก็บไว้ในถัง แล้วปล่อยปฏีจากถังเพื่อบรรจุกระสอบ เย็บกระสอบให้สนิท หากไม่นำส่งตลาดทันทีก็นำเก็บไว้ในโกดังพร้อมที่จะส่งตลาดในโอกาสต่อไป

ปัญหาสำคัญของปฏีผสมแบบคลุกเคล้าคือ การควบคุมคุณภาพด้านปริมาณธาตุอาหารของผลิตภัณฑ์ปฏีให้ได้มาตรฐาน การแยกตัวหลังการผสม สำหรับปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพผสมแบบคลุกเคล้ามี 4 ประการ คือ คุณภาพด้านปริมาณธาตุอาหารของแม่ปฏีซึ่งเป็นวัตถุดิบ สมบัติของแม่ปฏีเชิงกายภาพ กระบวนการผสมและการโยกย้ายถ่ายเท ขงยุทธ โอสถสภา (2555)

จากที่ได้กล่าวมาเบื้องต้น วัสดุแม่ปฏีที่มีคุณสมบัติต่างกันย่อมมีผลต่อคุณสมบัติของปฏี การผสมเลือกวัสดุแม่ปฏีในการผสมปฏีจึงมีความสำคัญ ดังนั้นจึงทำการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและลักษณะทางกายภาพของปฏีเคมีคลุกเคล้าที่ได้จากสูตรปฏีและแอมโมเนียมซัลเฟตที่แตกต่างกันในด้านเทคนิคกระบวนการผลิตเพื่อนำผลการศึกษามาพิจารณาในการคัดเลือกวัสดุแม่ปฏีต่อไป

## 2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของปุ๋ยเคมีแบบคลุกเคล้า 3 สูตร ที่ได้ จากแอมโมเนียมซัลเฟต 2 แหล่งในช่วงระยะเวลาการเก็บเวลา 7 เดือน

## 3. สมมติฐานการวิจัย

การใช้วัตถุดิบแอมโมเนียมซัลเฟต จาก 2 แบบที่แตกต่างในด้านเทคนิคกระบวนการผลิต และช่วงระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีผลต่อปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าในด้านปริมาณธาตุอาหาร

## 4. ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยนี้จะศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหาร Total N, Available  $P_2O_5$ , Water soluble  $K_2O$ ,  $MgO$ , S จากการใช้วัตถุดิบ แอมโมเนียมซัลเฟต จาก 2 แบบที่แตกต่างใน ด้านเทคนิคกระบวนการผลิต และระยะเวลาการเก็บรักษา

## 5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 ธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K)

5.2 ธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) กำมะถัน (S)

5.3 ธาตุอาหารเสริม คือ เหล็ก (Fe) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn)

โบรอน (B) โมลิบดีนัม (Mo) คลอรีน (Cl) นิกเกิล (Ni)

## 6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถนำข้อมูลจากการศึกษามาเลือกใช้วัตถุดิบแอมโมเนียมซัลเฟตที่เหมาะสม ในการผลิตปุ๋ยแบบคลุกเคล้าและกำหนดช่วงอายุการเก็บรักษาที่มีผลต่อปริมาณแร่ธาตุ ของปุ๋ย Total N, Available  $P_2O_5$ , Water soluble  $K_2O$ , S,  $MgO$  ในปุ๋ยแบบผสมคลุกเคล้า หลังจากการผสมเสร็จ

## บทที่ 2

### วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องศึกษาการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยที่ผสมแบบคลุกเคล้า ในช่วงระยะเวลาการจัดเก็บ ผู้วิจัยขอเสนอแนวคิดและทฤษฎี ดังนี้

1. ความหมายของปุ๋ยเคมี
2. การจำแนกปุ๋ยเคมี
3. มาตรฐานของปุ๋ยเคมี
4. แหล่งที่มาของธาตุอาหารพืชบางชนิด
5. การผลิตแอมโมเนียมซัลเฟต
6. การผสมปุ๋ยแบบคลุกเคล้า (Bulk blending)

#### 1. ความหมายของปุ๋ยเคมี

ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ให้ความหมายของปุ๋ยเคมี (chemical fertilizer) หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรีย์สังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบและปุ๋ยอินทรีย์เคมี แต่ไม่รวมถึง (1) ปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ ยิปซัม โดโลไมต์ หรือสารอื่นที่รัฐมนตรีกำหนดโดยประกาศในราชกิจจานุเบกษา (2) สารอนินทรีย์หรือสารอินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้นโดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตามที่มุ่งหมายสำหรับใช้ในการอุตสาหกรรมหรือกิจการอื่น ตามที่รัฐมนตรีประกาศในราชกิจจานุเบกษา

ปุ๋ยเคมีเกือบทั้งหมดในปัจจุบัน (พ.ศ. 2555) เป็นสารอนินทรีย์ ยกเว้นปุ๋ยยูเรีย ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ) และแคลเซียมไซยาไนด์ (calcium cyanamide หรือ nitro - lime,  $\text{CaCN}_2$ ) ที่เป็นสารอินทรีย์ ซึ่งปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้มีสมบัติด้านการละลายน้ำและความเป็นประโยชน์ต่อพืชคล้ายคลึงกับปุ๋ยอนินทรีย์มากกว่าปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป ดังนั้น จึงรวมปุ๋ยอนินทรีย์กับปุ๋ยอินทรีย์สังเคราะห์เข้าด้วยกันเรียกว่า “ปุ๋ยเคมี”

## 2. การจำแนกปุ๋ยเคมี

ปุ๋ยเคมีอาจจำแนกโดยยึดถือแนวทางที่แตกต่างกัน 3 แนวทางคือ 1) จำแนกตามชนิดของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ย 2) จำแนกตามธาตุอาหารหลักในปุ๋ยและธาตุอาหารรอง และ 3) จำแนกตามสถานะของปุ๋ย ดังนี้

### 2.1 จำแนกตามชนิดของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยเคมี

การจำแนกตามชนิดของธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือปุ๋ยธาตุอาหารหลัก (ปุ๋ยธาตุหลัก) ปุ๋ยธาตุอาหารรอง (ปุ๋ยธาตุรอง) และปุ๋ยจุลธาตุ (ปุ๋ยธาตุอาหารเสริม) ดังนี้

**2.1.1 ปุ๋ยธาตุหลัก** คือ ปุ๋ยที่มีธาตุหลัก (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่มีธาตุอาหารหลักเดี่ยวๆ และกลุ่มที่มีธาตุหลักมากกว่าหนึ่งธาตุดังนี้

1) **กลุ่มที่มีธาตุอาหารหลักเดี่ยวๆ** มี 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสฟอรัส หรือปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยโพแทช

(1) **ปุ๋ยไนโตรเจน** หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุไนโตรเจนเป็นสำคัญ เช่น แอมโมเนียมซัลเฟต แอมโมเนียมคลอไรด์และยูเรีย

(2) **ปุ๋ยฟอสฟอรัสและปุ๋ยฟอสเฟต** หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสเป็นสำคัญ เช่น ทริปเปอร์ซูเปอร์ฟอสเฟต และดับเบิลซูเปอร์ฟอสเฟต

(3) **ปุ๋ยโพแทสเซียมหรือปุ๋ยโพแทช** หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุโพแทสเซียมเป็นสำคัญ เช่น โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมซัลเฟต

2) **ปุ๋ยที่มีธาตุหลักมากกว่าหนึ่งธาตุ** หมายถึง ปุ๋ยที่ให้ธาตุหลักเป็นองค์ประกอบมากกว่าหนึ่งธาตุ เช่น ไคแอมโมเนียมฟอสเฟต มีไนโตรเจนกับฟอสฟอรัสและ โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต มีฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียม

**2.1.2 ปุ๋ยธาตุรอง** คือ ปุ๋ยที่มีธาตุรอง (แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน) เป็นองค์ประกอบอาจมีธาตุรองหนึ่งธาตุหรือมากกว่าหนึ่งธาตุ เช่น แคลเซียมซัลเฟต มีแคลเซียมและกำมะถัน แมกนีเซียมซัลเฟต มีแมกนีเซียมและกำมะถัน เป็นต้น

**2.1.3 ปุ๋ยจุลธาตุหรือปุ๋ยธาตุอาหารเสริม** คือ ปุ๋ยที่มีจุลธาตุเป็นองค์ประกอบ ซึ่งแบ่งเป็นปุ๋ยจุลธาตุนินทรีย์ และปุ๋ยคีเลต ดังนี้

1) **ปุ๋ยจุลธาตุนินทรีย์** เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ให้จุลธาตุ เช่น โซเดียมบอเรต (มีโบรอน) เฟอร์รัสซัลเฟต (มีเหล็ก) และสังกะสีซัลเฟต (มีสังกะสี) เป็นต้น

2) **ปุ๋ยคีเลต** เป็นสารคีเลตที่มีจุลธาตุพวกโลหะเป็นองค์ประกอบ เช่น เหล็กอีดีทีเอ (Fe-EDTA, EDTA คือ ethylenediaminetetraacetic acid) เป็นต้น

## 2.2 จำแนกจากจำนวนธาตุอาหารหลักในปุ๋ยเคมี

การจำแนกจากจำนวนธาตุอาหารหลักในปุ๋ย สามารถจำแนกตามจำนวนธาตุอาหารหลักได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยเชิงผสม ดังนี้

2.2.1 **ปุ๋ยเชิงเดี่ยว** คือ ปุ๋ยเคมีที่มีธาตุหลักธาตุเดียว ได้แก่ ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทช ดังแสดงใน (ตารางที่ 2.1)

ตารางที่ 2.1 ปุ๋ยเชิงเดี่ยวที่พบโดยทั่วไป (common straight fertilizers)

ปุ๋ย	ปริมาณธาตุอาหารรับรอง (%)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
<b>ปุ๋ยไนโตรเจน</b>			
ยูเรีย	46.6	-	-
แอมโมเนียมซัลเฟต	21.2	-	-
แอมโมเนียมไนเตรท	35.0	-	-
แลซีมไนเตรด	11.9	-	-
แอนไฮดรัสแอมโมเนีย	82.2	-	-
<b>ปุ๋ยฟอสเฟต</b>			
ซูเปอร์ฟอสเฟตธรรมดา	-	20	-
ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต	-	46	-
<b>ปุ๋ยโพแทช</b>			
โพแทสเซียมคลอไรด์	-	-	60.0
โพแทสเซียมซัลเฟต	-	-	54.0

ที่มา : Morvedt and Sine (1995)

2.2.2 **ปุ๋ยเชิงประกอบ** คือ ปุ๋ยเคมีที่ทำขึ้นด้วยกรรมวิธีทางเคมี และมีธาตุหลักอย่างน้อยสองธาตุ เช่น ปุ๋ยโมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตและโพแทสเซียมไนเตรด เป็นต้น

**2.2.3 ปุ๋ยเชิงผสม** คือ ปุ๋ยเคมีที่ได้จากการผสมปุ๋ยเคมีชนิดต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้ธาตุอาหารตามที่ต้องการ สำหรับปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดที่นำมาผสมเข้าด้วยกันเรียกว่าแม่ปุ๋ย (fertilizer materials หรือ fertilizer carriers) เช่น การผสมปุ๋ยยูเรีย ไคแอมโมเนียฟอสเฟต และ โพแทสเซียมคลอไรด์ เข้าด้วยกันแบบคลุกเคล้า

ปุ๋ยผสมมีสูตรต่างๆ หลายสูตร และปุ๋ยผสมสูตรเดียวกันก็อาจมีรูปของ ธาตุอาหารเหมือนกันถ้าใช้แม่ปุ๋ยแบบเดียวกัน หรือแตกต่างกันก็ได้หากใช้แม่ปุ๋ยต่างกัน

**2.2.4 ประเภทของปุ๋ยเชิงผสม** ปุ๋ยเชิงผสมแบ่งตามวิธีผลิตได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า ปุ๋ยผสมปั้นเม็ดแบบคอมแพก และปุ๋ยผสมปั้นเม็ดด้วยไอน้ำ/น้ำ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างกันดังนี้

1) **ปุ๋ยเชิงผสมแบบคลุกเคล้า (bulk blending)** เป็นปุ๋ยเชิงผสมไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ปุ๋ยเชิงผสมประกอบด้วย แม่ปุ๋ยแต่ละชนิดซึ่งคลุกเคล้ากันอย่างง่าย ๆ โดยสภาพและรูปทรงของเม็ด ปุ๋ยเหมือนกับก่อนที่จะนำมาผสม ซึ่งเกษตรกรสามารถผสมใช้เองได้

2) **ปุ๋ยเชิงผสมปั้นเม็ดแบบคอมแพก (compaction granulation)** เป็นการ ผลิตโดยนำแม่ปุ๋ยชนิดผงที่แห้งมาผสมกันให้ได้สูตรปุ๋ยที่ต้องการ แล้วอัดให้เป็นเม็ดโดยกระบวนการ ที่ใช้แรงเชิงกล ปุ๋ยเชิงผสมแต่ละเม็ดมีส่วนผสมสม่ำเสมอ รูปทรงของเม็ดปุ๋ยคล้ายเม็ดทราย

3) **ปุ๋ยเชิงผสมปั้นเม็ดด้วยไอน้ำหรือน้ำ (steam/water granulation)** เป็นการ ผลิตโดยนำแม่ปุ๋ยที่เข้ากันได้ทางเคมีชนิดผงมาผสมกันให้ได้สูตรปุ๋ยตามที่ต้องการ หลังจากนั้น เติมน้ำหรือน้ำในถังผสมเพื่อให้ปุ๋ยผสมมีความชื้นพอเหมาะสำหรับการเกิดเม็ดแล้วส่งไปยัง เครื่องปั้นเม็ด โดยปุ๋ยเชิงผสมแต่ละเม็ดมีส่วนผสมสม่ำเสมอ รูปทรงของเม็ดปุ๋ยค่อนข้างกลม

## 2.3 จำแนกตามสถานะของปุ๋ย

สามารถจำแนกปุ๋ยเคมีได้เป็น 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมีในรูปของแข็ง ปุ๋ยเคมีในรูป ของเหลวและปุ๋ยเคมีในรูปก๊าซ

### 2.3.1 ปุ๋ยเคมีในรูปของแข็ง แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1) **ปุ๋ยเคมีผง** คือ ปุ๋ยที่มีเนื้ออยู่ในรูปผงละเอียด ส่วนใหญ่ได้จากการนำ ปุ๋ยเดี่ยวหรือแม่ปุ๋ยที่จะใช้ปุ๋ยผสมมาบดให้มีขนาดของเม็ดเล็กลงไปกว่าเดิม ยกตัวอย่างเช่น ปุ๋ยเคมี ธรรมชาติที่รู้จักคือหินฟอสเฟตที่นิยมใช้กับพืชปลูกในดินกรดและพืชยืนต้น ส่วนมากมักจะบดให้ อย่างน้อยร้อยละ 80 มีความละเอียดประมาณ 100 เมช (mesh) (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.149 มิลลิเมตร) เพื่อให้ปุ๋ยละลายได้ง่ายและปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาได้เร็วขึ้น

2) **ปุ๋ยผลึก หรือ ปุ๋ยเกล็ด (crystal)** มีสภาพเป็นผลึกซึ่งเกิดขึ้นจากการตกผลึก ในกระบวนการผลิตปุ๋ย หรือโดยการแยกผลึกออกจากสิ่งเจือปนในสินแร่ ปุ๋ยเกล็ดที่มีการผลิตออกมา



ขายกันในท้องตลาด มีทั้งปุ๋ยเคมีใช้ทางดินและทางใบ ทั้งในรูปปุ๋ยเดี่ยวและปุ๋ยผสม ตัวอย่างปุ๋ยเกลือที่นิยมใช้กับพืชโดยทางดินมากที่สุด ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต

3) **ปุ๋ยเม็ด** เกิดจากการนำปุ๋ยที่มีสภาพเดิมเป็นผงมาปั้นเม็ด เพื่อให้เป็นเม็ดตามขนาดที่ต้องการ

### 2.3.2 ปุ๋ยเคมีในรูปของเหลว แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) **ปุ๋ยเหลวใส** คือ ปุ๋ยเหลวที่ตัวละลายมีการละลายน้ำสมบูรณ์จึงใสไม่มีตะกอน ปุ๋ยน้ำในรูปสารละลายที่มีการผลิตใช้กันมีทั้งปุ๋ยเดี่ยวและปุ๋ยผสม เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียเหลว (aqua ammonia) และยูเรียแอมโมเนียมไนเตรต (urea - ammonium nitrate) ปุ๋ยเหลวใสสามารถให้กับพืชโดยการฉีดพ่นทางใบหรือให้พร้อมกับระบบชลประทาน (fustigation) ก็ได้

2) **ปุ๋ยเหลวมีตะกอนแขวนลอย** ปุ๋ยเหลวประเภทนี้มีแม่ปุ๋ยที่เป็นของแข็งบางส่วนละลายน้ำในรูปสารละลายและบางส่วนไม่ละลายน้ำ โดยปกติจะมีการเติมบางอย่างทำให้เกิดความเสถียรของการแขวนลอย เช่น แร่ดินเหนียวบางอย่าง ซึ่งทำให้ส่วนผสมในรูปของเหลวที่มีความหนืดสูงขึ้นและเหนียวขึ้น ทำให้ปุ๋ยอยู่ในสภาพแขวนลอยและจะตะกอนช้าลง เช่น ปุ๋ยสูตร 15-5-20 + 2MgO และ 15-0-0+26CaO เป็นต้น

2.3.3 **ปุ๋ยเคมีในรูปก๊าซ** ปุ๋ยเคมีที่อยู่ในรูปก๊าซ (gaseous type) แต่มีสถานะเป็นของเหลว ได้แก่ แอนไฮดรัสแอมโมเนีย (anhydrous ammonia) อยู่ในรูปก๊าซแอมโมเนีย (NH<sub>3</sub>) ที่ถูกเปลี่ยนสภาพทางกายภาพให้เป็นของเหลวโดยการบีบอัดด้วยแรงดันสูง อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยประเภทนี้ยังมีข้อจำกัดในการใส่ในดิน เพราะต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เฉพาะ

## 3. มาตรฐานของปุ๋ยเคมี

ในพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ปุ๋ยเคมี หมายความว่า ปุ๋ยเคมีที่รัฐมนตรีว่าการกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศกำหนดสูตร ปริมาณขั้นต่ำหรือขั้นสูงของธาตุอาหารหรือสารเป็นพิษและลักษณะจำเป็นอย่างอื่นของปุ๋ยเคมีดังกล่าวแต่ละชนิด ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องกำหนดปุ๋ยเคมีมาตรฐานตาม ลงวันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ.2535 ข้อ 2 กำหนดให้ปุ๋ยเคมีมาตรฐานมี 7 ชนิด โดยแต่ละชนิดมีลักษณะจำเป็นของปุ๋ยและความชื้นในปุ๋ย ดังแสดงในตารางที่ 2.2 สำหรับปุ๋ยเคมีทั้ง 7 ชนิดนี้ไม่ต้องขออนุญาตขึ้นทะเบียนปุ๋ยเคมี (มาตรา 35) จึงไม่มีเลขทะเบียนที่ภาชนะหรือที่หีบห่อบรรจุเหมือนกับปุ๋ยเคมีชนิดอื่นๆ และต้องระบุในฉลากว่า “ปุ๋ยเคมีมาตรฐาน” ในขณะที่ปุ๋ยเคมีทั่วไประบุในฉลากว่า “ปุ๋ยเคมี” ตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ลงวันที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2526

ตารางที่ 2.2 ลักษณะที่สำคัญของปุ๋ยเคมีมาตรฐาน

ปุ๋ย	เกณฑ์เรื่อง ธาตุอาหาร		ลักษณะ	ปริมาณ สารพิษ (%โดย น.น.)	ความชื้น ไม่เกิน (%)
	ธาตุ	ไม่ต่ำกว่า (%)			
1.แอมโมเนียมซัลเฟต	N	20	ผลึกสีขาวหรือ ขาวหม่น ไม่เติมสี ปรุงแต่ง	-	3
2.ยูเรีย	N	44	เม็ดหรือผลึกสีขาว หรือขาวหม่น ไม่เติมสีปรุงแต่ง	ไบยูเรต $\leq 1$	3
3.ซูเปอร์ฟอสเฟต	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	เม็ดหรือผง สีน้ำตาลเทา ไม่เติมสี	สารหนู $\leq 0.5$	9
4.ดับเบิลซูเปอร์ ฟอสเฟต	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	40	เม็ดหรือผง สีน้ำตาลอ่อนหรือ น้ำตาลเทา ไม่เติมสี	สารหนู $\leq 0.5$	9
5.ทริปเปิลซูเปอร์ ฟอสเฟต	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	45	เม็ดหรือผง สีน้ำตาลอ่อนหรือ น้ำตาลเทา ไม่เติมสี	สารหนู $\leq 0.5$	3
6.โพแทสเซียมคลอไรด์	K <sub>2</sub> O	60	ผงหรือเกล็ดสีขาว/ น้ำตาลแดง ไม่เติมสี	-	3
7.โพแทสเซียมซัลเฟต	K <sub>2</sub> O	48	น้ำตาลแดง ไม่เติมสี	-	3

3.1 มาตรฐานด้านธาตุอาหารของปุ๋ยเคมี ปริมาณธาตุอาหารรับรองที่ผู้ผลิตปุ๋ยเคมี ผู้นำหรือส่งปุ๋ยเคมีเข้ามาในราชอาณาจักรระบุไว้ในฉลาก เพื่อยืนยันว่าปุ๋ยเคมีในภาชนะหรือหีบห่อ บรรจุนั้น มีไนโตรเจนทั้งหมด (N) ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (K<sub>2</sub>O) คิดเป็นจำนวนร้อยละของน้ำหนักสุทธิของปุ๋ย ต้องไม่ต่ำกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก หากต่ำกว่านี้จะมี ความผิดตามกฎหมาย ซึ่งมี 2 ลักษณะดังนี้

3.1.1 **ปุ๋ยเคมีปลอม** หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณธาตุอาหารรับรอง ต่ำกว่าร้อยละสิบ จากเกณฑ์ต่ำสุด ตามที่ขึ้นทะเบียนไว้หรือระบุไว้ในฉลาก

**3.1.2 ปุ๋ยเคมีผิดมาตรฐาน** หมายถึง ปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณธาตุอาหารรับรอง ต่ำกว่าเกณฑ์ต่ำสุดตามที่ขึ้นทะเบียนไว้แต่ไม่ถึงขนาดตามข้อ 1)

**3.2 เกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี** สำหรับการผลิตปุ๋ยแบบอุตสาหกรรม แม้จะมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างสม่ำเสมอ แต่ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างปุ๋ยอาจต่ำกว่าที่ระบุไว้ในฉลาก เนื่องจากความแปรปรวนอันเกิดจากการเก็บตัวอย่างปุ๋ยและการวิเคราะห์ปุ๋ย ดังนั้น ทางราชการจึงกำหนดเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีทุกชนิด กล่าวคือ อนุญาตให้คลาดเคลื่อนหรือแตกต่างในการทำการเตรียมการและการวิเคราะห์ตัวอย่างปุ๋ยเคมี เพื่อตรวจสอบปริมาณธาตุอาหารรับรอง ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองในปุ๋ยเคมี ตามประกาศ

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ลงวันที่ 30 กรกฎาคม 2528

ธาตุหลัก	ปริมาณธาตุอาหาร รับรอง (%โดยน้ำหนัก)	เกณฑ์การคลาดเคลื่อนขั้นต่ำจากที่ระบุไว้ในฉลาก (%โดยน้ำหนัก)	
		ปุ๋ยเชิงเดี่ยว/เชิงประกอบ	ปุ๋ยเชิงผสม
ไนโตรเจน	น้อยกว่า 8.0	0.4	0.4
	8.0 ถึง 16.0	0.5	0.6
	16.1 ถึง 24.0	0.6	0.8
	มากกว่า 24.0	0.8	1.0
ฟอสเฟต	น้อยกว่า 8.0	0.4	0.4
	8.0 ถึง 16.0	0.5	0.6
	16.1 ถึง 24.0	0.6	0.8
	มากกว่า 24.0	0.8	1.0
โพแทช	น้อยกว่า 8.0	0.5	0.5
	8.0 ถึง 16.0	0.7	0.8
	16.1 ถึง 24.0	0.8	1.0
	มากกว่า 24.0	1.0	1.0

การใช้เกณฑ์คลาดเคลื่อนขั้นต่ำจากที่ระบุไว้ในฉลากของปริมาณธาตุอาหารรับรองในปุ๋ยเคมี ในการประเมินผลการวิเคราะห์ปุ๋ยเชิงผสม ให้ทำดังนี้คือ

3.2.1 นำค่าไนโตรเจนทั้งหมด (% N) ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) โพแทชที่ละลายน้ำ (% K<sub>2</sub>O) ซึ่งวิเคราะห์ได้ มาบวกกับเกณฑ์คลาดเคลื่อนขั้นต่ำ ของปริมาณธาตุอาหารรับรอง (ตารางที่ 2.3)

3.2.2 หาผลรวมของไนโตรเจนทั้งหมด (% N) ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) หรือโพแทชที่ละลายน้ำ (% K<sub>2</sub>O) กับเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองต่ำกว่าปริมาณธาตุอาหารรับรองที่ระบุในฉลากถือว่าไม่ผ่าน แต่ถ้าเท่ากับหรือมากกว่าถือว่าผ่าน ยกตัวอย่างเช่น ปุ๋ยเชิงผสมสูตร 15-15-15 ดังแสดงวิธีการคำนวณในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างการคำนวณเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยเคมี

รายการ	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	K <sub>2</sub> O (%)
1) สูตรปุ๋ย	15	15	15
2) ผลการวิเคราะห์ปุ๋ย	14.8	12.0	14.3
3) เกณฑ์คลาดเคลื่อน (ตารางที่ 2.2)	0.6	0.6	0.8
4) ผลรวม =(2) + (3)	15.4	12.6	15.1
5) ผลต่างจากสูตร = (4) – (1)	+0.4	-2.4	+0.1
6) ร้อยละ 10 ของสูตร (15 × 10/100)	1.5	1.5	1.5
7) การตัดสินรายธาตุ	ผ่าน	ไม่ผ่าน	ผ่าน

สำหรับการตัดสินโดยรวมนั้น พิจารณาแม้มีเพียงผลการวิเคราะห์ค่าเดียวคือ ค่าฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์(% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ไม่ผ่าน (ผิดเกินร้อยละ 10 เข้าเกณฑ์ปุ๋ยเคมีปลอม) ขณะที่อีกสองค่า คือไนโตรเจนทั้งหมด (% N) และโพแทชที่ละลายน้ำ (% K<sub>2</sub>O) ผ่าน สรุปได้ว่า ปุ๋ยสูตรนี้ไม่ผ่านการประเมินและเป็นปุ๋ยเคมีปลอม (ขงยุทธ โอสภสภานและคณะ 2551)

#### 4. แหล่งที่มาของธาตุอาหารพืชบางชนิด

แหล่งที่มาของธาตุอาหารในที่นี้จะกล่าวถึงธาตุอาหารพืช 4 ชนิด คือ 1) ปุ๋ยไนโตรเจน 2) ปุ๋ยฟอสฟอรัส 3) ปุ๋ยโพแทสเซียม 4) ปุ๋ยแมกนีเซียม

4.1 ปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยไนโตรเจนแบ่งตามสถานะได้ 3 ประเภท คือ ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ ดังแสดงในตารางที่ 2.5 ซึ่งมีทั้งปุ๋ยที่มีไนโตรเจนเป็นธาตุหลักเพียงธาตุเดียว และปุ๋ยที่มีไนโตรเจนกับธาตุหลักอีกธาตุหนึ่งเป็นองค์ประกอบ ปุ๋ยไนโตรเจนที่สำคัญมีดังนี้

4.1.1 ยูเรีย (*urea*) เป็นอินทรีย์สารซึ่งมีสูตรทางเคมีคือ  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$  มีไนโตรเจนร้อยละ 46 มีลักษณะเป็นเกล็ดสีขาว ละลายน้ำได้ดีและดูดความชื้นได้ง่ายมาก เป็นปุ๋ยไนโตรเจนที่นิยมใช้กันมาก และนิยมนำมาใช้เป็นแม่ปุ๋ยในการผลิตปุ๋ยผสม ปุ๋ยยูเรียเมื่อใส่ลงไปในดินจะให้ผลตกค้างเป็นกรด แต่ถ้าใส่ในดินต่างอาจสูญเสียจากดินไปได้ง่ายในรูปของก๊าซแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) ปุ๋ยยูเรียมนอกจากจะใส่ทางดินแล้วยังนิยมนำมาผสมน้ำฉีดพ่นให้กับพืชทางใบอีกด้วย ข้อควรระวังคือในปุ๋ยยูเรียอาจมีสาร ไบยูเรต (Biuret) ผสมอยู่ด้วย ซึ่งสารนี้เป็นพิษกับพืชอาจทำให้ใบไหม้ไปอย่างไรก็ตาม ปุ๋ยยูเรียที่ส่งเข้ามาขายในประเทศ ขณะนี้กฎหมายกำหนดให้มี ไบยูเรตผสมอยู่ได้ไม่เกินร้อยละ 1.0

4.1.2 แอมโมเนียมซัลเฟต (*ammonium sulfate*) สูตรทางเคมีคือ  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 21 และมีกำมะถัน (S) ประมาณร้อยละ 24 เป็นผลึกสีขาวคล้ายน้ำตาลทราย ละลายน้ำได้ดี ดูดความชื้น เมื่อใส่ลงไปในดินจะให้ผลตกค้างเป็นกรด ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นปุ๋ยเดี่ยวไนโตรเจนที่นิยมใช้กันมากที่สุดในประเทศไทย

4.1.3 แอมโมเนียมคลอไรด์ (*ammonium chloride*) สูตรทางเคมีคือ  $\text{NH}_4\text{Cl}$  มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 25 เป็นผลึกสีขาวละลายน้ำได้ง่ายและดูดความชื้นได้ดี ปุ๋ยนี้เมื่อใส่ลงไปในดินจะให้ปฏิกิริยาเป็นกรด ปุ๋ยแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นผลพลอยได้จากโรงงานผลิตโซดาแอช หรือโรงงานผลิตผงชูรส ปุ๋ยที่ได้จากโรงงานผลิตโซดาแอชจะมีสีขาว ส่วนผงที่ได้จากโรงงานผลิตผงชูรสจะมีสีคล้ายน้ำตาลทรายแดง ปุ๋ยชนิดนี้ไม่นิยมนำมาใช้กับยาสูบเพราะคลอไรด์ (Cl) ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของยาสูบ

4.1.4 แคลเซียมไนเตรต (*Calcium nitrate*) สูตรทางเคมีคือ  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  มีไนโตรเจนร้อยละ 15 และมีแคลเซียม (Ca) ประมาณร้อยละ 20 เป็นผลึกสีขาว ละลายน้ำได้ดี ดูดความชื้นได้ง่ายมากเมื่อลงไปในดินให้ผลตกค้างเป็นด่าง

4.1.5 โซเดียมไนเตรต (*Sodium nitrate*) สูตรทางเคมีคือ  $\text{NaNO}_3$  มีไนโตรเจนร้อยละ 16 เป็นผลึกสีขาวมันวาวไฟ ละลายน้ำได้ดีเมื่อใส่ลงไปในดินจะให้ผลตกค้างเป็นด่าง

4.1.6 แอนไฮดรัสแอมโมเนียม (*anhydrous ammonia*) สูตรทางเคมี  $\text{NH}_3$  มีไนโตรเจนประมาณร้อยละ 82 เป็นปุ๋ยที่มีไนโตรเจนสูงที่สุด แอนไฮดรัสแอมโมเนียมเป็นก๊าซ แต่จะกลายเป็นของเหลวเมื่อเก็บภายใต้ความดันสูงและต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการอัดหรือฉีดลงไปในดินหรืออาจผสมกับน้ำชลประทานก็ได้ แต่ไม่ผสมลงไปในน้ำที่ใช้กับพืชด้วยการฉีดพ่นเพราะ

จะทำให้สูญเสียได้มาก การใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมไนเตรตแอมโมเนียมจะทำให้ดินเป็นด่างในระยะแรก และจะเปลี่ยนเป็นกรดในระยะต่อไป ปุ๋ยชนิดนี้ยังไม่ปรากฏว่ามีการใช้ในประเทศไทยมากนักแต่เป็นที่นิยมกันมากในประเทศสหรัฐอเมริกา

#### ตารางที่ 2.5 ปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ

ปุ๋ย	สูตรเคมี	สูตรปุ๋ย
ของแข็ง		
1. ยูเรีย	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46-0-0
2. แอมโมเนียมไนเตรด	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	33-0-0
3. แอมโมเนียมซัลเฟต	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21-0-0 (24% S)
4. แอมโมเนียมคลอไรด์	$\text{NH}_4\text{Cl}$	25-0-0 (66% Cl)
5. แคลเซียมไนเตรด	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15-0-0 (22% Ca)
6. โซเดียมไนเตรด	$\text{NaNO}_3$	16-0-0
7. ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	18-46-0, 21-53-0
8. โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	11-55-0, 12-61-0
9. ไนตริกฟอสเฟต หรือ ไนโตรฟอสเฟต	$\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaHPO}_4 +$ $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	20-20-0 และสูตรอื่นๆ ขึ้นกับการปรับ กระบวนการผลิต
10. โพแทสเซียมไนเตรด	$\text{KNO}_3$	13-0-46
ของเหลว		
11. แอมโมเนียมพอลิฟอสเฟต	$(\text{NH}_4)_3\text{HP}_2\text{O}_7 + \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	10-34-0
12. ยูเรีย-แอมโมเนียมไนเตรด	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + \text{NH}_4\text{NO}_3$	28-0-0 ถึง 32-0-0
ก๊าซ		
13. แอมโมเนียไนเตรต	$\text{NH}_3$	82-0-0

ที่มา : Mortvedt et al. (1999)

## 4.2 ปุ๋ยฟอสฟอรัส

ปุ๋ยฟอสฟอรัสหรือปุ๋ยฟอสเฟต คือปุ๋ยที่ให้ธาตุฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปฟอสเฟต ปุ๋ยฟอสฟอรัสมีทั้งปุ๋ยที่เป็นฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลักเพียงธาตุเดียวและปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสกับธาตุหลักอีกธาตุหนึ่งเป็นองค์ประกอบ (ตารางที่ 2.6) เช่น ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเป็นปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสเป็นธาตุหลัก ในขณะที่ปุ๋ยไดแอมโมเนียมฟอสเฟต แอมโมเนียมพอลิฟอสเฟตมีทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นต้น ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่สำคัญมีดังนี้

**4.2.1 ซูเปอร์ฟอสฟอรัสธรรมดา (ordinary superphosphate)** สูตรทางเคมี คือ  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  มีแคลเซียม (Ca) ประมาณร้อยละ 20  $\text{P}_2\text{O}_5$  มีแคลเซียม (Ca) ประมาณร้อยละ 20 และมีกำมะถัน (S) อยู่ประมาณร้อยละ 12 มีคุณสมบัติเป็นกรด (พีเอชประมาณ 3) มีลักษณะเป็นเม็ดสีเทาหรือน้ำตาลละลายน้ำได้ประมาณร้อยละ 85

**4.2.2 ทริเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (triple superphosphate)** หรือทริเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (treble superphosphate) ฟอสเฟตในปุ๋ยชนิดนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของ  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ปุ๋ยนี้มีฟอสเฟตร้อยละ 46  $\text{P}_2\text{O}_5$  มีแคลเซียม (Ca) ประมาณร้อยละ 12 - 16 และมีกำมะถัน (S) อยู่ประมาณร้อยละ 1 - 2 มีสีขาว เทา หรือน้ำตาลละลายน้ำได้ดี ทริเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ผลิตได้จากปฏิกิริยาระหว่างหินฟอสเฟตกับกรดฟอสฟอริก (phosphoric acid) สูตรทางเคมีคือ  $(\text{H}_3\text{PO}_4)$  ซึ่งเป็นกรดที่มีความเข้มข้นร้อยละ 54  $\text{P}_2\text{O}_5$

**4.2.3 แคลเซียมเมตาฟอสเฟต (calcium metaphosphate)** มีชื่อทางการค้าว่า เมตาฟอส (metaphos) สูตรทางเคมีคือ  $\text{Ca}(\text{PO}_3)_2$  มีฟอสเฟตประมาณร้อยละ 63  $\text{P}_2\text{O}_5$  มีปฏิกิริยาเป็นด่างละลายน้ำได้น้อยมาก แต่จะละลายได้ดีขึ้นในดินที่เป็นกรด

**4.2.4 แอมโมเนียมฟอสเฟต (ammonium phosphate)** เป็นปุ๋ยที่ให้ทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในเวลาเดียวกันปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตมี 3 ชนิด คือ

1) โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟต (monoammonium phosphate) สูตรทางเคมีคือ  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$  นิยมเรียกชื่อย่อว่า MAP มีไนโตรเจนร้อยละ 11 และมีฟอสฟอรัสร้อยละ 55  $\text{P}_2\text{O}_5$  มีผลตกค้างเป็นกรด เป็นแม่ปุ๋ยที่นิยมใช้ในการผสมปุ๋ยอื่นๆ

2) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต (diammonium phosphate) สูตรทางเคมีคือ  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  นิยมเรียกชื่อย่อว่า DAP มีไนโตรเจนร้อยละ 18 และมีฟอสฟอรัสร้อยละ 46  $\text{P}_2\text{O}_5$  มีผลตกค้างเป็นกรด เป็นแม่ปุ๋ยที่นิยมใช้ในการทำปุ๋ยผสมอื่นๆ

3) แอมโมฟอส (amorphous) เป็ปุ๋ยแอมโมเนียมฟอสเฟตที่ได้จากการทำปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียกับกรดฟอสฟอริก และกรดกำมะถันผสมกัน ซึ่งจะได้สาร 2 ชนิด คือ โมโนแอมโมเนียมฟอสเฟตผสมกับแอมโมเนียมซัลเฟต  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  มีไนโตรเจนร้อยละ 16 และมี

ฟอสฟอรัสร้อยละ 20  $P_2O_5$  (ปุ๋ยที่ได้มีเกรด 16-20-0)

**4.2.5 หินฟอสเฟต (Phosphate rock)** เป็นหินที่มีแร่พวกฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบ เช่น ฟลูอออแอปพาไต์ (fluorapatite สูตรทางเคมี  $Ca_{10}(PO_4)_6F_2$ ) หรือ ไฮดรอกซีแอปพาไต์ (hydroxyl apatite สูตรทางเคมี  $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ ) เป็นต้น มีสีไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับสารที่เจือปน นอกจากนี้ ยังมีปริมาณฟอสเฟต ( $P_2O_5$ ) ที่เป็นองค์ประกอบไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ หินฟอสเฟตในประเทศไทยอาจจะมีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบอยู่ถึงร้อยละ 20-40 และอาจจะมีฟอสเฟต ที่เป็นประโยชน์ต่อพืชร้อยละ 4-5 เมื่อนำมาใช้เป็นปุ๋ยจะบดหินฟอสเฟตให้ละเอียด โดยทั่วไปจะบดให้ละเอียดจนร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช (mesh) (เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.149 มิลลิเมตร) หินฟอสเฟตบดจะปลดปล่อยฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมาได้ช้ามาก ถ้ามีขนาดละเอียดจะปลดปล่อยได้เร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม โดยธรรมชาติแล้วหินฟอสเฟตจะปลดปล่อยฟอสเฟตออกมาได้น้อยในดินที่เป็นกรดเพียงเล็กน้อยหรือค่อนข้างเป็นด่าง (พีเอชสูงกว่า 6.0) จากการทดลองของกรมวิชาการเกษตรพบว่า สามารถใช้หินฟอสเฟตเป็นปุ๋ยให้ฟอสเฟตในนาดินกรดจัดภาคกลาง (ดินกรดกำมะถัน) อย่างได้ผล นอกจากจะนำมาทำเป็นปุ๋ยใส่ในดินโดยตรงแล้วหินฟอสเฟตยังเป็นวัตถุดิบที่นำมาผลิตปุ๋ยฟอสเฟตอื่นๆ อีกหลายชนิด

ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ.2518 ได้ควบคุมคุณภาพของหินฟอสเฟตที่ใช้เป็นปุ๋ยไว้ดังนี้คือ จะต้องมียุทธภัณฑ์ที่เป็นประโยชน์ได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 3  $P_2O_5$  และต้องมีฟอสเฟตทั้งหมดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20  $P_2O_5$

ตารางที่ 2.6 ปุ๋ยฟอสเฟตชนิดต่างๆ

ปุ๋ย	ชื่อย่อ	สูตรเคมี	% N	% $P_2O_5$
1. แอมโมเนียมฟอสเฟต				
ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต	DAP	$(NH_4)_2HPO_4$	18 - 21	46 - 53
โมนอแอมโมเนียมฟอสเฟต	MAP	$NH_4H_2PO_4$	10 - 12	50 - 61
แอมโมเนียมพอลิฟอสเฟต	APP	$(NH_4)_3HP_2O_7 + NH_4H_2PO_4$	10 - 11	34 - 37
2. แคลเซียมฟอสเฟต				
ซูเปอร์ฟอสเฟตธรรมดา	OSP	$Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4 \cdot 2H_2O$	0	18 - 20
ทริปเปอร์ซูเปอร์ฟอสเฟต	TSP	$Ca(H_2PO_4)_2$	0	40 - 46
หินฟอสเฟต	PR	$[Ca_3(PO_4)_2]_3 \cdot CaF_2$	0	25 - 40



ตารางที่ 2.6 (ต่อ)

ปุ๋ย	ชื่อย่อ	สูตรเคมี	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
3. อื่นๆ				
ไนตริกฟอสเฟต หรือ ไนโตรฟอสเฟต	NP	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + CaHPO <sub>4</sub> + NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> + (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	20	20
กรดฟอสฟอริก		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	0	54

ที่มา : Mortvedt et al. (1999)

**4.3 ปุ๋ยโพแทสเซียม** ปุ๋ยโพแทสเซียมโดยทั่วไปจะอยู่ในรูปเกลือที่ละลายน้ำได้ โดยเรียกว่า “ปุ๋ยโพแทช (potash fertilizer)” ในประเทศไทยมีแหล่งแร่โพแทชที่ค่อนข้างใหญ่ 2 แหล่ง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ 1) ในแอ่งโคราช (Khorat) ที่อำเภอบำเหน็จณรงค์ จังหวัดชัยภูมิ พบทรัพยากรสินแร่ (ore resource) ประมาณ 366 ล้านตัน K<sub>2</sub>O และ 2) ในแหล่งสกลนคร (SakhonNakhon basin) บริเวณจังหวัดอุดรธานี พบทรัพยากรสินแร่ 250 ล้านตัน K<sub>2</sub>O (ขงยุทธ โอสถสภา และคณะ 2551)

ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นโพแทสเซียมคลอไรด์ หรือเรียกว่า “ม็อบ” (MOP, Muriat of Potash) นอกจากนี้ ยังมีปุ๋ยโพแทชชนิดอื่น เช่น โพแทสเซียมซัลเฟต (Sulfate of potato, SOP) โพแทสเซียมไนเตรตและโพแทสเซียมฟอสเฟต องค์ประกอบทางเคมี และสูตรปุ๋ยโพแทชชนิดต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 2.7 ปุ๋ยโพแทสเซียมที่สำคัญมีดังนี้

**4.3.1 โพแทสเซียมคลอไรด์ (potassium chloride)** หรือมิวริเอทออฟโพแทช (muriat of potash) สูตรทางเคมีคือ KCl มีโพแทสเซียมประมาณร้อยละ 60 K<sub>2</sub>O มีลักษณะคล้ายเกลือแกง (NaCl) เป็นแม่ปุ๋ยที่นิยมใช้ในการทำปุ๋ยผสมอื่นๆ

**4.3.2 โพแทสเซียมซัลเฟต (potassium sulphate)** สูตรเคมีคือ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> มีโพแทสเซียมประมาณร้อยละ 50 K<sub>2</sub>O มีสีขาวขุ่น ละลายน้ำได้น้อยกว่าโพแทสเซียมคลอไรด์

**4.3.3 โพแทสเซียมไนเตรต (potassium nitrate)** มีสูตรเคมีคือ KNO<sub>3</sub> ปุ๋ยชนิดนี้ให้ไนโตรเจนประมาณร้อยละ 13 และให้โพแทสเซียมประมาณร้อยละ 44% K<sub>2</sub>O

**4.3.4 โพแทสเซียมแมกนีเซียมซัลเฟต (potassium magnesiumsulphate)** มีสูตรเคมีคือ K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>2MgSO<sub>4</sub> มีโพแทสเซียมประมาณร้อยละ 22 K<sub>2</sub>O และมีแมกนีเซียมประมาณร้อยละ 11 Mg

4.3.5 โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต (*monopotassium phosphate*) มีสูตรเคมีคือ  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  ปุ๋ยชนิดนี้มีฟอสเฟตประมาณร้อยละ 52  $\text{P}_2\text{O}_5$  และ โพแทสเซียมประมาณร้อยละ 34  $\text{K}_2\text{O}$

ตารางที่ 2.7 ปุ๋ยโพแทสเซียมชนิดต่างๆ

ปุ๋ย	องค์ประกอบทางเคมี	สูตรปุ๋ย (และธาตุรอง)
โพแทสเซียมคลอไรด์	KCl	0 - 0 - 60
โพแทสเซียมซัลเฟต	$\text{K}_2\text{SO}_4$	0 - 0 - 50 , 0 - 0 - 0 - 52 (18% S)
โพแทสเซียมไนเตรด	$\text{KNO}_3$	13 - 0 - 46
โพแทสเซียม – แมกนีเซียมซัลเฟต	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$	0 - 0 - 22 (22% S, 11% Mg)
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	0 - 52 - 34
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	KOH	0 - 0 - 75
โพแทสเซียมไทโอซัลเฟต	$\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_3$	0 - 0 - 0 - 25 (17% S)

ที่มา : Mortvedt et al. (1999)

#### 4.4 ปุ๋ยแมกนีเซียม ปุ๋ยแมกนีเซียมได้แก่

4.4.1 แมกนีเซียมซัลเฟต ใช้เป็นปุ๋ยทางดินหรือละลายน้ำฉีดพ่นทางใบ เพื่อแก้ไขปัญหอาการขาดแคลนแมกนีเซียม

4.4.2 แมกนีเซียมไนเตรด ใช้เป็นปุ๋ยแมกนีเซียมได้เป็นอย่างดี

4.4.3 แมกนีเซียมคลอไรด์ ถ้านำไปใช้ทางใบให้เลือกใช้กับพืชที่ทนต่อคลอไรด์เท่านั้น

4.4.4 เกือบซึ่งมีทั้งแมกนีเซียมแลโพแทสเซียม เช่น แลงไบไนต์ (langbeinite,  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$ ) (ตารางที่ 2.7) นอกจากพืชจะได้รับแมกนีเซียมจากปุ๋ยที่ใส่ในดินแล้ว ยังได้รับจากปุ๋ยที่เป็นสารประกอบของแมกนีเซียมที่ใช้ใส่ดินเพื่อลดสภาพกรดอีกเช่นเดียวกับแคลเซียม ยกตัวอย่าง เช่น หินโดโลไมต์แมกนีไซท์และแมกนีเซียม เป็นต้น

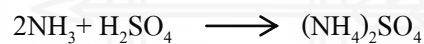
ตารางที่ 2.8 สารประกอบที่ให้ธาตุแมกนีเซียม

วัสดุ	องค์ประกอบทางเคมี	% Mg	สภาพละลายน้ำ
แมกนีเซียมคลอไรด์	MgCl <sub>2</sub>	25	ละลายน้ำง่าย
แมกนีเซียมออกไซด์	MgO	50 - 55	ละลายน้ำง่าย
แมกนีเซียมซัลเฟตเฮปไฮเดรต	MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	10	ละลายน้ำง่าย
อีเซอไรต์	MgSO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	18	ละลายน้ำง่าย
แลงโบไนต์ (โพแทสเซียม – แมกนีเซียมซัลเฟต)	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2MgSO <sub>4</sub>	11	ละลายน้ำง่าย

ที่มา : Mortvedt et al. (1999)

## 5. การผลิตแอมโมเนียมซัลเฟต

5.1 กระบวนการที่ใช้แอมโมเนียกับกรดซัลฟิวริก โดยแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตได้จากปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียกับกรดซัลฟิวริก ซึ่งเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ดังสมการ

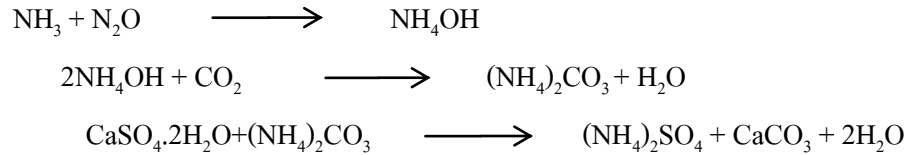


การผลิตแอมโมเนียมซัลเฟตโดยกระบวนการนี้มีขั้นตอนหลักอยู่ 5 ขั้นตอน คือ

- 1) การทำปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียกับกรดซัลฟิวริกซึ่งให้ความร้อนสูงมาก ทำให้สารละลายร้อนจัดแล้วระเหยน้ำ จนได้ของเหลวข้นของแอมโมเนียมซัลเฟต
- 2) การตกผลึกใช้ถังตกผลึกที่ควบคุมการระเหยน้ำด้วยสูญญากาศ
- 3) ล้างผลึกที่ได้ขนาดแล้วด้วยน้ำหรือน้ำแอมโมเนีย (ammonia liquor) เพื่อลดกรดที่เกาะบนผิวของผลึก
- 4) อบแห้งในท่ออบ (Drier)
- 5) คัดขนาดโดยใช้ตะแกรงให้ได้ขนาดผลึกที่ต้องการส่วนที่เล็กเกินไปก็หมุนเวียนกลับไปตกผลึกใหม่

5.2 กระบวนการแอมโมเนียมคาร์บอเนต – ยิปซัม (ammonium carbonate – gypsum process) หลักสำคัญของกระบวนการ คือ ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียกับคาร์บอนไดออกไซด์ ได้

แอมโมเนียมคาร์บอเนต ซึ่งทำปฏิกิริยาต่อไปกับยิปซัม หรือแอนไฮไดรต์ (จากธรรมชาติ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมอื่น) ได้แอมโมเนียมซัลเฟตกับแคลเซียมคาร์บอเนต ดังสมการ

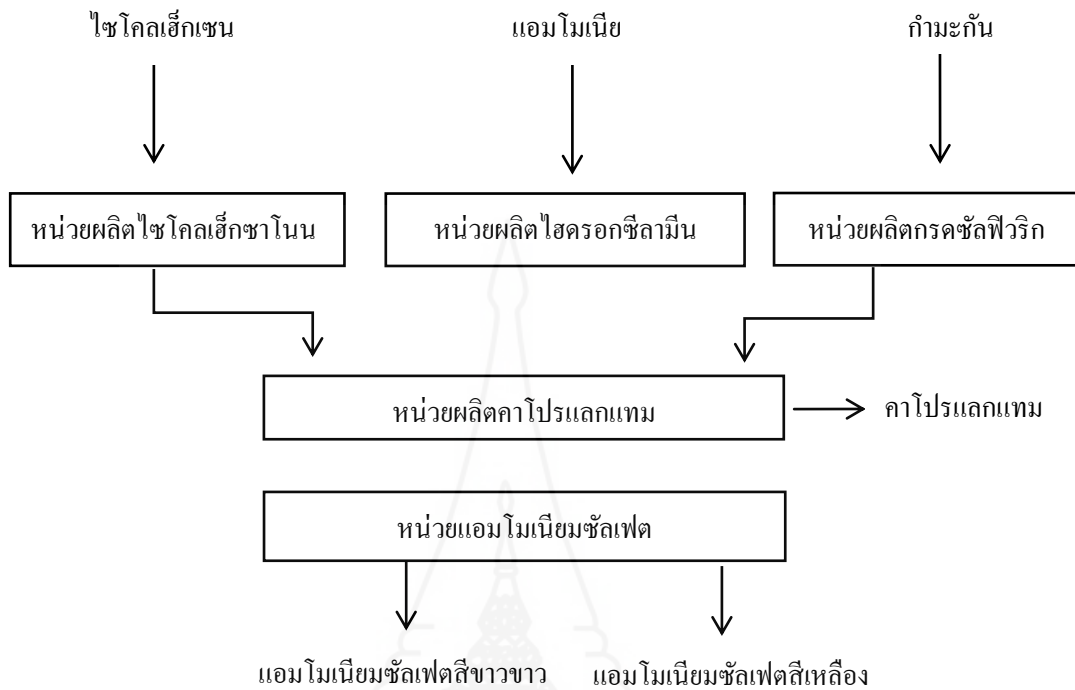


การผลิตแอมโมเนียมซัลเฟตด้วยกระบวนการนี้ เหมาะสำหรับประเทศที่มีแหล่งยิปซัม หรือแอนไฮไดรต์ตามธรรมชาติ หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมซึ่งมีราคาไม่แพง สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแอมโมเนียมซัลเฟตได้ กระบวนการนี้มีข้อด้อยที่สำคัญประการหนึ่งคือ สารละลายแอมโมเนียมซัลเฟตที่ได้จากปฏิกิริยา มีความเข้มข้นค่อนข้างต่ำ จึงสิ้นเปลืองพลังงานความร้อนในการระเหยน้ำและตกผลึก

**5.3 ผลพลอยได้จากการผลิตสารคาโปรแลกแทม (caprolactam) คาโปรแลกแทม**  $(\text{NH}(\text{CH}_2)_5\text{CO})$  เป็นสารที่ใช้ในการผลิตไนลอนบางชนิดสำหรับกระบวนการผลิตมี 5 หน่วยคือ

- 1) หน่วยผลิตไซโคลเฮกซาโนน (cyclohexanone) จากไซโคลเฮกเซน (cyclohexane,  $\text{C}_6\text{H}_{12}$ )
- 2) หน่วยผลิตไฮดรอกซีลามีนจากแอมโมเนีย
- 3) หน่วยผลิตกรดซัลฟิวริกจากกำมะถัน
- 4) หน่วยผลิตคาโปรแลกแทม ใช้สารตั้งต้นซึ่งผลิตจากหน่วยที่ 1-3
- 5) แอมโมเนียมซัลเฟต โดยแยกออกจากหน่วยผลิตคาโปรแลกแทมมาตกผลึก

(ภาพที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตคาร์บอกซีลามีน มีแอมโมเนียมซัลเฟตเป็นผลพลอยได้

## 6. การผสมปุ๋ยแบบคลุกเคล้า (bulk blending)

การผสมปุ๋ยแบบคลุกเคล้า (bulk blending) คุณภาพของปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าขึ้นกับแม่ปุ๋ยที่นำมาผสมกัน โดยแม่ปุ๋ยต้องมีลักษณะที่สำคัญ 2 ประการ คือ มีปริมาณธาตุอาหารรับรองตรงตามฉลากและที่สำคัญ คือ ไม่แยกตัวกันหลังจากทำการผสมแล้ว ดังนั้น แม่ปุ๋ยที่นำมาผสมกันจะต้องมีความเข้ากันได้หรือความเข้าคู่ (compatibility) ทั้งทางเคมีและด้านขนาดเม็ดปุ๋ย ดังนี้

**6.1 ความเข้ากันได้หรือความเข้าคู่ทางเคมีของปุ๋ย** แม่ปุ๋ยที่มีความเข้ากันได้หรือความเข้าคู่ทางเคมี คือแม่ปุ๋ยที่นำมาผสมกันแล้วไม่ทำปฏิกิริยากันจนเป็นเหตุให้คุณภาพของปุ๋ยผสมต่ำ เช่น ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตต่ำลง จนเป็นเหตุให้ปุ๋ยชื้นและจับตัวกันเป็นก้อนแข็งได้ง่าย สภาพละลายได้ลดลง หรือมีการสูญเสียธาตุอาหารในรูปแก๊ส แม่ปุ๋ยที่ไม่ควรผสมกันเนื่องจากไม่เข้ากันทางเคมี คือ

**6.1.1 ยูเรียกับแอมโมเนียมไนเตรด** เนื่องจากยูเรียมีความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต 72.50%

1) ในขณะที่แอมโมเนียมไนเตรดมีความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต 59.40% 2) แต่เมื่อนำปุ๋ยทั้งสองชนิดนี้มา

ผสมกันเป็นปุ๋ยผสม พบว่า มีความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตเพียง 18% 3) เท่านั้น แสดงว่า ปุ๋ยผสมที่เกิดขึ้น  
ดูความชื้นได้ง่ายมาก

**6.1.2 ยูเรียกับทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต** เนื่องจากนำมาผสมกันจะทำให้เกิดน้ำที่เป็นอิสระออกมา จึงทำให้ปุ๋ยผสมชื้นและมีแนวโน้มจะจับตัวกันเป็นก้อน

**6.1.3 ไคแอมโมเนียมฟอสเฟตกับทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต** เนื่องจากกรดในทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตมีแนวโน้มที่จะทำปฏิกิริยากับไคแอมโมเนียมฟอสเฟต ซึ่งผลของปฏิกิริยาส่งเสริมให้ปุ๋ยจับกันเป็นก้อน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อบรรจุแล้วเก็บไว้ (ตามตารางที่ 2.9)

ตารางที่ 2.9 ค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยเคมีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตที่เกิดขึ้นหลังจากการผสมปุ๋ยเคมีในแต่ละคู่

แคลเซียมไนเตรต	แอมโมเนียมไนเตรต	โซเดียมไนเตรต	ยูเรีย	แอมโมเนียมคลอไรด์	แอมโมเนียมซัลเฟต	ไคแอมโมเนียมฟอสเฟต	โพแทสเซียมคลอไรด์	โพแทสเซียมไนเตรต	โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	โพแทสเซียมซัลเฟต
40.07	59.40	72.40	72.50	77.20	79.20	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
23.50	59.40	72.40	72.50	77.20	79.20	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
37.70	46.30	72.40	72.50	77.20	79.20	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
-	18.10	45.60	72.50	77.20	79.20	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
-	51.40	51.90	57.90	77.20	79.20	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
-	62.30	-	56.40	71.30	79.20	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
-	59.00	-	62.00	-	72.00	82.50	84.00	87.80	91.60	93.60	96.30
22.00	67.90	66.90	60.30	73.00	71.30	70.00	54.00	90.30	91.60	93.60	96.30
31.40	59.90	64.50	65.20	67.90	69.20	-	78.60	90.30	91.60	93.60	96.30
52.80	58.00	53.80	65.20	-	75.80	78.00	72.80	59.80	91.60	93.60	96.30
4.20	52.80	68.10	65.10	73.90	87.70	78.00	-	87.80	88.80	93.60	96.30
76.10	69.20	73.30	71.50	71.30	81.40	77.00	81.00	87.80	79.00	-	96.30

แม่ก้อนปุยทั้ง 3 คู่นี้ทุกคนในวงการทราบทั่วแล้วว่าไม่ควรผสม อย่างไรก็ตาม ยังมีวัสดุปุยอย่างอื่น เช่น ปุยจุลธาตุบางอย่าง เมื่อใส่ลงในปุยผสมก็อาจทำปฏิกิริยากับแม่ปุยชนิดใดชนิดหนึ่ง และเป็นสาเหตุของปัญหาบางประการได้ ผู้ประกอบการจึงควรทดสอบให้แน่ชัดก่อนที่จะนำมาใช้ในการผลิต

**6.2 ความเข้ากันได้หรือความเข้าคู่กันของขนาดเม็ดปุย** ปัญหาใหญ่ประการหนึ่งของการผลิตปุยผสมแบบคลุกเคล้าก็คือ ต้องพยายามรักษาคุณภาพด้านธาตุอาหารให้อยู่ในเกณฑ์ที่คลาดเคลื่อนที่รัฐกำหนดไว้ จากผลการวิจัยด้านข้อบกพร่องของปุยผสมแบบคลุกเคล้า พบว่า ปุยผสมแต่ละส่วนมีค่าวิเคราะห์ของธาตุอาหารแตกต่างกัน ซึ่งสาเหตุจากการแยกตัวของปุย (segregation) ขณะโยกย้ายถ่ายเท ดังนั้น แม่ปุยทุกชนิดที่นำมาผสมกัน ควรมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดใกล้เคียงกัน เพื่อให้ได้ปุยผสมที่ได้มีความสม่ำเสมอ (homogeneous blends) ไม่แยกตัวกัน ดังนั้น หากผู้จำหน่ายมีข้อมูลด้านขนาดเม็ดของแม่ปุยชนิดต่างๆ ลูกค้าก็สามารถเลือกเฉพาะชนิดที่มีขนาดเม็ดใกล้เคียงกันมาผสม

**6.2.1 ขนาดของเม็ดปุย** ปุยผสมแบบคลุกเคล้าคือปุยที่ได้จากการนำแม่ปุยที่มีขนาดเม็ดใกล้เคียงกัน ผสมในสัดส่วนที่พอเหมาะให้ได้สูตรปุยตามต้องการ ดังนั้นขนาดของเม็ดปุยจึงมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของปุยผสมแบบนี้เป็นอย่างมาก ความสำคัญของขนาดเม็ดปุย Hoffmeister (1978) ได้รายงานไว้ว่าขนาดของเม็ดปุยมีความสำคัญอย่างน้อย 3 ประการ คือ ซึ่งกล่าวในรายละเอียดได้ดังนี้

**6.2.2 ผลในแง่ของการตอบสนองของพืช** ความสำคัญของขนาดเม็ดปุย อิทธิพลในแง่ของการตอบสนองของพืช ปุยแต่ละชนิดจะมีขนาดเม็ดหรือขนาดอนุภาคขนาดใดก็ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ และวัตถุประสงค์ในการใช้กล่าวคือ วัสดุที่มีความสามารถในการละลายในน้ำน้อยโดยทั่วไปต้องบดให้ละเอียด เพื่อให้มีความสามารถในการละลายได้สูง Khasawneh & Doll (1978) กล่าวว่าประสิทธิภาพของหินฟอสเฟตจะสูงขึ้นเมื่อบดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 150  $\mu\text{m}$ . Hoffmeister (1978) กล่าวว่าวัสดุปุยชนิดอื่นที่ละลายได้น้อยจำเป็นต้องบดให้มีขนาดเล็กด้วย ได้แก่ Basic slag, limestone, dolomite, dicalcium phosphate, fused phosphate เป็นต้น นอกจากนี้ วัสดุปุยที่ให้ธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมที่ละลายน้อย เช่น sulfur, metallic oxides และ frits ก็ต้องบดให้ละเอียดด้วย

**6.2.3 ผลต่อการเก็บรักษาและการขนย้าย** Hoffmeister (1978) กล่าวว่า ขนาดของเม็ดปุยมีความจำเป็นและสำคัญต่อคุณสมบัติของการเก็บรักษาและการขนย้าย ก่อนปี ค.ศ. 1950 วัสดุปุยเกือบทั้งหมดได้ผลิตขึ้นมาในรูปฝุ่นผงหรือผลึกเล็กๆ ซึ่งเป็นผลให้ปุยมีสภาพเป็นฝุ่นละอองเมื่อขึ้นจับตัวเป็นก้อนแข็ง (caking) ในระหว่างการเก็บเป็นกองหรือในกระสอบ ต้องใช้แรงงานทุบ

และทำให้เล็กลง ในประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าอนุภาคของปุ๋ยขนาด 1.00 ถึง 3.35 มม. เป็นปุ๋ยเม็ด (Granular) ซึ่งสามารถลอดผ่านตะแกรงร่อน No. 6 แต่ไม่ผ่าน No. 18 ของตะแกรง U.S. Standard แม้หลักเกณฑ์นี้ไม่มีกฎหมายรองรับแต่ก็เป็นเกณฑ์ทั่วไปนิยมใช้ในการควบคุมขนาดเม็ดปุ๋ยของผู้ผลิต การจัดซื้อปุ๋ยขององค์การ AID ประเทศสหรัฐอเมริกา จะกำหนดให้จัดซื้อปุ๋ยที่มีเม็ดขนาด 1.00 ถึง 3.35 มม. อยู่ร้อยละ 90 Brook (1957) ได้รายงานว่าเป็นประเทศอังกฤษปุ๋ยเม็ดจะผลิตขนาด 1.5 ถึง 4.00 มม. (U.S. ขนาด No.5 ถึง 12 mesh) ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าของประเทศสหรัฐอเมริกา ปุ๋ยที่มีลักษณะที่ดีในแง่ของผู้ผลิตและเกษตรกรผู้ใช้นั้นจะต้องปราศจากอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งจะเป็นฝุ่นเมื่อใช้หรือขนย้าย

**6.2.4 ผลต่อการผสมต่อการผสมปุ๋ย** Hoffmeister (1978) ได้กล่าวว่า ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1958 ซึ่งได้เริ่มมีการผลิตปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า การควบคุมขนาดเม็ดปุ๋ยมีความสำคัญสำหรับการผสมและการกระจายปุ๋ยออกไปสู่ท้องดินต่างๆ เพราะเป็นวิธีการลดการแยกตัวของปุ๋ย แต่อย่างไรก็ตามในการปฏิบัติ การผสมปุ๋ยตอนเริ่มแรกวัสดุปุ๋ยที่นำมาผสมขนาดไม่ใกล้เคียงกัน จึงทำให้เกิดการแยกตัวในระหว่างการขนย้าย

หลังจากที่ได้มีการค้นคว้าวิจัยของ TVA Hoffmeister, และคณะ (1964) ได้รายงานว่าคุณสมบัติของแม่ปุ๋ยที่ใกล้เคียงกันมีความสำคัญต่อการต่อต้านการแยกตัว ความแตกต่างของสมบัติทางฟิสิกส์ในประเด็นอื่น เช่น ความหนาแน่นและรูปร่าง ไม่มีความสำคัญมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับอิทธิพลความแตกต่างของขนาดเม็ด นอกจากนี้วัสดุแม่ปุ๋ยที่นำมาผสมต้องมีการกระจายของเม็ดปุ๋ยเป็นไปแนวทางเดียวกันด้วย Hoffmeister (1973) ได้รายงานว่าเป็น size distribution curve ที่แตกต่างกันขนาด  $\pm 10\%$  เป็นเกณฑ์ที่ดี ที่แนะนำให้ใช้กัน

**6.2.5 การวัดขนาดของเม็ดปุ๋ย** ระบบของการวัดขนาดเม็ดปุ๋ยที่มีลักษณะเป็นของแข็งไม่ว่าจะอยู่ในรูปลักษณะเป็นผง เกร็ด (ผลึก) หรือเม็ดกลม ย่อมมีขนาดของมันเอง ซึ่งจะสามารถวัดได้โดยใช้ตะแกรงหรือที่เรียกว่า sieve analysis หรือ screen analysis

Hoffmeister (1978) ได้ทำการศึกษาพบว่าประเทศที่พัฒนาเจริญแล้ว เช่น อังกฤษ ฝรั่งเศส เยอรมัน อิตาลี และสหรัฐอเมริกาจะมีมาตรฐานตะแกรงของแต่ละประเทศ ซึ่งช่องของตะแกรงอาจจะบอกขนาดเป็นนิ้ว มิลลิเมตร sieve no. Module no. หรือเม็ช (mesh) แม้ปุ๋ยแต่ละปุ๋ยที่จะใช้เสร็จเรียบร้อยแล้วทำการคำนวณหาหน้าหนักแม่ปุ๋ยแต่ละชนิดที่จะใช้ ตัวอย่างในตารางที่ 1 สำหรับระบบที่ใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกาแพร่หลายมีอยู่ 2 ระบบ คือ ระบบ Tyler และ U.S. Standard ประเทศแคนาดาก็ใช้ทั้ง 2 ระบบนี้ด้วย ขนาดของตะแกรงที่ใช้ในการวัดขนาดของปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าอยู่ระหว่างเบอร์ 6 ถึง เบอร์ 20 ซึ่งสามารถเปรียบเทียบขนาดเบอร์ตะแกรงของสหรัฐอเมริกาทั้ง 2 ระบบ แล้วแต่ความจำเป็นหรือวัตถุประสงค์ของการใช้ สำหรับการวัด



ขนาดเม็ดปุยของประเทศไทยนั้นเท่าที่ได้มีการปฏิบัตินิยมใช้ตามระบบของประเทศสหรัฐอเมริกา

**6.2.6 วิธีการวัดขนาด** ปุยเม็ดแต่ละชนิดมีขนาดและเปอร์เซ็นต์การกระจายของเม็ดปุยไม่เท่ากัน แต่อาจจะมีปริมาณของแต่ละขนาดใกล้เคียงกัน การศึกษาหรือการปฏิบัติกรวัดขนาดตามวิธีของ TFI 500 โดย Perrin & Mather (1975) ได้ให้แนวทางการดำเนินการ ดังนี้

1) การชั่งตัวอย่างปุย ก่อนนำตัวอย่างปุยมาวิเคราะห์หาขนาดของเม็ด ต้องทำการชั่งตัวอย่างปุยจากกระสอบปุยเพื่อให้ได้ตัวแทนของปุยตามหลักการโดยวิธีการปฏิบัติทั่วไป นำกระสอบปุยของปุยที่ต้องการชั่งตัวอย่างวางนอนราบลงกับพื้น ใช้หลาวแทงตรงมุมกระสอบปุยในแนวเส้นทแยงมุม ดึงเอาปุยออกมาใส่ภาชนะที่จัดเตรียมไว้โดยเฉพาะ ทำการแทงทั้งสองข้างให้ได้ปุยขนาด 1 กิโลกรัม ผสมคลุกเคล้ากัน ใส่ถุงพลาสติกปิดปากให้สนิท (วิธีการชั่งตัวอย่างนี้ดำเนินการตามคำแนะนำของกลุ่มงานวิเคราะห์ปุย กองเกษตรเคมี กรมวิชาการเกษตรได้เช่นกัน)

2) การชั่งตัวอย่างปุย ชั่งตัวอย่างปุยที่ได้จากการสุ่มและชั่งตัวอย่างดังกล่าวแล้วขนาดจำนวน 200 กรัม โดยใช้เครื่องชั่งงานเดียวซึ่งมีความแม่นยำขนาด 0.1 กรัม

3) นำปุยที่ชั่งแล้วไปใส่ในชุดของตะแกรงร่อนขนาด 6, 8, 10, 14, 20 เมช (ระบบ Tyler) ปากกว้าง 8 นิ้ว สูง 2 นิ้ว ซึ่งวางซ้อนกันตามลำดับในแนวตั้งพร้อมกับปิดฝาด้านบน และมีถาดรองด้านล่างสุด ถัดจากนั้นนำชุดตะแกรงไปเขย่าด้วยเครื่อง shaker โดยมีความแรงของการเขย่าที่ระดับ 8 เป็นเวลานาน 5 นาที

4) นำเอาปุยที่เหลือด้านบนตะแกรงแต่ละขนาดไปชั่ง นำไปคำนวณหาปริมาณของขนาดเม็ดปุยที่ค้างอยู่ในตะแกรงแต่ละเบอร์เป็นเปอร์เซ็นต์ เรียกว่า Weight Percent on Sieve (WPS) ซึ่งมีสูตรการคำนวณคือ

$$\text{สูตร} \quad \text{WSP} = \frac{\text{น้ำหนัก (g) บน Sieve}}{\text{น้ำหนักทั้งหมด (g) ของตัวอย่าง}} \times 100$$

5) บันทึกผลการวิเคราะห์ที่ได้ สำหรับการบันทึกขนาดของเม็ดปุยทั้งหมดจะบอกเพียงว่าผ่านหรือไม่ผ่านตะแกรง หากไม่ผ่านใช้เครื่องหมาย + หน้าเบอร์ตะแกรงและถ้าผ่านใช้เครื่องหมาย - หน้าเบอร์ตะแกรง เช่น -6+8 M อ่านว่าผ่านตะแกรงเบอร์ 6 แต่ไม่ผ่านตะแกรงเบอร์ 8 เป็นต้น

**6.3 การแยกตัวของปุย (Segregation)** การแยกตัวของปุยเป็นสมบัติทางฟิสิกส์ประการหนึ่ง โดยเฉพาะปุยผสมแบบคลุกเคล้าซึ่งหมายถึงลักษณะของปุยผสมที่มีส่วนผสมไม่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันตลอด เนื่องจากถูกชักนำ (induce) ด้วยการขนถ่าย (handling) หรือปัจจัยอื่น Hoffmeister, (1962 & 1973)

**6.4 ความแข็งของปุ๋ย** ความแข็งของเม็ดปุ๋ยเป็นคุณสมบัติทางฟิสิกส์ที่สำคัญประการหนึ่ง เพราะเม็ดปุ๋ยที่เม็ดแข็งไม่แตกหรือถลอกเป็นฝุ่นได้ง่ายเป็นคุณสมบัติที่ดี Hoffmeister (1978) ได้กล่าวว่าความแข็งที่นิยามศึกษามีอยู่ด้วยกัน 3 ประการคือ 1) Crushing strength 2) Resistance to abrasion (sloughing) 3) Impact

การทดสอบความแข็งของเม็ดปุ๋ยด้วยวิธีใดวิธีหนึ่งก็เป็นการเพียงพอแก่การรับรองแล้วโดยทั่วไปที่ใช้กันกว้างขวางและง่ายแก่การปฏิบัติคือ crushing strength ซึ่งระดับของการวัดมีตั้งแต่ง่ายสุด คือใช้แรงกดนิ้วมือจนถึงการใช้เครื่องมือกล สำหรับการวัดความแข็งประเภทนี้ในเชิงปริมาณนั้นใช้อุปกรณ์เครื่องมือที่เรียกว่า compression testers ซึ่งมีหลายแบบด้วยกัน เม็ดปุ๋ยที่นำมาทดสอบต้องมีขนาดเท่ากับจำนวนตั้งแต่ 10 เม็ดขึ้นไป แล้วหาค่าเฉลี่ย การที่ต้องนำเม็ดปุ๋ยขนาดเท่ากันมาหาความแข็งเพราะว่าความแข็งจะเพิ่มเมื่อขนาดใหญ่ขึ้น เช่น มีการทดลองของ TVA พบว่า triple superphosphate จากโรงงานต่างๆ 4 โรงงาน crushing strength จะเพิ่มจาก 2 เท่าเป็น 3 เท่า เมื่อขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางเพิ่มจากขนาด 1.5 มม. (-10 + 10 mesh) เป็นขนาด 3.0 มม. (-6+7 mesh) TVA (1970) ได้เสนอวิธีการมาตรฐานของ TVA ในการหา crushing strength โดยทำการใช้ตะแกรงร่อนให้ช่วงของขนาดแคบลง ขนาด -7+8 mesh ก่อนที่จะนำไปทดสอบ จากทดลองพบว่าเม็ดปุ๋ยที่แตกง่ายคือ ยูเรียเม็ดกลม ซึ่งมี crushing strength ระหว่าง 2 ถึง 2.8 lb เท่านั้น เป็นดัชนีชี้ให้เห็นว่ายูเรียเม็ดกลม แตกตัวและกลายเป็นฝุ่นในระหว่างขนย้ายได้ง่าย

จากข้อมูลนี้พบว่า Granular urea มีความแข็งแรงมากกว่า (มากกว่า 7.5 lb) ซึ่งประเด็นนี้เป็นข้อได้เปรียบของปุ๋ยชนิดนี้ สำหรับปุ๋ย DAP นั้นมีความแข็งตั้งแต่ 6 lb กว่าจนถึง 11.5 lb จากข้อมูลนี้สรุปได้ว่า ปุ๋ยที่มีความแข็งน้อยกว่า 3 lb (ขนาด -7+8 mesh) จะแตกหักได้ง่ายในระหว่างการขนย้าย

ความแข็งของปุ๋ยตั้งแต่ 5 lb ขึ้นไปจะมีความเหมาะสมหรือสรุปได้ว่าวัสดุปุ๋ยที่นำมาผสมเป็นปุ๋ยผสมและปุ๋ยแบบคลุกเคล้าควรมีความแข็งขนาดนี้จึงจะทนทานต่อการกระทบกระเทือนจากการขนย้ายได้ดี สำหรับการหาความแข็งโดยใช้นิ้วมือนั้น Fruhstorfer (1961) ได้อธิบายวิธีหาความแข็งของเม็ดปุ๋ยและให้ระดับความแข็งไว้ดังนี้

**6.4.1 Soft hardness** หมายถึง เม็ดปุ๋ยที่แตกเมื่อกดด้วยแรงระหว่างนิ้วชี้และหัวแม่มือ

**6.4.2 Medium hardness** หมายถึง เม็ดปุ๋ยที่แตกเมื่อกดด้วยนิ้วชี้กดเม็ดปุ๋ยลงบนพื้นผิวแข็ง

**6.4.3 Hard hardness** หมายถึง ขนาดเม็ดปุ๋ยที่ดำเนินการใส่นิ้วชี้กดเม็ดปุ๋ยลงบนพื้นผิวแข็งแล้วเม็ดปุ๋ยไม่แตก

## 6.5 สมบัติที่สำคัญของแม่ปุ๋ยเคมีที่มีผลต่อปุ๋ยเคมีแบบคลุกเคล้า

ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดมีสมบัติทางเคมีและกายภาพแตกต่างกัน สมบัติเหล่านี้เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพในการใช้ปุ๋ยเคมี เช่น ใช้ปุ๋ยให้เหมาะกับสภาพของดิน พืชที่ปลูก และสภาพแวดล้อม นอกจากนี้ การรู้จักถึงคุณสมบัติของปุ๋ยยังทำให้เราสามารถเก็บรักษาปุ๋ยอย่างถูกวิธีอีกด้วย

**6.5.1 ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต (critical relative humidity)** เป็นสมบัติที่บ่งบอกถึงการที่ปุ๋ยเคมีจะดูดความชื้นได้ง่ายหรือยาก ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยชนิดหนึ่ง หมายถึง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศรอบๆอนุภาคหรือเม็ดปุ๋ยนั้นซึ่งหากเพิ่มให้สูงกว่าค่านี้แล้วปุ๋ยจะเริ่มดูดความชื้น ดังนั้น เมื่อปุ๋ยชนิดหนึ่งอยู่ในบริเวณที่อากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยนั้นเพียงเล็กน้อย ปุ๋ยนั้นก็จะดูดความชื้น

ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิด มีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต ณ อุณหภูมิที่กำหนดแตกต่างกัน (ตารางที่ 2.10) ปุ๋ยใดมีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตต่ำจะขึ้นง่ายกว่าปุ๋ยที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตสูง ยกตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิ 30°C ปุ๋ยแคลเซียมไนเตรดที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต 46.7 จะดูดความชื้นได้ง่ายกว่าปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรดที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤต 90.50 เป็นต้น

สำหรับปุ๋ยที่ขึ้นง่าย ถ้าหากความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงกว่าความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ย จะทำให้ความชื้นในอากาศแทรกซึมเข้าไปในเนื้อปุ๋ยทำให้ขึ้น ประกอบกับมีแรงกดจากปุ๋ยด้านบนและด้านข้าง จึงทำให้ผิวของอนุภาคหรือเม็ดปุ๋ยข้างเคียงซึ่งขึ้นมีเนื้อเชื่อมกัน เมื่ออากาศแห้งปุ๋ยจึงจับเป็นปึกหรือจับเป็นก้อน เป็นเหตุให้มีสภาพไม่ร่วนเหมือนเดิม หากนำมาหว่านในแปลงปลูกพืชขณะเป็นก้อน การกระจายของปุ๋ยในพื้นที่ขอมไม่สม่ำเสมอ

การป้องกันมิให้ปุ๋ยจับเป็นก้อน ทำได้ 2 วิธีคือ 1) ผสมสารปรับสภาพปุ๋ย (conditioner) หรือที่เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สารด้านการจับเป็นก้อน (anticaking agent) ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต และ 2) บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่กันความชื้น เช่น การบรรจุกระสอบ ก็ใช้ถุงชั้นในที่ป้องกันการแทรกซึมของความชื้นได้ดี

ตารางที่ 2.10 ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ยที่อุณหภูมิ 3 ระดับ

ปุ๋ย	ความชื้นสัมพัทธ์วิกฤตของปุ๋ย		
	20 °C	30 °C	40 °C
ยูเรีย	80.0	72.5	68.0
แอม โมเนียมไนเตรด	66.9	59.4	52.5
แอม โมเนียมคลอไรด์	79.3	77.2	73.7
แอม โมเนียมซัลเฟต	81.1	79.2	78.2
แคลเซียมไนเตรด	54.4	46.7	35.5
โมโนแอม โมเนียมฟอสเฟต	91.7	91.6	90.3
โมโนแคลเซียมฟอสเฟต	94.1	94.7	94.5
โมโนโพแทสเซียมฟอสเฟต	96.2	92.9	92.9
โพแทสเซียมไนเตรด	92.7	90.5	87.9
โพแทสเซียมคลอไรด์	85.7	84.0	81.2
โพแทสเซียมซัลเฟต	98.5	96.3	95.7

ที่มา : Mortvedt et al. (1999)

**6.5.2 การละลายน้ำได้ (solubility)** สภาพละลายน้ำได้ของปุ๋ย หมายถึง น้ำหนักของปุ๋ยที่ละลายในน้ำ 100 กรัม ได้สารละลายที่อิ่มตัว ปุ๋ยเคมีแต่ละชนิดมีสภาพละลายน้ำได้แตกต่างกัน ดังตารางที่ 2.11 ยกตัวอย่างเช่น ยูเรียมีสภาพละลายน้ำได้ 78.0 (5°C) กรัม/น้ำ 100 กรัม หมายความว่าในน้ำ 100 กรัม (10 มิลลิลิตร) ยูเรียสามารถละลายน้ำได้ 78.0 กรัม ที่อุณหภูมิ 5°C ปุ๋ยเคมีที่มีสภาพละลายน้ำได้สูง เมื่อนำมาละลายน้ำก็จะได้สารละลายที่สมบูรณ์ สามารถใช้เป็นปุ๋ยฉีดพ่นทางใบได้ดี หรือถ้าต้องการเตรียมปุ๋ยเคมีเพื่อใช้ในการฉีดพ่นทางใบ ก็สามารถคำนวณน้ำหนักปุ๋ยที่ต้องการใช้ได้จากค่าสภาพละลายน้ำได้เช่นกัน เช่น ต้องการเตรียมปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรด ซึ่งมีสภาพละลายน้ำได้ 31.6 (20°C) กรัม/น้ำ 100 กรัม แสดงว่า ถ้าต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมไนเตรดละลายได้อย่างสมบูรณ์ในน้ำ 100 มิลลิลิตร ต้องชั่งปุ๋ยมา 31.6 กรัม เป็นต้น

ตารางที่ 2.11 สภาพละลายน้ำของปุ๋ยเคมีบางชนิด (ที่อุณหภูมิในวงเล็บต่อท้าย)

ปุ๋ยเคมี	ปริมาณธาตุอาหาร	สภาพละลายน้ำได้ (กรัม/น้ำ 100 กรัม)
ยูเรีย	46.6 % N	78.0 (5 °C)
แอม โมเนียม ไนเตรต	35.0 % N	118.3 (0°C)
แอม โมเนียม ซัลเฟต	21.2 % N	70.6 (0°C)
โมโนแอม โมเนีย ฟอสเฟต	12.2 % N, 61.7 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	22.7 (0°C)
ไดแอม โมเนีย ฟอสเฟต	21.2 % N, 53.8 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	57.5 (10°C)
โพแทสเซียม เทรต	13.8 % N, 46.6 % K <sub>2</sub> O	31.6 (20°C)
โพแทสเซียม คลอไรด์	60.0 % K <sub>2</sub> O	34.7 (20°C)
โพแทสเซียม ซัลเฟต	54.0 % K <sub>2</sub> O	11.1 (20°C)

ที่มา : Mortvedt et al. (1999)

#### 6.6 การคำนวณสูตรปุ๋ยเพื่อการผลิตปุ๋ยผสม การคำนวณสูตรปุ๋ยมี 2 แบบ คือ

1) คำนวณสูตรปุ๋ยเพื่อการผสมปุ๋ยใช้เอง ให้คำนวณให้ตรงตามสูตรปุ๋ย และ 2) คำนวณสูตรปุ๋ยเพื่อผลิตปุ๋ยผสมเพื่อการค้า ให้คำนวณเพื่อปริมาณธาตุอาหารเล็กน้อย เช่น ต้องการผสมสูตร 15-15-15 ก็ต้องกำหนด 15.1-15.1-15.1 หรือมากกว่านี้ เพื่อชดเชยความบกพร่องซึ่งอาจเกิดจากการผสม ทำให้ปุ๋ยผสมยังคงเป็นสูตรซึ่งไม่ต่ำกว่า 15-15-15 ตามที่ระบุไว้ในฉลาก หากไม่เพื่อไว้ตั้งแต่ต้นและเกิดความผิดพลาดในการผสม อาจทำให้ปุ๋ยผสมที่นำไปจำหน่าย เป็นปุ๋ยเคมีผิดมาตรฐานหรือปุ๋ยปลอม ซึ่งผิดกฎหมาย

สำหรับแม่ปุ๋ยซึ่งนิยมใช้ในการผลิตปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า ได้แก่ ไดแอม โมเนียม ฟอสเฟต ยูเรีย (ปุ๋ยเม็ด) และ โพแทสเซียม คลอไรด์ (ปุ๋ยเม็ด) เมื่อกำหนดสูตรปุ๋ยและปริมาณที่ต้องการกับชนิดของแม่ปุ๋ยที่จะใช้ผสมแล้ว ก็คำนวณหาปริมาณแม่ปุ๋ยแต่ละชนิด ซึ่งมี 3 ขั้นตอนคือ

6.3.1 หาน้ำหนักของแม่ปุ๋ยแต่ละชนิด ที่ให้ธาตุอาหารตรงตามสูตรปุ๋ยผสม

6.3.2 รวมน้ำหนักของแม่ปุ๋ยเข้าด้วยกันและ

6.3.3 หากน้ำหนักรวมของแม่ปุ๋ยยังไม่ครบตามน้ำหนักของปุ๋ยผสมที่ตั้งไว้ ก็ใส่

สารเติมน้ำหนักลงไปจนครบ

สำหรับสารเติมน้ำหนักไม่ใช่ปุ๋ย แต่เป็นสารที่มีเม็ดขนาดใกล้เคียงกับเม็ดปุ๋ย นำมาใส่เพื่อให้ได้น้ำหนักครบตามที่กำหนด

### 6.7 ความคุมมาตรฐานปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า

ปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าจะมีคุณภาพดีก็ต่อเมื่อ ปริมาณธาตุอาหารถูกต้องตามสูตร และสมบัติทาง กายภาพดี ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบ 3 ประการ คือ วัตถุประสงค์ กระบวนการผลิตมีความถูกต้องและการ โยกย้ายถ่ายเทถูกวิธี ดังนั้นจึงต้องใช้ความระมัดระวังให้เกิดความถูกต้องในทุกขั้นตอน เพื่อให้ปุ๋ยผสมที่ ผลิตมีคุณภาพด้านธาตุอาหารถูกต้อง การปฏิบัติที่จะช่วยให้ปุ๋ยผสมมีสมบัติทางกายภาพคืออยู่เสมอ นั้น มีอยู่ ดังนี้

- 1) พยายามป้องกันมิให้ปุ๋ยที่ดูความชื้นง่าย สัมผัสกับอากาศที่มีความชื้นสัมพัทธ์สูง ในระหว่างเก็บและขนย้ายถ่ายเท
- 2) หลีกเลี่ยงการผสมแม่ปุ๋ยที่ไม่เข้ากันทางเคมี
- 3) ในทุกขั้นตอนของ การปฏิบัติและในทุกส่วนของกระบวนการผลิต ควรหลีกเลี่ยงการใช้แรงกระทำต่อปุ๋ยมากเกินไปจนเม็ดปุ๋ยแตก

ในระหว่างการผลิตควรสุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปุ๋ยที่ผลิตในแต่ละคราว เพื่อส่งไปวิเคราะห์ปริมาณ ธาตุอาหาร นำผลการวิเคราะห์มาใช้ประโยชน์ 2 ด้าน คือ 1) ประเมินผลการดำเนินงานว่ามีความถูกต้องหรือไม่ หากบกพร่องในส่วนใดจะได้รับแก้ไข ซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการควบคุมคุณภาพ (quality control, QC) ขององค์กร และ 2) เป็นหน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตเกี่ยวกับปุ๋ย ในพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 หมวด 3 ซึ่งกำหนดอย่างชัดเจนในมาตรา 21 เรื่องให้ผู้รับใบอนุญาตปุ๋ยเคมีเพื่อการค้าปฏิบัติ ดังข้อความในวรรค 3 ว่า “จัดให้มีการวิเคราะห์ปุ๋ยเคมีทุกครั้ง ที่ผลิตขึ้น ก่อนนำออกจากสถานที่ผลิต โดยมีหลักฐาน แสดงรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ทุกครั้ง ซึ่งต้องเก็บรักษาไว้ไม่น้อยกว่าสิบปี

**6.8 วัตถุประสงค์ ปุ๋ยผสมแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกันจะผ่านเกณฑ์ด้านคุณภาพทั้งสองประการ ได้ก็ต่อเมื่อ ผู้ประกอบการได้รับแม่ปุ๋ยคุณภาพสูงจากผู้ผลิต สำหรับโรงงานผสมปุ๋ยบางแห่งมีห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทางเคมี ก็สามารถตรวจสอบคุณภาพด้านธาตุอาหารของแม่ปุ๋ยได้ แต่ส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาผลการวิเคราะห์จากผู้ผลิต หรือ ห้องปฏิบัติการของส่วนราชการสำหรับความถูกต้องด้านเกรดของปุ๋ยผสมที่ผลิตออกมาขึ้นอยู่กับความเชื่อถือของผลการวิเคราะห์ที่รายงานมาพร้อมกับการส่งมอบแม่ปุ๋ยนั้น**

**6.9 กระบวนการผลิต การควบคุมมาตรฐานการผลิตเริ่มจากความถูกต้องของการคำนวณหาปริมาณของแม่ปุ๋ยแต่ละอย่างอันเป็นส่วนผสม (formulation) ความถูกต้องของการชั่งแม่ปุ๋ย ความสมบูรณ์ของการผสม และ ความสำเร็จของการป้องกันการแยกตัวภายหลังการผสม**

ปัญหาใหญ่ประการหนึ่งของการผลิตปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าก็คือ ต้องพยายามรักษาคุณภาพด้าน ธาตุอาหารให้อยู่ในเกณฑ์คลาดเคลื่อนที่รัฐกำหนดไว้ ผลการวิจัยด้านข้อบกพร่องในการผสมพบว่า ความคลาดเคลื่อนในด้าน การชั่งน้ำหนักปุ๋ย อันเนื่องมาจากการทำงานของตาชั่ง และเครื่องผสม แม้จะมีบ้างแต่ก็ไม่มีความสำคัญเท่าใดนัก กล่าวคือ ในส่วนของระบบการชั่งปุ๋ยนั้น ถ้าทำความสะอาดให้ดี และตรวจสอบความเที่ยงตรงเป็นครั้งคราว ก็สามารถเชื่อถือผลการชั่งได้แล้ว สำหรับการผสมแทบจะไม่มีก่อให้เกิดปัญหาใดๆ เลย เนื่องจากเวลาที่ใช้เพียง 2-3 นาทีนั้น เครื่องผสมมาตรฐานโดยทั่วไปก็สามารถ คลุกเคล้าแม่ปุ๋ยทั้งหมดให้เข้ากันอย่างสม่ำเสมอ



## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การดำเนินการวิจัยครั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้น ของปุ๋ยเคมีคลุกเคล้า 3 สูตรปุ๋ยที่ผลิตโดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟตที่แตกต่างในด้านเทคนิคกระบวนการผลิตต่างกัน 2 วิธีได้แก่ (1) แอมโมเนียมซัลเฟตการผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า (2) แอมโมเนียมซัลเฟตการผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่

#### 1. อุปกรณ์การทดลอง

##### 1.1 แม่ปุ๋ย 5 ชนิด ได้แก่

1.1.1 แอมโมเนียมซัลเฟต ( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ; Ams ) แบ่งออกได้ 2 กลุ่มคือ

- 1) ผสมปุ๋ยสูตรโดยใช้ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า  
(Ams เก่า)
- 2) ผสมปุ๋ยสูตรโดยใช้ แอมโมเนียมซัลเฟต ที่ผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่  
(Ams ใหม่)

1.1.2 ยูเรีย Urea

1.1.3 ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต Diammonium phosphate (DAP)

1.1.4 โพแทสเซียมคลอไรด์ Potassium chloride (MOP)

1.1.5 แมกนีเซียมออกไซด์ Magnesium oxide (MgO)

1.2 กระจกบรจุปุ๋ย

1.3 เครื่องชั่งน้ำหนัก

1.4 รถโฟล์คลิฟ



## 2. แผนการทดลอง

- 2.1 ทดลองเปรียบเทียบผลของการใช้แอมโมเนียมซัลเฟต 2 แหล่ง
  - 2.1.1 แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า (Ams เก่า)
  - 2.1.2 แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ (Ams ใหม่)
- 2.2 สำหรับปริมาณธาตุอาหารในแม่ปุ๋ยแต่ละชนิด แสดงในตารางที่ 3.1
- 2.3 ทำการวัดขนาดของเม็ดปุ๋ยแต่ละชนิดก่อนทำการผสมเป็นสูตรแบบคลุกคล้า แสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 ปริมาณธาตุอาหารในแม่ปุ๋ยที่นำมาผสมเป็นสูตรปุ๋ย (ปุ๋ยผสมแบบคลุกคล้า)

ลำดับที่	ปุ๋ย	ปริมาณธาตุอาหาร				
		%N	%P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%K <sub>2</sub> O	%MgO	%S
1.	Ammonium sulfate (21-0-0)	21				24
2.	Urea (46-0-0)	46				
3.	Diammonium phosphate (DAP) (18-46-0)	18	46			
4.	Potassium chloride (MOP) (0-0-60)			60		
5.	Magnesium oxide (MgO) 27MgO+16S				27	16

ตารางที่ 3.2 ผลของการวัดขนาดของเม็ดปุ๋ยก่อนการผสมสูตรปุ๋ย (ปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้า)

ลำดับ	ปุ๋ย	ขนาดเม็ดปุ๋ย (%)				รวม	ความหนาแน่น รวม (กก./ลบ.ม.)
		< 1 มม.	1-2 มม.	2-4 มม.	>4 มม.		
1	Ammonium sulfate (21-0-0)						
	1.1 เทคนิคแบบเก่า	1.26%	6.44%	86.02%	6.28%	100%	834
	1.2 เทคนิคปรับปรุงใหม่	0.12%	2.28%	84.25%	13.35%	100%	879
2	Urea (46-0-0)	0.00%	0.08%	93.32%	6.60%	100%	694
3	Diammonium phosphate (DAP) (18-46-0)	0.00%	0.56%	98.26%	1.18%	100%	942
4	Potassium chloride (MOP) (0-0-60)	0.08%	2.06%	81.64%	16.22%	100%	1008
5	Magnesium oxide (MgO) 27MgO+16S	0.00%	0.36%	96.32%	3.32%	100%	885

2.4 ผสมปุ๋ยแบบคลุกเคล้าโดยใช้แอมโมเนียมซัลเฟตการผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า (Ams เก่า) และแอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ (Ams ใหม่) ชนิดละ 3 สูตร ทำให้ได้ทรีตเมนต์ 6 ทรีตเมนต์ ดังนี้

#### 2.4.1 ผสมปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ได้แก่

1) สูตร 15-15-15+1MgO+7S แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า (Ams เก่า) จำนวน 8 กระสอบ แต่ละกระสอบบรรจุ 50 กิโลกรัม

2) สูตร 15-15-15+1MgO+7S แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ (Ams ใหม่) จำนวน 8 กระสอบ แต่ละกระสอบบรรจุ 50 กิโลกรัม

#### 2.4.2 ผสมปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S ได้แก่

1) สูตร 22-5-18+1MgO+4S แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า (Ams เก่า) จำนวน 8 กระสอบ แต่ละกระสอบบรรจุ 50 กิโลกรัม

2) สูตร 22-5-18+1MgO+4S แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ (Ams ใหม่) จำนวน 8 กระสอบ แต่ละกระสอบบรรจุ 50 กิโลกรัม

### 2.4.3 ผสมสูตร 27-12-6+1MgO+4S ได้แก่

- 1) สูตร 27-12-6+1MgO+4S แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า (Ams เก่า) จำนวน 8 กระสอบ แต่ละกระสอบบรรจุ 50 กิโลกรัม
- 2) สูตร 27-12-6+1MgO+4S แอมโมเนียมซัลเฟต การผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ (Ams ใหม่) จำนวน 8 กระสอบ แต่ละกระสอบบรรจุ 50 กิโลกรัม

### 2.5 ตามสัดส่วนผสมปุ๋ยในแม่ปุ๋ยแต่ละตัว แสดงในตารางที่ 3.3

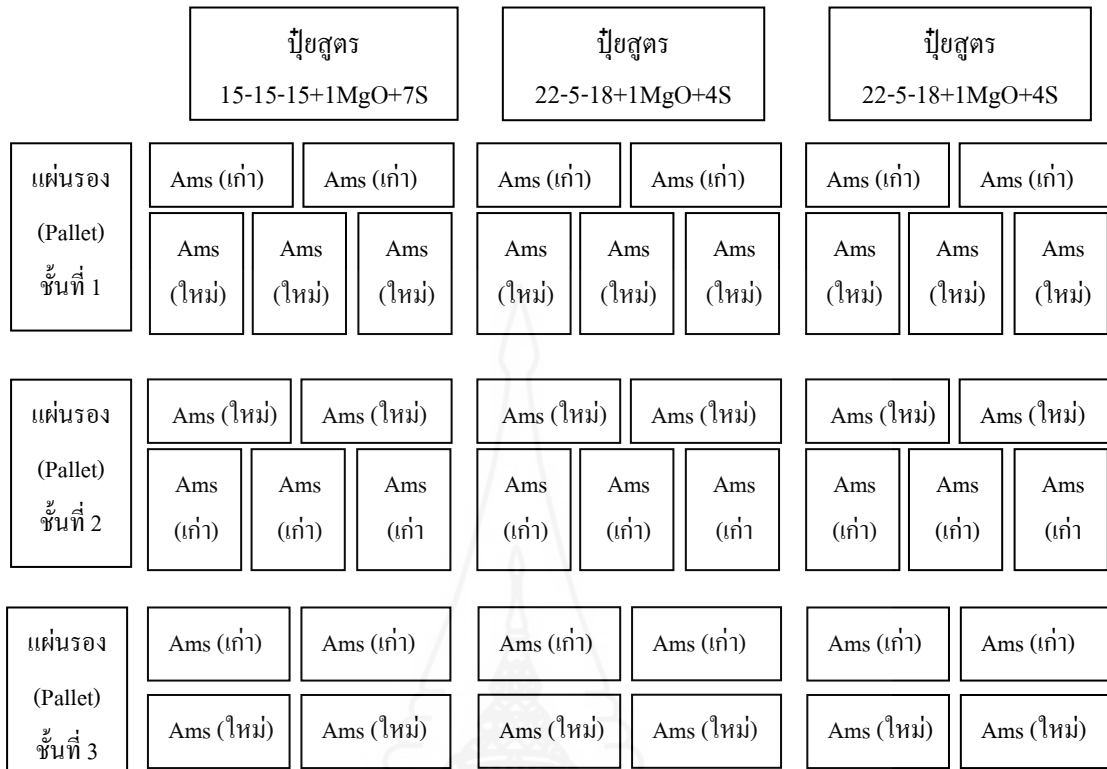
ตารางที่ 3.3 สัดส่วนผสมแม่ปุ๋ยแต่ละตัวในปุ๋ยผสมแบบคลุมเคล้าในแต่ละสูตร

สูตรปุ๋ย	สัดส่วนผสม (กก.)					หนักรวม (กก.)
	AMS	Urea	DAP	MOP	MgO	
	21-0-0	46-0-0	18-46-0	0-0-60	27MgO+16S	
15-15-5+1MgO+7S	143	40	170	127	20	500
22-5-18+1MgO+4S	85	185	58	152	20	500
27-12-6+1MgO+4S	80	212	135	53	20	500

2.6 การเก็บรักษา โดยการวางซ้อนสูง 3 ชั้น ในแต่ละชั้นจัดวางสลับกันระหว่าง Ams ผสมด้วย เทคนิคปรับปรุงและผสม Ams ด้วยเทคนิคแบบเก่า รวมตัวอย่างทั้งหมดที่จัดเก็บรักษา 14 กระสอบ ต่อปุ๋ย 1 สูตร (ตามแผนผังแสดงในภาพที่ 3.1) จากตัวอย่างทั้งหมด 16 กระสอบ หลังจากผสมปุ๋ยเสร็จแล้วทำการเก็บตัวอย่าง 2 กระสอบ เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารก่อนการจัดเก็บรักษาในแต่ละสูตร แบ่งเก็บตัวอย่างดังนี้

2.6.1 Ams ผสมด้วยเทคนิคปรับปรุงใหม่ จำนวน 1 กระสอบ

2.6.2 Ams ผสม ด้วยเทคนิคแบบเก่า จำนวน 1 กระสอบ



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงการเก็บรักษาปุ๋ยที่ผสมแล้ว

### 3. การเก็บข้อมูล

3.1 การเก็บตัวอย่างปุ๋ยก่อนการเก็บรักษาและหลังการเก็บรักษาทุก 1 เดือน เป็นระยะเวลา 7 เดือน โดยวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารและความชื้น ได้แก่

3.1.1 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ไนโตรเจนทั้งหมด (%N)

3.1.2 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

3.1.3 วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร โพแทชที่ละลายน้ำ (%K<sub>2</sub>O)

3.1.4 วิเคราะห์ปริมาณความชื้น

3.2 การแบ่งตัวอย่างปุ๋ยเพื่อวิเคราะห์ การแบ่งตัวอย่างปุ๋ยน้ำหนัก 50 กิโลกรัม โดยแบ่งตัวอย่างให้เหลือปุ๋ยน้ำหนัก 1.56 กิโลกรัม นำส่งห้องปฏิบัติการโดยวิธีการแบ่งตัวอย่างดังนี้

3.2.1 เปิดปากกระสอบปุ๋ย เทลงในถังรองรับจนหมดทั้งกระสอบ แล้วเกลี่ยให้เรียบ

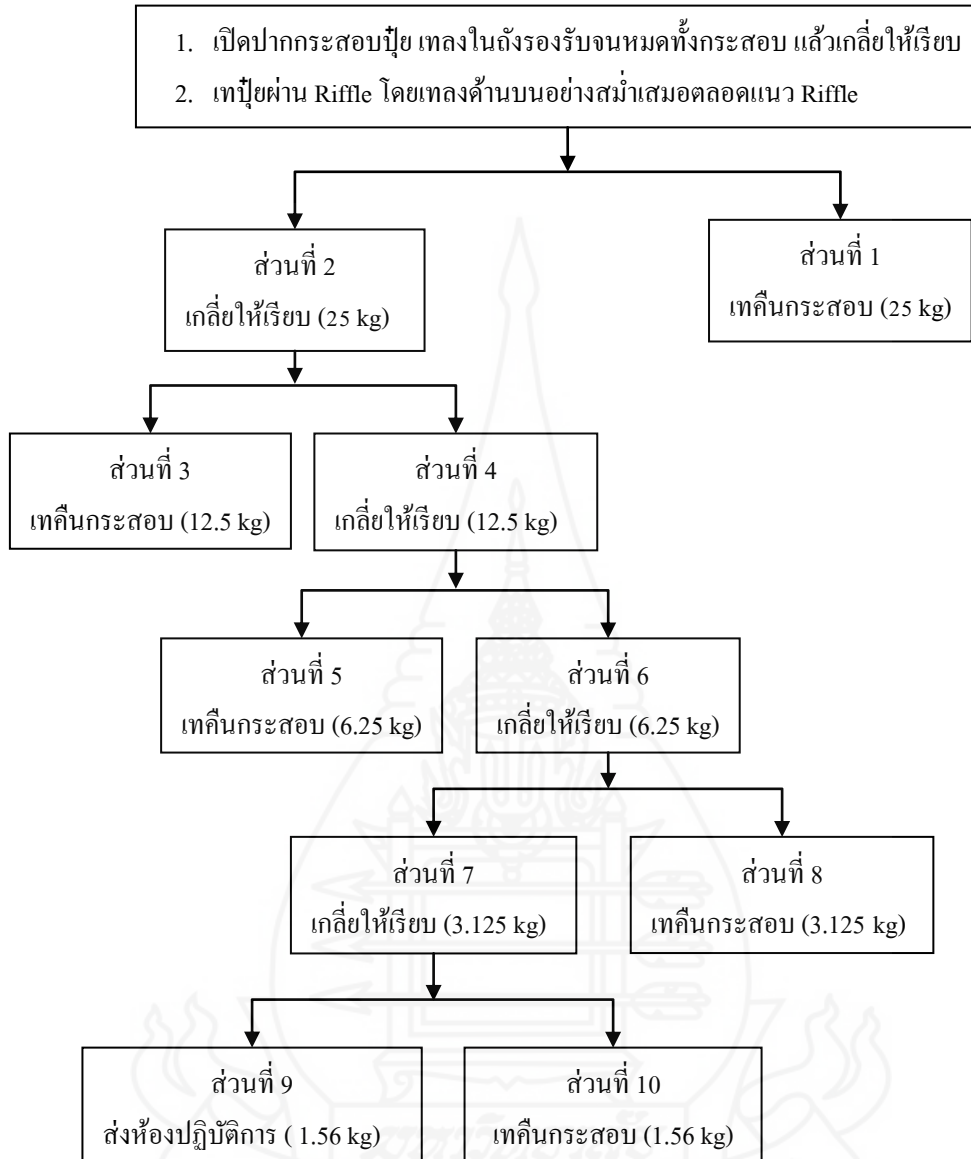
3.2.2 เทปุ๋ยผ่าน Riffle โดยเทลงด้านบนอย่างสม่ำเสมอตลอดแนว Riffle

3.2.3 เทปุ๋ย 50 กิโลกรัม ผ่าน Riffle แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 จำนวน 25 กิโลกรัม เทคีนกระสอบ และ ส่วนที่ 2 จำนวน 25 กิโลกรัม  
 ส่วนที่ 2 จำนวน 25 กิโลกรัม ทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน จะได้ปุ๋ย ส่วนที่ 3  
 จำนวน 12.5 กิโลกรัม เทคีนกระสอบ ส่วนที่ 4 จำนวน 12.5 กิโลกรัม  
 ส่วนที่ 4 จำนวน 12.5 กิโลกรัม ทำแบ่งเป็น 2 ส่วน จะได้ปุ๋ยส่วนที่ 5  
 จำนวน 6.25 กิโลกรัม เทคีนกระสอบ ส่วนที่ 6 จำนวน 6.25 กิโลกรัม  
 ส่วนที่ 6 จำนวน 6.25 กิโลกรัม ทำแบ่งเป็น 2 ส่วน จะได้ปุ๋ยส่วนที่ 7  
 จำนวน 3.125 กิโลกรัม และ ส่วนที่ 8 จำนวน 3.125 กิโลกรัม เทคีนกระสอบ  
 ส่วนที่ 7 จำนวน 3.125 กิโลกรัม ทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน จะได้ปุ๋ยส่วนที่ 9  
 จำนวน 1.56 กิโลกรัม ส่งไปวิเคราะห์ห้องปฏิบัติการ ส่วนที่ 10 จำนวน 1.56 กิโลกรัม เทคีน  
 กระสอบ



แผนภูมิขั้นตอนการแบ่งตัวอย่าง



### 3.3 รายการที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

#### 3.3.1 วิเคราะห์ปริมาณ *Moisture* (%)

วิธีการทดสอบ In-house Method based on OMAF (1987) 6.1.1

#### 3.3.2 วิเคราะห์ปริมาณ *Total Nitrogen* (%)

วิธีการทดสอบ In-house Method based on OMAF (1987) 4.1.1.1

#### 3.3.3 วิเคราะห์ปริมาณ *Available Phosphate* (%)

วิธีการทดสอบ In-house Method based on AOAC (2005) 960.02

### 3.3.4 วิเคราะห์ปริมาณ *Water Soluble Potash (%)*

วิธีการทดสอบ In-house Method based on OMAF (1987) 4.4.3

### 3.3.5 วิเคราะห์ปริมาณ *Magnesium Oxide (%)*

วิธีการทดสอบ In-house Method based on OMAF (1987) 4.6.2

### 3.3.6 วิเคราะห์ปริมาณ *Sulphur (%)*

วิธีการทดสอบ In-house Method based on Standard Methods for the Examination of water and Wastewater (2005) 4500 E

## 4. การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบข้อมูลปริมาณธาตุอาหาร ความชื้น และของปฏึกแต่ละสูตรที่เก็บแต่ละเดือน โดย T-test แบบจับคู่

## 5. สถานที่ทำวิจัย

ตำบลทุ่งสุขลา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

## 6. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาทำการวิจัย เดือนกรกฎาคม 2555 - เดือนมีนาคม 2556



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

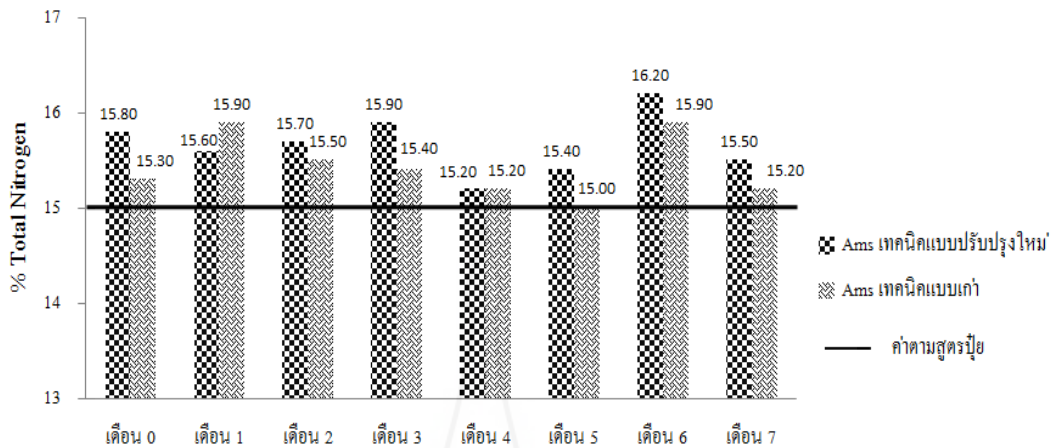
การทดลองเปรียบเทียบแอมโมเนียมซัลเฟต จาก 2 แบบที่แตกต่างในด้านเทคนิค กระบวนการผลิตโดยผสมปุ๋ยสูตรละ 8 กระสอบ คือ ปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S และปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S ทุก 1 เดือนเก็บตัวอย่าง 1 ตัวอย่างต่อปุ๋ย 1 สูตร เป็นเวลา 7 เดือน เพื่อเปรียบเทียบผลต่อการเปลี่ยนแปลงในของปริมาณธาตุอาหารของปุ๋ยแบบผสม คลุกเคล้า จากการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการ

#### 1. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S

##### 1.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)

ผลวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.16 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 15.66 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 15.43 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.11 และ 0.10 ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมดที่รับรองตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน พบว่าผลวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.1 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือนอย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน



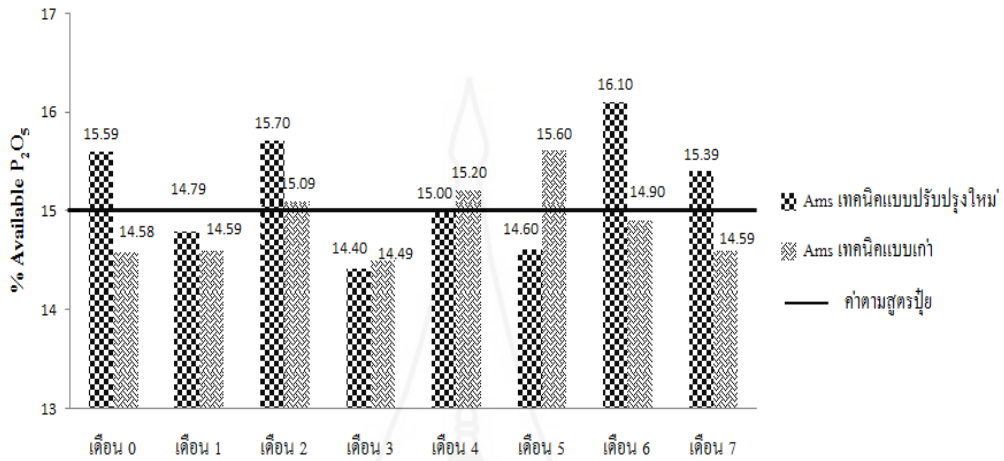


ภาพที่ 4.1 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปรอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด

## 1.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available $P_2O_5$ )

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.23 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัส ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่างที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 15.20 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 14.88 ซึ่งค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มากกว่าสูตรรับรองตามสูตร จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง และค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์น้อยกว่าสูตรรับรองตามสูตร จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุดมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ตามเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2551 นอกจากนี้ในระยะเวลาการจกเก็บ 7 เดือนแล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย อาจเกิดจากการแยกชั้นจากการเก็บตัวอย่างในปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าที่ชุดเดียวกันที่นำมาผสมในสูตร เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.2 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปรอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน

อย่างไรก็ตามปริมาณเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน

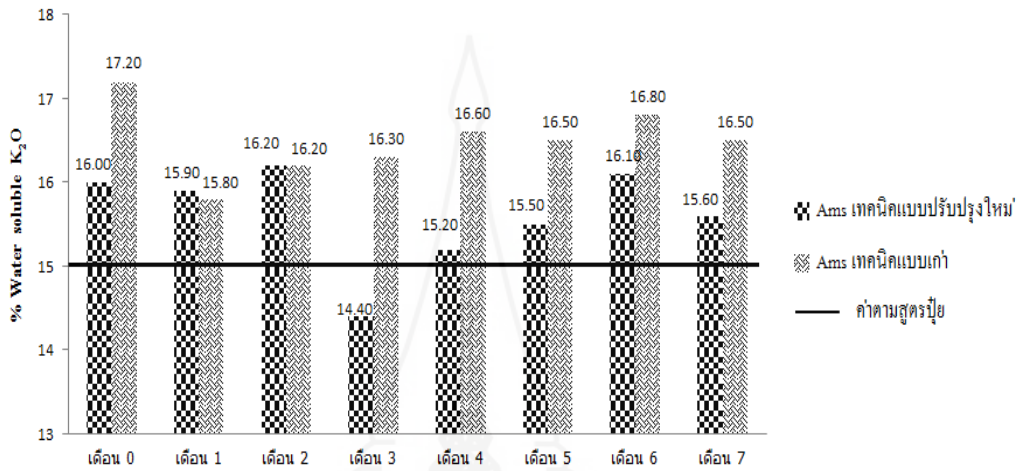


ภาพที่ 4.2 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

### 1.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Water soluble $K_2O$ )

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียม ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลวิเคราะห์ที่ได้เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 15.61 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 16.49 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหาร โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ตามปริมาณธาตุอาหารรับรองของสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหาร โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือนแล้ว นำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีแนวโน้มที่ลดลงและแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีแนวโน้มที่เพิ่ม ซึ่งทั้งชุด 2 ในการทดลองเป็นวัตถุดิบที่มาจากโพแทสเซียมที่ชุดเดียวกันอาจจะเกิดจากการคลาดเคลื่อนในการเก็บตัวอย่างหรือการแยกชั้นของปุ๋ยแบบคลุกเคล้า เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

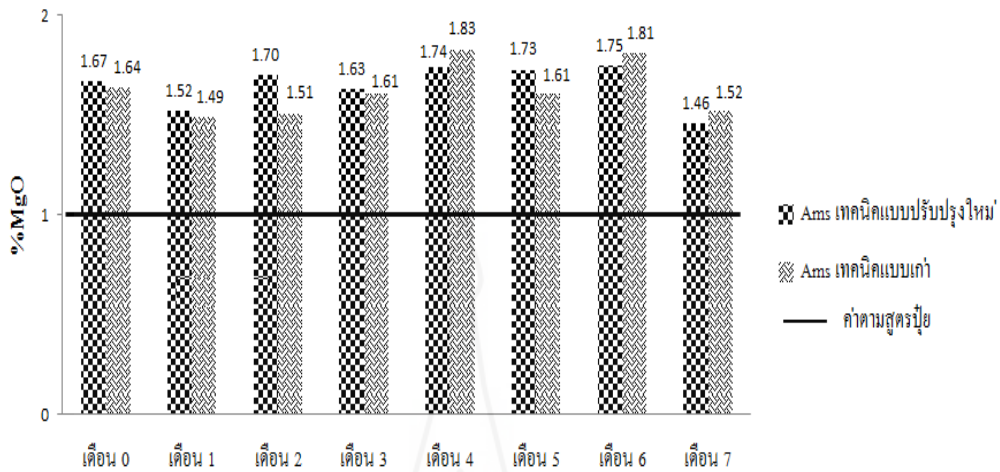
ได้ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน



ภาพที่ 4.3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้

#### 1.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)

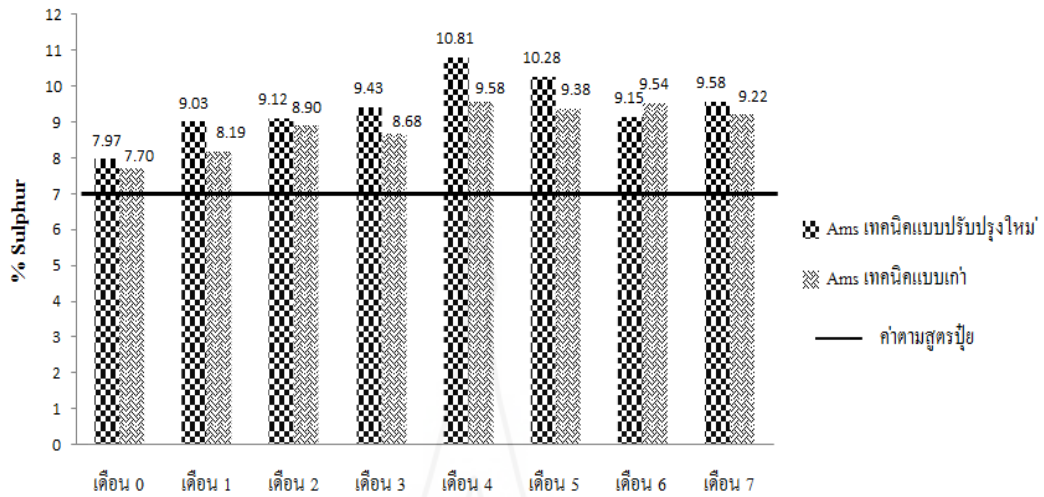
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S โดยใช้วิธี t-test พบว่า ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.71 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมกนีเซียมออกไซด์ ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมเท่ากับ 1.65 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.62 โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.01 และ 0.02 ตามลำดับซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารแมกนีเซียมออกไซด์ตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารแมกนีเซียมออกไซด์ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือนแล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตทั้ง 2 ชุด มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 และมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 7 เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.4 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน



ภาพที่ 4.4 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์

### 1.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ (Sulphur)

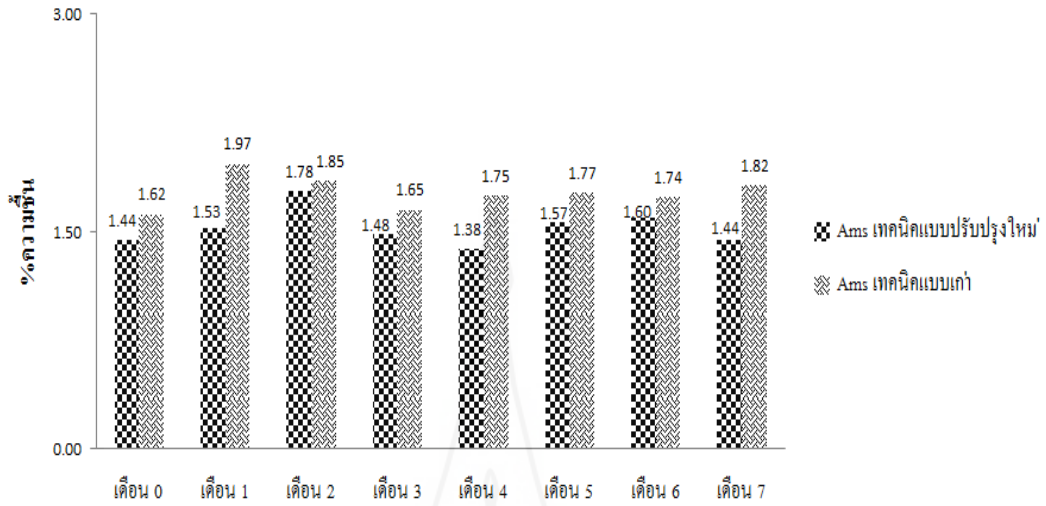
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S โดยใช้วิธี t-test พบว่า ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซัลเฟอร์ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์เท่ากับ 9.42 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์เท่ากับ 8.89 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหาร ซัลเฟอร์ตามสูตรปุ๋ยจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารซัลเฟอร์ผ่านทั้งหมดในระยะเวลาการจืดเก็บ 7 เดือนแล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 และมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 ถึงเดือนที่ 7 เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.5 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ ตามการกำหนดจืดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน



ภาพที่ 4.5 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซนต์ซัลเฟอร์

### 1.6 การเปลี่ยนแปลง ปริมาณความชื้น (Moisture)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S โดยใช้วิธี t-test พบว่า ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลวิเคราะห์ที่ได้เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เท่ากับ 1.52 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เท่ากับ 1.77 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่าน้อยกว่าปริมาณความชื้น 3% จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณความชื้นของปุ๋ยที่ผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ให้ผลที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 3 และเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 8 ถึงเดือนที่ 7 เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.6 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ย เป็นระยะเวลา 7 เดือนอย่างไรก็ตามปริมาณ Moisture อยู่ในระดับความชื้นไม่เกิน 3% ตามเกณฑ์ที่กำหนดตาม พรบ ปุ๋ย ปี 2551 และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน



ภาพที่ 4.6 แสดงผลวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ความชื้นตามเกณฑ์ไม่เกิน 3%)

ตารางที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S

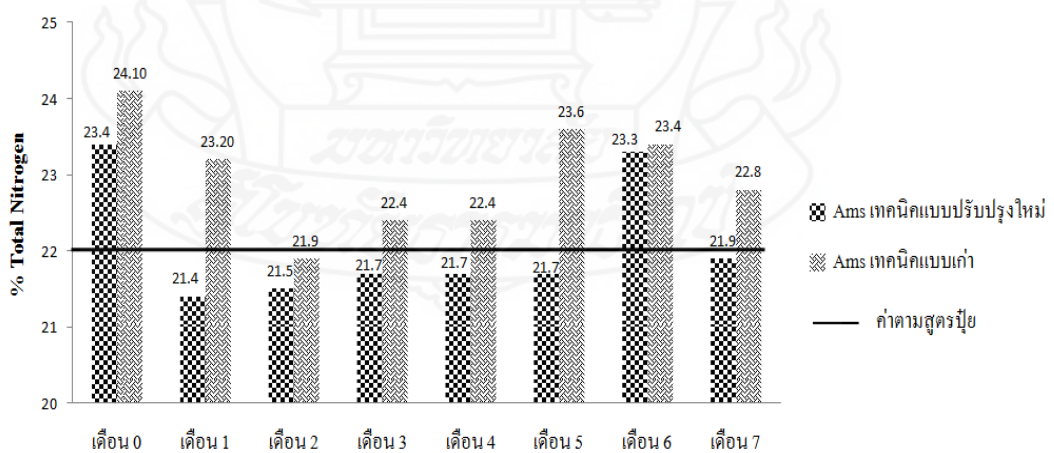
รายการ	ค่าตาม สูตร(%)	แอมโมเนียมซัลเฟต	จำนวน ตัวอย่าง	ค่าเฉลี่ย	P – Value (t-test)
ค่าวิเคราะห์ % TN	15	เทคนิคแบบเก่า	8	15.43	0.16
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	15.66	
ค่าวิเคราะห์ % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	15	เทคนิคแบบเก่า	8	14.88	0.23
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	15.20	
ค่าวิเคราะห์ % K <sub>2</sub> O	15	เทคนิคแบบเก่า	8	16.49	0.00**
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	15.61	
ค่าวิเคราะห์ % MgO	1	เทคนิคแบบเก่า	8	1.62	0.71
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	1.65	
ค่าวิเคราะห์ % S	7	เทคนิคแบบเก่า	8	8.89	0.20
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	9.42	
ค่าวิเคราะห์ % ความชื้น	≤ 3	เทคนิคแบบเก่า	8	1.77	0.00**
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	1.52	

\*\*มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

## 2. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S

### 2.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)

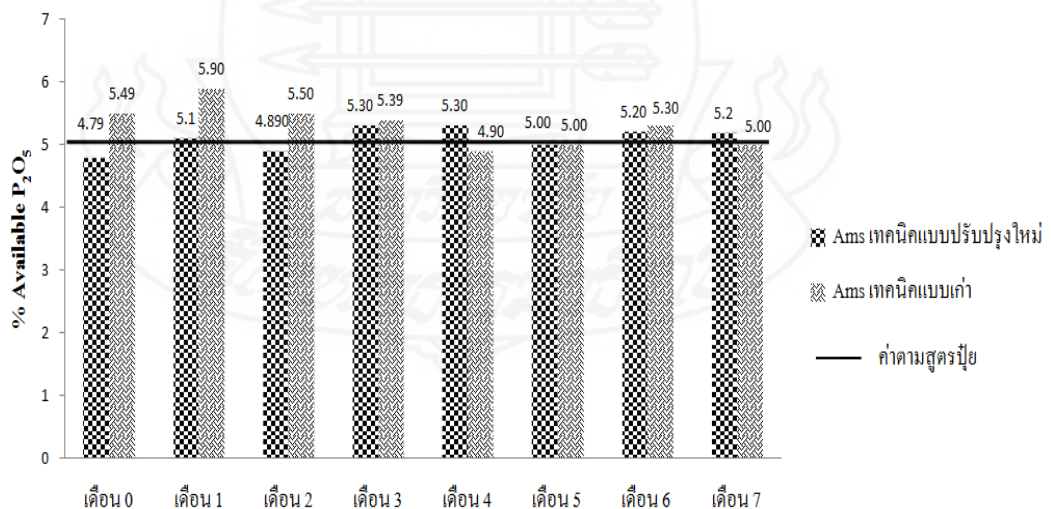
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.03 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนทั้งหมดที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ อาจเกิดจากอิทธิพลของแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 22.07 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 22.97 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมดที่รับรองตามสูตรปุ๋ยจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะเวลาการจกเก็บ 7 เดือน พบว่าผลวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.7 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน



ภาพที่ 4.7 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด

## 2.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(Available P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่า ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.14 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 5.09 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 5.13 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่รับรองตามสูตรปุ๋ยจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ผ่านทั้งหมดในระยะเวลาการจกเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.8 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามการกำหนด ระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน

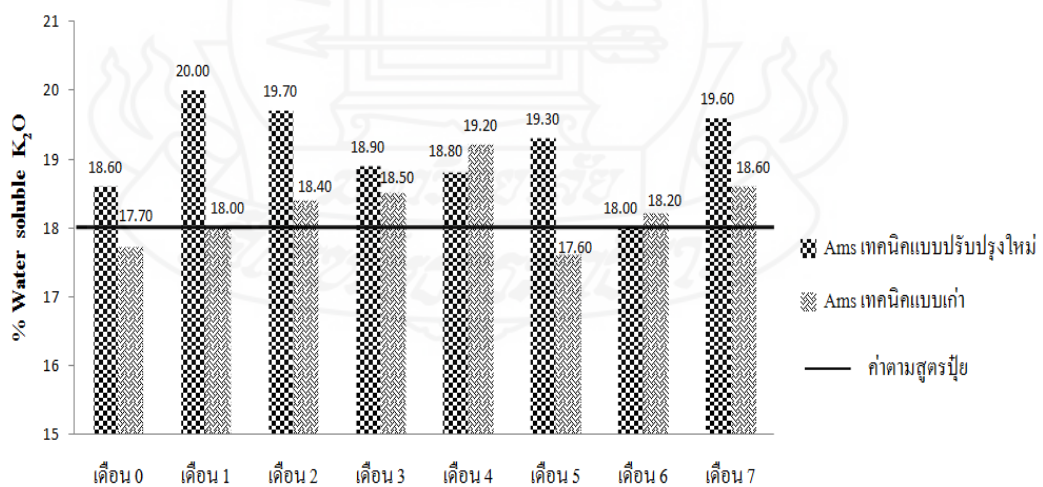


ภาพที่ 4.8 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์



### 2.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (Water soluble $K_2O$ )

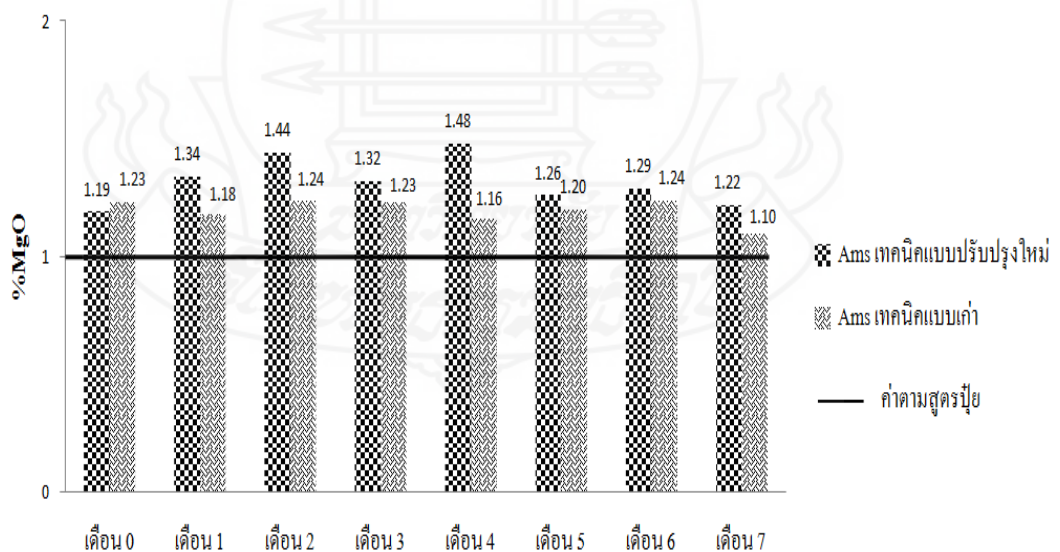
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S โดยวิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ อาจเกิดการแยกชั้นของปุ๋ยในระหว่างการเก็บตัวอย่างของปุ๋ยผสมแบบคลุมเคล้า เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำเท่ากับ 19.11 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำเท่ากับ 18.27 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมที่ละลายน้ำตามสูตรปุ๋ยจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ผ่านทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่างพบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ที่ใช้ส่วนผสมมีแนวโน้มที่ลดลงในเดือนที่ 6 และมีแนวโน้มที่เพิ่มในเดือนที่ 7 เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.9 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปรอร์เซ็นต์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน



ภาพที่ 4.9 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปรอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

## 2.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)

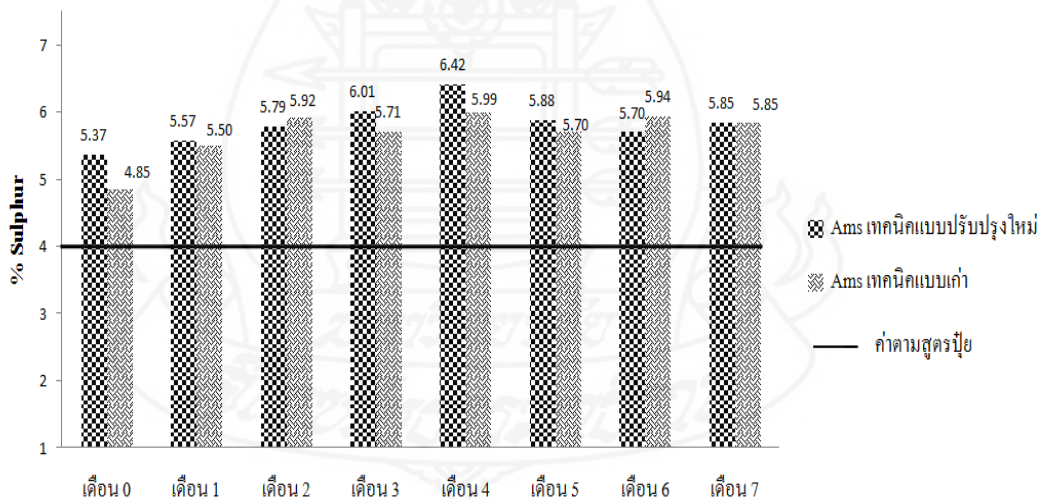
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสม เพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมกนีเซียม ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ อาจเกิดจากอัตราส่วนที่ใช้ในการผสมที่มีปริมาณน้อยในปุ๋ยแบบคลุ่มเคล้า จึงมีผลต่อการสู่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.31 และแอมโมเนียมซัลเฟต ผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.19 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารแมกนีเซียมออกไซด์ ตามสูตรปุ๋ยจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ผ่านทั้งหมด ในระยะเวลาการจกเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่างพบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตทั้ง 2 ชุด มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.10 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน



ภาพที่ 4.10 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์

## 2.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ (Sulphur)

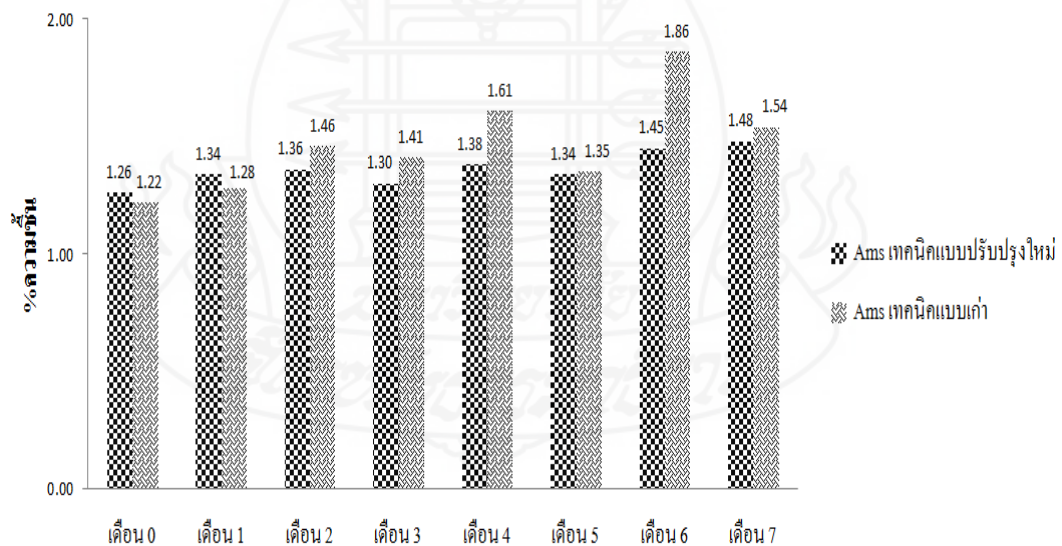
เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ ซัลเฟอร์ทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S โดยวิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.42 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซัลเฟอร์ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์เท่ากับ 5.82 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์เท่ากับ 5.68 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหาร ซัลเฟอร์ ตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารซัลเฟอร์ผ่านทั้งหมด ในระยะเวลาการจกเก็บ 7 เดือนแล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์มีแนวโน้มลดลง เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.11 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน



ภาพที่ 4.11 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์

## 2.6 การเปลี่ยนแปลง ปริมาณความชื้น (Moisture content)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.20 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เท่ากับ 1.36 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เท่ากับ 1.46 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่าน้อยกว่าปริมาณความชื้น 3% จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ผลวิเคราะห์ของปริมาณความชื้นผ่านทั้งหมดในระยะเวลาการจกเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.12 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปรอร์เซ็นต์ความชื้นตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือนอย่างไรก็ตามปริมาณความชื้นอยู่ในระดับ ความชื้นไม่เกิน 3% ตามเกณฑ์ที่กำหนด ปุ๋ยทั่วไป



ภาพที่ 4.12 แสดงผลวิเคราะห์ เปรอร์เซ็นต์ความชื้น (ความชื้นตามเกณฑ์ไม่เกิน 3%)

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S

รายการ	ค่าตาม สูตร (%)	แอมโมเนียมซัลเฟต	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	P – Value (t-test)
ค่าวิเคราะห์ % TN	22	เทคนิคแบบเก่า	8	22.97	0.03*
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	22.07	
ค่าวิเคราะห์ %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	5	เทคนิคแบบเก่า	8	5.13	0.14
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	5.09	
ค่าวิเคราะห์ %K <sub>2</sub> O	18	เทคนิคแบบเก่า	8	18.27	0.01**
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	19.11	
ค่าวิเคราะห์ %MgO	1	เทคนิคแบบเก่า	8	1.19	0.01**
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	1.31	
ค่าวิเคราะห์ %S	4	เทคนิคแบบเก่า	8	5.68	0.42
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	5.82	
ค่าวิเคราะห์ % ความชื้น	≤ 3	เทคนิคแบบเก่า	8	1.46	0.20
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	1.36	

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

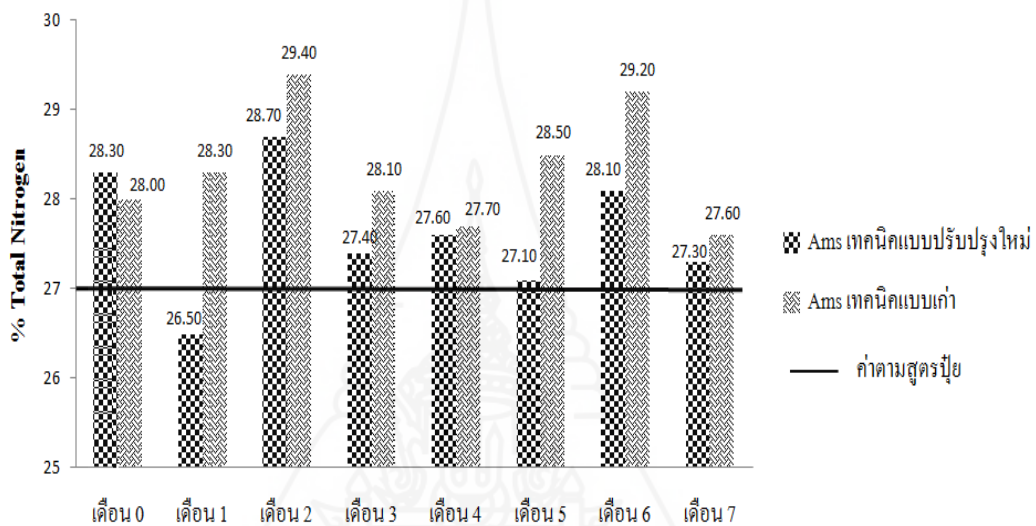
\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

### 3. การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหารในปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S

#### 3.1 การเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.05 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าไนโตรเจนทั้งหมด ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 27.63 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 28.35 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด

ที่รับรองตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะเวลาการจืดเก็บ 7 เดือน พบว่าผลวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อพิจารณา จากกราฟที่ 4.13 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมดตามการกำหนด ระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับ ธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน

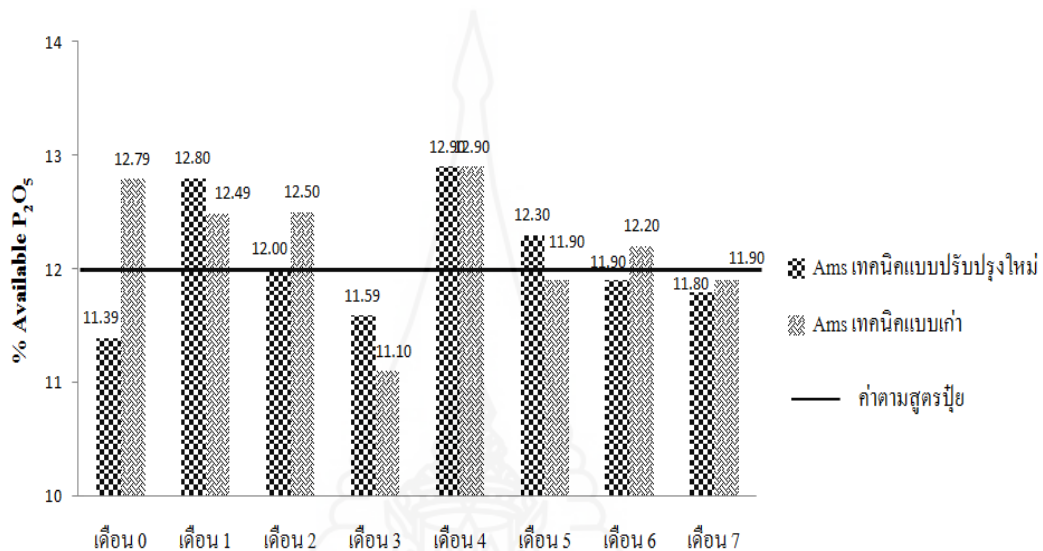


ภาพที่ 4.13 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด

### 3.2 การเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available $P_2O_5$ )

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้ เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.63 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณา จากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 12.08 และแอมโมเนียมซัลเฟต ผลิตเทคนิคแบบเก่า มี ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 12.22 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหาร ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่รับรองตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของ ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด ในระยะเวลาการจืดเก็บ 7 เดือน แล้วนำ

ตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.14 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณเปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S

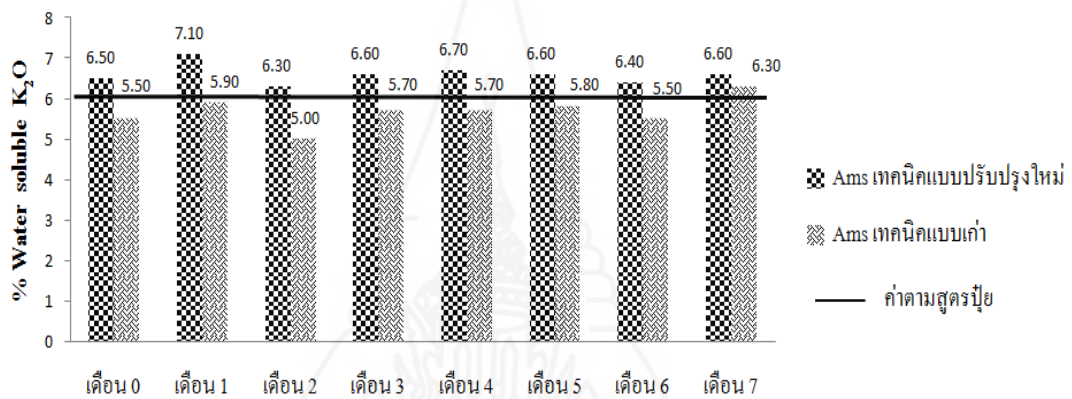


ภาพที่ 4.14 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

### 3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (Water soluble K<sub>2</sub>O)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ อาจจะทำให้เกิดการแยกชั้นของปุ๋ยแบบผสมคลุกเคล้าในระหว่างการเก็บตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ ปริมาณ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ เท่ากับ 6.60 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ปริมาณ โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ เท่ากับ 5.677 จากซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ มากกว่าสูตรรับรองตามสูตรจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง และค่าเฉลี่ยแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำน้อยกว่าสูตรจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่างซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุดมีปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ อยู่ในระดับที่ยอมรับได้

ตามเกณฑ์คลาดเคลื่อนของปริมาณธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยเคมีตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2551 ในระยะเวลาการจืดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ที่ใช้ส่วนผสมส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ มีแนวโน้มที่ลดลงและแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า มีแนวโน้มที่เพิ่ม เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ตามการกำหนดระยะเวลาจืดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4



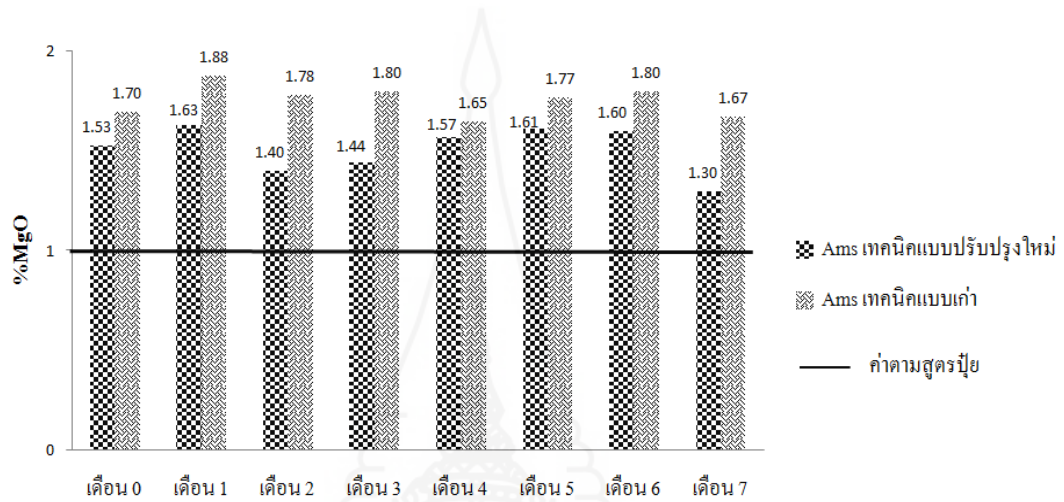
ภาพที่ 4.15 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์โพแทสเซียมที่ละลายน้ำ

### 3.4 การเปลี่ยนแปลงปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ ตลอดระยะเวลา 7 เดือน ที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิคนำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.00 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแมกนีเซียมที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.01 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ อาจเกิดจากสัดส่วนที่ใช้ในการผสมที่มีปริมาณน้อยในปุ๋ยแบบคลุกเคล้า จึงมีผลต่อการสุ่มตัวอย่าง เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.51 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ เท่ากับ 1.75 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารแมกนีเซียมออกไซด์ตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ผ่านทั้งหมด ในระยะเวลาการจืดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์



เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ ที่ใช้ส่วนผสมพบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์มีแนวโน้มลดลงแสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารเปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ย

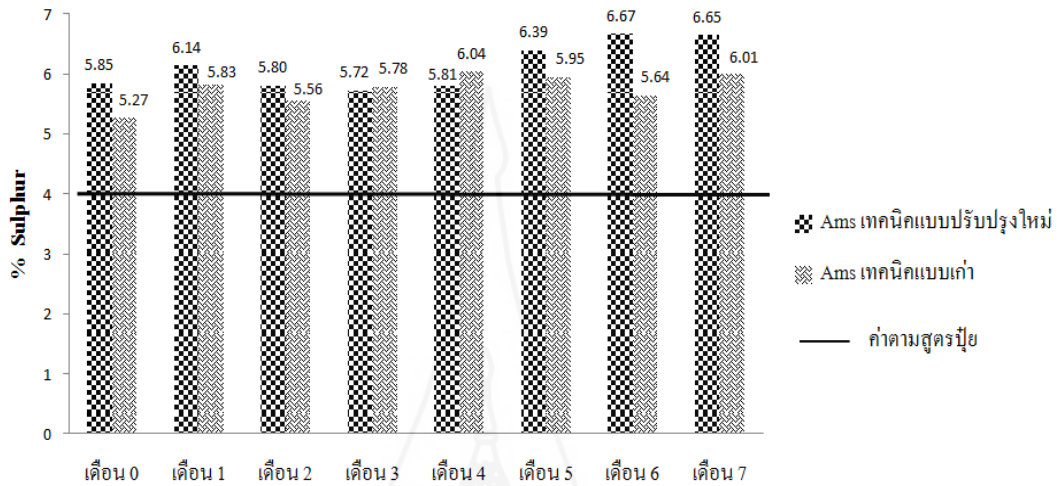


ภาพที่ 4.16 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์

### 3.5 การเปลี่ยนแปลงปริมาณซัลเฟอร์ (Sulphur)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟอร์ทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.04 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าซัลเฟอร์ที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้อิทธิพลของแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่าง เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์ เท่ากับ 6.12% และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟอร์เท่ากับ 5.76% ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด มีค่ามากกว่าปริมาณธาตุอาหารซัลเฟอร์ตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารซัลเฟอร์ทั้ง 2 ชุด ผ่านทั้งหมดในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.17 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์ตามการกำหนดระยะเวลา

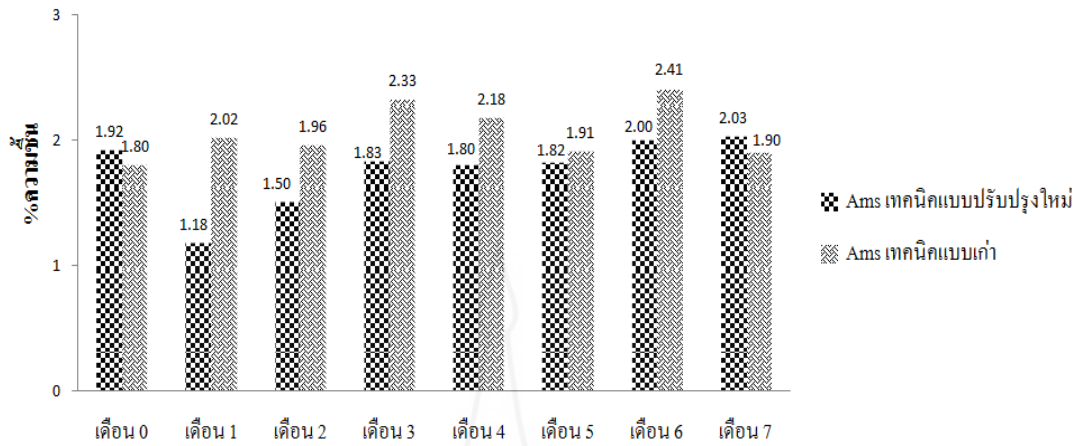
จัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณซัลเฟอร์มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในระดับธาตุอาหารรับรองของปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน



ภาพที่ 4.17 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปอร์เซนต์ซัลเฟอร์

### 3.6 การเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้น (Moisture)

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณความชื้นทั้งหมด ตลอดระยะเวลา 7 เดือนที่ได้จากการใช้ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต ที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค นำมาใช้เป็นส่วนผสมเพื่อผลิตปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S โดยใช้วิธี t-test พบว่าค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.03 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าความชื้นที่ได้จากการผสมปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตที่มีเทคนิคในการผลิตแตกต่างกัน 2 เทคนิค มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จากผลวิเคราะห์ที่ได้ เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยปุ๋ยทั้ง 8 ตัวอย่าง ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เท่ากับ 1.76 และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เท่ากับ 2.06 ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ของปุ๋ยที่ผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบปรับปรุงใหม่ และแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคแบบเก่า ให้ผลที่แตกต่างกัน ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่างพบว่าผลวิเคราะห์ ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ 4.18 แสดงผลวิเคราะห์ปริมาณเปอร์เซ็นต์ความชื้นตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน อย่างไรก็ตามปริมาณ Moisture อยู่ในระดับ ความชื้นไม่เกิน 3% ตามเกณฑ์ที่กำหนด ตาม พรบ ปุ๋ย ปี 2551 และโดยปกติผู้ผลิตจะจัดเก็บปุ๋ยไม่เกิน 7 เดือน



ภาพที่ 4.18 แสดงผลวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์ความชื้น (ความชื้นตามเกณฑ์ไม่เกิน 3%)

ตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S

รายการ	ค่าตามสูตร (%)	แอมโมเนียมซัลเฟต	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	P – Value (t-test)
ค่าวิเคราะห์ % TN	27	เทคนิคแบบเก่า	8	28.35	0.05*
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	27.63	
ค่าวิเคราะห์ %P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12	เทคนิคแบบเก่า	8	12.22	0.63
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	12.08	
ค่าวิเคราะห์ %K <sub>2</sub> O	6	เทคนิคแบบเก่า	8	5.67	0.23
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	6.6	
ค่าวิเคราะห์ %MgO	1	เทคนิคแบบเก่า	8	1.75	0.00**
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	1.51	
ค่าวิเคราะห์ %S	4	เทคนิคแบบเก่า	8	5.76	0.04*
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	6.12	
ค่าวิเคราะห์% ความชื้น	≤ 3	เทคนิคแบบเก่า	8	2.06	0.03*
		เทคนิคปรับปรุงใหม่	8	1.76	

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

## บทที่ 5

### สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

#### 1. สรุปการวิจัย อภิปรายผล

จากผลการทดลองเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารและความชื้นของปุ๋ยเคมีคลุกเคล้าที่ได้จากสูตรปุ๋ยและแอมโมเนียมซัลเฟตที่แตกต่างในด้านเทคนิคกระบวนการผลิต ต่างกัน 2 วิธี

1) แอมโมเนียมซัลเฟตผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า 2) แอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ ตามการกำหนดระยะเวลาจัดเก็บปุ๋ยเป็นระยะเวลา 7 เดือน สรุปผลได้ดังนี้

**1.1 ปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen)** จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ของปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.16 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.03 และปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.05 มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**1.2 ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)** จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.23 ปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.14 และปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.63 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.05

**1.3 ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ (%K<sub>2</sub>O)** จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.00 ปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.01 มีความแตกต่างในทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.01 และปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.23 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

**1.4 ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์ (% MgO)** จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.71 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.01 ปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.00 มีความแตกต่างในทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.01

### 1.5 ปริมาณซัลเฟอร์ (% Sulphur) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปุ๋ยสูตร

15-15-15+1MgO+7S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.20 ปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.42 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.04 มีความแตกต่างในทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.05

### 1.6 ปริมาณความชื้น (%Moisture) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าปุ๋ยสูตร

22-5-18+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.20 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S ค่า p-value ได้เท่ากับ 0.00 ที่มีความแตกต่างในทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.01 และสูตร 27-12-6+1MgO+4S ค่า p-value ที่ได้เท่ากับ 0.03 มีความแตกต่างในทางสถิติระดับนัยสำคัญ 0.05

ตารางที่ 5.1 สรุปผลความแตกต่างกันทางสถิติที่ 0.05

สูตร	วัตถุดิบ	% TN	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% MgO	% S	% Moisture		
15-15-15+1MgO+7S	เทคนิคแบบเก่า	ไม่	ไม่แตกต่าง	แตกต่าง	ไม่	ไม่	แตกต่าง		
	เทคนิคแบบปรับปรุงใหม่	แตกต่าง						แตกต่าง	
22-5-18+1MgO+4S	เทคนิคแบบเก่า	แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	แตกต่าง	แตกต่าง	ไม่	ไม่		
	เทคนิคแบบปรับปรุงใหม่							แตกต่าง	แตกต่าง
27-12-6+1MgO+4S	เทคนิคแบบเก่า	แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	ไม่แตกต่าง	แตกต่าง	แตกต่าง	แตกต่าง		
	เทคนิคแบบปรับปรุงใหม่							แตกต่าง	แตกต่าง

### 1. ปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S

1.1 ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะเวลาการจับเก็บ 7 เดือน มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อพิจารณาผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร เปรอร์เซ็นต์ไนโตรเจนทั้งหมด

1.2 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีแนวโน้มที่ลดลงเล็กน้อย อาจเกิดจากการแยกชั้นจากการเก็บตัวอย่างในปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าที่ชุดเดียวกันที่นำมาผสมในสูตร

1.3 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด ที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ แนวโน้มที่ลดลง แอมโมเนียมซัลเฟตผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า มีแนวโน้ม

ที่เพิ่ม ซึ่งทั้งชุด 2 ในการทดลองเป็นวัตถุดิบที่มาจากโพแทสเซียมที่ชุดเดียวกัน อาจเกิดจากการคลาดเคลื่อนในการเก็บตัวอย่างหรือการแยกชั้นของปุ๋ยแบบคลุกเคล้า

1.4 ผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ส่วนผสม แอมโมเนียมซัลเฟต ทั้ง 2 ชุด มีแนวโน้ม เพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 4 ถึงเดือนที่ 6 และมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 7

1.5 ผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงเดือนที่ 1 ถึงเดือนที่ 5 และมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 ถึงเดือนที่ 7

1.6 ผลวิเคราะห์ของปริมาณความชื้นของปุ๋ยที่ผสมทั้ง 2 ชุดมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 2 ถึงเดือนที่ 3 และเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 5 ถึงเดือนที่ 7

## 2. ปุ๋ยสูตร22-5-18+1MgO+4S

2.1 ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน พบว่าผลวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด มีแนวโน้มที่ลดลง

2.2 ปริมาณฟอสฟอรัสพบว่าผลวิเคราะห์ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลง

2.3 ปริมาณโพแทสเซียม พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำ ค่าเฉลี่ยทั้ง 2 ชุด ที่ใช้ส่วนผสมมีแนวโน้มที่ลดลงในเดือนที่ 6 และ มีแนวโน้มที่เพิ่มในเดือนที่ 7 อาจเกิดจากการคลาดเคลื่อนในการเก็บตัวอย่างและการแยกชั้นของปุ๋ยแบบคลุกเคล้า

2.4 แมกนีเซียมออกไซด์ ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ที่ใช้ส่วนผสม แอมโมเนียมซัลเฟตทั้ง 2 ชุด มีแนวโน้มลดลง

2.5 ปริมาณธาตุอาหารซัลเฟอร์ตามสูตรปุ๋ย จากตัวอย่างทั้งหมด 8 ตัวอย่าง ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารซัลเฟอร์ผ่านทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์มีแนวโน้มลดลง

2.6 ปริมาณความชื้นจากตัวอย่างทั้งหมด 8 ผลวิเคราะห์ของปริมาณความชื้นผ่านทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

## 3. ปุ๋ยสูตร27-12-6+1MgO+4S

3.1 ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน พบว่าผลวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลง

3.2 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ผลวิเคราะห์ของปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ทั้งหมด ในระยะเวลาการจัดเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีแนวโน้มที่ลดลง

3.3 ปริมาณโพแทสเซียมในระยะเวลาการจับเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่ละลายน้ำที่ใช้ส่วนผสมแอมโมเนียมซัลเฟตผลิตเทคนิคปรับปรุงใหม่ มีแนวโน้มที่ลดลง และ แอมโมเนียมซัลเฟตผลิตด้วยเทคนิคแบบเก่า มีแนวโน้มที่เพิ่มซึ่งทั้งคู่ 2 ในการทดลองเป็นวัตถุดิบที่มาจากโพแทสเซียมที่ชุดเดียวกัน อาจเกิดจากกาลาดเคลื่อนในการเก็บตัวอย่างหรือการแยกชั้นของปุ๋ยแบบคลุกเคล้า

3.4 แมกนีเซียมออกไซด์ ในระยะเวลาการจับเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่าผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แมกนีเซียมออกไซด์ ที่ใช้ส่วนผสมพบว่าผลวิเคราะห์ปริมาณแมกนีเซียมออกไซด์มีแนวโน้มลดลง

3.5 ซัลเฟอร์ในระยะเวลาการจับเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่า ผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ซัลเฟอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

3.6 ปริมาณความชื้นในระยะเวลาการจับเก็บ 7 เดือน แล้วนำตัวอย่างไปวิเคราะห์เดือนละ 1 ตัวอย่าง พบว่า ผลวิเคราะห์ปริมาณความชื้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ความแตกต่างตามสถิติที่เกิดขึ้นหนึ่งอาจเกิดจากการแยกชั้นของเม็ดปุ๋ยขนาดของเม็ดปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าคือปุ๋ยที่ได้จากการนำแม่ปุ๋ยที่มีขนาดเม็ดใกล้เคียงกัน ผสมในสัดส่วนที่พอเหมาะให้ได้สูตรปุ๋ยตามต้องการ ดังนั้นขนาดของเม็ดปุ๋ยจึงมีความสำคัญต่อคุณสมบัติของปุ๋ยผสมแบบนี้เป็นอย่างมาก Hoffmeister (1978) ได้รายงานไว้ว่าขนาดของเม็ดปุ๋ยมีความสำคัญอย่างน้อย 3 ประการคือ 1) มีอิทธิพลในแง่ของการตอบสนองของพืช 2) อิทธิพลต่อการเก็บรักษาและการขนย้าย 3) อิทธิพลต่อการผสม

## 2. ข้อเสนอแนะ

ในการทดลองปุ๋ยแบบผสมคลุกเคล้าเพื่อเปรียบเทียบปริมาณธาตุอาหารในโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียมออกไซด์ ซัลเฟอร์ อาจจะทดสอบการแยกชั้นและขนาดของเม็ดปุ๋ยในแต่ละวัตถุดิบ นำข้อมูลมาประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป



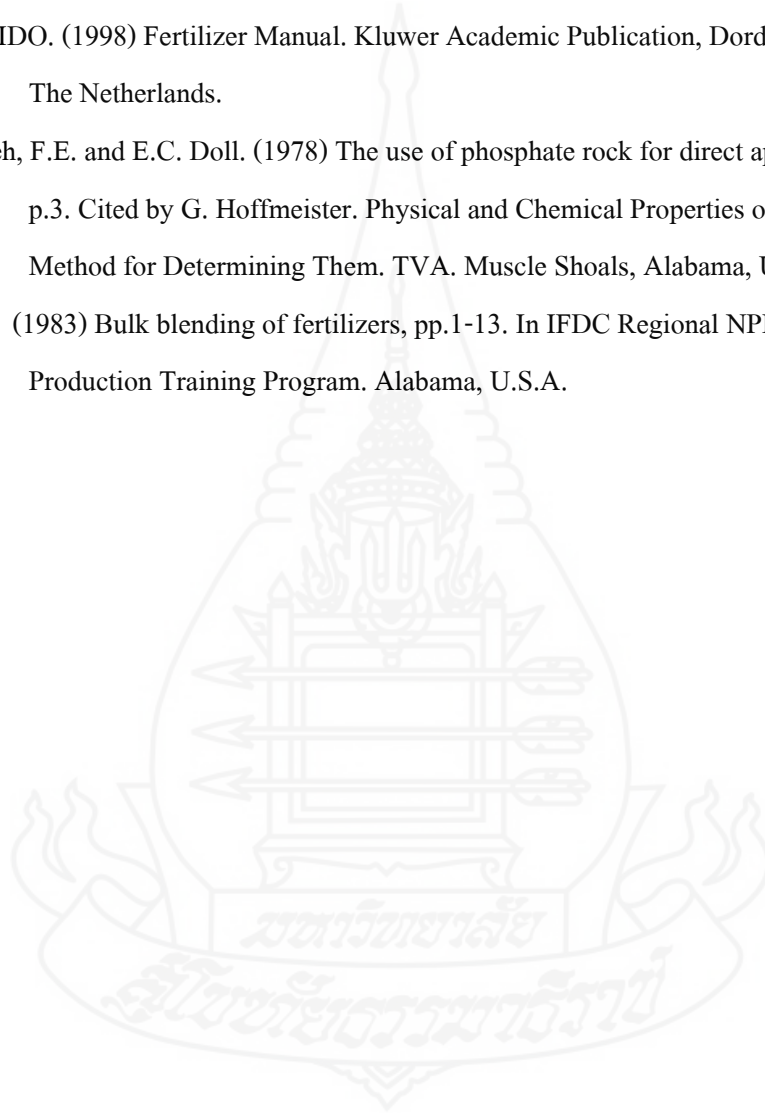
บรรณานุกรม



## บรรณานุกรม

- ประเสริฐ สุดใหม่. (2535). “ผลการของขนาดเม็ดปุ๋ยต่อการแยกตัวสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของ  
ปุ๋ยผสมแบบคลุกเคล้าและประสิทธิภาพการใช้ในสภาพไร่นา”  
(วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,  
กรุงเทพฯ.
- พระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติม โดยพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ ๒) พ.ศ. ๒๕๕๐  
ประกาศ ณ วันที่ ๑๕ มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๒
- ขงยุทธ โอสดสภา อรรถสิทธิ์ วังสัมพันธ์ และชวลิต สงประยูร. (2551). *ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน*.  
กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ขงยุทธ โอสดสภา. (2536). *ปุ๋ยเคมี การผลิตและการประเมินคุณภาพ*. ภาควิชาปฐพีวิทยา  
คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : นครปฐม.
- ขงยุทธ โอสดสภา. (2549). *ศัพท์ในวงการปุ๋ย* กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ขงยุทธ โอสดสภา ปัญหาการผลิตและแนวทางการพัฒนาปุ๋ยเคมีเชิงผสมแบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน  
สืบค้น 15 มกราคม 2556 จาก <http://www.dryongyouth.com>
- ขงยุทธ โอสดสภา สมบัติทางกายภาพบางประการของปุ๋ยเคมีชนิดเม็ดกับคุณภาพของปุ๋ยผสม  
แบบไม่เป็นเนื้อเดียวกัน สืบค้น 15 มกราคม 2556 จาก <http://www.dryongyouth.com>
- สันติภาพ ปัญจพรรค. (2545). *เทคโนโลยีปุ๋ย* ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น, สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- Brook, A.T. (1957) Development in granulation techniques, p.6. Cites by G. Hoffmeister.  
Physical and Chemical Properties of Fertilizers and Method for Determining Them.  
TVA, Muscle Shoals Alabama, U.S.A 124 p.
- Fruhstorfer, A. (1961) Testing granular fertilizers for hardness, p.31. Cited by G. Hoffmeister.  
Physical and Chemical Properties of Fertilizers and Method for Determining Them.  
TVA, Muscle Shoals Alabama, U.S.A 124 p.
- Hoffmeister, G. (1962) Compatibility of raw materials in blended fertilizers segregation of raw  
materials, p. 29 Cited by G. Hoffmeister. Physical and Chemical Properties of  
Fertilizers and Method for Determining Them. TVA, Muscle Shoals Alabama, U.S.A  
124 p.

- Hoffmeister, G. (1979). Physical Properties of Fertilizers and Methods for Measuring Them. Bulletin Y-147. National Fertilizer Development Center, Tennessee Valley Authority, Muscle Shoals, Alabama, 35660.
- Hoffmeister, G. and C.P. Harrison. (1975) Physical testing of fertilizers. Paper presented at the 170th National Meeting of the American Chemical Society, Chicago, Illinois.
- IFDC/UNIDO. (1998) Fertilizer Manual. Kluwer Academic Publication, Dordrecht, The Netherlands.
- Khasawneh, F.E. and E.C. Doll. (1978) The use of phosphate rock for direct application to soil, p.3. Cited by G. Hoffmeister. Physical and Chemical Properties of Fertilizers and Method for Determining Them. TVA. Muscle Shoals, Alabama, U.S.A 124 p.
- Taylor, L. (1983) Bulk blending of fertilizers, pp.1-13. In IFDC Regional NPK Fertilizer Production Training Program. Alabama, U.S.A.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

สืบทอดวัฒนธรรมมาตุลีราช

ตารางภาคผนวกที่ 1 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S

เดือนที่	N = 15		P = 15		K = 15	
	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า
	0	15.80	15.30	15.59	14.58	16.00
1	15.60	15.90	14.79	14.59	15.90	15.80
2	15.70	15.50	15.70	15.09	16.20	16.20
3	15.90	15.40	14.40	14.49	14.40	16.30
4	15.20	15.20	15.00	15.20	15.20	16.60
5	15.40	15.00	14.60	15.60	15.50	16.50
6	16.20	15.90	16.10	14.90	16.10	16.80
7	15.50	15.20	15.39	14.59	15.60	16.50
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>15.66</b>	<b>15.43</b>	<b>15.20</b>	<b>14.88</b>	<b>15.61</b>	<b>16.49</b>
<b>ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน</b>	<b>0.10</b>	<b>0.11</b>	<b>0.35</b>	<b>0.15</b>	<b>0.35</b>	<b>0.17</b>
<b>T-test</b>	<b>0.16</b>		<b>0.23</b>		<b>0.00**</b>	

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 2 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรองปุ๋ยสูตร 15-15-15+1MgO+7S

เดือนที่	MgO = 1		S = 7		Moisture (ไม่เกิน 3%)	
	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า
0	1.67	1.64	7.97	7.70	1.44	1.62
1	1.52	1.49	9.03	8.19	1.53	1.97
2	1.70	1.51	9.12	8.90	1.78	1.85
3	1.63	1.61	9.43	8.68	1.48	1.65
4	1.74	1.83	10.81	9.58	1.38	1.75
5	1.73	1.61	10.28	9.38	1.57	1.77
6	1.75	1.81	9.15	9.54	1.60	1.74
7	1.46	1.52	9.58	9.22	1.44	1.82
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>1.65</b>	<b>1.62</b>	<b>9.42</b>	<b>8.89</b>	<b>1.52</b>	<b>1.77</b>
<b>ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน</b>	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.73</b>	<b>0.46</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>
<b>T-test</b>	<b>0.71</b>		<b>0.20</b>		<b>0.00**</b>	

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 3 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S

เดือนที่	N = 22		P = 5		K = 18	
	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า
	0	23.40	24.10	4.79	5.49	18.60
1	21.40	23.20	5.10	5.90	20.00	18.00
2	21.50	21.90	4.89	5.50	19.70	18.40
3	21.70	22.40	5.30	5.39	18.90	18.50
4	21.70	22.40	5.30	4.90	18.80	19.20
5	21.70	23.60	5.00	5.00	19.30	17.60
6	23.30	23.40	5.20	5.30	18.00	18.20
7	21.90	22.80	5.19	5.00	19.60	18.60
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>22.07</b>	<b>22.97</b>	<b>5.09</b>	<b>5.13</b>	<b>19.11</b>	<b>18.27</b>
<b>ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน</b>	<b>0.80</b>	<b>0.73</b>	<b>0.18</b>	<b>0.33</b>	<b>0.65</b>	<b>0.52</b>
<b>T-test</b>	<b>0.03*</b>		<b>0.14</b>		<b>0.01**</b>	

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 4 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรองปุ๋ยสูตร 22-5-18+1MgO+4S

เดือนที่	MgO = 1		S = 7		Moisture (ไม่เกิน 3%)	
	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า
	0	1.19	1.23	5.37	4.85	1.26
1	1.34	1.18	5.57	5.50	1.34	1.28
2	1.44	1.24	5.79	5.92	1.36	1.46
3	1.32	1.23	6.01	5.71	1.30	1.41
4	1.48	1.16	6.42	5.99	1.38	1.61
5	1.26	1.20	5.88	5.70	1.34	1.35
6	1.29	1.24	5.70	5.94	1.45	1.86
7	1.22	1.10	5.85	5.85	1.48	1.54
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>1.31</b>	<b>1.19</b>	<b>5.82</b>	<b>5.68</b>	<b>1.36</b>	<b>1.46</b>
<b>ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน</b>	<b>0.1</b>	<b>0.04</b>	<b>0.31</b>	<b>0.37</b>	<b>0.07</b>	<b>0.20</b>
<b>T-test</b>	<b>0.01**</b>		<b>0.42</b>		<b>0.20</b>	

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ตารางภาคผนวกที่ 5 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S

เดือนที่	N = 27		P = 12		K = 6	
	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า
0	28.30	28.00	11.39	12.79	6.50	5.50
1	26.50	28.30	12.80	12.49	7.10	5.90
2	28.70	29.40	12.00	12.50	6.30	5.00
3	27.40	28.10	11.59	11.10	6.60	5.70
4	27.60	27.70	12.90	12.90	6.70	5.70
5	27.10	28.50	12.30	11.90	6.60	5.80
6	28.10	29.20	11.90	12.20	6.40	5.50
7	27.30	27.60	11.80	11.90	6.60	6.30
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>27.63</b>	<b>28.35</b>	<b>12.08</b>	<b>12.22</b>	<b>6.60</b>	<b>5.67</b>
<b>ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน</b>	<b>0.71</b>	<b>0.65</b>	<b>0.54</b>	<b>0.58</b>	<b>0.23</b>	<b>0.37</b>
<b>T-test</b>	<b>0.05*</b>		<b>0.63</b>		<b>0.00**</b>	

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01



ตารางภาคผนวกที่ 6 ผลวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารรองปุ๋ยสูตร 27-12-6+1MgO+4S

เดือนที่	MgO = 1		S = 4		Moisture (ไม่เกิน 3%)	
	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า	AS เทคนิค ปรับปรุง ใหม่	AS เทคนิค แบบเก่า
0	1.53	1.70	5.85	5.27	1.92	1.80
1	1.63	1.88	6.14	5.83	1.18	2.02
2	1.40	1.78	5.80	5.56	1.50	1.96
3	1.44	1.80	5.72	5.78	1.83	2.33
4	1.57	1.65	5.81	6.04	1.80	2.18
5	1.61	1.77	6.39	5.95	1.82	1.91
6	1.60	1.80	6.67	5.64	2.00	2.41
7	1.30	1.67	6.65	6.01	2.03	1.90
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	<b>1.51</b>	<b>1.75</b>	<b>6.12</b>	<b>5.76</b>	<b>1.76</b>	<b>2.06</b>
<b>ค่า เบี่ยงเบน มาตรฐาน</b>	<b>0.11</b>	<b>0.07</b>	<b>0.39</b>	<b>0.26</b>	<b>0.28</b>	<b>0.21</b>
<b>T-test</b>	<b>0.00**</b>		<b>0.04*</b>		<b>0.03*</b>	

\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.05

\*\* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.01

**ประวัติผู้วิจัย**

ชื่อ	นายไพสิทธิ์ พรหมขวัญ
วัน เดือน ปีเกิด	19 พฤษภาคม 2526
สถานที่เกิด	อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก (วิทยาเขตบางพระ จ.ชลบุรี)
สถานที่ทำงาน	บริษัท ไอ ซี พี อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด
ตำแหน่ง	หัวหน้าแผนกควบคุมคุณภาพ

