การประยุกต์ใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินปูนสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

น.ส.กรบงกช วรนาถสุรงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UTILIZATION OF DOLOMITE FROM SEDIMENT IN QUARRYING PROCESS FOR PELLET ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION

Miss Kornbonggodh Voranatsuronk

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
FACULTY OF ENGINEERING
Chulalongkorn University
Academic Year 2022

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินปูนสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด
โดย	น.ส.กรบงกช วรนาถสุรงค์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรบงกช วรนาถสุรงค์ : การประยุกต์ใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินปูนสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด. (UTILIZATION OF DOLOMITE FROM SEDIMENT IN QUARRYING PROCESS FOR PELLET ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION) อ.ที่ปรึกษาหลัก : รศ. ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินมาเป็นสารตัวเติมผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยหาสัดส่วนที่ให้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ดินตะกอนเหมืองหิน และสามารถลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้ โดยงานวิจัยนี้ ใช้ดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพรที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าโดโลไมต์ นำมาผสมมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทั้งหมด 7 สัดส่วน ได้แก่ 0:100 (T0), 10:90 (T1), 20:80 (T2), 30:70 (T3), 40:60 (T4), 50:50 (T5) และ 60:40 (T6) และวางแผนการปลูกทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) กับผักสลัด 2 ชนิด คือ กรีนโอ๊ค และกรีนคอส โดยใช้ดินของจังหวัดปทุมธานี เพื่อทำการเปรียบเทียบกับสัดส่วนที่ควบคุม (T0) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า สัดส่วนที่ T0 – T4 มีคุณสมบัติทางเคมีทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินหลังปลูกดีขึ้นโดยเฉพาะสัดส่วนที่ T3 และ T4 สัดส่วนโดโลไมต์ที่มากขึ้นส่งผลให้ดินมีความโปร่งพรุนมากขึ้น ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตในสัดส่วนที่ T0 – T4 นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งกรีนโอ๊คและกรีนคอส แต่สัดส่วนที่ T4 ให้ผลผลิตน้อยสุด เพราะสัดส่วนของมูลไก่ที่เป็นแหล่งธาตุอาหารพืชหลักของผักสลัดน้อยลง ดังนั้นสัดส่วนโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาแห่งนี้ที่ใช้เป็นสารตัวเติมผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ที่ดีที่สุด คือ สัดส่วนของโดโลไมต์ต่อมูลไก่ที่ 30 : 70 (T3) ซึ่งสามารถลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้ถึง 24.41%

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2565 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6070901621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Dolomite; Quarry Sediment; Organic Fertilizer Pellet; Organic Fertilizer Pellets from Dolomite and Chicken Manure

Kornbonggodh Voranatsuronk : UTILIZATION OF DOLOMITE FROM SEDIMENT IN QUARRYING PROCESS FOR PELLET ORGANIC FERTILIZER PRODUCTION. Advisor: Assoc. Prof. JITTRA RUKIJKANPANICH, D.Eng.

The objective of this research was to apply dolomite from quarry sediment as a filler with chicken manure to produce organic fertilizer pellets. By finding the proportion that quality could meet the DOA standards, it is possible to value-added with quarry sediment and reduce the cost of producing organic fertilizer pellets. This research used the quarry sediment from Chumphon which has properties similar to dolomite. It was mixed chicken manure to produce organic fertilizer pellets in the ratio 0:100 (T0), 10:90 (T1), 20:80 (T2), 30:70 (T3), 40:60 (T4), 50:50 (T5) และ 60:40 (T6). And three replications were used in the research's experimental completely randomized design (CRD). The findings demonstrated that the organic fertilizer pellets met the Department of Agriculture's organic fertilizers requirement in the ratios of T0 – T4. The chemical and physical characteristics of the soil texture after planting improved at the ratio of T3 and T4. It shown that a higher dolomite content resulted in a loamy and permeable soil texture. There were no statistically significant variations in the efficiency of growth and yield at the interval of T0 to T4, however the ratio of T4 has the lowest yield because nitrogen is insufficient for Green Oak and Green Cos. Therefore, the suitable ratio should be 30:70 (T3) which the cost of manufacture was reduced 24.41%.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2022 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จิตรา รู้กิจการพานิช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้ความกรุณา คอยให้คำแนะนำ และชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ ตลอดระยะเวลาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงคณาจารย์ทุกท่าน ซึ่งประกอบด้วย ศาสตร์จารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ประมวล สุธีจารุวัฒน และรองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกศึก กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้เกียรติเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ และให้คำชี้แนะทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอขอบคุณทาง เจ้าของฟาร์มปลูกพืช ที่ได้ให้คำแนะนำ ความรู้ที่เป็นประโยชน์ และอำนวยความสะดวกในการจัดสรรพื้นที่และคนในการช่วยดูแลแปลงปลูกทดลองในครั้งนี้จนสำเร็จ และผู้เขียนขอขอบพระคุณผู้ให้การช่วยเหลืออีกหลายๆท่าน ทั้งมารดา พี่ น้อง และท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมา

กรบงกช วรนาถสุรงค์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 6

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 6

1.4 ขั้นตอนและแผนงานในการดำเนินงานวิจัย 6

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7

บทที่ 2 ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 ทฤษฎี 8

2.1.1 โดโลไมต์ (Dolomite) 8

2.1.2 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช 11

2.1.3 ปุ๋ยอินทรีย์ 14

2.1.4 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ด 16

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 21

บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย 27

3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบดินตะกอนเหมืองหิน 28

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 การผลิต และการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 29
3.2.1 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 29
3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 30
3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน 31
3.4 การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการปลูกทดลอง 32
3.4.1 การออกแบบการทดลอง 32
3.4.2 การวิเคราะห์ผลการปลูกทดลอง 33
3.5 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ 33
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ผล 34
4.1 ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนเหมืองหิน 34
4.2 ผลวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 35
4.3 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน 37
4.3.1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้น 37
4.3.2 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของหลังการปลูกทดลอง 38
4.4 ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโต และผลผลิต 41
4.4.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนใบ 42
4.4.2 ผลการวิเคราะห์ความสูงของต้น 47
4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความกว้างทรงพุ่ม 53
4.4.4 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักสดรวม 59
4.4.5 ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดของการเจริญเติบโตและผลผลิต 62
4.5 ผลประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ 66
บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ 68
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน 68
5.2 ข้อเสนอแนะ 69

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก..... 70

บรรณานุกรม..... 78

ประวัติผู้เขียน..... 83

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 ปริมาณธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์และเศษซากพืชชนิดต่างๆ ของแต่ละแหล่งที่มา 5
ตารางที่ 2.1 การเรียกชื่อหินคาร์บอเนตโดยดูจาก MgO 9
ตารางที่ 2.2 ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก 15
ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของดินตะกอนเหมืองหิน และโดโลไมต์ทั่วไป 28
ตารางที่ 3.2 สัดส่วนโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่ 29
ตารางที่ 3.3 เกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว 31
ตารางที่ 3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน 32
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 36
ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้นการปลูกทดลอง 38
ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินหลังการปลูกทดลอง 40
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลจำนวนใบของกรีนโอ๊ค 42
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลจำนวนใบของกรีนคอส 43
ตารางที่ 4.6 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนโอ๊ค อายุ 25 วัน 44
ตารางที่ 4.7 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนโอ๊ค อายุ 35 วัน 44
ตารางที่ 4.8 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนโอ๊ค อายุ 45 วัน 45
ตารางที่ 4.9 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนคอส อายุ 25 วัน 45
ตารางที่ 4.10 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนคอส อายุ 35 วัน 46
ตารางที่ 4.11 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนคอส อายุ 45 วัน 46
ตารางที่ 4.12 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนใบเฉลี่ยกรีนโอ๊คและกรีนคอส 47
ตารางที่ 4.13 ข้อมูลความสูงของต้นของกรีนโอ๊ค 47
ตารางที่ 4.14 ข้อมูลความสูงของต้นของกรีนคอส 48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.15 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนโอ๊ค อายุ 25 วัน 49
ตารางที่ 4.16 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนโอ๊ค อายุ 35 วัน 50
ตารางที่ 4.17 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนโอ๊ค อายุ 45 วัน 50
ตารางที่ 4.18 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนคอส อายุ 25 วัน..... 51
ตารางที่ 4.19 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนคอส อายุ 35 วัน..... 51
ตารางที่ 4.20 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนคอส อายุ 45 วัน..... 52
ตารางที่ 4.21 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของความสูงเฉลี่ยกรีนโอ๊คและกรีนคอส..... 53
ตารางที่ 4.22 ข้อมูลความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊ค..... 53
ตารางที่ 4.23 ข้อมูลความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอส..... 54
ตารางที่ 4.24 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊ค อายุ 25 วัน.... 56
ตารางที่ 4.25 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊ค อายุ 35 วัน.... 56
ตารางที่ 4.26 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊ค อายุ 45 วัน.... 57
ตารางที่ 4.27 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนคอส อายุ 25 วัน... 57
ตารางที่ 4.28 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนคอส อายุ 35 วัน... 58
ตารางที่ 4.29 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนคอส อายุ 45 วัน... 58
ตารางที่ 4.30 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊คและกรีนคอส 59
ตารางที่ 4.31ข้อมูลน้ำหนักสดรวมของกรีนโอ๊คและกรีนคอส..... 60
ตารางที่ 4.32 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อน้ำหนักสดรวมกรีนโอ๊ค..... 61
ตารางที่ 4.33 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อน้ำหนักสดรวมกรีนคอส..... 61
ตารางที่ 4.34 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักสดรวมกรีนโอ๊คและกรีนคอส หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต 62
ตารางที่ 4.35 ข้อมูลการประมาณค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 66
ตารางที่ 4.36 ผลประเมินต้นทุนผันแปรสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ .. 67

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ปริมาณสำรองหินอุตสาหกรรมของประเทศไทย 2
รูปที่ 2.1 เครื่องบดหมูแบบแรงหมุน 19
รูปที่ 2.2 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบมินเซอร์ 19
รูปที่ 2.3 เครื่องอัดเม็ดแบบPellet mill 20
รูปที่ 2.4 จานปั้นเม็ดปุ๋ย 21
รูปที่ 3.1 ดินตะกอนเหมืองหิน 28
รูปที่ 3.2 วัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 29
รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 30
รูปที่ 3.4 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 31
รูปที่ 4.1 แผนผังการสุ่มแบบ CRD ของการปลูกทดลองกรีนโอ๊ค 41
รูปที่ 4.2 แผนผังการสุ่มแบบ CRD ของการปลูกทดลองกรีนคอส 41
รูปที่ 4.3 ผลเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และผลผลิตของกรีนโอ๊ค และกรีนคอส 63
รูปที่ 4.4 ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตในช่วงอายุ 45 วัน ของกรีนโอ๊ค 64
รูปที่ 4.5 ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตในช่วงอายุ 45 วัน ของกรีนคอส 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

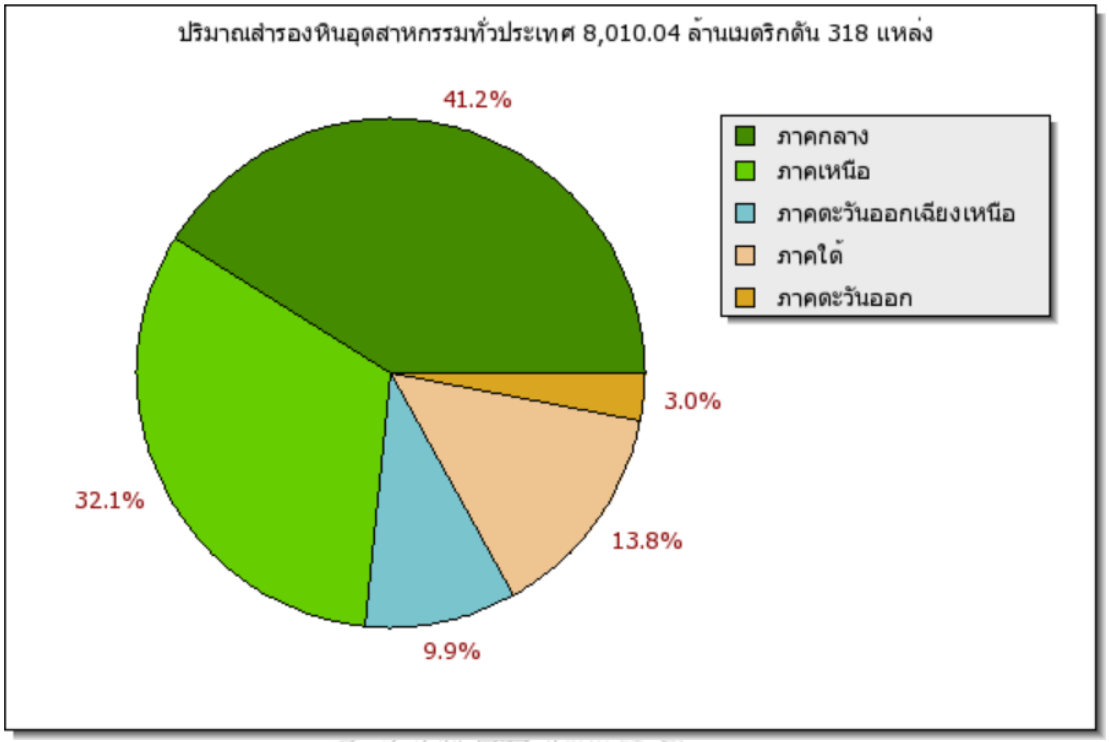
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการทำเหมืองหินยังคงมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ เนื่องจากการทำเหมืองหินเป็นการได้มาซึ่งวัตถุดิบที่สำคัญ คือ หินขนาดต่างๆ โดยผ่านการแปรรูปจากโรงโม่หิน ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักที่นำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เช่น ใช้เป็นหินรองพื้นในการสร้างถนน ใช้ในงานผสมคอนกรีต และใช้เป็นส่วนผสมของปูนก่อในงานโครงสร้างคอนกรีตหลายรูปแบบ เป็นต้น โดยงานก่อสร้างต่างๆ ทั้งถนน อาคารบ้านเรือน และสาธารณูปโภคต่างๆ เหล่านี้เป็นการนำมาซึ่งการพัฒนาความเจริญของบ้านเมือง และรองรับความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

ประเทศไทยมีแหล่งหินอุตสาหกรรมอยู่ 318 แหล่ง โดยมีปริมาณสำรองหินอุตสาหกรรมทั่วประเทศ 8,010.04 ล้านเมตริกตัน ซึ่งแต่ละภาคของประเทศไทยมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณสำรองหินอุตสาหกรรม ดังรูปที่ 1 (อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2565) โดยแหล่งหินพวกนี้ได้มาจากกระบวนการการขุด เจาะ ระเบิดเหมือง จนถึงการลำเลียงและนำไปแปรรูปโดยการย่อยขนาดต่อ ซึ่งในแต่ละกระบวนการทำเหมืองจะมีการไหลและทับถมของพวกเศษดินและหินที่เป็นของเสียหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว โดยของเสียนั้นมีลักษณะเป็นดินปนกับเศษหิน หรือที่จะเรียกในงานวิจัยนี้ว่า ดินตะกอน ซึ่งดินตะกอนเหล่านี้มาจากการทับถมของดินที่ติดมากับหินที่ระเบิดได้จากเหมือง จึงทำให้มีการกองดินตะกอนทิ้งไว้เป็นจำนวนมาก ทำให้เปลืองพื้นที่ในการจัดเก็บ บดบังทัศนียภาพ และเมื่อมีดินตะกอนไหลลงแหล่งน้ำปริมาณมาก ก็จะทำให้ทางเดินน้ำตื้นเขิน เปลี่ยนทิศทางการไหลของน้ำ หรืออาจทำให้น้ำท่วมได้ง่ายจากการทับถมของดินตะกอนที่กั้นทางไหลของน้ำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



รูปที่ 1.1 ปริมาณสำรองหินอุตสาหกรรมของประเทศไทย

ที่มา : http://www.dpim.go.th/qry-stones/quarry3.php

ดินตะกอนเหมืองหิน เป็นของเสียหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดจากกระบวนการทำเหมืองหิน ดังนั้นจึงคิดวิธีการจัดการของเสียเหล่านี้ เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเหมืองหินกรณีศึกษาตั้งอยู่ที่ จังหวัดชุมพร ของประเทศไทย ทางผู้วิจัยได้นำดินตะกอนเหมืองหินมาทำการศึกษาและวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณธาตุ ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ (X-Ray fluorescence: XRF) ซึ่งพบว่า ดินตะกอนเหมืองหินนี้ ประกอบด้วย แคลเซียมออกไซด์ (Calcium Oxide, CaO) 31.5% แมกนีเซียมออกไซด์ (Magnesium Oxide, MgO) 21.8% และอื่นๆ 46.7% ซึ่งสารประกอบหลักทั้ง 2 ชนิดในดินตะกอนเหมืองหินนี้มีปริมาณของสารประกอบหลักเทียบเท่ากับโดโลไมต์ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาคุณสมบัติและการนำไปใช้ประโยชน์ของโดโลไมต์ ซึ่งโดโลไมต์มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรมได้เป็นอย่างดี โดยโดโลไมต์สามารถใช้ในการปรับสภาพดินเปรี้ยว ความเป็นกรดหรือปรับค่า pH ของดินให้เหมาะสม และจากคุณสมบัติโดโลไมต์ที่มีองค์ประกอบแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งเป็นส่วนผสมของการทำปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยอินทรีย์ชีวภาพ และปุ๋ยหมัก เป็นต้น ดังนั้นการใส่โดโลไมต์ลงในดินจึงเป็นการเพิ่มธาตุอาหารรองให้แก่พืชได้อย่างดี โดโลไมต์จัดว่าเป็นปุ๋ยแมกนีเซียมและแคลเซียมที่ราคาถูกและหาได้ง่าย สามารถใช้ลดฤทธิ์กรด ปรับปรุงคุณสมบัติทาง

กายภาพของปุ๋ยผสม และยังสามารถใช้แทนสารตัวเติมหรือใช้แทนสารที่เราเรียกว่า ฟิลเลอร์ (Filler) ในกระบวนการผลิตปุ๋ยเคมีได้อีกด้วย (มยุรี ปาลวงศ์, 2550) และหินปูนโดโลไมต์มีผลดีต่อการปรับปรุงดิน คือช่วยลดความเป็นกรดของดิน เพิ่มธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมให้กับดิน และยังช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดินให้มีความโปร่งพรุนและมีสมบัติการระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศในดินให้ดีขึ้น (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553) และจากการศึกษาของ (V.Kovaceecic & Rastija, 2010) ได้ศึกษาผลของการใช้โดโลไมต์ในการให้ผลผลิตข้าวโพดและข้าวบาร์เล่ย์ กับดินที่เป็นกรดมาก มีค่า pH เท่ากับ 3.78 ซึ่งการใส่โดโลไมต์ส่งผลให้มีการเพิ่มขึ้นของค่า pH ของดิน 2.62 หน่วย และปริมาณฟอสฟอรัส 5.65 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม และอัตราการใส่โดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อผลผลิตที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังช่วยปรับปรุงและเพิ่มธาตุอาหารพืช P Ca Mg และ Mo ได้ และยังสามารถช่วยลดปริมาณธาตุอาหารพืช Mn ให้อยู่ในระดับที่เพียงพอ ซึ่งทำให้เกิดแนวคิดที่จะนำดินตะกอนจากเหมืองหินนี้มาใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดินทั้งสมบัติทางเคมี ทางกายภาพ และทางชีวภาพเพื่อใช้ในการปลูกพืชทางการเกษตรได้

โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินที่จะนำมาใช้ประโยชน์ในการปลูกพืชทางการเกษตรนั้น มีคุณสมบัติของธาตุอาหารไม่เพียงพอต่อความต้องการของพืชที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงและบำรุงดินเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดีขึ้น จากการศึกษาของ (วิลาวัลย์ วิเชียรนพรัตน์, 2545) ได้มีการศึกษาผลของการปรับปรุงดิน 3 วิธี ต่อการเจริญเติบโตและธาตุอาหารในใบในพื้นที่ดินเค็ม ได้แก่ การใส่ปูนโดโลไมต์ การใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ และการใส่ปูนโดโลไมต์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ในแปลงปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาดูเลนซีส และไม้พฤกษ์ที่ปลูกเดี่ยวและปลูกแบบผสม พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยเคมีร่วมกับการปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ จะทำให้การเจริญเติบโตของพืชดีกว่าการปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์เพียงอย่างเดียว และจากการศึกษาของ(ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, 2555) ได้ศึกษาการจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมต่อการผลิตอ้อยในพื้นที่ดินทรายให้มีประสิทธิภาพ พบว่าการปรับปรุงดินด้วยโดโลไมต์ร่วมกับปุ๋ยหมักกากตะกอนหม้อกรองอ้อยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น และยังสามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนลงได้ และจากการศึกษาของ (สานิตย์ สุขสวัสดิ์, 2542) ได้มีการนำโดโลไมต์มาใช้ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีในพริกไทย โดยทดลองใส่ปุ๋ยอินทรีย์มูลไก่อัดเม็ดอัตรา 2 กิโลกรัมต่อค้าง ปีละ 3 ครั้ง ร่วมกับปูนโดโลไมต์อัตรา 500 กรัม ปีละ 3 ครั้ง พบว่าทำให้ผลผลิตพริกไทยสูงขึ้น

ในปัจจุบันประเทศไทยมีแผนนโยบายที่ส่งเสริมการทำเกษตรปลอดภัยและเกษตรอินทรีย์ ที่มีมาตราการลด ละ เลิก การใช้สารเคมี เพื่อลดต้นทุนการผลิตและสร้างความอุดมสมบูรณ์ให้กับทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม โดยการให้ความรู้และผลกระทบเกี่ยวกับการใช้สารเคมีในการทำการเกษตร ส่งเสริมการให้ความรู้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เอง อีกทั้งยังมีการจัดการปุ๋ยเพื่อพัฒนาเกษตรอินทรีย์ของประเทศ เน้นการปรับปรุงบำรุงดิน โดยใช้อินทรีย์วัตถุในรูปปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ

เป็นส่วนใหญ่ และมีการวิจัยศึกษาข้อมูลการใช้แร่ธาตุและสารบำรุงดิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพธาตุอาหารพืชของแร่ธาตุและสารบำรุงดิน ให้เอื้อต่อการพัฒนาเกษตรอินทรีย์ในประเทศให้มากที่สุด (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2563) ซึ่งจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่มีความสำคัญในการปรับปรุงดินมาก เพราะเป็นแหล่งที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุที่จะทำให้สภาพต่างๆของดินดีขึ้น โดยมีทั้งธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และวัตถุดิบบางชนิดอาจมีธาตุอาหารเสริมบางธาตุรวมอยู่ด้วย ซึ่งช่วยในการปรับปรุงบำรุงดินทั้งด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพ ถึงแม้ในระยะแรกๆอาจจะทำให้พืชมีผลผลิตไม่สูงมากนัก แต่ในระยะยาวผลผลิตจะสูงขึ้นมาก เนื่องจากคุณสมบัติของดินดีขึ้นเรื่อยๆ อีกทั้งปุ๋ยอินทรีย์ยังสามารถซื้อได้ในราคาถูก หรืออาจหาได้ตามท้องถิ่นหรือตามฟาร์มทั่วไป (ธงชัย มาลา , 2546) และในปัจจุบันมีการเพิ่มมูลค่าของปุ๋ยอินทรีย์ โดยการทำเป็นปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเม็ด เพื่อให้สามารถใช้งานได้สะดวก เก็บรักษาได้นาน และสามารถขนย้ายได้ง่าย โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืช เป็นต้น อีกทั้งนิยมนำหินและแร่ธรรมชาติมาผสมร่วมกับปุ๋ยด้วย ทั้งการผลิตแบบอัดเม็ดและปั้นเม็ด เพื่อเพิ่มธาตุอาหาร และปรับสภาพดินให้มีความเหมาะสมในการปลูกพืชให้มากขึ้น เช่น หินฟอสเฟต โดโลไมต์ ภูไมท์ เป็นต้น (มงคล ต๊ะอุ่น, 2552)

จากการศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชในวัสดุเหลือใช้ที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืช ดังตารางที่ 1.1 ที่แสดงปริมาณธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์และเศษซากพืชชนิดต่างๆ ของแต่ละแหล่งที่มา ซึ่งในมูลสัตว์ชนิดเดียวกันมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้การอ้างอิงปริมาณธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์ของกรมวิชาการเกษตร จะเห็นได้ว่า มูลไก่เป็นวัสดุที่มีปริมาณธาตุอาหารพืชสูงกว่าในบรรดามูลสัตว์อื่นๆ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน ที่เป็นธาตุอาหารพืชหลักที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อพืชมาก ซึ่งมูลไก่มีราคาถูกและหาได้ง่ายกว่ามูลค้างคาว จึงคาดว่าจะสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการเพิ่มธาตุอาหารพืช และบำรุงรักษาดินได้ดี

ดังนั้นทำให้เกิดแนวคิดในการนำโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินมาเป็นสารตัวเติม (Filler) ผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด และหาสัดส่วนที่ให้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร เพื่อเป็นการลดปริมาณดินตะกอนในเหมือง และสามารถลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้

ตารางที่ 1.1 ปริมาณธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์และเศษซากพืชชนิดต่างๆ ของแต่ละแหล่งที่มา

ที่มา	ธาตุอาหารหลักในมูลสัตว์	N (%)	P (%)	K (%)
(กรมวิชาการเกษตร, 2550)	มูลวัว	1.10	0.40	1.60
	มูลควาย	0.97	0.60	1.66
	มูลสุกร	1.30	2.40	1.00
	มูลไก่	2.42	6.29	2.11
	มูลเป็ด	1.02	1.84	0.52
	มูลค้างคาว	1.54	14.28	0.60
(อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง, 2551)	มูลวัว (ใหม่)	1.95	1.76	0.43
	มูลวัว (เก่า	1.76	0.49	0.30
	มูลกระบือ (เก่า)	1.82	1.92	0.12
	มูลสุกร (เก่า)	2.83	16.30	0.11
	มูลไก่ไข่	2.28	5.91	3.02
	มูลไก่เนื้อ (ใหม่)	2.65	2.69	1.85
	มูลไก่เนื้อ (เก่า)	2.09	6.07	0.42
	มูลไก่อัดเม็ด	2.84	7.63	0.78
	มูลค้างคาว	3.32	13.90	0.29
(รัชนีพร สุทธิภาศิลป์ และ ธัญวรรณ์ ศรีเดชะกุล, 2552)	มูลสุกร	1.15	4.26	0.21
	มูลไก่	1.38	5.93	1.84
	มูลค้างคาว	2.10	13.89	1.10
	เปลือกถั่วลิสง	1.52	1.59	2.68
	ตอซังถั่วลิสง	1.05	0.16	0.55
	ฟางข้าว	0.64	0.09	1.97
	แกลบดำ	-	0.11	0.67
	รำละเอียด	1.67	0.08	0.63
	กะหล่ำปลี	0.84	0.53	2.11

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อประยุกต์ใช้ดินตะกอนเหมืองหินมาเป็นสารตัวเติมสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยการวิเคราะห์หาสัดส่วนในการใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินกับมูลไก่ ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร เพื่อเพิ่มมูลค่าให้ดินตะกอนเหมืองหิน และสามารถลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้ โดยคำนึงถึงประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 การศึกษานี้ใช้ดินตะกอนเหมืองหินจากเหมืองหินปูนของจังหวัดชุมพร ประเทศไทย

1.3.2 การตรวจวัดคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ของกรมวิชาการเกษตร

1.3.3 การศึกษานี้ดินที่นำใช้ในการปลูก คือ ดินกรดจัดมากหรือดินเปรี้ยวจัด ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง pH น้อยกว่า 5

1.3.4 การศึกษานี้จะทดลองใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตจากโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่ ในการปลูกผักสลัดลงในกระถาง โดยจะปลูก 2 ชนิด คือ ผักกรีนโอ๊ค (Green Oak) และผักกรีนคอส (Green Cos) เพื่อดูผลการเจริญเติบโตและผลผลิต

1.4 **ขั้นตอนและแผนงานในการดำเนินงานวิจัย**

1.4.1 ศึกษาปัญหาการเกิดของเสียในเหมืองหิน และองค์ประกอบของดินตะกอนเหมืองหิน

1.4.2 ศึกษาทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.3 กำหนดแนวทางการออกแบบการทดลอง

การวางแผนการทดลอง การกำหนดปัจจัย (Factor) และระดับของปัจจัย (Treatment or Levels) การกำหนดตัวแปรที่ใช้วัดผลการทดลอง (Response Variable) การกำหนดตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) และการทดสอบสมมติฐาน (Test of hypotheses)

1.4.4 การดำเนินงาน

1) การศึกษาและวิเคราะห์องค์ประกอบของดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพร

2) การผลิต และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ ที่สัดส่วนต่างๆ และเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร

3) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้นที่นำมาใช้และหลังการปลูกทดลอง

4) การปลูกทดลอง และการเก็บข้อมูลผลการทดลอง

1.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยอาศัยหลักทางสถิติ และการประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

1.4.6 สรุปผลและอภิปรายผลงานวิจัย

1.4.7 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.5 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.5.1 สามารถหาแนวทางในการจัดการดินตะกอนที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดจากกระบวนการทำเหมืองหินปูนให้สามารถใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้

1.5.2 สามารถนำโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินมาใช้เป็นส่วนผสมของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลไก่ เพื่อปรับปรุงดินให้มีคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพดีขึ้นได้ และมีประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโต

1.5.3 สามารถลดปริมาณดินตะกอนเหมืองหิน และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้

1.5.4 สามารถเพิ่มมูลค่าของดินตะกอนเหมืองหินโดยนำไปผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดให้ได้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี

2.1.1 โดโลไมต์ (Dolomite)

ในรูปแร่บริสุทธิ์ โดโลไมต์เป็นแร่ประกอบในหินตะกอนหรือหินแปรในรูปหินอ่อน (Marble) ที่ตั้งชื่อขึ้นในปี ค.ศ. 1798 โดยใช้ชื่อของนักแร่วิทยาชาวฝรั่งเศสชื่อ Deodat de Dolomieu แร่ชนิดนี้ในทางเคมีมีสูตรว่า $CaMg(CO_3)_2$ โดยเป็นแร่ประกอบหินชั้น (Class) คาร์บอเนต (Carbonates) และกลุ่ม (Group) โดโลไมต์ (Dolomite) สมบัติทางกายภาพโดยทั่วไป เป็นแร่ที่มีสีขาวหรือสีชมพู หรืออาจมีสีอื่นขึ้นกับปริมาณสารเจือปน เช่น สีเหลือง สีเทา สีน้ำตาล หรือสีดำถ้ามีเหล็กเป็นองค์ประกอบในหน่วยผลึก (Crystal unit) ของแร่ เนื้อแร่มีความแววววาวคล้ายไข่มุก หรือใสเหมือนแก้ว และมีความโปร่งแสงมากถึงโปร่งแสงปานกลาง มีความแข็ง (Mohs hardness) ระหว่าง 3.5 - 4.0 และมีความถ่วงจำเพาะ 2.86 ในรูปหินโดโลไมต์ (แร่โดโลไมต์ที่ไม่บริสุทธิ์ ซึ่งเป็นหินจำพวกคาร์บอเนตที่มีสัดส่วนของแร่โดโลไมต์ปะปนอยู่มากกว่าแร่แคลไซต์ (Calcite) บางครั้งเรียกว่าหินโดโลสโตน (Dolostone) และนอกเหนือจากแร่แคลไซต์แล้ว แร่ชนิดอื่นที่พบปะปนอยู่ในหินโดโลไมต์ได้แก่ แร่ซัลไฟด์ (Sulfide) ฟลูออไรต์ (Fluorite) แบไรต์ (Barite) ควอตซ์ (Quartz) และบางครั้งอาจพบแร่ทองคำ (Gold) ปะปนอยู่ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หินโดโลไมต์ (Dolomite หรือ Dolostone) เป็นหินที่พบมากกระจัดกระจายอยู่ทั่วโลก แหล่งที่พบมากในประเทศต่างๆ ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา แคนาดา สวิตเซอร์แลนด์ สเปน และเม็กซิโก สำหรับในประเทศไทย หินโดโลไมต์มักเกิดใกล้ภูเขาหินปูน หรือเกิดเป็นชั้นหินปูนปนแร่โดโลไมต์ที่มีแร่โดโลไมต์ปะปนอยู่ระหว่างร้อยละ 10-50 นอกนั้นเป็นแร่แคลไซต์ เรียกว่า หินปูนโดโลไมต์ (Dolomitic limestone) ซึ่งจัดว่าเป็นหินปูนที่มีการผลิตออกมาจำหน่าย และใช้ในการเกษตรมาก หรือมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าหินปูนแคลเซียมคาร์บอเนต แหล่งสำคัญที่มีการทำเหมืองเพื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ได้แก่ แหล่งหินโดโลไมต์จังหวัดกาญจนบุรี ชลบุรี จันทบุรี และจังหวัดสงขลา (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553)

2.1.3.1 การจำแนกชื่อของหินปูน และแร่โดโลไมต์ (สายสวาท สีลอ, 2543)

การจำแนกชื่อของหินคาร์บอเนต (Carbonate Rock) โดยดูจากปริมาณร้อยละของ MgO เป็นหลัก ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การเรียกชื่อหินคาร์บอเนตโดยดูจาก MgO

ประเภท	%MgO	%$MgCO_3$
High calcium limestone (หินปูนแคลเซียมสูง)	0 - 1.1	0 – 2.3
Magnesium limestone (หินปูนแมกนีเซียม)	1.1 – 2.1	2.3 – 4.4
Dolomitic limestone (หินปูนโดโลไมต์)	2.1 – 10.8	4.4 – 22.7
Calcium dolomite	10.8 – 19.5	22.7 – 41.0
Dolomite (โดโลไมต์)	19.5 – 21.6	41.0 - 45.4

2.1.3.2 ประโยชน์ของโดโลไมต์โดยทั่วไป

การใช้ประโยชน์ของโดโลไมต์โดยทั่วไป ถูกนำไปใช้เป็นหินก่อสร้างหรือหินประดับ ทำปูนซีเมนต์บางชนิด ใช้ทำเป็นแมกนีเซียม ซึ่งเป็นวัสดุทนไฟ ใช้สำหรับการบุเตาถลุงเหล็ก โดยเป็นเตาคอนเวอร์เตอร์ในการผลิตเหล็กกล้าขั้นต้น โดโลไมต์เป็นแร่หลักของโลหะแมกนีเซียม ใช้ในอุตสาหกรรมทำแก้วบางชนิด เช่น พวกแก้วแผ่น (Special glass) นอกจากนั้นยังมีการใช้ประโยชน์ในการเกษตรอีกด้วย (เชาวลิตร์ ทองประดับ, 2542)

2.1.3.3 ประโยชน์ของโดโลไมต์ในการเกษตร (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553)

การใช้ประโยชน์ของโดโลไมต์ทางเกษตรกรรม ถูกนำไปใช้เป็นวัสดุในการปรับปรุงดิน โดยปรับปรุงทั้งสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนี้

1) การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน

วัสดุปูนไลม์และโดโลไมต์ไม่ว่าจะอยู่ในรูปออกไซด์ (oxide) เช่น ปูนสุก (CaO, MgO, CaO + MgO), ในรูปไฮดรอกไซด์ (hydroxides) เช่น ปูนขาว [$Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, $Ca(OH)_2$ + $Mg(OH)_2$] หรือในรูปคาร์บอเนต (carbonates) เช่น หินปูน ($CaCO_3$) หินโดโลไมต์ ($CaCO_3.MgCO_3$) หรือหินปูนโดโลไมต์ [$CaCO_3$ + $CaMg(CO_3)$] สามารถนำมาใช้ประโยชน์ปรับปรุงดินเนื้อหยาบและดินเนื้อละเอียดที่มีสมบัติไม่เหมาะสมได้ดังนี้

- ดินเนื้อหยาบ ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดที่มีเนื้อหยาบมากเกินไป เช่น ดินทรายจัด อานุภาพของเม็ดดินจะไม่จับเป็นก้อนแต่จะมีอยู่ในรูปอนุภาคเดี่ยวๆ ที่จับเกาะกันอย่างหลวมๆ ทำให้ดินมีความโปร่งมากเกินไป และอุ้มน้ำได้น้อย การใส่ปูนลงไปในดินประเภทนี้จะทำให้เม็ดดินเกิดการจับตัวกันเป็นก้อนและเกิดโครงสร้างแบบก้อนกลมพรุนที่มีรูปทรงที่สม่ำเสมอและโปร่งมาก (crumb structure) ซึ่งจะมีผลทำให้ดินเนื้อหยาบมีสมบัติอุ้มน้ำได้ดีขึ้นกว่าเดิม

- ดินเนื้อละเอียด ดินที่มีเนื้อละเอียดและมีโครงสร้างแน่นทึบ เช่น ดินเหนียวจัด หรือดินที่มีเนื้อดินเหนียวสูงโดยทั่วไป จะมีสมบัติระบายน้ำและอากาศเลว ทำให้มีปัญหากับการปลูก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

พืช การใช้ปูนกับดินประเภทนี้จะมีผลทำให้อนุภาคดินเหนียวที่มีอนุภาคเดี่ยวๆ ในรูปไมโครฟล๊อก (microfloc) เกิดการจับกลุ่มกันเป็นก้อนใหญ่ขึ้นในรูปฟล๊อก (floc) หรือการเกาะกลุ่มตกตะกอน (flocculation) โดยอิทธิพลของสารเคมีที่ให้ไอออนซึ่งมีประจุบวก (coagulants) ในรูปแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และหรือแมกนีเซียมไอออน (Mg^{+}) ในสารละลายดินที่ได้มาจากปูน ที่ไปทำให้ดินมีประจุลบรวมน้อยลง หรือประจุลบถูกสะเทินจนหมดไป มีผลทำให้อนุภาคของแร่ดินเหนียวในรูปที่แขวนลอยอยู่ (colloidal particles) เกิดการจับตัวกันเป็นฟล๊อก (floc) แล้วตกตะกอน (precipitation) โดยกระบวนการที่เรียก โคแอ๊กกูเลชัน (coagulation) ดินเหนียวที่เคยแน่นทึบจึงมีความโปร่งพรุนมากขึ้น หรือมีความแน่นทึบน้อยลง และมีผลทำให้มีการระบายน้ำและอากาศดีขึ้น

2) การปรับปรุงสมบัติทางเคมีของดิน

วัสดุปูนไลม์และหินปูนโดโลไมต์มีสมบัติเหมาะสมโดยตรงต่อการลดความเป็นกรดของดินที่มีฤทธิ์เป็นกรดมากเกินไป (ดินที่มี pH ต่ำกว่า 5) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดินเปรี้ยวจัดเพราะมีกรดกำมะถันสูง (acid sulfate soil) ทั้งนี้เพราะอิทธิพลของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) และหรือแมกนีเซียมไอออน (Mg^{+}) ที่มีในวัสดุปูนช่วยทำให้ดินกรดมีระดับความรุนแรงของความเป็นกรดน้อยลง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การลดสภาพกรดแฝง (potential acidity) ของดินให้น้อยลง และดินจึงมีระดับ pH สูงขึ้น ในทางเคมี กลไกการเกิดการสะเทินฤทธิ์ความเป็นกรดของดินโดยการใช้ปูน เช่น หินปูนบด อาจเขียนสมการเคมีได้ดังนี้

$$CaCO_3 + H_2CO_3 \rightleftharpoons Ca(HCO_3)_2 \qquad (1)$$

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons Ca^{2+} + 2HCO^-_3 \qquad (2)$$

$$\text{Clay-}\begin{matrix}H\\H\\K\end{matrix} + Ca^{2+} + 2HCO^-_3 \rightleftharpoons \text{Clay-}\begin{matrix}Ca\\K\end{matrix} + 2H_2O + 2CO_2 \qquad (3)$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากสมการเคมีทั้งสามข้างต้นอธิบายได้ว่า เมื่อใส่หินปูนบดลงไปในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรด สารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO3) ของหินปูนจะทำปฏิกิริยากับกรดคาร์บอนิก (H2CO3) ในสารละลายของดินกรดเกิดเป็นสารประกอบแคลเซียมไบคาร์บอเนต [Ca(HCO3)2] (สมการที่ 1) ที่เมื่อเกิดการแตกตัวจะได้แคลเซียมไอออน (Ca2+) และอนุมูลไบคาร์บอเนต (HCO-3) ตามสมการที่ 2 หลังจากนั้นแคลเซียมไอออนจะเข้าไปแทนที่ไฮโดรเจนไอออน (H+) ในรูปกรดแฝงที่ดูดยึดอยู่ที่ผิวเม็ดดินทำให้ไฮโดรเจนไอออน (H+) ที่ผิวเม็ดดินถูกแทนที่หรือปลดปล่อยออกมาทำปฏิกิริยากับอนุมูล

ไบคาร์บอเนต ที่มีอยู่ในสารละลายดิน กลายเป็นน้ำและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ตามสมการที่ 3 และมีผลทำให้ความเป็นกรดแฝงของดินลดลงและ pH ของดินมีค่าสูงขึ้น

โดยทั่วไปการใช้ปูนเพื่อแก้ความเป็นกรดของดินที่เป็นกรดมากเกินไป (ดินที่มี pH ต่ำกว่า 5) มักใช้ปูนในปริมาณที่จะทำให้ดินมี pH สูงขึ้นเป็นประมาณ pH 6.5 ซึ่งที่ pH ระดับนี้ จะเกิดผลดีต่อพืชซึ่งปลูกติดตามมาหลายประการ เช่น ทำให้ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชหลายชนิดในดินดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ฟอสฟอรัสและโมลิบดีนัม และปริมาณไอออนในสารละลายดินของธาตุบางชนิด ได้แก่ เหล็ก อะลูมินัมและแมงกานีส ที่ถ้ามีปริมาณในสารละลายดินมากเกินไปอาจเกิดพิษกับพืชได้ มีปริมาณน้อยลง และนอกจากนั้น พืชยังมีโอกาสได้ใช้ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมจากปูนได้มากขึ้นด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินเนื้อหยาบที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดจัดที่อาจมีปัญหาการขาดธาตุอาหารพืชทั้งสองชนิดนี้

3) การปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดิน

ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดหรือเป็นด่างมากเกินไปอาจมีผลกระทบในทางลบต่อกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ในดินของจุลินทรีย์บางประเภท โดยทั่วไป จุลินทรีย์ในดินสามารถประกอบกิจกรรมในกระบวนการต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดอย่างอ่อนหรือเป็นกลาง (pH 6-7) ยกตัวอย่าง เช่น กลุ่มจุลินทรีย์ประเภทแบคทีเรีย (bacteria) และแอคติโนมัยซีตส์ (actinomycetes) จะเจริญเติบโตและประกอบกิจกรรมต่างๆ ในดินได้ดีในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นเบสเล็กน้อย (pH 6-8) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประกอบกิจกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อการย่อยสลายและการแปรรูปสารอินทรีย์ชนิดต่างๆในดินไปเป็นสารอนินทรีย์ (mineralization process) รับปลดปล่อยธาตุอาหารต่างๆ ออกมาให้พืชได้ใช้ นอกจากนั้นในช่วง pH 6-8 นี้ ยังเหมาะสมต่อกิจกรรมการตรึงไนโตรเจนของแบคทีเรีย (biological nitrogen fixation) โดยกระบวนการอยู่ร่วมกับพืช (symbiotic process) หรือโดยกระบวนการอิสระ (non-symbiotic process) ด้วย สำหรับจุลินทรีย์ทั้ง 2 ประเภทนี้ คือ แบคทีเรียและแอคติโนมัยซีตส์จะเติบโตได้ไม่ดีในดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดจัด (pH ต่ำกว่า 5.5) ดังนั้น ดินที่มีสภาพดังกล่าว การใช้ปูนยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้นจนถึง pH 6-8 จะมีส่วนช่วยปรับปรุงสมบัติทางชีวภาพของดินให้ดีขึ้นด้วยดังกล่าวข้างต้น

2.1.2 ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช

พืชทุกชนิดมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ธาตุอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ให้ผลผลิต หรือเพื่อการขยายพันธุ์ครบวงจร พืชที่ไม่ได้รับธาตุอาหารหรือได้รับในปริมาณที่ไม่เหมาะสม จะแสดงอาการผิดปกติปรากฏให้เห็น (physiological disorders) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะเจาะจงในแต่ละกรณีของการขาดธาตุอาหารนั้นๆ

2.1.4.1 ชนิดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืช (สุวพันธ์ รัตนะรัต, 2543)

กลุ่มที่ 1 ธาตุอาหารที่มาจากน้ำและอากาศ รวม 3 ธาตุ ได้แก่ คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) จะปรากฏในรูปของสารประกอบ เช่น CO_2, H_2O ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วจะมีในพืชไม่ต่ำกว่า 96% ของน้ำหนักแห้งของพืช โดยพืชส่วนใหญ่จะได้รับธาตุเหล่านี้จากน้ำและอากาศ จึงไม่ค่อยพบปัญหาการขาดธาตุดังกล่าวนี้ในพืช

กลุ่มที่ 2 ธาตุอาหารที่มาจากดิน จำนวน 13 ธาตุ จะปรากฏในพืชไม่เกิน 4% ของน้ำหนักแห้ง ความเป็นประโยชน์ของธาตุต่อพืชจะถูกควบคุมโดยสมบัติของดิน จึงมักพบปัญหาขาดธาตุอาหารเหล่านี้ในพืชหากสมบัติของดินไม่เหมาะสม ธาตุดังกล่าวแบ่งออกเป็นกลุ่มตามปริมาณที่พืชต้องการได้ดังนี้

1) มหธาตุ (macronutrient elements) คือ ธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยสูงกว่า 500 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ กลุ่มธาตุอาหารหลัก ซึ่งมีไนโตรเจน (N), ฟอสฟอรัส (F) และโพแทสเซียม (K) เป็นกลุ่มธาตุที่มักขาดแคลนในดินทั่วไป ในปุ๋ยมักจะเน้นสามธาตุนี้ และกลุ่มธาตุอาหารรอง ซึ่งมีกำมะถัน (S) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เป็นกลุ่มธาตุที่พืชต้องการในปริมาณรองลงมา

2) จุลธาตุ (micronutrient elements) หรือ ธาตุอาหารเสริม คือ ธาตุอาหารจากดินที่พืชต้องการปริมาณน้อย ความเข้มข้นของธาตุโดยน้ำหนักแห้งเมื่อพืชเจริญเต็มวัยมักต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ได้แก่ โบรอน (B) คลอรีน (Cl) ทองแดง (Cu) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โมลิบดีนัม (Mo) และสังกะสี (Zn) (ยงยุทธ โอสถสภา, 2558)

นอกจากนี้ยังมีธาตุอาหารอีกบางธาตุที่มีความจำเป็นเฉพาะสำหรับพืชบางชนิด เช่น โซเดียม (Na) สำหรับพืชทนเค็ม ซิลิกอน (Si) สำหรับข้าว โคบอลท์ (Co) สำหรับพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.1.4.2 หน้าที่เฉพาะเจาะจงของธาตุอาหารพืช (สุวพันธ์ รัตนะรัต, 2543)

ไนโตรเจน (N: Nitrogen) มีหน้าที่สำคัญในกระบวนการเมตาโบลิซึมของพืช เนื่องจากเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ และเอ็นไซม์บางชนิด เป็นตัวกระตุ้นให้เกิดการพัฒนาของเซลล์เนื้อเยื่อที่มีชีวิต ทำให้พืชมีสีเขียวและมีความแข็งแรง ปรับปรุงคุณภาพใบของพืช และโปรตีนในธัญพืช

ฟอสฟอรัส (P: Phosphorus) เป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก และนิวคลีโอโปรตีน ซึ่งมีความสำคัญต่อยีนส์ การแบ่งเซลล์ และการสร้างเซลล์ในพืช นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบของฟอสฟอไลปิด (phospholipid), NADP และ ATP เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่อสารในระบบต่างๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายสาร ช่วยในการเจริญเติบโตของราก จำเป็นสำหรับการออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดหรือผล

โพแทสเซียม (K: Potassium) เป็นองค์ประกอบสำคัญของเอ็นไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีน แป้ง ช่วยในการลำเลียงแป้งและน้ำตาล ควบคุมและรักษาระดับความเป็นกรด-ด่าง ควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์บางชนิด กระบวนการเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ช่วยให้ทุกส่วนของพืชและระบบรากแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลง ดังนั้นธาตุโพแทสเซียมจึงช่วยเพิ่มขนาดของผลผลิต เมล็ด และปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต

แคลเซียม (Ca: Calcium) เป็นส่วนประกอบของโครงสร้างที่สำคัญของผนังเซลล์ซึ่งจำเป็นและมีบทบาทที่สำคัญต่อการแบ่งเซลล์ ช่วยให้ผนังเซลล์แข็งแรง รักษาโครงสร้างของโครโมโซม (chromosomes) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์หลายชนิด ทำหน้าที่ลดพิษของกรดอินทรีย์ในพืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก การผสมเกสร และการงอกของเมล็ด

แมกนีเซียม (Mg: Magnesium) เป็นส่วนประกอบของคลอโรฟิลล์ซึ่งสำคัญสำหรับการสังเคราะห์แสง เป็นส่วนประกอบของระบบเอ็นไซม์ที่เกี่ยวกับการสร้างแป้ง สร้างกรดนิวคลีอิก เป็นตัวกระตุ้นการทำงานของเอ็นไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการหายใจของเซลล์และเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรต ช่วยเสริมสร้างการดูดใช้และการลำเลียงธาตุฟอสฟอรัส ช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาลในพืช

กำมะถัน (S: Sulfur) มีหน้าที่เกี่ยวกับการถ่ายทอดพลังงานเช่นเดียวกับฟอสฟอรัส เป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน และโปรตีน เกี่ยวข้องกับกิจกรรมสร้างวิตามิน ไบโอติน ไทอามีน และโคเอ็นไซม์ เอ (coenzyme A) มีผลทางอ้อมต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และการแบ่งเซลล์ในส่วนยอดของพืช ช่วยให้โครงสร้างของโปรตีนมีเสถียรภาพ ช่วยในการสร้างน้ำมันในพืช

เหล็ก (Fe: Iron) จำเป็นสำหรับการสร้างและรักษาระดับของคลอโรฟิลล์ในพืช เป็นองค์ประกอบหลักของเอนไซม์หลายชนิดซึ่งเป็นตัวลำเลียงอิเล็กตรอนในกระบวนการหายใจของพืช มีบทบาทสำคัญในการสร้างกรดนิวคลีอิกซึ่งมีผลต่อการใช้ประโยชน์ของ RNA นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการตรึงไนโตรเจนของพืชตระกูลถั่ว

แมงกานีส (Mn: Manganese) มีหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาต่างๆในพืช เช่น ออกซิเดชั่น - รีดักชั่น เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์บางชนิดที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหายใจของพืช กระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนและการสร้างคลอโรฟิลล์ ควบคุม redox potential ในเซลล์พืชระหว่างช่วงกลางวันและกลางคืน

สังกะสี (Zn: zinc) เป็นส่วนประกอบที่จำเป็นของเอนไซม์หลายชนิดรวมทั้งออกซิเจน (auxins) และฮอร์โมนในพืช เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างกรดอินโดลอะเซติก (IAA) เป็นธาตุที่จำเป็นต่อการสร้างคลอโรฟิลล์และการสร้างเมล็ดของพืช ตลอดจนมีบทบาทในการสังเคราะห์โปรตีน ช่วยส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส และไนโตรเจนในพืช

โบรอน (B: Boron) มีความสัมพันธ์กับเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและกรดนิวคลีอิก การสร้างผนังเซลล์ การแบ่งเซลล์ เพิ่มความสามารถในการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลผ่านผนังเซลล์ จำเป็นสำหรับการสร้างโปรตีน ควบคุมสัดส่วนระหว่างโพแทสเซียมและแคลเซียม เพิ่มหรือส่งเสริมการใช้ประโยชน์ของธาตุอื่นๆ เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม ควบคุมการทำงานของธาตุหลายชนิด และควบคุมการใช้น้ำของพืช

โมลิบดีนัม (Mo: Molybdenum) เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ไนเตรทรีดักเตส (nitrate reductase) และโนโตรจีเนส (nitrogenase) ช่วยในการทำงานของระบบเมตาโบลิซึมในต้นพืช จำเป็นสำหรับจุลินทรีย์ไรโซเบียมเพื่อใช้ในการตรึงไนโตรเจนที่ปมถั่วของพืชตระกูลถั่ว มีส่วนช่วยในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศ การใช้ประโยชน์ของไนโตรเจนและการสังเคราะห์โปรตีนในพืช

ทองแดง (Cu: Copper) เป็นส่วนประกอบของเอนไซม์ไซโตโครมอ๊อกซิเดส และเอนไซม์อื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น ascorbic acid oxidase, phenolase, lactase ช่วยสร้างวิตามินเอในพืชและเป็นตัวลำเลียงอิเล็กตรอนเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาออกซิเดชัน - รีดักชั่น ในพืช

คลอรีน (Cl: Chlorine) เป็นตัวกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ และเร่งการสร้างแป้ง ช่วยในการเจริญเติบโตของรากและควบคุมการอุ้มน้ำของเซลล์พืช มีบทบาทในกระบวนการออสโมซีส (osmosis) ของพืชที่ปลูกในดินเค็ม

2.1.3 ปุ๋ยอินทรีย์

ตามพระราชบัญญัติ ปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 ("ราชกิจจานุเบกษา," 2551, 11 มกราคม) ได้ให้ความหมายของ “ปุ๋ย” หมายความว่า สารอินทรีย์ อินทรียสังเคราะห์ อนินทรีย์ หรือจุลินทรีย์ ไม่ว่าจะเกิดขึ้น โดยธรรมชาติหรือทำขึ้นก็ตาม สำหรับใช้เป็นธาตุอาหารพืชได้ไม่ว่าโดยวิธีใด หรือทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี กายภาพ หรือชีวภาพในดินเพื่อบำรุงความเติบโตแก่พืช

โดยทั่วไปสามารถจำแนกปุ๋ยได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยชีวภาพ และปุ๋ยอินทรีย์

ปุ๋ยเคมี หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากสารอนินทรีย์หรืออินทรียสังเคราะห์ รวมถึงปุ๋ยเชิงเดี่ยว ปุ๋ยเชิงผสม ปุ๋ยเชิงประกอบ และปุ๋ยอินทรีย์เคมี แต่ไม่รวมถึงปูนขาว ดินมาร์ล ปูนปลาสเตอร์ ยิปซัม โดโลไมต์

ปุ๋ยชีวภาพ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้จากการนำจุลินทรีย์ที่มีชีวิตที่สามารถสร้างธาตุอาหาร หรือช่วยให้ธาตุอาหารเป็นประโยชน์กับพืช มาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดินทางชีวภาพ ทางกายภาพ หรือทางชีวเคมี และให้หมายความรวมถึงหัวเชื้อจุลินทรีย์

ปุ๋ยอินทรีย์ หมายถึง ปุ๋ยที่ได้หรือทำมาจากวัสดุอินทรีย์ ซึ่งผลิตด้วยกรรมวิธีทำให้ชื้น สับ หมัก บด ร่อน สกัด หรือด้วยวิธีการอื่น และวัสดุอินทรีย์ถูกย่อยสลายสมบูรณ์ด้วยจุลินทรีย์ แต่ไม่ใช่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยชีวภาพ

2.1.5.1 ประเภทของปุ๋ยอินทรีย์ (มุกดา สุขสวัสดิ์, 2545)

ปุ๋ยอินทรีย์สามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ๆ ได้ 3 ประเภท คือ ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และปุ๋ยหมัก เนื่องจากปุ๋ยอินทรีย์เป็นปุ๋ยที่ได้มาจากเศษซากพืชและสิ่งมีชีวิต ทำให้ปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยอินทรีย์เปลี่ยนแปลงตามชนิดของแหล่งที่มา และวัสดุที่ใช้ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์

1) ปุ๋ยพืชสด คือ ปุ๋ยที่ได้จากการไถกลบพืชและคลุกเคล้าลงสู่ดิน เพื่อปรับปรุงสมบัติของดินให้ดีขึ้น โดยได้จากการปลูกพืชบางชนิด เมื่อเจริญเติบโตถึงระยะที่พืชเริ่มออกดอกถึงระยะดอกบาน จะไถกลบลงในดิน หรือได้จากการไถกลบเศษซากพืชจากตอซังพืชที่เหลือทิ้งในไร่นา หลังจากซากพืชย่อยสลายโดยสมบูรณ์จึงปลูกพืชหลักหรือพืชเศรษฐกิจต่อไป โดยพืชที่นิยมปลูกเพื่อใช้เป็นปุ๋ยพืชสดมากที่สุด คือ พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วพร้า เป็นต้น เนื่องจากพืชตระกูลถั่วสามารถเจริญเติบโตได้ในดินทุกประเภท และสามารถเจริญเติบโตร่วมกับจุลินทรีย์ที่ตรึงไนโตรเจนจากอากาศ จึงจัดเป็นพืชที่มีประสิทธิภาพในการปรับปรุงบำรุงดินมากกว่าพืชชนิดอื่นๆ

2) ปุ๋ยคอก คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากการมูลสัตว์ต่างๆ ส่วนใหญ่จะเป็นมูลสัตว์เลี้ยง เช่น มูลวัว ไก่ เป็ด และสุกร เป็นต้น มูลสัตว์เหล่านี้จะประกอบด้วยอุจจาระและปัสสาวะของสัตว์ ซึ่งเป็นส่วนของซากพืชและสัตว์จากอาหารสัตว์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายจากระบบย่อยอาหารของสัตว์ ปัสสาวะก็จะเป็นส่วนประกอบของเกลือและสารอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้ ซึ่งเป็นแหล่งธาตุอาหารพืช ธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยคอกจะมีปริมาณน้อยและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของอาหารที่สัตว์บริโภค และการเก็บรักษาปุ๋ยคอก เป็นต้น โดยธาตุอาหารในปุ๋ยคอก แสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยคอก

ชนิดปุ๋ยคอก	ปริมาณธาตุอาหาร			
	N	P_2O_5	K_2O	PH
มูลโค (ใหม่)	1.25	0.01	2.12	8.4
มูลโค (เก่า)	1.09	1.56	1.58	8.2
มูลกระบือ	1.01	0.30	0.58	7.2
มูลไก่	1.67	3.32	2.41	7.6
มูลเป็ดและห่าน	1.09	1.44	1.87	6.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(มงคล ต๊ะอุ่น, 2552) ได้กล่าวถึง การใช้ปุ๋ยคอกแบบสดต้องพิจารณาถึงชนิดของดินและพืชที่จะปลูกด้วย มิฉะนั้นจะทำให้พืชเหลืองและตายได้ เนื่องจากไนโตรเจนถูกดึงไปใช้ในการย่อยสลายมูลสัตว์ ทางที่ดีจึงควรหมักมูลสัตว์สักระยะหนึ่งก่อนนำไปใช้

3) ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยที่ได้จากการหมักสารอินทรีย์ให้สลายตัวผุพังตามธรรมชาติ โดยนำสิ่งเหล่านั้นมากองรวมกัน รดน้ำให้ชื้น แล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เกิดการย่อยสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จึงนำไปใช้ปรับปรุงดิน โดยลักษณะของปุ๋ยหมักที่นำไปใช้ได้แล้วนั้น สังเกตได้จาก อุณหภูมิในกองปุ๋ยลดลงเท่ากับอุณหภูมิภายนอกรอบๆกองปุ๋ย สีของเศษวัสดุเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาดำ มีลักษณะอ่อนนุ่มและเปื่อยยุ่ย ไม่มีกลิ่นฉุนของก๊าซต่างๆ และอาจมีหญ้าหรือเห็ดขึ้นบนกองปุ๋ยหมักได้

2.1.5.2 มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กำหนดไว้ในประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ("ราชกิจจานุเบกษา," 2557, 12 กุมภาพันธ์) กำหนดลักษณะเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการควบคุมคุณภาพ ดังนี้

1) กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว

(ก) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนัก

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

(ค) ความชื้นไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

2) กรณีเป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว

(ก) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) ไม่น้อยกว่าร้อยละ ๐.๕ โดยน้ำหนัก ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก หรือมีปริมาณธาตุอาหารหลักรวมกันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 1.5 โดยน้ำหนัก

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

2.1.4 กระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดสามารถผสมผสานวัตถุดิบได้หลากหลาย เช่น มูลสัตว์ เศษซากพืช น้ำหมักชีวภาพ หินและแร่ธรรมชาติ และกากเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น ซึ่งจะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ทำให้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดมีทั้งอินทรียวัตถุ ธาตุอาหาร จุลินทรีย์มีชีวิต ฮอร์โมน และสารปรับสภาพดิน เป็นตัวช่วยให้ปุ๋ยอินทรีย์เม็ดมีธาตุอาหารพืชสูงขึ้น (มงคล ต๊ะอุ่น, 2552)

2.1.6.1 คุณสมบัติของวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

1) คุณสมบัติของวัตถุดิบ การทำปุ๋ยอินทรีย์เม็ดสามารถใช้ได้ทั้งมูลสัตว์ และเศษซากพืช หรือจะผสมผสานกันก็ได้ หากใช้มูลสัตว์ล้วนๆ ต้องมีการฆ่าเชื้อโรค โดยนำไปอบไอน้ำที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซสเซียส นาน 15 นาทีก่อน ซึ่งการอบไอน้ำจะไปทำลายเชื้อโรค แมลง และวัชพืช แต่ระดับอุณหภูมินี้จะไม่เป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ เมื่อฆ่าเชื้อโรคแล้ว วัตถุดิบที่จะนำมาอัดเม็ดต้องผ่านการย่อยสลายโดยสมบูรณ์การหมักเสียก่อน

2) ความชื้น ความชื้นภายในวัตถุดิบจะเป็นทั้งตัวประสานเนื้อวัตถุดิบให้เกาะตัวกันอย่างหลวมๆก่อน เมื่อน้ำระเหยออกในกระบวนการไล่ความชื้นแล้ว เนื้อปุ๋ยจะเกาะตัวกันแน่นขึ้น ความแข็งก็จะมีเพิ่มขึ้น

3) สารเชื่อมประสาน การใช้สานเชื่อมประสานขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาอัดเม็ด ถ้าวัตถุดิบมีคุณสมบัติเหนียวและจับเม็ดได้ดีเมื่อใช้กับเครื่องอัดเม็ด การใช้สารเชื่อมประสานก็ไม่มีความจำเป็น อาจใช้เพียงรำข้าว หรือน้ำผสมลงไปเล็กน้อยเพื่อเป็นสารหล่อลื่นพิมพ์

4) ลักษณะของปุ๋ยเม็ด ลักษณะของปุ๋ยเม็ด ความแข็ง การละลายน้ำ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบและสารเชื่อมประสานที่ใช้ ลักษณะเม็ดปุ๋ยที่ดีจะต้องไม่แข็งจนเกินไป ไม่ควรให้ปุ๋ยได้รับความร้อน 70 องศาเซลเซียส นานเกิน 10-15 นาที ซึ่งเป็นความร้อนที่เกิดจากการทำงานของเครื่องอัดเม็ด

เม็ดปุ๋ยที่ดีควรมีการลื่นไหล ไม่เกาะตัวเป็นกลุ่มก้อน และไม่ดูดความชื้นจากอากาศจนเปื่อยยุ่ย และที่สำคัญที่สุด คือ จะต้องละลายน้ำได้ดี เพื่อให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้เต็มที่ ความชื้นของเม็ดปุ๋ยไม่ควรเกิน 10-12 เปอร์เซ็นต์ ถ้าเม็ดปุ๋ยมีความชื้นมากเกินไปจะทำให้สลายตัวง่าย ไม่ลื่นไหล เป็นอุปสรรคต่อการเก็บรักษาและการใช้ และถ้าเม็ดปุ๋ยแห้งเกินไปจะทำให้เกิดการดูดความชื้นในบรรยากาศได้ง่าย ขนาดของเม็ดปุ๋ยที่พอเหมาะโดยทั่วไปควรมีขนาด 4 มิลลิเมตร ยาว 5-6 มิลลิเมตร กรณีเม็ดปุ๋ยที่ใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดการสูญเสียได้ง่าย

2.1.6.2 ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ด

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์เม็ดสามารถผลิตได้ 2 ลักษณะ คือ การอัดเม็ด และการปั้นเม็ด ซึ่งลักษณะเม็ดปุ๋ยจะแตกต่างกันไปตามเครื่องจักรที่ใช้ผลิต แต่จะมีขั้นตอนผลิตที่เหมือนกัน ประกอบด้วย การหมักวัตถุดิบ การบดวัตถุดิบ และการอัดหรือปั้นเป็นเม็ด โดยมีกระบวนการดังต่อไปนี้

1) การหมักวัตถุดิบ วัตถุดิบก่อนการผลิตเป็นเม็ดต้องมีการย่อยสลายสมบูรณ์ก่อน โดยการหมักจะไม่นำวัตถุดิบแต่ละตัวมาหมักรวมกัน เพราะวัตถุดิบบางอย่างเมื่อมาหมักรวมกันจะเกิดปฏิกิริยาเกิดการสูญเสียธาตุอาหารมากกว่าการหมักแยก โดยเฉพาะมูลสัตว์ที่มีไนโตรเจน และแร่ธรรมชาติที่มีแคลเซียมจะทำปฏิกิริยากัน ระเหยทำให้ธาตุอาหารหายไปในอากาศ ในการย่อยสลายสมบูรณ์นั้นต้องมีค่า C/N (อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน) อยู่ในช่วงไม่เกิน 20:1 ซึ่งเป็นค่าที่มีความใกล้เคียงกับดิน ค่านี้หมายถึงกระบวนการในการย่อยสลายของจุลินทรีย์เสร็จสิ้นแล้ว เมื่อนำไปใส่ลงดินจะไม่มีจุลินทรีย์ทำงานและไม่ไปแย่งไนโตรเจนจากพืชซึ่งจะทำให้พืชไม่โต โดยปกติวัตถุดิบต่างๆ จะมีค่า C/N แตกต่างกันไป วิธีการหมักให้เกิดการย่อยสลายจะมีผลให้ค่า C/N ลดลงอยู่ในช่วงที่เหมาะสม

นอกจากหมักให้สมบูรณ์แล้ว วัตถุดิบจะต้องทำการตากหรืออบให้แห้ง และต้องสะอาดไม่มีเชื้อโรค โดยนำไปอบไอน้ำเพื่อฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที และเก็บไว้เพื่อเตรียมบดให้ละเอียด

2) การบดวัตถุดิบ ปุ๋ยที่จะนำมาทำเป็นเม็ดต้องมีอนุภาคที่เล็ก ยิ่งบดให้มีลักษณะเหมือนผงแป้งก็จะยิ่งให้ผลดี หากมีอนุภาคที่ใหญ่เมื่อใช้งาน การย่อยสลายก็จะช้าและจะมีปัญหาในขั้นตอนการผลิตเป็นเม็ด ซึ่งการแปรรูปปุ๋ยอินทรีย์จากลักษณะผงให้กลายเป็นเม็ดนั้น จะต้องมีตัวประสาน (binder) ซึ่งอาจจะใช้น้ำ หรือวัสดุต่างๆที่มีลักษณะเหนียวข้น เช่น กากน้ำตาล ดินเหนียว เป็นต้น เพื่อให้สามารถรวมตัวเป็นเม็ดได้

3) การอัดหรือปั้นเม็ด เป็นการนำวัตถุดิบที่ผ่านการหมักแล้ว มาผ่านกระบวนการอัดหรือปั้นเม็ดด้วยเครื่องผลิตเม็ดปุ๋ย ซึ่งมีทั้งอาศัยแรงคนในการผลิต แบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า และแบบใช้กำลังเครื่องยนต์ดีเซลหรือเบนซิน ซึ่งจะได้เป็นเม็ดปุ๋ยออกมา ลักษณะของเม็ดจะแตกต่างกันไปตามเครื่องผลิตเม็ดปุ๋ยที่ใช้ในการผลิต หลังจากนั้นนำเม็ดปุ๋ยไปไล่ความชื้นให้ สามารถทำได้โดยทั้งการอบความร้อน การตากแดด หรือตากลม เพื่อให้ปุ๋ยแห้งเหลือความชื้นเพียง 10-15 เปอร์เซ็นต์ ไม่ให้เกิดเชื้อรา และสามารถเก็บได้นาน

เครื่องผลิตเม็ดปุ๋ย แบบอัดเม็ด มี 3 อย่าง เครื่องบดหมูแบบแรงหมุน เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบมินเซอร์ และเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบ Pellet mill ส่วนแบบปั้นเม็ด จะผลิตโดยใช้จานปั้นเม็ดปุ๋ย

<u>เครื่องบดหมูแบบแรงหมุน</u> เป็นเครื่องบดที่ใช้บดหมู บดพริก สำหรับการใช้บดปุ๋ยนั้นจะมีลักษณะการทำงานเป็นเกลียวอัดพาวัตถุดิบอัดกับแป้นที่มีรูพรุน ทำให้ปุ๋ยที่ออกมามีลักษณะเป็นเส้นขนมจีน ต้องใช้พายปาดให้ปุ๋ยแยกเป็นเม็ดเอง โดยเครื่องบดหมูแบบเรงหมุนจะใช้อัดด้วยแรงงานคนซึ่งจะทำให้แรงอัดหรือความเร็วในการหมุนไม่สม่ำเสมอกัน เมื่อแรงอัดไม่มากเท่ากับการใช้เครื่องมอเตอร์ไฟฟ้า วัตถุดิบที่นำมาอัดเม็ดจึงต้องมีความชื้น โดยการใส่ตัวประสานก่อนอัด

รูปที่ 2.1 เครื่องบดหมูแบบแรงหมุน

<u>เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบมินเซอร์</u> เป็นเครื่องบดและอัดเม็ดอาหารสัตว์สามารถปรับเปลี่ยนเป็นเครื่องอัดเม็ดปุ๋ยได้ วัตถุดิบจะถูกลำเลียงไปตามเกลียวอัดภายในสู่หน้าแป้นที่มีรูพรุนให้วัตถุดิบถูกอัดผ่านออกมา ขนาดของเม็ดปุ๋ยจะขึ้นอยู่กับรูพรุนที่หน้าแป้น โดยเครื่องอัดแบบนี้จะทำงานทั้งอัดทั้งบดในตัวเดียวกัน

รูปที่ 2.2 เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบมินเซอร์

<u>เครื่องอัดเม็ดปุ๋ยแบบ Pellet mill</u> เป็นเครื่องอัดเม็ดที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอัดเม็ดอาหารสัตว์ โดยเครื่องนี้ภายในจะมีการผ่านไอน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นกับวัตถุดิบก่อนส่งไปยังส่วนอัดเม็ด นอกจากนี้ยังมีการควบคุมทั้งอุณหภูมิและความดัน ในตัวเครื่องจะมีลูกกลิ้ง 2 ตัว ซึ่งหมุนไปในทิศทางเดียวกันทำหน้าที่บดอัดผ่านหน้าแป้นที่มีรูพรุนออกมา ซึ่งเป็นการไหลออกทางด้านข้างและมีการตัดเป็นเม็ดโดยใบมีดอัตโนมัติ เม็ดปุ๋ยที่ออกมาจะมีความแข็งอัดแน่นไม่ลอยน้ำ ต้นทุนเครื่องจะแพงกว่าแบบมินเซอร์

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 2.3 เครื่องอัดเม็ดแบบPellet mill

<u>จานปั้นเม็ดปุ๋ย</u> เป็นรูปแบบจานปั้นเม็ดปุ๋ยที่ใช้กันทั่วไปในระดับโรงงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ จะทำงานโดยการหมุนรอบตัวเองในลักษณะแนวแกนเอียง วัตถุดิบจะถูกคลึงค่อยๆ รวมตัวกันเป็นเม็ดตั้งแต่เม็ดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการจะทำให้วัตถุดิบจับตัวเป็นเม็ดได้ดี จะมีเครื่องฉีดพ่นน้ำหมักมาเป็นตัวพ่นให้ เนื้อปุ๋ยค่อยๆจับกับทีละน้อย ปุ๋ยเม็ดที่ผลิตจากจานปั้นเม็ดจะมีลักษณะกลมมน เครื่องจักรในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด จะมีทั้งส่วนของเครื่องตีป่นวัตถุดิบ เครื่องผสม สายพานลำเลียง เครื่องฉีดพ่นน้ำหมัก ท่ออบไล่ความชื้น

โดยการทำงานของจานปั้นเม็ดปุ๋ย จะเริ่มจากวัตถุดิบไหลไปปั้นอยู่ในส่วนกลางของวงกลมด้านใน เมื่อเป็นเม็ดแล้วก็จะไหลต่อไปคลึงที่วงกลมรอบนอก เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการคลึง

วัตถุดิบก็จะไหลออกนอกจาน ซึ่งจะได้ออกมาเป็นเม็ดปุ๋ย เม็ดปุ๋ยที่ได้จะมีลักษณะกลมมน ขนาดไม่แน่นอนเหมือนการอัดเม็ด

(ก) ขนาดเล็ก (ข) ขนาดใหญ่

รูปที่ 2.4 จานปั้นเม็ดปุ๋ย

2.2 **งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**

(ณัฐวุฒิ ปลื้มใจ, 2561) ศึกษาการใช้ประโยชน์กากตะกอนหม้อกรอง (Filter Cake) จากโรงงานน้ำตาลมาเป็นวัตถุดิบในการใช้เป็นปุ๋ยทางเลือกและลดการเสื่อมโทรมของดินหลังการปลูกอ้อยในจังหวัดขอนแก่น ซึ่งมีการนำกากตะกอนหม้อกรองมาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี พบว่า กากตะกอนหม้อกรองมีความชื้น 36.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เป็นกลาง ค่าการนำไฟฟ้า 3.8 เดซิซีเมนต่อเมตร และมีธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของอ้อย คือ ไนโตรเจน (N) 1.08 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (P) 0.33 เปอร์เซ็นต์ และโพแทสเซียม (K) 0.79 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่ากากตะกอนหม้อกรองมีคุณสมบัติได้ตามมาตรฐานคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ กรมวิชาการเกษตร และสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ แต่ธาตุอาหารพืชยังไม่เพียงพอต่อความต้องการของอ้อย จึงมีการใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี และได้มีการออกแบบการทดลองแบบสุ่มตัวอย่างสมบูรณ์ 10 แปลงทดลอง มีการทำซ้ำ จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและกากตะกอนหม้อกรอง (ตัวควบคุม) การปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี 200 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมี 100 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับกากตะกอนหม้อกรอง 200 400 600 800 1000 1200 1400 และ 1600 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งผลการทดลองจะเห็นได้ว่า การนำกากตะกอนหม้อกรองใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และยังเพียงพอต่อการใช้บำรุงอ้อยต่อได้หลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยสิ้นสุด และสูตรตำรับที่ใช้แล้วได้ผลผลิตอ้อยเทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยเคมี 200 กิโลกรัมต่อไร่

ซึ่งมีปริมาณผลผลิต 27,645 กิโลกรัมต่อไร่ คือสูตรตำรับการปลูกโดยใช้กากตะกอนหม้อกรอง 600 กิโลกรัมต่อไร่ ร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี 100 กิโลกรัมต่อไร่โดยมีปริมาณผลผลิต 26,039 กิโลกรัมต่อไร่

(รัชนีพร สุทธิภาศิลป์ และ ธัญวรรณ์ ศรีเดชะกุล, 2552) ศึกษาการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยมีการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร N P K Ca และ Mg ของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรชนิดต่างๆ ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดนั้นจะต้องนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่ใช้เป็นส่วนผสมนำมาบดให้ละเอียดและคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยมีอัตราส่วนดังนี้ มูลสุกร 20% มูลไก่ 20% มูลค้างคาว 4% เปลือกถั่วลิสงบด 18% รำละเอียด 32% แกลบดำ 6% และใช้กากน้ำตาลเป็นตัวประสานในการอัดเม็ด ซึ่งปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ได้เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร N P K Ca และ Mg อินทรีย์คาร์บอน (OC) อินทรีย์วัตถุ (OM) ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และ C : N ratio นั้นมีคุณสมบัติตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์กำหนด จึงเหมาะต่อการที่จะส่งเสริมให้แก่เกษตรกรนำไปใช้ต่อไป

ตารางที่ 2.2 ปริมาณธาตุอาหารของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร

วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
เปลือกถั่วลิสง	1.52	1.59	2.68	10.25	0.94
รำละเอียด	1.67	0.08	0.63	8.97	1.08
มูลสุกร	1.15	4.26	0.21	1.29	0.34
มูลไก่	1.38	5.93	1.84	5.75	0.64
มูลค้างคาว	2.10	13.89	1.10	1.30	0.90
แกลบดำ	0	0.11	0.67	3.04	1.09

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(วิเชียร ตันติอธิมงคล, 2548) ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค้างคาว โดยมีการพัฒนากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค้างคาวที่เหมาะสม โดยใช้สัดส่วนมูลค้างคาว 2 ส่วน ผสมหินโดโลไมต์ 1 ส่วน ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากันโดยไม่ต้องหมัก แล้วนำไปปั้นเม็ดด้วยจานหมุนปั้นเม็ด แล้วนำเม็ดปุ๋ยเข้าอบในท่ออบไอร้อน 2 ชั่วโมง คัดขนาดเม็ดปุ๋ย แล้วบรรจุลงกระสอบ ซึ่งหลังจากพัฒนากระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ ทำให้ขนาดของเม็ดปุ๋ยมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ไม่มีลักษณะเป็นผง และเม็ดปุ๋ยมีความคงทนมากขึ้น ค่อยๆละลายอย่างช้าๆ ช่วยให้สามารถลดการสูญเสียธาตุอาหารพืชไปจากดิน และมีปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้น คือ ไนโตรเจน (N) 1.09 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัส (P) 0.30 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียม (K) 0.3 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม (Ca) 8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม (Mg) 5.75 เปอร์เซ็นต์ และกำมะถัน (S) 0.24 เปอร์เซ็นต์ และงานวิจัยนี้ยัง

ศึกษาผลการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค้างคาวต่อการเจริญเติบโตของพืชไร่ในชุดดินเพชรบูรณ์ โดยมีการออกแบบการทดลองแบบสุ่มในบล๊อคสมบูรณ์ (RCB) 5 ตำรับ และทำซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกโดยไม่ใส่ปุ๋ย (ตัวควบคุม) การปลูกโดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลค้างคาว อัตรา 50 100 และ 150 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งพบว่าอัตราการใช้ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชไร่ คือการปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากมูลค้างคาว อัตรา 150 กิโลกรัมต่อไร่

(นฤชิต ศรีสวัสดิ์, 2558) ศึกษาผลของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของกล้วยไข่ โดยมีแผนการทดลองแบบสุ่มภายในกลุ่ม (Randomized Complete Block Designs, RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 4 กรรมวิธี คือ T1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย (Control) T2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น T3ใส่ปุ๋ยเคมี (สูตร 46-0-0 ใส่เดือนที่ 3-4 สูตร 16-16-16 ใส่เดือนที่ 5-6 และสูตร 13-13-21 ใส่เดือนที่ 7-9) อัตรา 0.25 กิโลกรัมต่อต้น และT4 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 0.25 กิโลกรัมต่อต้น ร่วมกับปุ๋ยมูลไก่อัตรา 1 กิโลกรัมต่อต้น โดยจะเริ่มการทดลองใส่ปุ๋ยทุกเดือนหลังจากกล้วยไข่อายุ 3 เดือน จนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า การให้ปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีมีผลทำให้กล้วยไข่เจริญเติบโตทั้งด้านความสูงและขนาดของเส้นรอบวงลำต้นไม่แตกต่างกัน แต่กรรมวิธี T2 ใส่ปุ๋ยมูลไก่มีขนาดเส้นรอบวงของลำต้นมากที่สุด 29% ในเดือนที่ 4 ถึง 5 และมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักหวีมากที่สุด 1.6 กิโลกรัมต่อหวี ซึ่งเกษตรกรสามารถนำปุ๋ยมูลไก่มาใช้เป็นทางเลือกในการผลิตกล้วยไข่แทนการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพงได้

(พัฒนา อนุรักษ์พงศธร และ นันทพร วิเศษสมบัติ, 2548) ได้ศึกษาการใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนแบบจานหมุนชีวภาพ (RBC : Rotation Biological Contactor) เป็นวัสดุร่วมในการทำปุ๋ยหมัก ร่วมกับใบไม้และเศษอาหาร โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุด คือ 1. ถังสีขาวใสมีใบไม้และเศษอาหาร 2. ถังสีดำทึบมีใบไม้และเศษอาหาร 3. ถังสีขาวใสมีใบไม้ เศษอาหาร และกากตะกอน 4. ถังสีดำทึบมีใบไม้ เศษอาหาร และกากตะกอน ซึ่งถังขาวใสและถังดำทึบเป็นการศึกษาอิทธิพลของแสงสว่างมีผลต่อการย่อยสลายปุ๋ยภายในถังหมักหรือไม่ โดยการทดลองนี้ทำการหมักแบบใช้อากาศเป็นเวลา 2 เดือน และวิเคราะห์ปุ๋ยหมักทุกสัปดาห์ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบ จากการวิเคราะห์และคำนวณค่าทางสถิติด้วยวิธี ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และ 0.01 พบว่า ปริมาณไนเตรตภายในถังหมักของชุดการทดลองทุกชุดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่ชุดการทดลองที่มีกากตะกอนเป็นส่วนประกอบจะมีไนเตรตสูงกว่า ส่วนปริมาณฟอสเฟตของชุดการทดลองทุกชุดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และความแตกต่างของแสงไม่มีผลต่อการย่อยสลาย ปุ๋ยภายในถังหมัก และปริมาณปุ๋ยหมักที่ได้ลดลง 92 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักจากปริมาณเริ่มต้น ดังนั้นการนำกากตะกอนมาหมักร่วมกับขยะอินทรีย์เป็นการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมัก และช่วยลดปริมาณขยะได้อีกทางหนึ่งด้วย

(สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร, 2557) ได้ศึกษาผลของปุ๋ยมูลไก่และมูลโคอัตราต่างๆต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคาวตอง พบว่า แปลงผักคาวตองที่ใส่ปุ๋ยมูลไก่มีธาตุอาหารที่สะสมภายในใบ โดยเฉพาะปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด โพแทสเซียมทั้งหมด มากกว่าแปลงผักคาวตองที่ใส่ปุ๋ยมูลโค ทำให้การใส่ปุ๋ยมูลไก่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคาวตองที่ดีกว่าปุ๋ยมูลโค และอัตราการใส่ปุ๋ยที่อัตราต่างๆเมื่อมีการใส่ปุ๋ยที่อัตราเพิ่มขึ้นทำให้ผักคาวตองดูดธาตุอาหารและนำไปสะสมที่ใบมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยอัตราการใส่ปุ๋ยที่ทำให้ผักคาวตองมีการเจริญเติบโตทางลำต้นและผลผลิตมากที่สุดคือ 5 ตันต่อไร่ รองลงมา คือ 4, 3, 2 และ 1 ตันต่อไร่ตามลำดับ

(วิจิตรา นามจิตร, 2562) ได้ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบ และอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดคุณภาพสูง โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ต้องการใช้ในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ด 2. ศึกษาการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดด้วยการนำวัตถุดิบชนิดต่างๆ มาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่างๆ แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพ วัตถุดิบที่ทำการศึกษา ได้แก่ แร่ลีโอนาร์ไดต์ ภูไมท์ ปุ๋ยหมักซังข้าวโพด มูลวัว ไดอะตอมไมท์ หินฟอสเฟต และมูลไก่ไข่ ซึ่งการศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่างของแร่ลีโอนาร์ไดต์ที่เป็นส่วนที่เหลือจากการทำเหมืองแร่ มีค่า pH เท่ากับ 3.34 แต่วัตถุดิบชนิดอื่นอยู่ระหว่าง 7.64 – 8.83 ซึ่งเป็นกรดรุนแรง และได้มีการทดลองเพิ่มในการปรับปรุงคุณสมบัติทางเคมีของลีโอนาร์ไดต์ โดยนำวัสดุชนิดอื่นมาผสม คือ ใช้ลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์ 5 เปอร์เซ็นต์ และหินฟอสเฟต 10 เปอร์เซ็นต์ จะให้ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6.39 มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.97 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดฮิวมิกเท่ากับ 42.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงดินทางการเกษตร ส่วนค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอน และปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุดคือ มูลวัว 32.27 เปอร์เซ็นต์ และ 55.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชสูงสุด คือ มูลไก่ มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.67, 5.88 และ 3.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน คือ แร่ลีโอนาร์ไดต์ 58.35 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดอัตราส่วนของวัตถุดิบต่างๆ พบว่า การใช้แร่ลีโอนาร์ไดต์ : ภูไมท์ : ปุ๋ยหมักซังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง : มูลไก่ไข่ ในอัตราส่วน 1 : 1 : 2 : 6 มีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเท่ากับ 1.11, 3.09 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่มีคุณภาพสูงที่สุดในการงานวิจัยนี้

(ชาธิณีย์ ฉลาดถ้อย, 2556) ได้ศึกษาการพัฒนาปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับกาบกล้วยและกากตะกอนร่วมกับชานอ้อย เพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้พืช โดยหมักตะกอนร่วมกับกาบกล้วยและกากตะกอนร่วมกับชานอ้อย ซึ่งกากตะกอนที่ใช้ คือ กากตะกอนที่มาจากบ่อหมักสิ่งปฏิกูล หมักจนมีสีน้ำตาลปนดำ และมีการเปื่อยยุ่ยของวัสดุพืช ซึ่งใช้เวลาหมัก 49 วัน พบว่า เมื่อปลูกต้นผักบุ้ง

เป็นเวลา 14 วัน ปุ๋ยหมักที่หมักจากกากตะกอนผสมกับกาบกล้วยที่อัตราส่วน 0.75 ต่อ 5.0 และ 1.0 ต่อ 5.0 ให้ผลการเจริญเติบโตของต้นผักบุ้งดีที่สุด ค่าธาตุอาหารหลักอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก มี pH 7-9 ช่วยลดความเป็นกรดในดิน ซึ่งเหมาะสมในการนำไปใช้ปรับปรุงคุณภาพดิน ส่วนปุ๋ยหมักที่หมักจากกากตะกอนผสมกับชานอ้อย ไม่สามารถช่วยเร่งการเจริญเติบโตของต้นอ่อนผักบุ้งได้ อีกทั้งมีค่าปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำกว่ามาตรฐาน มี pH 5.0-6.0 ก่อให้ดินเป็นกรดมากขึ้น

(กมลชนก ห่วงมี, 2555) ได้ศึกษาอิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตพริกขี้หนู โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 กรรมวิธี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 และใส่ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม มีทั้งหมด 3 สูตร กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ปลูกพริกแบบเพาะเมล็ดในกระถาง โดยใส่ปุ๋ยทุกชนิดในอัตรา 300 กรัม/กระถาง พบว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมทั้ง 3 สูตร ซึ่งมีองค์ประกอบของธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในระดับสูง มีสารภูมิคุ้มกันให้กับพืช สารปรับสภาพดิน และจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ สามารถให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต เช่น จำนวนดอก/ต้น จำนวนผลสด/ต้น จำนวนผลสุกรวม/ต้น น้ำหนักผลสด/ผล เป็นต้น ที่สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมี และการไม่ใส่ปุ๋ย แสดงให้เห็นว่าฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมทั้ง 3 สูตรในงานวิจัยนี้สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

(รัชนีพร สุทธิภาศิลป์, 2544) ได้ศึกษาการพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพื่อการปลูกผัก โดยการทดลองจะใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดสูตรต่างๆที่ผ่านการวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักและคัดเลือกวัสดุผสม มาปลูกกับผักคะน้าในกระถาง พบว่า พืชสดประเภทไม้ยืนต้น เช่น รวงไซ ขี้เหล็ก จามจุรี มาผสมกับปุ๋ยคอก เช่น มูลค้างคาว ผ่านกระบวนการอัดเม็ดโดยใช้กากน้ำตาลเป็นสารเชื่อมนั้น จะได้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่สามารถใช้แทนปุ๋ยเคมีได้ และทำให้สามารถปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านเคมี และทางกายภาพของดินให้แปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นได้อีกด้วย

(Suntoro Suntoro, 2018) ได้ศึกษาผลของการใช้มูลวัวและโดโลไมต์ในการดูดซึมธาตุอาหารพืชและการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยมีแผนการทดลองแบบบล๊อกโดยการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Designs, RCBD) ทำ 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ปัจจัยละ 4 ระดับ ได้แก่ ปัจจัยแรก คือ มูลวัว โดยมีอัตราการใส่ที่ 0 5 10 และ 20 ตันต่อเฮกตาร์ ปัจจัยที่สองคือ โดโลไมต์ โดยมีอัตราการใส่ที่ 0 100 200 และ 300 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ซึ่งการทดลองใช้ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีค่า pH 5.4 องค์ประกอบของมูลวัวมี 1.62% N 0.27% P 0.29% K 0.53% Ca และ 0.96% Mg และโดโลไมต์มี 21% Ca และ 10.8% Mg ผลการศึกษาพบว่า การใช้มูลวัว 20 ตันต่อเฮกตาร์ ร่วมกับโดโลไมต์ 300 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ ทำให้ผลิตมวลชีวภาพของพืชได้สูงสุด 236.73 กรัม หรือเพิ่มขึ้น 438 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม การใส่ปุ๋ยมีผลกับการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ความสูงของต้น ขนาดใบ น้ำหนักราก น้ำหนักปลายยอด และผลรวมของไนโตรเจนใน

ดิน และการใส่โดโลไมต์ไม่ส่งผลกระทบต่อสารอาหารที่มีอยู่ การดูดซึมอาหารพืช และการเจริญเติบโต

(Widodo, Turmudi, & Naibaho, 2017) ได้ศึกษาปริมาณการใช้โดโลไมต์ และมูลวัวต่อการตอบสนองการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง โดยมีแผนการทดลองแบบบล๊อกโดยการสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Designs, RCBD) ทำ 3 ซ้ำ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยแรก คือ โดโลไมต์ โดยมีปริมาณการใส่ที่ 0 2.5 5 และ 7.5 ตันต่อเฮกตาร์ ปัจจัยที่สอง คือ มูลวัว โดยมีปริมาณการใส่ที่ 0 10 และ 20 ตันต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาพบว่าโดโลไมต์ที่ 6.45 ตันต่อเฮกตาร์ร่วมกับมูลวัว 20 ตันต่อเฮกตาร์ ทำให้น้ำหนักฝักสูงสุด 37.68 กรัมต่อต้น น้ำหนักเมล็ดสูงสุดต่อต้น 34.19 กรัม ปริมาณโดโลไมต์ที่สูงขึ้นนั้นมีแนวโน้มที่จะเพิ่มจำนวนฝักและน้ำหนักเฉลี่ยของเมล็ดถั่วลิสง 100 เมล็ด และการใส่ปุ๋ยคอกปริมาณ 0 ถึง 20 ตันต่อ 1 เฮกตาร์ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของถั่วลิสง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาดินตะกอนเหมืองหินปูนแห่งหนึ่งในจังหวัดชุมพร ประเทศไทย โดยนำมาเป็นสารตัวเติมผสมกับมูลไก่ สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เพื่อหาสัดส่วนที่ให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดมีคุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร และสามารถลดต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้ ซึ่งมีวิธีการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของวัตถุดิบดินตะกอนเหมืองหิน

ดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพร รูปที่ 3.1 มีการนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ X-ray Fluorescence (XRF) เพื่อศึกษา วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของสารประกอบ โดยทำการวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 3.1 พบว่า ดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษานี้มีสารประกอบ คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 31.5% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 21.8% และอื่นๆ 46.7% ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของโดโลไมต์ อีกทั้งยังมีปริมาณสารประกอบหลักใกล้เคียงกับโดโลไมต์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป เช่น โดโลไมต์ของชมรมเกษตรปลอดสารพิษ ซึ่งมีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) 31.8 % แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 19.6 % และอื่นๆ 48.6%

รูปที่ 3.1 ดินตะกอนเหมืองหิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของดินตะกอนเหมืองหิน และโดโลไมต์ทั่วไป

สารประกอบ	ปริมาณสารประกอบของตะกอนเหมืองหิน	ปริมาณสารประกอบของโดโลไมต์ (ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ)
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	31.50 %	31.80 %
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	21.80 %	19.60 %
ซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO_2)	1.23 %	0.34 %
อลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3)	0.65 %	0.19 %
อื่นๆ	44.82 %	48.07 %

3.2 การผลิต และการวิเคราะห์คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

งานวิจัยนี้ได้มีการนำโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินมาเป็นสารตัวเติม ผสมกับมูลไก่ที่สัดส่วนต่างๆ ทั้งหมด 7 สัดส่วน ดังตารางที่ 3.2 และนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่ เพื่อศึกษาคุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ให้ได้ตามเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2557

ตารางที่ 3.2 สัดส่วนโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่

การทดลอง	สัดส่วนของ ตะกอนเหมืองหิน : มูลไก่
T0 (Control)	0 : 100
T1	10 : 90
T2	20 : 80
T3	30 : 70
T4	40 : 60
T5	50 : 50
T6	60 : 40

3.2.1 การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดนี้มีโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่เป็นวัตถุดิบหลัก ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งมีกากน้ำตาลเป็นตัวประสาน และมีน้ำเพื่อช่วยให้ปุ๋ยจับตัวเป็นก้อน โดยมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเป็นไปตามขั้นตอนในรูปที่ 3.3 ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ก) ดินตะกอนเหมืองหินบดละเอียด (ข) มูลไก่ที่บดละเอียด

รูปที่ 3.2 วัตถุดิบหลักสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

1) นำโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่ที่บดเป็นผงแล้วผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน ตามสัดส่วนต่างๆ ในตารางที่ 3.2 สัดส่วนที่ T0 – T6

2) ผสมกากน้ำตาลลงไปในอัตรา 10% ของน้ำหนักปุ๋ย และคลุกเคล้าให้เข้ากัน

3) เมื่อผสมเข้ากันแล้ว ให้เติมน้ำผสมลงไปประมาณ 20% และคลุกเคล้าให้เข้ากัน

4) นำวัตถุดิบที่ผสมแล้วมาทำการอัดเม็ดด้วยเครื่องบดหมูแบบแรงหมุน หรือเครื่องอัดเม็ด

5) นำเม็ดปุ๋ยที่ได้มาตากในที่ร่ม เพื่อให้ความชื้นลดลง ไม่ให้เกิดรา

รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.2.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ ดังรูปที่ 3.4 ทั้งหมด 7 สัดส่วน นำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี โดยทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์พ.ศ.2557กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว ของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งจะต้องมีเกณฑ์มาตรฐาน ดังตารางที่ 3.3

รูปที่ 3.4 ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

ตารางที่ 3.3 เกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 กรณีไม่เป็นปุ๋ยอินทรีย์เหลว

คุณลักษณะ	เกณฑ์มาตรฐาน
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนัก
ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.5 โดยน้ำหนัก
ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter: OM)	ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก
อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio)	ไม่เกิน 20: 1
ความชื้น (Moisture)	ไม่เกินร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดินจะทำการเก็บตัวอย่างดิน ทั้งดินเริ่มต้นที่นำมาใช้ปลูก และดินหลังการทดลองปลูกด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่ที่สัดส่วนต่างๆ เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณสมบัติทางเคมี และทางกายภาพของดิน โดยทำการวิเคราะห์ที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มีรายการวิเคราะห์และวิธีการที่วิเคราะห์ดังตารางที่ 3.4

ดินเริ่มต้นที่นำมาใช้ในการปลูกทดลอง เป็นดินจากอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

ตารางที่ 3.4 วิธีการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน

รายการวิเคราะห์		วิธีการวิเคราะห์
1	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	Thomas (1996)
2	เนื้อดิน	Gee and Bauder (1979)
3	ปริมาณอินทรียวัตถุ	Walkley and Black (1934)
4	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	Bray and Kurtz (1945)
5	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	Helmke and Sparks (1996)
6	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	Suarez (1996)
7	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้	Suarez (1996)
8	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด	Micro Kjeldahl method
9	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก	Micro Kjeldahl method

3.4 การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการปลูกทดลอง

การออกแบบการทดลอง และการวิเคราะห์ผลการปลูกทดลองนี้ เพื่อเป็นการศึกษาประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดหลังจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากตะกอนเหมืองหินและมูลไก่

3.4.1 การออกแบบการทดลอง

งานวิจัยนี้มีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีการทำซ้ำ (Replicate) 3 ซ้ำ ซึ่งจะปลูกทดลองกับผักสลัด 2 ชนิด คือ ผักกรันโอ๊ค (Green Oak) และผักกรีนคอส (Green Cos) และมีการกำหนดตัวแปร ดังนี้

1) ปัจจัยการทดลอง (Factor) คือ ปุ๋ยอินทรียอัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ โดยมีระดับของปัจจัย (Treatment or Levels) ทั้งหมด 7 สัดส่วน คือ 0:100, 10:90, 20:80, 30:70 40:60, 50:50 และ 60:40 ซึ่งกำหนดให้สัดส่วน 0:100 (T0) ที่มีมูลไก่อย่างเดียวเป็นสัดส่วนควบคุม (Control)

2) กำหนดให้ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) คือ การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชที่ปลูกทดลอง ซึ่งได้แก่ จำนวนใบ (ใบ) ความสูงต้นที่อยู่เนื้อดิน (เซนติเมตร) ความกว้างทรงพุ่มของต้น (เซนติเมตร) และน้ำหนักสดรวมของผลผลิต (กรัม)

3) ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) คือ

- ดินที่นำมาใช้ปลูกทดลอง เป็นดินกรดที่มี pH ต่ำกว่า 5
- ขนาดของกระถาง และปริมาณดินที่ใส่ ซึ่งในการปลูกทดลองนี้ใช้กระถางขนาด 8 นิ้ว และใส่ดินปริมาณ 1 กิโลกรัมต่อกระถาง

- ปริมาณการใส่ปุ๋ย ซึ่งจะใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ในปริมาณ 50 กรัมต่อกระถาง

- สภาพแวดล้อมในการปลูกทดลองและการรดน้ำ ซึ่งเป็นการปลูกทดลองในโรงเรือนในช่วงเวลาเดียวกันทั้งหมด และมีการรดน้ำโดยใช้ระบบอัตโนมัติด้วยหัวแบบมินิสปริงเกอร์ เพื่อให้ผักสลัดแต่ละต้นได้รับน้ำในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

3.4.2 การวิเคราะห์ผลการปลูกทดลอง

การวิเคราะห์ผลการปลูกทดลองจะนำมาข้อมูลที่เก็บได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) ที่ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกรรมวิธีด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยรายละเอียดการเก็บข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์มีดังนี้

1) การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักสลัด

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตจะเก็บข้อมูล 3 ช่วง โดยเก็บข้อมูลเมื่อผักมีอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วันหลังปลูก ดังนี้

- จำนวนใบ (ใบ) นับจำนวนใบทั้งหมดของต้น และบันทึกข้อมูล

- ความสูงของต้น (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัด โดยวัดจากโคนต้นที่อยู่เหนือดินจนถึงส่วนที่สูงที่สุดของต้น และบันทึกข้อมูล

- ความกว้างทรงพุ่มของต้น (เซนติเมตร) ใช้ไม้บรรทัดวัด โดยวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่ม และบันทึกข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) การเก็บข้อมูลผลผลิตของผักสลัด

การเก็บข้อมูลผลผลิตจะเก็บข้อมูลน้ำหนักสดรวมของส่วนต้นและส่วนราก (กรัม) โดยเมื่อผักกรีนโอ๊ค และกรีนคอสมีอายุ 45 วัน หลังปลูก จะตัดที่โค่นต้นและขุดราก แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก เพื่อเป็นข้อมูลผลผลิตน้ำหนักสดรวม

3.5 การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตและต้นทุนที่สามารถลดได้ โดยจะทำการประเมินค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องในการผลิต ซึ่งจะทำการประเมินต้นทุนผันแปรการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของแต่ละสัดส่วน

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน และการวิเคราะห์ผล

งานวิจัยนี้ได้นำดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพร มาเป็นสารตัวเติมผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในสัดส่วนต่างๆทั้งหมด 7 สัดส่วน โดยมีสัดส่วนระหว่างโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินและมูลไก่ ดังนี้ 0:100 (T0), 10:90 (T1), 20:80 (T2), 30:70 (T3), 40:60 (T4), 50:50 (T5) และ 60:40 (T6) ซึ่งนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ย เพื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2557 ให้ได้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีคุณภาพ และนำมาปลูกทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพ ในการปรับปรุงดิน และการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักสลัดกรีนโอ๊ค และกรีนคอส อีกทั้งยังวิเคราะห์ถึงต้นทุนการผลิตของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของแต่ละสัดส่วนอีกด้วย โดยทำการวิเคราะห์และอภิปรายผล

4.1 ผลการวิเคราะห์ดินตะกอนเหมืองหิน

การวิเคราะห์ดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพร ซึ่งมีการวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ X-ray Fluorescence (XRF) ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผลการวิเคราะห์พบว่า ในดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษานี้ มีสารประกอบ คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 31.5% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 21.8% และอื่นๆ 46.7% ซึ่งเป็นสารประกอบหลักของโดโลไมต์

เมื่อนำโดโลไมต์ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป เช่น โดโลไมต์ของชมรมเกษตรปลอดสารพิษมาวิเคราะห์ องค์ประกอบด้วยเทคนิคการเรืองรังสีเอกซ์ X-ray Fluorescence (XRF) พบว่า มีแคลเซียมออกไซด์ (CaO) 31.8 % แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 19.6 % และอื่นๆ 48.6% ซึ่งมีปริมาณสารประกอบใกล้เคียงกับดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาแห่งนี้

อีกทั้งการจำแนกประเภทหินปูนคาร์บอเนตสามารถแยกได้จากปริมาณร้อยละของแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นหลัก ซึ่งโดโลไมต์จะต้องมีปริมาณสารประกอบแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ประมาณ 19.5 – 21.6% (สายสวาท สีลอ, 2543) ซึ่งดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาแห่งนี้มีแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 21.8% จึงถือได้ว่า ดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาแห่งนี้ มีคุณสมบัติที่เทียบเท่ากับ โดโลไมต์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2 ผลวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ จะทำการวิเคราะห์ ดังนี้ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter: OM) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P_2O_5) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O) ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (Total Ca) ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (Total Mg) ความชื้น (Moisture) และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ซึ่งมีผลวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.1

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ ทั้งหมด 7 สัดส่วน มีผลดังนี้

1) ค่าความเป็นกรด-ด่างของปุ๋ย (pH) มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.45 – 7.14 มีความเป็นกรดและด่างอ่อนๆ ซึ่งมีค่า pH อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ที่ต้องมีค่า pH อยู่ที่ 5.5 – 8.5 ("ราชกิจจานุเบกษา," 2548, 30 กันยายน) ความเป็นด่างอ่อนๆของปุ๋ยจะมีผลดีต่อการนำไปใช้ปรับปรุงดิน ซึ่งถ้าปุ๋ยอินทรีย์มีค่า pH สูงเกินไป จะทำให้ไนโตรเจนในปุ๋ยเปลี่ยนเป็นแก๊สแอมโมเนียระเหยไป (จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, 2548)

2) ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช ได้แก่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด จะเห็นได้ว่า เมื่อสัดส่วนโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณธาตุอาหารหลักมีแนวโน้มลดลง ไปในทิศทางเดียวกันกับสัดส่วนมูลไก่ที่ลดลง เนื่องจากปริมาณธาตุเหล่านี้นั้นมาจากมูลไก่ ซึ่งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชเกือบครบถ้วน โดยมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 จะต้องมีปริมาณอินทรียวัตถุไม่ต่ำกว่า 20% โดยน้ำหนัก และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ไม่น้อยกว่า 1.0%, 0.5% และ 0.5% โดยน้ำหนัก ตามลำดับ ซึ่งสัดส่วนที่ T0 – T4 มีปริมาณทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่สัดส่วนที่ T5 และ T6 มีปริมาณอินทรียวัตถุเพียง 16.55% และ 17.21% ตามลำดับ และมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเพียง 0.80% และ0.69% ตามลำดับ ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีสัดส่วนมูลไก่ที่เป็นแหล่งของธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ต่อพืชนั้นน้อยเกินไป

3) ปริมาณธาตุอาหารรอง ได้แก่ ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด และปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด จะเห็นได้ว่า เมื่อสัดส่วนโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้น มีผลทำให้ปริมาณธาตุอาหารรองทั้งหมดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม เนื่องจากแร่ธาตุแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) เป็นสารประกอบหลักของโดโลไมต์ โดยมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 ไม่มีเกณฑ์กำหนดของปริมาณธาตุอาหารรอง

4) ความชื้นของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ที่ประมาณ 4 – 9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสัดส่วนโดโลไมต์เพิ่มขึ้น จะเห็นได้ว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นมีแนวโน้ม

ลดลง ซึ่งในทุกสัดส่วนที่ T0 – T6 นั้นมีความชื้นที่ผ่านเกณฑ์มาตราฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 โดยจะต้องมีความชื้นไม่เกิน 30% โดยน้ำหนัก

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

รายการวิเคราะห์	**สัดส่วนของ โดโลไมต์ : มูลไก่**							เกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557
	0 : 100 (T0)	**10 : 90 (T1)**	**20 : 80 (T2)**	**30 : 70 (T3)**	**40 : 60 (T4)**	**50 : 50 (T5)**	**60 : 40 (T6)**	
pH	6.67	6.67	6.55	6.45	6.51	7.14	6.59	-
OM	33.03%	31.41%	27.47%	24.92%	21.30%	16.55%*	17.21%*	≥ 20%
Total N	1.68%	1.58%	1.42%	1.25%	1.04%	0.80%*	0.69%*	≥ 1%
Total P_2O_5	4.22%	4.14%	2.91%	2.51%	2.01%	1.75%	1.20%	≥ 0.5%
Total K_2O	3.27%	2.94%	2.58%	2.24%	2.05%	1.71%	1.37%	≥ 0.5%
Total Ca	8.22%	10.23%	12.12%	13.42%	16.92%	19.41%	26.52%	-
Total Mg	1.08%	2.25%	3.43%	4.22%	5.69%	6.64%	9.47%	-
Moisture	8.97%	8.06%	6.80%	6.16%	5.16%	4.59%	3.79%	≤ 30%
C/N Ratio	11.44	11.57	11.23	11.61	11.94	12.07	14.49	≤ 20 : 1

*ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2557

5) อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C/N Ratio) ในสัดส่วนโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งในทุกสัดส่วนที่ T0 – T6 นั้นมีค่าผ่านเกณฑ์มาตราฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 โดยจะต้องมี C/N Ratio ไม่เกิน 20:1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้งหมด 7 สัดส่วนนั้น เมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 ในสัดส่วนที่ T0 – T4 มีคุณสมบัติทางเคมีทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐาน แต่ในสัดส่วนที่ T5 (50:50) และ T6 (60:40) นั้นไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตราฐาน ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่นั้นไม่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงวางแผนการทดลองปลูกผักสลัดด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ในสัดส่วนที่ T0 – T4 ทั้งหมด 5 สัดส่วน

4.3 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดิน

4.3.1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้น

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินที่นำมาเริ่มใช้ปลูกทดลอง เป็นดินจากอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี จากผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.2 เป็นดินที่มีค่า pH เท่ากับ 3.71 ซึ่งเป็นดินกรดรุนแรงมาก และมีลักษณะเนื้อดิน (Texture) เป็นดินเหนียว ที่ประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย 15% ทรายแป้ง 23% และดินเหนียว 62% แต่มีปริมาณอินทรียวัตถุ (OM) 31 g/kg อยู่ในระดับปานกลาง และมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (avail. P) 108 mg/kg ปริมาณโพแทสเซียม (exch. K) แคลเซียม (exch. Ca) และแมกนีเซียม (exch. Mg) ที่แลกเปลี่ยนได้ 515, 1325 และ598 mg/kg ตามลำดับ อยู่ในระดับปริมาณที่สูงถึงสูงมาก และความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) 33 cmol/kg อยู่ในระดับที่สูง

ดินที่นำมาใช้ปลูกทดลองนี้ เป็นดินเหนียวที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตต่อพืชสูง เนื่องจากมีธาตุอาหารพืชสูง ทั้งนี้พบข้อแนะนำว่าการปรับปรุงลักษณะทางกายภาพของดินให้ร่วนซุยขึ้น ระบายน้ำได้ดีขึ้น และปรับปรุง pH เพิ่มขึ้นให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพืชนั้นให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ หรือสารปรับปรุงดิน (สถิระ อุดมศรี และ ขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล, 2540)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้นการปลูกทดลอง

รายการวิเคราะห์			ค่าวิเคราะห์	ผลวิเคราะห์
1	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)		3.71	กรดรุนแรงมาก
2	เนื้อดิน (Texture)	ทราย (Sand)	15%	ดินเหนียว (Clay: C)
		ทรายแป้ง (Slit)	23%	
		ดินเหนียว (Clay)	62%	
3	ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter: OM)		31 g/kg	ปานกลาง
4	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available phosphorous: avail. P)		108 mg/kg	สูงมาก
5	ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable potassium: exch. K)		515 ml/kg	สูงมาก
6	ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable calcium: exch. Ca)		1,325 mg/kg.	สูง
7	ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable magnesium: exch. Mg)		598 mg./kg.	สูง
8	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total N)		1.9 g./kg	-
9	ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange capacity: CEC)		33.6 cmol/kg	สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.3.2 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของหลังการปลูกทดลอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินหลังจากการปลูกทดลองกับผักสลัดด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้งหมด 5 สัดส่วน ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 ได้แก่ 0:100 (T0), 10:90 (T1), 20:80 (T2), 30:70 (T3) และ40:60 (T4) นั้น ให้ผลการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 4.3 ดังนี้

1) ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) มีค่าเพิ่มขึ้นในทุกสัดส่วนที่ T0 – T4 คือ ดินมีความเป็นกรดลดลง และมีค่า pH ตามลำดับ ดังนี้ 6.31, 6.37, 6.35, 6.31 และ 6.32 ซึ่งทั้งหมดเป็นดินที่อยู่ในระดับที่เป็นกรดเล็กน้อย ซึ่งเป็นค่า pH ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชส่วนใหญ่ ที่อยู่ในช่วง pH ประมาณ 5.6 – 7.3 (รัตนชาติ ช่วยบุดดา และ บุศรินทร์ แสวงลาภ, 2562) และจะเห็นได้ว่า ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดในสัดส่วนที่ T0 ที่มีมูลไก่เพียงอย่างเดียว มีค่า pH เพิ่มขึ้น หรือความเป็นกรดลดลง

ใกล้เคียงกันกับสัดส่วนอื่นๆ ที่ T1 – T4 ที่มีโดโลไมต์ผสมร่วมอยู่ด้วย ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โดโลไมต์อาจไม่ได้มีผลทำให้ค่า pH เปลี่ยนแปลงโดยตรง แต่ค่า pH ที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากมูลไก่ที่สามารถช่วยทำให้ดินมีความเป็นกรดลดลง และมีสมบัติทางเคมีดีขึ้นได้ (สุทธวรรณ วชิรธนุศร, 2563)

2) คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (Texture)

คุณสมบัติทางกายภาพของเนื้อดิน (Texture) หลังการปลูกทดลองพบว่าสัดส่วนที่ T0 – T4 นั้น มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 31 – 37% ทรายแป้งเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 26 – 28% และดินเหนียวลดลงอยู่ในช่วง 37 – 43% โดยสัดส่วนสัมพัทธ์ของปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวนั้น เป็นตัวบ่งบอกถึงลักษณะของเนื้อดิน ซึ่งสัดส่วนที่ T0 – T2 ยังคงมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเหนียว แต่สัดส่วนที่ T3 และ T4 มีลักษณะเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว การที่สัดส่วนที่ T0 ซึ่งมีมูลไก่เพียงอย่างเดียว มีปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวใกล้เคียงกันกับสัดส่วนอื่นๆ ที่ T1 – T4 ที่มีโดโลไมต์ผสมร่วมอยู่ด้วยนั้น แสดงให้เห็นว่ามูลไก่มีผลต่อเนื้อดิน แต่เมื่อดินใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีสัดส่วนของโดโลไมต์เพิ่มขึ้นยิ่งทำให้ดินหลังปลูกผักสลัด มีแนวโน้มร่วนขึ้น โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายที่มากขึ้นประมาณ 5% แม้ว่าจะมีสัดส่วนของมูลไก่ลดลง

การที่เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนเหนียวสามารถอธิบายได้ว่าเกิดจากประจุบวกของแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) หรือแมกนีเซียมไอออน (Mg^{+}) ในสารละลายดินที่ได้มาจากโดโลไมต์ ทำให้ดินมีประจุลบรวมน้อยลง มีผลทำให้อนุภาคดินเหนียวในรูปแขวนลอย เกิดการจับตัวกันแล้วมีอนุภาคขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งดินเหนียวที่เคยแน่นทึบจะมีความโปร่งพรุนมากขึ้น ทำให้ระบายน้ำและอากาศได้ดีขึ้นซึ่งจะเป็นผลดีต่อพืช (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553)

3) ปริมาณอินทรียวัตถุและธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์

ปริมาณอินทรียวัตถุ ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ได้แก่ Total N, avail. P, exch. K, exch. Ca, exch. Mg และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) หลังการปลูกทดลองด้วยปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ในทุกสัดส่วนที่ T0 – T4 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทั้งหมดจากดินตอนเริ่มต้นปลูก และยังคงมีปริมาณธาตุอาหารทั้งหมดอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ซึ่งธาตุอาหารที่เหลือในดินนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับในการปลูกพืชครั้งถัดไป

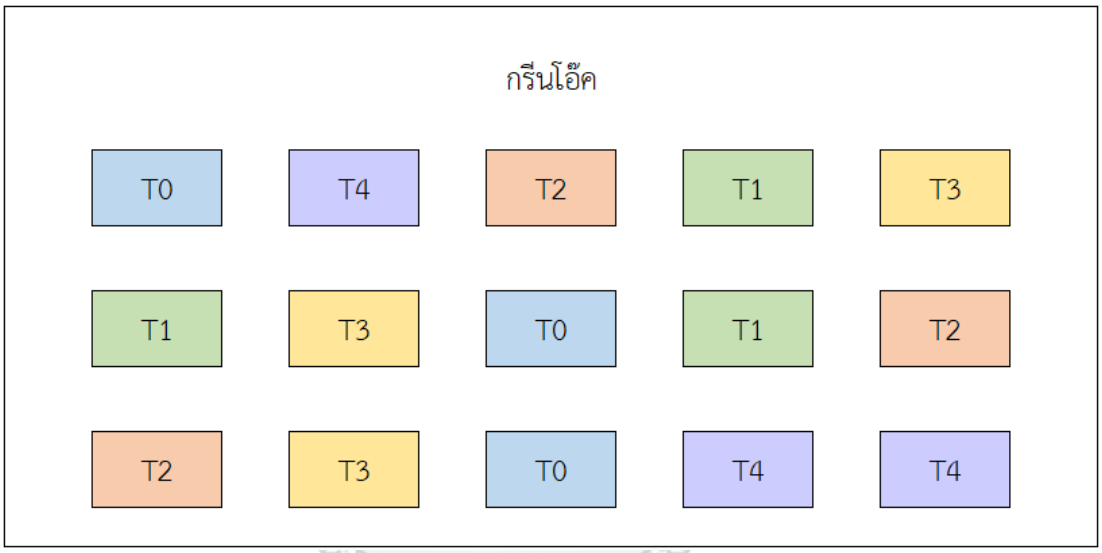
ตารางที่ 4.3 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินหลังการปลูกทดลอง

รายการวิเคราะห์		สัดส่วนของ โดโลไมต์ : มูลไก่				
		0 : 100 (T0)	10 : 90 (T1)	20 : 80 (T2)	30 : 70 (T3)	40 : 60 (T4)
ค่าความเป็นกรด-ด่าง pH		6.31 กรดเล็กน้อย	6.37 กรดเล็กน้อย	6.35 กรดเล็กน้อย	6.31 กรดเล็กน้อย	6.32 กรดเล็กน้อย
เนื้อดิน	ทราย (Sand)	31%	31%	32%	35%	37%
	ทรายแป้ง (Slit)	26%	28%	27%	26%	26%
	ดินเหนียว (Clay)	43%	41%	41%	39%	37%
	เนื้อดิน (Texture)	ดินเหนียว (Clay: C)	ดินเหนียว (Clay: C)	ดินเหนียว (Clay: C)	ดินร่วนปนเหนียว (Clay Loam: CL)	ดินร่วนปนเหนียว (Clay Loam: CL)
ปริมาณอินทรียวัตถุ: OM (g/kg)		104 สูงมาก	108 สูงมาก	101 สูงมาก	96 สูงมาก	107 สูงมาก
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืช: avail. P (mg/kg)		1154 สูงมาก	1204 สูงมาก	1096 สูงมาก	1092 สูงมาก	1036 สูงมาก
ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้: exch. K (mg/kg)		1901 สูงมาก	1796 สูงมาก	1750 สูงมาก	1553 สูงมาก	1579 สูงมาก
ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้: exch. Ca (mg/kg)		4031 สูง	3984 สูง	3816 สูง	3998 สูง	4418 สูง
ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้: exch. Mg (mg/kg)		1852 สูง	1832 สูง	1852 สูง	1837 สูง	2066 สูง
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด: Total N (g/kg)		3.37	3.92	3.49	2.67	3.84
ความจุแลกเปลี่ยนประจุแคตไอออน: CEC (cmol/kg)		39.3 สูง	37.5 สูง	37.9 สูง	37.6 สูง	35.9 สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

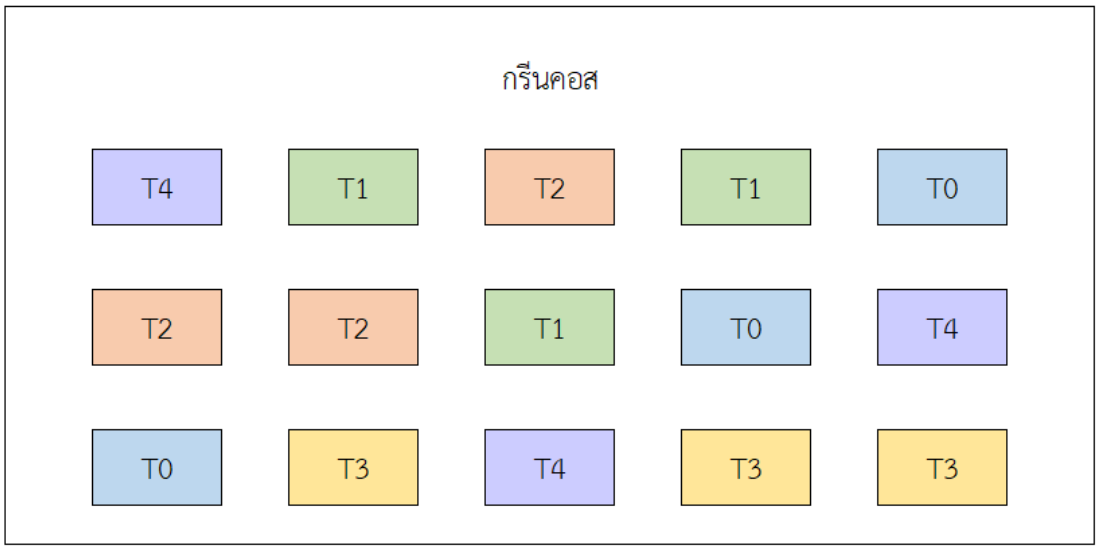
4.4 ผลวิเคราะห์การเจริญเติบโต และผลผลิต

การปลูกทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการเจริญเติบโตและผลผลิต ได้มีการปลูกทดลองกับผักสลัด 2 ชนิด คือ ผักกรีนโอ๊ค (Green Oak) และผักกรีนคอส (Green Cos) ด้วยการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์มีทั้งหมด 5 สัดส่วน คือ 0:100 (T0), 10:90 (T1), 20:80 (T2), 30:70 (T3) และ 40:60 (T4) และมีการทำซ้ำทั้งหมด 3 ซ้ำ และมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ CRD สามารถแสดงผังการทดลองหลังสุ่มได้ดังรูปที่ 4.1 แผนผังการปลูกทดลองกรีนโอ๊ค และรูปที่ 4.2 แผนผังการปลูกทดลองกรีนคอส



รูปที่ 4.1 แผนผังการสุ่มแบบ CRD ของการปลูกทดลองกรีนโอ๊ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แผนผังการสุ่มแบบ CRD ของการปลูกทดลองกรีนคอส

การวิเคราะห์การเจริญเติบโต และผลผลิต มีการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบ ความสูงของต้น และความกว้างทรงพุ่ม กับผักที่ปลูกในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ45วันหลังปลูก และเก็บข้อมูลน้ำหนักสดรวม ที่เป็นผลผลิตที่ได้หลังจากเก็บเกี่ยว เพื่อมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสัดส่วนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ดังนี้

4.4.1 ผลการวิเคราะห์จำนวนใบ

1) การเก็บข้อมูลจำนวนใบ เป็นการนับจำนวนใบทั้งหมดของต้นที่เป็นใบเต็ม ทั้งหมดจำนวน 3 ซ้ำ (กระถาง) ของกรีนโอ๊ค และกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน เป็นไปตามตารางที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.4 ข้อมูลจำนวนใบของกรีนโอ๊ค

กรีนโอ๊ค	**จำนวนใบ (ใบ)**				
อายุผัก (วัน)	**ปุ๋ยอินทรีย์สัดส่วนที่**	**1**	**2**	**3**	**ค่าเฉลี่ย**
25 Days	**T0**	6.0	5.0	7.0	6.00
	T1	7.0	6.0	8.0	7.00
	T2	7.0	6.0	5.0	6.00
	T3	6.0	6.0	6.0	6.00
	T4	6.0	5.0	7.0	6.00
35 Days	**T0**	6.0	7.0	10.0	7.67
	T1	9.0	9.0	12.0	10.00
	T2	9.0	9.0	7.0	8.33
	T3	8.0	6.0	9.0	7.67
	T4	7.0	5.0	8.0	6.67
45 Days	**T0**	11.0	12.0	15.0	12.67
	T1	13.0	16.0	22.0	17.00
	T2	13.0	13.0	13.0	13.00
	T3	9.0	12.0	13.0	11.33
	T4	9.0	7.0	12.0	9.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.5 ข้อมูลจำนวนใบของกรีนคอส

กรีนคอส	จำนวนใบ (ใบ)				
อายุผัก (วัน)	สัดส่วนที่	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
25 Days	T0	6.0	7.0	6.0	6.33
	T1	6.0	6.0	6.0	6.00
	T2	6.0	6.0	4.0	5.33
	T3	6.0	4.0	6.0	5.33
	T4	5.0	5.0	6.0	5.33
35 Days	T0	9.0	10.0	8.0	9.00
	T1	8.0	9.0	8.0	8.33
	T2	8.0	9.0	8.0	8.33
	T3	8.0	8.0	7.0	7.67
	T4	7.0	9.0	8.0	8.00
45 Days	T0	11.0	14.0	13.0	12.67
	T1	10.0	12.0	11.0	11.00
	T2	9.0	12.0	12.0	11.00
	T3	9.0	11.0	12.0	10.67
	T4	9.0	10.0	12.0	10.33

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) การตั้งสมมติฐานเพื่อศึกษานัยสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วนที่มีต่อจำนวนใบ

H_0: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบ ไม่แตกต่างกัน

H_1: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ค่าเฉลี่ยของจำนวนใบอย่างน้อย 1 คู่ ให้ผลแตกต่างกัน

3) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$\alpha = 0.05$

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analasis of Variance: ANOVA) ของ CRD ที่มีปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 5 สัดส่วน และทำซ้ำ 3 ซ้ำ ต่อจำนวนใบของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน แสดงดังตารางที่ 4.6, 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ และต่อจำนวนใบของกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน แสดงดังตารางที่ 4.9, 4.10 และ 4.11 ตามลำดับ

<u>กรีนโอ๊ค</u>

ตารางที่ 4.6 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนโอ๊ค อายุ 25 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	2.40	0.60	0.75	3.48
Error	10	8.00	0.80		
Total	14	10.40			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.6 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.75 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนโอ๊ค อายุ 35 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	18.27	4.57	1.71	3.48
Error	10	26.67	2.67		
Total	14	44.93			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.7 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.71 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 35 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.8 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนโอ๊ค อายุ 45 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	95.33	23.83	3.31	3.48
Error	10	72.00	7.20		
Total	14	167.33			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.8 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 3.31 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>กรีนคอส</u>

ตารางที่ 4.9 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนคอส อายุ 25 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	2.67	0.67	1.00	3.48
Error	10	6.67	0.67		
Total	14	9.33			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.9 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.00 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบของกรีนคอสในช่วงอายุ 25 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.10 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนคอส อายุ 35 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	2.93	0.73	1.22	3.48
Error	10	6.00	0.60		
Total	14	8.93			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.10 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.22 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบของกรีนคอสในช่วงอายุ 35 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.11 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อจำนวนใบกรีนคอส อายุ 45 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	9.73	2.43	1.11	3.48
Error	10	22.00	2.20		
Total	14	31.73			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.11 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.11 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของจำนวนใบของกรีนคอสในช่วงอายุ 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) ผลการวิเคราะห์ทดสอบค่าทางสถิติของจำนวนใบ ให้ผลสรุปดังตารางที่ 4.12 ซึ่งสรุปได้ว่า จำนวนใบของกรีนโอ๊คและกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ45วัน ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของสัดส่วนที่ T0 – T4 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$)

ตารางที่ 4.12 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของจำนวนใบเฉลี่ยกรีนโอ๊คและกรีนคอส

สัดส่วนของ โดโลไมต์ : มูลไก่	จำนวนใบ (ใบ)					
	กรีนโอ๊ค			กรีนคอส		
	25 วัน	35 วัน	45 วัน	25 วัน	35 วัน	45 วัน
0 : 100 (T0)	6.00	7.67	12.67	6.33	9.00	12.67
10 : 90 (T1)	7.00	10.00	17.00	6.00	8.33	11.00
20 : 80 (T2)	6.00	8.33	13.00	5.33	8.33	11.00
30 : 70 (T3)	6.00	7.67	11.33	5.33	7.67	10.67
40 : 60 (T4)	6.00	6.67	9.33	5.33	8.00	10.33
F-Test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.2 ผลการวิเคราะห์ความสูงของต้น

1) การเก็บข้อมูลความสูงของต้น เป็นการวัดโดยการใช้ไม้บรรทัดวัดตั้งแต่โคนต้นที่อยู่เหนือดินไปจนถึงส่วนที่สูงที่สุดของต้น ทั้งหมดจำนวน 3 ซ้ำ (กระถาง) ของกรีนโอ๊ค และกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน เป็นไปตามตารางที่ 4.13 และ 4.14 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลความสูงของต้นของกรีนโอ๊ค

กรีนโอ๊ค	**ความสูง (เซนติเมตร)**				
อายุผัก (วัน)	**สัดส่วนที่**	**1**	**2**	**3**	**ค่าเฉลี่ย**
25 Days	**T0**	3.3	3.5	4.3	3.70
	T1	4.4	6.1	8.0	6.17
	T2	5.4	6.6	7.7	6.57
	T3	5.2	4.2	6.1	5.17
	T4	3.3	3.7	5.1	4.03
35 Days	**T0**	5.4	5.8	10.1	7.10
	T1	6.1	8.2	10.0	8.10
	T2	5.4	10.0	8.6	8.00
	T3	5.2	7.8	10.6	7.87
	T4	4.5	4.8	5.2	4.83

ตารางที่ 4.13 ข้อมูลความสูงของต้นของกรีนโอ๊ค (ต่อ)

กรีนโอ๊ค	ความสูง (เซนติเมตร)				
อายุผัก (วัน)	สัดส่วนที่	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
45 Days	T0	8.2	10.1	10.8	9.70
	T1	10.1	11.1	15.0	12.07
	T2	10.0	11.1	11.1	10.73
	T3	8.6	9.2	12.9	10.23
	T4	5.7	5.4	9.0	6.70

ตารางที่ 4.14 ข้อมูลความสูงของต้นของกรีนคอส

กรีนคอส	ความสูง (เซนติเมตร)				
อายุผัก (วัน)	สัดส่วนที่	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
25 Days	T0	8.3	11.7	9.3	9.77
	T1	11.1	7.5	9.1	9.23
	T2	6.9	12.5	12.0	10.47
	T3	7.0	13.1	12.1	10.73
	T4	8.0	12.4	12.0	10.80
35 Days	T0	12.9	16.3	13.9	14.37
	T1	13.6	9.9	12.0	11.83
	T2	7.2	15.1	18.5	13.60
	T3	9.4	15.7	16.6	13.90
	T4	10.5	13.4	15.0	12.97
45 Days	T0	16.1	21.6	21.9	19.87
	T1	18.6	16.7	18.5	17.93
	T2	9.9	20.7	22.3	17.63
	T3	12.5	18.6	20.6	17.23
	T4	14.7	15.1	19.3	16.37

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) การตั้งสมมติฐานเพื่อศึกษานัยสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วนที่มีต่อความสูง

H_0: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูง ไม่แตกต่างกัน

H_1: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ค่าเฉลี่ยของความสูงอย่างน้อย 1 คู่ ให้ผลแตกต่างกัน

3) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$\alpha = 0.05$

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analasis of Variance: ANOVA) ของ CRD ที่มีปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 5 สัดส่วน และทำซ้ำ 3 ซ้ำ ต่อความสูงของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน แสดงดังตารางที่ 4.15, 4.16 และ 4.17 ตามลำดับ และต่อความสูงของกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน แสดงดังตารางที่ 4.18, 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ

<u>กรีนโอ๊ค</u>

ตารางที่ 4.15 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนโอ๊ค อายุ 25 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	19.16	4.79	3.61	3.48
Error	10	13.29	1.33		
Total	14	32.45			

Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.15 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 3.61 > F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูงของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25 วัน อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.16 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนโอ๊ค อายุ 35 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	22.51	5.63	1.19	3.48
Error	10	47.15	4.72		
Total	14	69.66			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.16 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.19 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูงของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 35 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.17 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนโอ๊ค อายุ 45 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	47.34	11.83	3.23	3.48
Error	10	36.66	3.67		
Total	14	84.00			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.17 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 3.23 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูงของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>กรีนคอส</u>

ตารางที่ 4.18 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนคอส อายุ 25 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	5.51	1.38	0.21	3.48
Error	10	65.07	6.51		
Total	14	70.58			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.18 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.21 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูงของกรีนคอสในช่วงอายุ 25 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.19 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนคอส อายุ 35 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	11.53	2.88	0.24	3.48
Error	10	121.40	12.14		
Total	14	132.93			

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.19 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.24 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูงของกรีนคอสในช่วงอายุ 35 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.20 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความสูงกรีนคอส อายุ 45 วัน

SOV	df	SS	MS	F_{cal}	$F_{0.05}$
Treatment	4	20.08	5.02	0.31	3.48
Error	10	163.19	16.32		
Total	14	183.27			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.20 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.31 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความสูงของกรีนคอสในช่วงอายุ 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) ผลการวิเคราะห์ทดสอบค่าทางสถิติของความสูง ให้ผลสรุปดังตารางที่ 4.21 ซึ่งสรุปได้ว่า ความสูงของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25 วัน ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของสัดส่วนที่ T0 – T4 ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) โดยมีอย่างน้อย 1 คู่ที่ให้ผลต่างกันทางสถิติ เมื่อนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสัดส่วนด้วยวิธี DMRT พบว่า มี 3 คู่ที่ให้ผลต่างกันทางสถิติ คือ กรีนโอ๊คในสัดส่วนที่ T2 ที่มีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 6.57 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) กับสัดส่วนที่ T0 และ T4 ที่มีความสูงเฉลี่ย 3.70 และ 4.03 เซนติเมตร และกรีนโอ๊คในสัดส่วนที่ T1 ที่มีความสูงเฉลี่ยสูงสุดรองลงมา 6.17 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) กับสัดส่วนที่ T0 เช่นเดียวกันกับสัดส่วนที่ T2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ในขณะที่ความสูงของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 35วัน และ45วัน และกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ45วัน ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของสัดส่วนที่ T0 – T4 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$)

ตารางที่ 4.21 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของความสูงเฉลี่ยกรีนโอ๊คและกรีนคอส

สัดส่วนของ โดโลไมต์ : มูลไก่	ความสูง (เซนติเมตร)					
	กรีนโอ๊ค			กรีนคอส		
	25 วัน[1/]	35 วัน	45 วัน	25 วัน	35 วัน	45 วัน
0 : 100 (T0)	3.70[b]	7.10	9.70	9.77	14.37	19.87
10 : 90 (T1)	6.17[ac]	8.10	12.07	9.23	11.83	17.93
20 : 80 (T2)	6.57[a]	8.00	10.73	10.47	13.60	17.63
30 : 70 (T3)	5.17[ab]	7.87	10.23	10.73	13.90	17.23
40 : 60 (T4)	4.03[bc]	4.83	6.70	10.80	12.97	16.37
F-Test	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

4.4.3 ผลการวิเคราะห์ความกว้างทรงพุ่ม

1) การเก็บข้อมูลความกว้างทรงพุ่ม เป็นการวัดโดยการใช้ไม้บรรทัดวัดจากส่วนที่กว้างที่สุดของทรงพุ่ม ทั้งหมดจำนวน 3 ซ้ำ (กระถาง) ของกรีนโอ๊ค และกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน เป็นไปตามตารางที่ 4.22 และ 4.23 ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊ค

กรีนโอ๊ค	**ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)**				
อายุผัก (วัน)	**สัดส่วนที่**	**1**	**2**	**3**	**ค่าเฉลี่ย**
25 Days	**T0**	10.9	10.5	13.2	11.53
	T1	10.5	11.8	14.3	12.20
	T2	11.8	13.5	13.2	12.83
	T3	11.3	10.5	14.9	12.23
	T4	8.1	6.7	9.7	8.17

ตารางที่ 4.22 ข้อมูลความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊ค (ต่อ)

กรีนโอ๊ค	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				
อายุผัก (วัน)	สัดส่วนที่	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
35 Days	T0	12.7	15.2	22.6	16.83
	T1	13.2	17.8	23.7	18.23
	T2	15.0	21.4	20.4	18.93
	T3	12.8	18.2	19.5	16.83
	T4	10.3	7.8	13.5	10.53
45 Days	T0	16.2	22.7	22.7	20.53
	T1	18.2	22.5	28.5	23.07
	T2	18.2	23.6	22.6	21.47
	T3	15.4	22.7	22.1	20.07
	T4	12.0	9.8	17.0	12.93

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอส

กรีนคอส	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				
อายุผัก (วัน)	สัดส่วนที่	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
25 Days	T0	13.2	19.2	18.8	17.07
	T1	18.3	9.5	10.3	12.70
	T2	9.8	13.2	13.9	12.30
	T3	9.3	14.9	14.7	12.97
	T4	9.0	11.5	16.5	12.33
35 Days	T0	18.7	23.7	17.2	19.87
	T1	21.7	14.3	17.2	17.73
	T2	11.6	21.8	26.3	19.90
	T3	12.6	14.7	17.0	14.77
	T4	14.2	15.4	21.8	17.13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.23 ข้อมูลความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอส (ต่อ)

กรีนคอส	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)				
อายุผัก (วัน)	สัดส่วนที่	1	2	3	ค่าเฉลี่ย
45 Days	T0	22.7	31.1	31.5	28.43
	T1	24.8	17.7	25.9	22.80
	T2	13.7	28.6	31.3	24.53
	T3	16.2	19.2	30.9	22.10
	T4	19.0	19.2	25.7	21.30

2) การตั้งสมมติฐานเพื่อศึกษานัยสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วนที่มีต่อความกว้างทรงพุ่ม

H_0: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่ม ไม่แตกต่างกัน

H_1: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มอย่างน้อย 1 คู่ ให้ผลแตกต่างกัน

3) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$\alpha = 0.05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analasis of Variance: ANOVA) ของ CRD ที่มีปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 5 สัดส่วน และทำซ้ำ 3 ซ้ำ ต่อความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน แสดงดังตารางที่ 4.24, 4.25 และ 4.26 ตามลำดับ และต่อความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน แสดงดังตารางที่ 4.27, 4.28 และ 4.29 ตามลำดับ

<u>กรีนโอ๊ค</u>

ตารางที่ 4.24 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊ค อายุ 25 วัน

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	41.58	10.40	3.60	3.48
Error	10	28.85	2.88		
Total	14	70.43			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.24 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 3.60 > F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ปฏิเสธ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25 วัน อย่างน้อย 1 คู่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ตารางที่ 4.25 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊ค อายุ 35 วัน

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	133.48	33.37	1.92	3.48
Error	10	173.69	17.37		
Total	14	307.17			

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.25 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.92 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 35 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.26 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊ค อายุ 45 วัน

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	183.10	45.78	2.89	3.48
Error	10	158.27	15.83		
Total	14	341.38			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.26 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 2.89 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>กรีนคอส</u>

ตารางที่ 4.27 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนคอส อายุ 25 วัน

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	49.33	12.33	0.96	3.48
Error	10	128.84	12.88		
Total	14	178.17			

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.27 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.96 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอสในช่วงอายุ 25 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.28 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนคอส อายุ 35 วัน

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	54.90	13.72	0.66	3.48
Error	10	207.51	20.75		
Total	14	262.40			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.28 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.66 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอสในช่วงอายุ 35 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตารางที่ 4.29 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อความกว้างทรงพุ่มกรีนคอส อายุ 45 วัน

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	96.42	24.11	0.58	3.48
Error	10	418.41	41.84		
Total	14	514.83			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.29 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.58 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของความกว้างทรงพุ่มของกรีนคอสในช่วงอายุ 45 วัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) ผลการวิเคราะห์ทดสอบค่าทางสถิติของความกว้างทรงพุ่ม ให้ผลสรุปดังตารางที่ 4.30 ซึ่งสรุปได้ว่า ความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 25 วัน ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของสัดส่วนที่ T0 – T4 ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) โดยมีอย่างน้อย 1 คู่ที่ให้ผลต่างกันทางสถิติ เมื่อนำไปเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสัดส่วนด้วยวิธี DMRT พบว่า กรีนโอ๊คในสัดส่วนที่ T0 – T3 ที่มีความกว้างทรงพุ่มเฉลี่ย 11.53, 12.20, 12.83 และ 12.23 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$) กับสัดส่วนที่ T4 ที่มีความ

กว้างทรงพุ่มเฉลี่ยต่ำสุด 8.17 เซนติเมตร แต่กรีนโอ๊คในสัดส่วนที่ T0 – T3 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$)

ในขณะที่ความกว้างทรงพุ่มของกรีนโอ๊คในช่วงอายุ 35วัน และ45วัน และกรีนคอสในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ45วัน ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของสัดส่วนที่ T0 – T4 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$)

ตารางที่ 4.30 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของความกว้างทรงพุ่มกรีนโอ๊คและกรีนคอส

สัดส่วนของ โดโลไมต์ : มูลไก่	ความกว้างทรงพุ่ม (เซนติเมตร)					
	กรีนโอ๊ค			กรีนคอส		
	25 วัน[1/]	35 วัน	45 วัน	25 วัน	35 วัน	45 วัน
0 : 100 (T0)	11.53[a]	16.83	20.53	17.07	19.87	28.43
10 : 90 (T1)	12.20[a]	18.23	23.07	12.70	17.73	22.80
20 : 80 (T2)	12.83[a]	18.93	21.47	12.30	19.90	24.53
30 : 70 (T3)	12.23[a]	16.83	20.07	12.97	14.77	22.10
40 : 60 (T4)	8.17[b]	10.53	12.93	12.33	17.13	21.30
F-Test	*	ns	ns	ns	ns	ns

ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

* มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1/ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เปรียบเทียบโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.4.4 ผลการวิเคราะห์น้ำหนักสดรวม

1) การเก็บข้อมูลน้ำหนักสดรวม เมื่อกรีนโอ๊ค และกรีนคอส อายุ 45 วันหลังปลูก จะมีการเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยการตัดที่โคนต้นและขุดราก แล้วนำมาชั่งน้ำหนัก ทั้งหมดจำนวน 3 ซ้ำ (กระถาง) เพื่อเป็นข้อมูลน้ำหนักสดรวมของกรีนโอ๊ค และกรีนคอสหลังเก็บเกี่ยว เป็นไปตามตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31ข้อมูลน้ำหนักสดรวมของกรีนโอ๊คและกรีนคอส

ชนิดผักทดลอง	น้ำหนักสดรวม (กรัม)				
	การทดลอง	1	2	3	AVE
กรีนโอ๊ค	T0	20.0	37.0	52.0	36.33
	T1	32.0	46.0	74.0	50.67
	T2	27.0	57.0	51.0	45.00
	T3	25.0	41.0	51.0	39.00
	T4	17.0	14.0	33.0	21.33
กรีนคอส	T0	45.0	71.0	65.0	60.33
	T1	40.0	46.0	50.0	45.33
	T2	22.0	64.0	58.0	48.00
	T3	28.0	38.0	63.0	43.00
	T4	24.0	30.0	58.0	37.33

2) การตั้งสมมติฐานเพื่อศึกษานัยสำคัญของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วนที่มีต่อน้ำหนักสดรวม

H_0: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวม ไม่แตกต่างกัน

H_1: การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมอย่างน้อย 1 คู่ ให้ผลแตกต่างกัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

$\alpha = 0.05$

4) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analasis of Variance: ANOVA) ของ CRD ที่มีปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ 5 สัดส่วน และทำซ้ำ 3 ซ้ำ ต่อน้ำหนักสดรวมหลังเก็บเกี่ยวของกรีนโอ๊ค และกรีนคอส แสดงดังตารางที่ 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ

<u>กรีนโอ๊ค</u>

ตารางที่ 4.32 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อน้ำหนักสดรวมกรีนโอ๊ค

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	1469.73	367.43	1.48	3.48
Error	10	2484.00	248.40		
Total	14	3953.73			

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.32 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 1.48 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมของกรีนโอ๊คหลังเก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

<u>กรีนคอส</u>

ตารางที่ 4.33 ผล ANOVA ของสัดส่วน T0 – T4 ที่มีต่อน้ำหนักสดรวมกรีนคอส

SOV	df	SS	MS	Fcal	$F_{0.05}$
Treatment	4	872.40	218.10	0.79	3.48
Error	10	2762.00	276.20		
Total	14	3634.40			

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนในตารางที่ 4.33 จะได้ว่า:

ค่าสถิติที่ทดสอบ $F_{cal} = 0.79 < F_{0.05, (4, 10)} = 3.48$

ดังนั้น ยอมรับ H_0 สามารถสรุปได้ว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้ง 5 สัดส่วน ให้ผลค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสดรวมของกรีนคอสหลังเก็บเกี่ยว ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5) ผลการวิเคราะห์ทดสอบค่าทางสถิติของน้ำหนักสดรวม ให้ผลสรุปดังตารางที่ 4.34 ซึ่งสรุปได้ว่า น้ำหนักสดรวมของกรีนโอ๊คและกรีนคอส ที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ของสัดส่วนที่ T0 – T4 ให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.5$)

ตารางที่ 4.34 ผลวิเคราะห์ทางสถิติของน้ำหนักสดรวมกรีนโอ๊คและกรีนคอส หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต

สัดส่วนของโดโลไมต์ : มูลไก่	น้ำหนักสดรวม (กรัม)	
	กรีนโอ๊ค	กรีนคอส
0 : 100 (T0)	36.33	60.33
10 : 90 (T1)	50.67	45.33
20 : 80 (T2)	45.00	48.00
30 : 70 (T3)	39.00	43.00
40 : 60 (T4)	21.33	37.33
F-Test	ns	ns

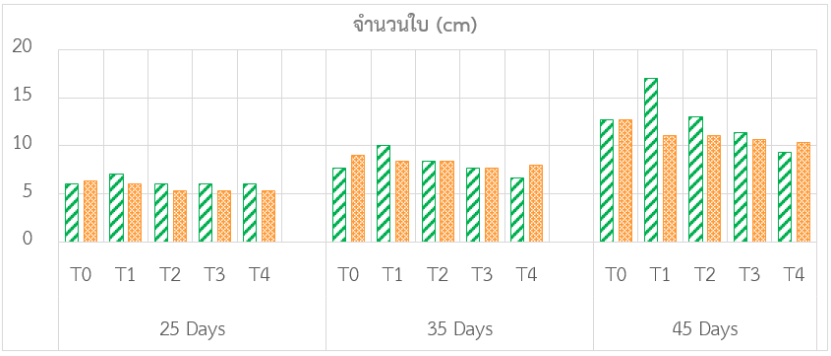
ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

4.4.5 ผลการวิเคราะห์ทั้งหมดของการเจริญเติบโตและผลผลิต

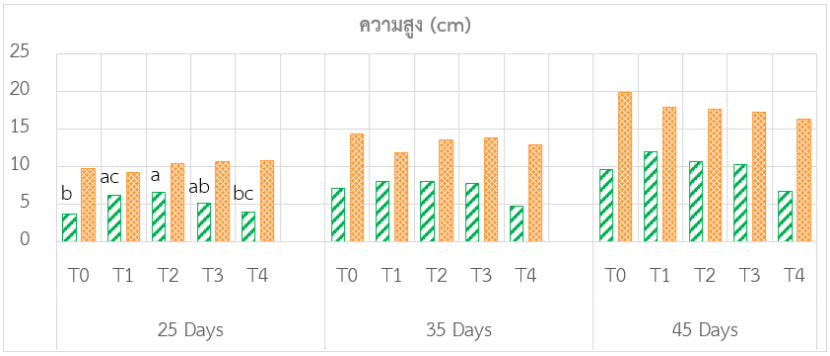
จากผลการวิเคราะห์การเจริญเติบโตและผลผลิต ดังรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่า เมื่อผักสลัดครบอายุการเก็บเกี่ยวที่ 45 วัน ดังรูปที่ 4.4 และ 4.5 กรีนโอ๊คและกรีนคอสที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ที่สัดส่วน T0 – T4 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีมูลไก่เพียงอย่างเดียวของสัดส่วนที่ T0 กับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีโดโลไมต์ผสมที่สัดส่วนต่างๆ ของ T1 – T3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งการเจริญเติบโตและผลผลิตของกรีนโอ๊คและกรีนคอส ซึ่งในแต่ละสัดส่วนให้ผลใกล้เคียงกันกับสัดส่วนที่ T0 แต่สัดส่วนที่ T4 ให้ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยที่สุด เนื่องจากผักสลัดที่ใช้ปลูกทดลองนั้นเป็นพืชใบเขียว ต้องการธาตุไนโตรเจน ซึ่งธาตุไนโตรเจนช่วยให้เร่งการเจริญเติบโตทางใบและลำต้น

ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ในสัดส่วนต่างๆ T1 – T3 สามารถนำมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มธาตุอาหารให้พืชเจริญเติบโตและผลผลิตได้เทียบเท่ากับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีเพียงมูลไก่แต่ไม่มีโดโลไมต์ผสมของสัดส่วนที่ T0 ซึ่งให้ผลผลิตใกล้เคียงกัน

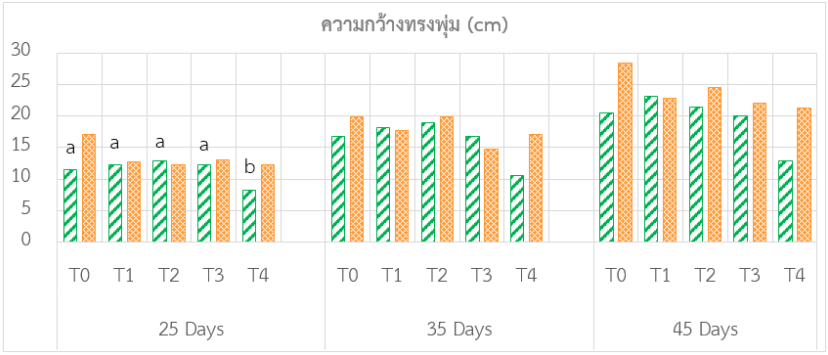
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



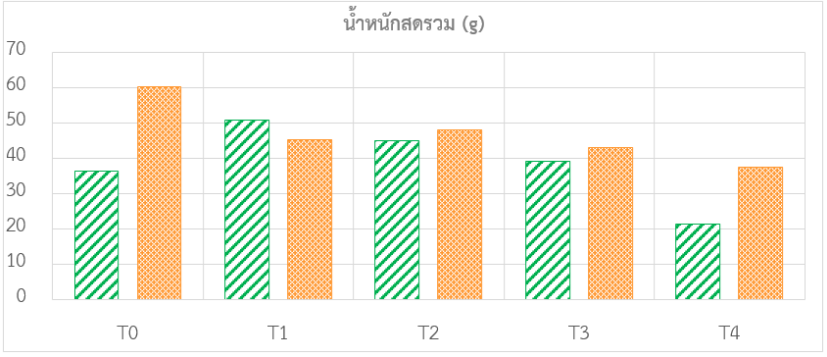
(ก) จำนวนใบในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน



(ข) ความสูงของต้นในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน



(ค) ความกว้างทรงพุ่มในช่วงอายุ 25วัน, 35วัน และ 45วัน



(ง) ผลผลิตหลังเก็บเกี่ยว

หมายเหตุ: a, b, c หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีของ DMRT

รูปที่ 4.3 ผลเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และผลผลิตของกรีนโอ๊ค และกรีนคอส

กรีนโอ๊ค			
สัดส่วนที่	1	2	3
T0 0 : 100			
T1 10 : 90			
T2 20 :80			
T3 30 : 70			
T4 40 : 60			

รูปที่ 4.4 ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตในช่วงอายุ 45 วัน ของกรีนโอ๊ค

กรีนคอส			
สัดส่วนที่	1	2	3
T0 0 : 100			
T1 10 : 90			
T2 20 :80			
T3 30 : 70			
T4 40 : 60			

รูปที่ 4.5 ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตในช่วงอายุ 45 วัน ของกรีนคอส

4.5 ผลประเมินต้นทุนทางเศรษฐศาสตร์

การประเมินต้นทุนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่นี้ ประเมินที่กำลังการผลิตประมาณ 500 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยมีการประมาณค่าใช้จ่ายของราคาวัตถุดิบและแรงงานที่เป็นต้นทุนผันแปร ดังตารางที่ 4.8 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายวัตถุดิบ ได้แก่ โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินที่ได้จากการทำเหมือง มูลไก่ กากน้ำตาล ค่าน้ำ และค่าไฟ และในส่วนของค่าใช้จ่ายสำหรับแรงงาน ได้แก่ ค่าแรงในการผสมและอัดเม็ด ใช้เวลา 1 วัน จำนวน 2 คน และค่าแรงในการเก็บปุ๋ย ใช้เวลา 0.5 วัน จำนวน 1 คน โดยการผลิตนี้กำหนดให้มีการผลิตที่จังหวัดชุมพร ทำให้ไม่มีการกำหนดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของดินตะกอนเหมืองหิน

ตารางที่ 4.35 ข้อมูลการประมาณค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

รายการ	ราคาต่อหน่วย		หมายเหตุ
โดโลไมต์ (ดินตะกอนเหมืองหิน)	0	บาท/กิโลกรัม	เนื่องจากเป็นวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่เกิดขึ้นในกระบวนการทำเหมือง
มูลไก่	8	บาท/กิโลกรัม	อ้างอิงจากราคาจำหน่ายในตลาด
กากน้ำตาล	16	บาท/กิโลกรัม	
ค่าน้ำ ค่าไฟ	100	บาท/ครั้ง	อ้างอิง (วาสนา มานิช, 2557)
ค่าแรงงานผสมและอัดเม็ด	332	บาท/วัน	อ้างอิง ("ราชกิจจานุเบกษา," 2565, 19 กันยายน) อัตราค่าจ้างขั้นต่ำ จ.ชุมพร
ค่าแรงงานเก็บปุ๋ย	332	บาท/วัน	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่นี้ ใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินผสมกับมูลไก่ตามสัดส่วนต่างๆ ที่ T0 – T4 จนได้น้ำหนักแห้งปุ๋ยรวม สัดส่วนละ 500 กิโลกรัม หลังจากนั้นใส่ตัวประสาน และทำการอัดเม็ดปุ๋ย หลังจากนั้นทำการผึ่งเม็ดปุ๋ยตามกระบวนการผลิตในข้างต้นในรูปที่ 3.3 ซึ่งจะได้เป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ เมื่อนำไปชั่งน้ำหนัก พบว่า สัดส่วนที่ T0 – T4 มีน้ำหนักปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดลดลงประมาณ 4 – 10% เหลือดังนี้ 454.3, 458.6, 462.8, 465.7 และ 480 กิโลกรัม ตามลำดับ จากน้ำหนักแห้งของปุ๋ยเริ่มต้น 500 กิโลกรัม ซึ่งสอดคล้องกับผลการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดจากวัสดุเหลือใช้ หลังจากอัดเม็ดปุ๋ยแล้วจะมีน้ำหนักปุ๋ยลดลง จากปุ๋ยหมัก 750 กิโลกรัม ได้เป็นปุ๋ยอัดเม็ด 500 กิโลกรัม (วาสนา มานิช, 2557) ซึ่งน้ำหนักที่หายไปขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

จากผลผลิตของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ที่ได้ตามสัดส่วนต่างๆ นำมาประเมินต้นทุนผันแปรสำหรับการผลิต ดังตารางที่ 4.9 พบว่า มีต้นทุนผันแปรของสัดส่วนที่ T0 – T4

ตามลำดับ ดังนี้ 11.73, 10.75, 9.79, 8.87 และ 7.77 บาทต่อกิโลกรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่าสัดส่วนที่มีโดโลไมต์เพิ่มขึ้น ต้นทุนผันแปรจะมีแนวโน้มที่ลดลง ทั้งนี้ต้นทุนผันแปรสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพ ปริมาณ และราคามูลไก่ที่หาซื้อได้

ตารางที่ 4.36 ผลประเมินต้นทุนผันแปรสำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

ต้นทุนผันแปร	T0	T1	T2	T3	T4
ดินตะกอนเหมืองหิน (ร้อยละ)	0	10	20	30	40
มูลไก่ (ร้อยละ)	100	90	80	70	60
ปริมาณดินตะกอนเหมืองหิน (กิโลกรัม)	0	50	100	150	200
ปริมาณมูลไก่ (กิโลกรัม)	500	450	400	350	300
ปริมาณกากน้ำตาล (กิโลกรัม)	50	50	50	50	50
ปริมาณน้ำ (กิโลกรัม)	100	100	100	100	100
ปริมาณปุ๋ยอัดเม็ดที่ได้ (กิโลกรัม)	454.3	458.6	462.8	465.7	480.0
ค่าดินตะกอนเหมืองหิน (บาท)	0	0	0	0	0
ค่ามูลไก่ (บาท)	4000	3600	3200	2800	2400
ค่ากากน้ำตาล (บาท)	400	400	400	400	400
ค่าน้ำ ค่าไฟ (บาท)	100	100	100	100	100
ค่าแรงงานผสมและอัดเม็ด (บาท) - 1 วัน/คน (ใช้ 2คน)	664	664	664	664	664
ค่าแรงงานเก็บปุ๋ย (บาท) - 0.5 วัน/คน (ใช้ 1คน)	166	166	166	166	166
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดประมาณ 500 กิโลกรัม (บาท)	5330	4930	4530	4130	3730
ค่าใช้จ่ายทั้งหมดต่อปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด 1 กิโลกรัม (บาท)	11.73	10.75	9.79	8.87	7.77

จากผลการประเมินต้นทุนผันแปรการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ โดยใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินมาเป็นสารตัวเติม ในสัดส่วนที่ T1 – T4 นั้น สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ 8.37%, 16.57%, 24.41% และ 33.77% ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงาน และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการนำดินตะกอนเหมืองหินของเหมืองหินปูนกรณีศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดชุมพรที่เป็นวัสดุไม่ใช้แล้วจากกระบวนการทำเหมืองหินนำมาเพิ่มมูลค่าในการนำไปใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรม โดยนำดินตะกอนเหมืองหินนี้ใช้เป็นสารตัวเติม ผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ทั้งหมด 7 สัดส่วน ได้แก่ สัดส่วนระหว่างโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินต่อมูลไก่ 0:100 (T0), 10:90 (T1), 20:80 (T2), 30:70 (T3), 40:60 (T4), 50:50 (T5) และ 60:40 (T6) ซึ่งจะวิเคราะห์หาสัดส่วนที่ให้คุณภาพตามเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์กรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2557 และคำนึงถึงการปรับปรุงดิน ประสิทธิภาพต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิต อีกทั้งต้นทุนการผลิต โดยมีผลสรุปดังนี้

1) ดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพรนั้น มีชนิดและปริมาณสารประกอบหลัก คือ แคลเซียมออกไซด์ (CaO) 31.5% แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) 21.8% ซึ่งมีคุณสมบัติเทียบเท่ากับโดโลไมต์ จึงมีความเป็นไปได้ที่นำไปใช้ประโยชน์เป็นสารตัวเติมผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

2) ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้งหมด 7 สัดส่วน เมื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี พบว่า ในสัดส่วนที่มีโดโลไมต์มากขึ้นนั้น ปริมาณธาตุอาหารหลักที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในปุ๋ยอินทรีย์มีแนวโน้มลดลง ส่งผลให้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่สัดส่วนที่ 50:50 (T5) และ 60:40 (T6) นั้น มีปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ.2557 ทำให้เป็นปุ๋ยที่ไม่ได้คุณภาพ ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่สัดส่วนที่ T0 – T4 มีคุณสมบัติทางเคมี ทั้งปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณธาตุอาหารหลัก ความชื้น และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน ทั้งหมดผ่านเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2557 จึงนำปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ทั้งหมด 5 สัดส่วน สัดส่วนที่ T0 – T4 ไปทำการปลูกทดลองเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

3) สำหรับการปลูกทดลอง ดินเริ่มต้นที่นำมาใช้เป็น ดินจากอำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ที่เป็นดินกรดรุนแรงมาก มีลักษณะเป็นดินเหนียว และมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์อยู่ในปริมาณสูงถึงสูงมาก แต่ควรมีการปรับสภาพให้มีความเป็นกรดลดลง และสมบัติทางกายภาพของดินให้ร่วนซุยขึ้น จึงนำมาใช้ในการปลูกทดลองกับผักสลัด 2 ชนิด ด้วยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ทั้งหมด 5 สัดส่วน ให้ผลคุณสมบัติของดินที่ดีขึ้นใกล้เคียงกัน ดินเป็นกรดเล็กน้อย มีค่า pH อยู่ในช่วง 6.31 – 6.37 ซึ่งเป็นช่วง pH ที่เหมาะสำหรับการปลูกผักสลัด อีกทั้งยังมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีขึ้นด้วย โดยเฉพาะดินที่ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ที่สัดส่วน 30:70 (T3) และ 40:60 (T4) ซึ่งสัดส่วนโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้นนั้น เนื้อดินเริ่มมีปริมาณของอนุภาคขนาดทรายเพิ่มขึ้นประมาณ 5% ถือได้ว่าเป็นดินที่ดีขึ้นต่อการปลูกพืชเพราะปริมาณอนุภาคขนาดทรายที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยทำให้เนื้อดินมีลักษณะเป็นดินร่วนปนดินเหนียว เนื้อดินมีความโปร่งพรุน

4) สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิต มีการปลูกทดลองกับผักสลัด 2 ชนิด คือ ผักกรีนโอ๊คและกรีนคอส เมื่อใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ที่สัดส่วน T0 – T4 ให้ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทางสถิติทั้งกรีนโอ๊คและกรีนคอส โดยสัดส่วนที่ T1 – T3 ให้ผลผลิตได้ใกล้เคียงกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีมูลไก่เพียงอย่างเดียวในสัดส่วนที่ T0 แต่สัดส่วนที่ T4 ให้ผลการเจริญเติบโตและผลผลิตน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากอาจมีธาตุอาหารหลักของพืชไม่เพียงต่อความต้องการของผักสลัด

5) เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนผันแปรการผลิตของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่ โดยใช้โดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินมาเป็นสารตัวเติม ในสัดส่วนที่ T1 – T3 นั้น สามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ 8.37%, 16.57% และ24.41% ตามลำดับ

จากการศึกษาทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่าโดโลไมต์จากดินตะกอนเหมืองหินกรณีศึกษาในจังหวัดชุมพรแห่งนี้ สัดส่วนที่สามารถนำมาใช้เป็นสารตัวเติมผสมกับมูลไก่สำหรับการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ได้ดีที่สุด สำหรับดินกรด อ.ธัญบุรี และการปลูกกรีนโอ๊คและกรีนคอส คือ สัดส่วนของโดโลไมต์ต่อมูลไก่ 30:70 (T3) เป็นสัดส่วนที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร ให้คุณสมบัติทางเคมีที่ดีขึ้นและทางกายภาพที่ร่วนขึ้น มีการเจริญเติบโตและผลผลิตไม่แตกต่างกับปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่มีมูลไก่เพียงอย่างเดียว อีกทั้งยังสามารถลดต้นทุนได้สูงสุดถึง 24.41%

5.2 ข้อเสนอแนะ

1) การทำเหมืองหินนี้จะมีการนำวัตถุดิบเข้าไปยังโรงโม่หิน เพื่อเข้าสู่กระบวนการย่อยหิน โดยในกระบวนการนี้จะมีการย่อยหิน และคัดแยกขนาด ซึ่งกระบวนการสุดท้ายก็จะพบว่ามีดินตะกอนเหล่านี้ถูกลำเลียงไปเก็บเป็นกองหิน ดินตะกอนนี้มีโดโลไมต์แต่อาจจะมีปริมาณสารประกอบไม่เท่ากัน ซึ่งสามารถนำมาปรับปรุงสัดส่วนเพื่อผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดได้

2) การศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงหรือผสมกับวัสดุเหลือใช้ในท้องถิ่นอื่นๆของประเทศได้ ซึ่งอาจจะช่วยลดต้นทุนการผลิต และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมได้

3) การศึกษานี้สามารถนำไปขยายผลโดยการทดสอบกับพืชชนิดอื่นๆ ดินปลูกเริ่มต้นลักษณะอื่นๆ หรือปริมาณการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสม

ภาคผนวก

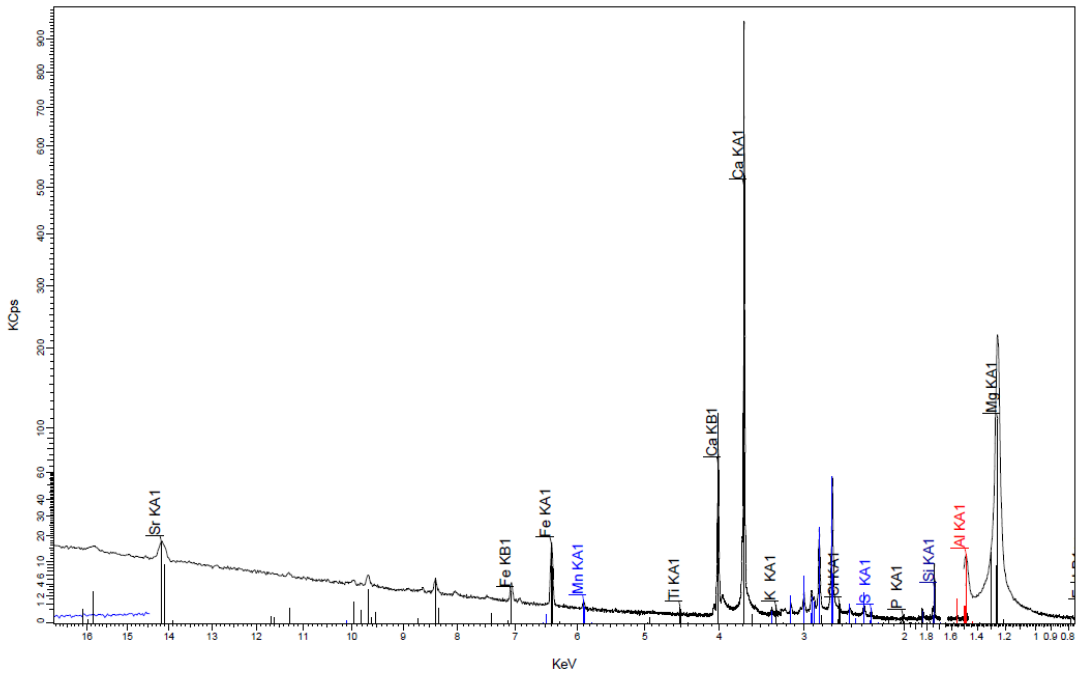
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก

Eval2 V2.5.500 Admin 7/23/2019 10:45:33 AM
Sample: 621807-6357
Measured on 7/22/2019 2:55:35 PM
Sample measured by Admin
Measurement method: Best Detection-Vac34mm

CaO	MgO	SiO2	Al2O3	Fe2O3	SO3	Cl	K2O	TiO2	MnO	P2O5
945.1 KCps	210.5 KCps	9.4 KCps	4.5 KCps	16.1 KCps	0.4 KCps	0.6 KCps	0.6 KCps	0.3 KCps	0.7 KCps	0.1 KCps
31.5 %	21.8 %	1.23 %	0.653 %	0.177 %	222 PPM	206 PPM	157 PPM	156 PPM	97.3 PPM	86.0 PPM

SrO	V2O5	CoO	NiO	CuO	ZnO	ZrO2	MoO3	Rh	Cs2O	WO3
6.7 KCps	0.1 KCps	0.4 KCps	0.3 KCps	0.5 KCps	0.5 KCps	1.4 KCps	1.2 KCps	183.0 KCps	3.8 KCps	2.5 KCps
70.4 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM

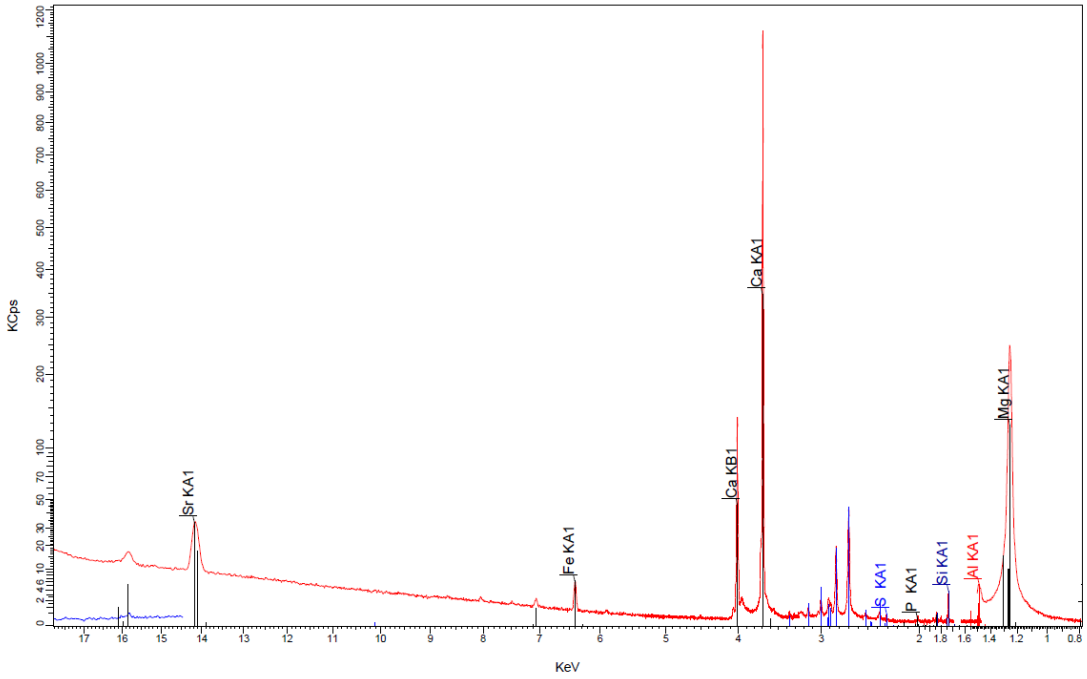


621807-6357
Eval2 V2.5.500 Admin 7/23/2019 10:50:03 AM

รูปที่ ก1 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบของดินตะกอนเหมืองหิน

Eval2 V2.5.500 Admin 2/26/2019 10:37:21 AM
Sample: 621802-9640
Measured on 2/22/2019 5:39:44 PM
Sample measured by Admin
Measurement method: Best Detection-Vac34mm

CaO	MgO	SiO2	Al2O3	Fe2O3	SrO	P2O5	SO3	Cl	K2O	TiO2
1117.5 KCps	235.5 KCps	3.2 KCps	1.6 KCps	5.7 KCps	24.4 KCps	0.2 KCps	0.3 KCps	0.3 KCps	0.2 KCps	0.1 KCps
31.8 %	19.6 %	0.339 %	0.188 %	585 PPM	242 PPM	133 PPM	110 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM	0.0 PPM



621802-9640
Eval2 V2.5.500 Admin 2/26/2019 10:38:28 AM

รูปที่ ก2 ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณสารประกอบของโดโลไมต์ชมรมเกษตรปลอดสารพิษ

ภาคผนวก ข

รายงานผลการทดสอบห้องปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม FM-7.8-01

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2561-4670, 0-2942-8104-5 ต่อ 109-110 โทรสาร 02-9428045

ชื่อลูกค้า/หน่วยงาน : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์
ที่อยู่ :
โทรศัพท์ :
อีเมล :
ชื่อผู้ส่ง : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์

เลขที่คำขอรับบริการ : 65.F27_1-8
เลขที่ใบเสร็จ : 5023/0918
วันที่รับตัวอย่าง : 10/03/2565
วันที่ทดสอบ : 16/03/2565
วันที่รายงานผล : 29/03/2565
ผู้ตรวจสอบผลการทดสอบ : อาจารย์ ดร.รุ่งโรจน์ พิทักษ์ด่านธรรม

ข้อมูลลูกค้า
ชนิดตัวอย่าง : ปุ๋ยอินทรีย์
สถานที่เก็บตัวอย่าง : ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี

ผลการทดสอบ

เลขที่คำขอรับบริการ	ตัวอย่าง	pH (1:2)	OM (%)	OC (%)	Total N (%)	Total P_2O_5 (%)	Total K_2O (%)	Total Ca (%)	Total Mg (%)	Moisture (%)	C/N ratio
65.F27_1-8	Ta	7.31	42.34	24.55	1.59	5.97	1.39	15.38	0.74	14.08	15.49
65.F27_2-8	To	6.67	33.03	19.16	1.68	4.22	3.27	8.22	1.08	8.97	11.44
65.F27_3-8	T1	6.67	31.41	18.22	1.58	4.14	2.94	10.23	2.25	8.06	11.57
65.F27_4-8	T2	6.55	27.47	15.94	1.42	2.91	2.58	12.12	3.43	6.80	11.23
65.F27_5-8	T3	6.45	24.92	14.45	1.25	2.51	2.24	13.42	4.22	6.16	11.61
65.F27_6-8	T4	6.51	21.30	12.36	1.04	2.01	2.05	16.92	5.69	5.16	11.94
65.F27_7-8	T5	7.14	16.55	9.60	0.80	1.75	1.71	19.41	6.64	4.59	12.07
65.F27_8-8	T6	6.59	17.21	9.98	0.69	1.20	1.37	26.52	9.47	3.79	14.49

สิ้นสุดการรายงานผลทดสอบ

(รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม)
หัวหน้าโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ผู้อนุมัติผลการทดสอบ

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามนำสำเนารายงานผลเฉพาะบางส่วนไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

มีข้อสงสัย ติดต่อ รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม E-mail: somchai.a@ku.th LINE ID: snsk-somchai โทรศัพท์ 081-904-5925 หน้า 1/1

รูปที่ ข1 ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากโดโลไมต์และมูลไก่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

FM-7.8-01

รายงานผลการทดสอบห้องปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2561-4670, 0-2942-8104-5 ต่อ 109-110 โทรสาร 02-9428045

ชื่อลูกค้า/หน่วยงาน : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์
ที่อยู่ :
โทรศัพท์ :
อีเมล :
ชื่อผู้ส่ง : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์

เลขที่คำขอรับบริการ : 65.539_1-1
เลขที่ใบเสร็จ : 5023/0809
วันที่รับตัวอย่าง : 2/02/2565
วันที่ทดสอบ : 7/02/2565
วันที่รายงานผล : 4/03/2565
ผู้ตรวจสอบผลการทดสอบ : รศ.ดร. วรชาติ วิศวพิพัฒน์

ข้อมูลลูกค้า

ชนิดตัวอย่าง : ดิน

สถานที่เก็บตัวอย่าง : จังหวัดปทุมธานี

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	หน่วย	ค่าทดสอบ	ระดับ	วิธีทดสอบ
พีเอช*	-	3.71	กรดรุนแรงมาก	Thomas (1996)
ความต้องการปูน	กก. $CaCO_3$/ไร่	1,747		Woodruff (1948)
การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน				Gee and Bauder (1979)
- ทราย	เปอร์เซ็นต์	15	-	
- ทรายแป้ง	เปอร์เซ็นต์	23	-	
- ดินเหนียว	เปอร์เซ็นต์	62	-	
เนื้อดิน	-	C	-	Gee and Bauder (1979)
อินทรียวัตถุ	ก./กก.	31	ปานกลาง	Walkley and Black (1934)
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	108	สูงมาก	Bray and Kurtz (1945)
โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	515	สูงมาก	Helmke and Sparks (1996)
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	1,325	สูง	Suarez (1996)
แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์	มก./กก.	598	สูง	Suarez (1996)

* รายการทดสอบในขอบข่ายที่ขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017
(ช่วงการทดสอบพีเอช 3.5-10.0) อุณหภูมิห้องสำหรับการทดสอบเท่ากับ 25 ± 5 °C และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 50 ± 20%

สิ้นสุดการรายงานผลทดสอบ

(รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม)
หัวหน้าโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ผู้อนุมัติผลการทดสอบ
9 มี.ค. 2565

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามนำสำเนารายงานผลเฉพาะบางส่วนไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

มีข้อสงสัย ติดต่อ รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม E-mail: somchai.a@ku.th LINE ID: snsk-somchai โทรศัพท์ 081-904-5925 หน้า 1/2

รูปที่ ข2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้นที่นำมาใช้ปลูก หน้า 1/2

FM-7.8-01

รายงานผลการทดสอบห้องปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2561-4670, 0-2942-8104-5 ต่อ 109-110 โทรสาร 02-9428045

ชื่อลูกค้า/หน่วยงาน : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์
ที่อยู่ :
โทรศัพท์ :
อีเมล :
ชื่อผู้ส่ง : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์

เลขที่คำขอรับบริการ : 65.S39_1-1
เลขที่ใบเสร็จ : 5023/0809
วันที่รับตัวอย่าง : 2/02/2565
วันที่ทดสอบ : 7/02/2565
วันที่รายงานผล : 4/03/2565
ผู้ตรวจสอบผลการทดสอบ : รศ.ดร. วรชาติ วิศวพิพัฒน์

ข้อมูลลูกค้า
ชนิดตัวอย่าง : ดิน
สถานที่เก็บตัวอย่าง : จังหวัดปทุมธานี
วิธีทดสอบ : micro Kjeldahl method

ผลการทดสอบ

เลขที่คำขอรับบริการ	Total N (g/kg)	CEC (cmol/kg)
65.S39_1-1	1.90	33.6

สิ้นสุดการรายงานผลทดสอบ

(รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม)
หัวหน้าโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ผู้อนุมัติผลการทดสอบ
09 มี.ค. 2565

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามนำสำเนารายงานผลเฉพาะบางส่วนไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

มีข้อสงสัย ติดต่อ รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม E-mail: somchai.a@ku.th LINE ID: snsk-somchai โทรศัพท์ 081-904-5925 หน้า 2/2

รูปที่ ข3 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินเริ่มต้นที่นำมาใช้ปลูก หน้า 2/2

FM-7.8-01

รายงานผลการทดสอบห้องปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทรศัพท์ 0-2561-4670, 0-2942-8104-5 ต่อ 109-110 โทรสาร 02-9428045

ชื่อลูกค้า/หน่วยงาน : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์
ที่อยู่ :
โทรศัพท์ :
อีเมล :
ชื่อผู้ส่ง : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์

เลขที่คำขอรับบริการ : 65.S92_1-5
เลขที่ใบเสร็จ : 5023/0919
วันที่รับตัวอย่าง : 10/03/2565
วันที่ทดสอบ : 16/03/2565
วันที่รายงานผล : 30/03/2565
ผู้ตรวจสอบผลการทดสอบ : รศ.ดร. วรชาติ วิศวพิพัฒน์

ข้อมูลลูกค้า
ชนิดตัวอย่าง : ดิน (No.1#To; No.2#T1; No.3#T2; No.4#T3; No.5#T4)
สถานที่เก็บตัวอย่าง : ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
วิธีทดสอบ: [1]Thomas (1996) [2]Woodruff (1948) [3]Gee and Bauder (1979) [4]Walkley and Black (1934) [5]Bray and Kurtz (1945) [6]Helmke and Sparks (1996) [7]Suarez (1996)
ผลการทดสอบ

เลขที่คำขอรับบริการ	พีเอช[1,7]		ความต้องการปูน[2] (กก. $CaCO_3$/ไร่)	การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน[3] (%)			เนื้อดิน[3]	อินทรียวัตถุ[4]		ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์[5]		โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์[6]		แคลเซียมที่เป็นประโยชน์[7]		แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์[7]	
	ค่าพีเอช	ระดับ		ทราย	ทรายแป้ง	ดินเหนียว		ก./กก.	ระดับ	มก./กก.	ระดับ	มก./กก.	ระดับ	มก./กก.	ระดับ	มก./กก.	ระดับ
65.S92_1-5	6.31	กรดเล็กน้อย	269	31	26	43	C	104	สูงมาก	1,154	สูงมาก	1,901	สูงมาก	4,031	สูง	1,852	สูง
65.S92_2-5	6.37	กรดเล็กน้อย	269	31	28	41	C	108	สูงมาก	1,204	สูงมาก	1,796	สูงมาก	3,984	สูง	1,832	สูง
65.S92_3-5	6.35	กรดเล็กน้อย	269	32	27	41	C	101	สูงมาก	1,096	สูงมาก	1,750	สูงมาก	3,816	สูง	1,852	สูง
65.S92_4-5	6.31	กรดเล็กน้อย	269	35	26	39	CL	96	สูงมาก	1,092	สูงมาก	1,553	สูงมาก	3,998	สูง	1,837	สูง
65.S92_5-5	6.32	กรดเล็กน้อย	269	37	26	37	CL	107	สูงมาก	1,036	สูงมาก	1,579	สูงมาก	4,418	สูง	2,066	สูง

* รายการทดสอบในขอบข่ายที่ขอการรับรองความสามารถห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025: 2017 (ช่วงการทดสอบพีเอช 3.5-10.0)
อุณหภูมิห้องสำหรับการทดสอบเท่ากับ 25 ± 5 °C และความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับ 50 ± 20%
สิ้นสุดการรายงานผลทดสอบ

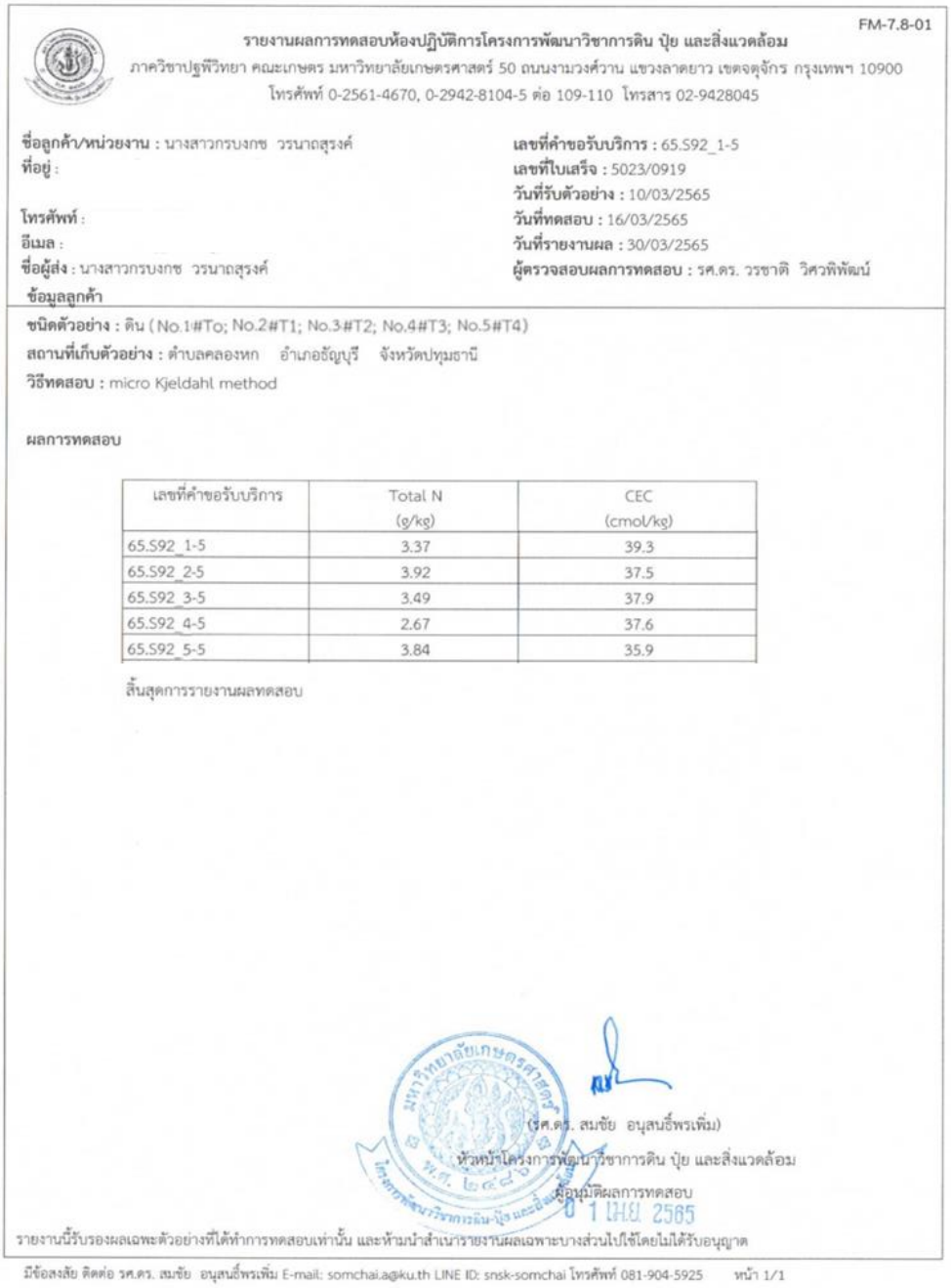
(รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม)
หัวหน้าโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ผู้อนุมัติผลการทดสอบ
01 ก.ค. 2565

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามนำสำเนารายงานผลเฉพาะบางส่วนไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

มีข้อสงสัย ติดต่อ รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม E-mail: somchai.a@ku.th LINE ID: snsk-somchai โทรศัพท์ 081-904-5925 หน้า 1/1

รูปที่ ข4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินหลังปลูกทดลอง หน้า 1/2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



FM-7.8-01

รายงานผลการทดสอบห้องปฏิบัติการโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม

ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทรศัพท์ 0-2561-4670, 0-2942-8104-5 ต่อ 109-110 โทรสาร 02-9428045

ชื่อลูกค้า/หน่วยงาน : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์
ที่อยู่ :

โทรศัพท์ :
อีเมล :
ชื่อผู้ส่ง : นางสาวกรบงกช วรนาถสุรงค์

เลขที่คำขอรับบริการ : 65.S92_1-5
เลขที่ใบเสร็จ : 5023/0919
วันที่รับตัวอย่าง : 10/03/2565
วันที่ทดสอบ : 16/03/2565
วันที่รายงานผล : 30/03/2565
ผู้ตรวจสอบผลการทดสอบ : รศ.ดร. วรชาติ วิศวพิพัฒน์

ข้อมูลลูกค้า

ชนิดตัวอย่าง : ดิน (No.1#To; No.2#T1; No.3#T2; No.4#T3; No.5#T4)
สถานที่เก็บตัวอย่าง : ตำบลคลองหก อำเภอธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี
วิธีทดสอบ : micro Kjeldahl method

ผลการทดสอบ

เลขที่คำขอรับบริการ	Total N (g/kg)	CEC (cmol/kg)
65.S92_1-5	3.37	39.3
65.S92_2-5	3.92	37.5
65.S92_3-5	3.49	37.9
65.S92_4-5	2.67	37.6
65.S92_5-5	3.84	35.9

สิ้นสุดการรายงานผลทดสอบ

(รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม)
หัวหน้าโครงการพัฒนาวิชาการดิน ปุ๋ย และสิ่งแวดล้อม
ผู้อนุมัติผลการทดสอบ
01 ก.ย. 2565

รายงานนี้รับรองผลเฉพาะตัวอย่างที่ได้ทำการทดสอบเท่านั้น และห้ามนำสำเนารายงานผลเฉพาะบางส่วนไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

มีข้อสงสัย ติดต่อ รศ.ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม E-mail: somchai.a@ku.th LINE ID: snsk-somchai โทรศัพท์ 081-904-5925 หน้า 1/1

รูปที่ ข4 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของดินหลังปลูกทดลอง หน้า 2/2

บรรณานุกรม

Suntoro Suntoro, H. W., Suryono, Jauhari Syamsiyah, D.W. Afi nda, N. R. Dimasyuri, V. Triyas. (2018). Effect cow manure and dolomite on nutrient uptake and growth of corn (Zea mays L.). *Bulgarian Journal of Agricultural Science, 24*(6), 1020-1026.

V.Kovaceecic, & Rastija, M. (2010). IMPACTS OF LIMING BY DOLOMITE ON THE MAIZE AND BARLEY GRAIN YIELDS. POLJOPRIVREDA. *POLJOPRIVREDA, 16*(2), 3-8.

Widodo, W., Turmudi, E., & Naibaho, V. (2017). Growth and Yield Responses of Peanuts on Dolomite and Cow Manure Doses. *International Journal of Agricultural Technology, 13*(7.1), 1505-1516.

กมลชนก ห่วงมี, วิภาวรรณ สายคำยศ และ ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2555). อิทธิพลของฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตพริกขี้หนู. วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน, *5*(2), 125-139.

กรมวิชาการเกษตร. (2550). คู่มือปุ๋ยอินทรีย์ (ฉบับนักวิชาการ) (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร, นรีลักษณ์ ชูวรเวช มนต์สรวง เรืองขนาบ ทิวาพร ผดุง พรีพงษ์ เชาวนพงษ์ และ ศรีสุดา รื่นเจริญ. (2548). ปุ๋ยอินทรีย์ : การผลิต การใช้ มาตรฐานและคุณภาพ โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด: สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร.

ชาธิณีย์ ฉลาดถ้อย, จีระศักด์ เอี่ยมอ่อง และ ชนิตร์นันท์ เพิ่มศิริบุตร. (2556). การพัฒนาปุ๋ยหมักจากกากตะกอนร่วมกับกาบกล้วย และกากตะกอนร่วมกับชานอ้อยเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารให้พืช. (ปริญญาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ปริญญานิพนธ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ.

เชาวลิตร์ ทองประดับ. (2542). โดโลไมต์ของจังหวัดเพชรบูรณ์ สำหรับใช้ในทางเกษตรกรรม. เพชรบูรณ์: ฝ่ายทรัพยากรธรณี สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดเพชรบูรณ์.

ณัฐวุฒิ ปลื้มใจ, นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ คณิตา ตังคณานุรักษ์ และ ดาวจรัส เกตุโรจน์ (2561). การใช้ประโยชน์กากตะกอนหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาล เพื่อเป็นปุ๋ยทางเลือกและลดการเสื่อมโทรมของดินหลังการปลูกอ้อย. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา), *18*(3), 53-66. Retrieved from https://www.tci-thaijo.org/index.php/gskku/article/view/145345

ธงชัย มาลา. (2546). ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์ (พิมพ์ครั้งที่1 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤชิต ศรีสวัสดิ์, เจนจิรา หม่องอ้น และ อารมย์ จันทะสอน. (2558). ผลของปุ๋ยมูลไก่และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของกล้วยไข่ในอำเภอวัฒนานคร จังหวัดสระแก้ว. วารสารวิชาการเกษตร, *33*(3), 265-274.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2553). สารปรับปรุงดิน. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัฒนา อนุรักษ์พงศธร และ นันทพร วิเศษสมบัติ. (2548). การใช้กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสีย *RBC* เป็นวัสดุร่วมในการทำปุ๋ยหมัก. Paper presented at the การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43, กรุงเทพฯ.

มงคล ต๊ะอุ่น, สมบูรณ์ ประภาพรรณพงษ์ เชาว์วัช หนูทอง และ ณัฐภูมิ สุดแก้ว. (2552). คู่มือการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด - ปั้นเม็ด (พิมพ์ครั้งที่ 2 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เกษตรกรรมธรรมชาติ.

มยุรี ปาลวงศ์. (2550). แร่เพื่อการเกษตร. Retrieved from http://www1.dpim.go.th/dt/pper/000001283323057.pdf

มุกดา สุขสวัสดิ์. (2545). ปุ๋ยอินทรีย์ (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์บ้านและสวน.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2558). ธาตุอาหารพืช (พิมพ์ครั้งที่ 4 ed.). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รัชนีพร สุทธิภาศิลป์. (2544). การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดเพื่อการปลูกผัก (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

รัชนีพร สุทธิภาศิลป์ และ ธัญวรรณ์ ศรีเดชะกุล. (2552). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิจัยราชภัฏเชียงใหม่, *10*(2), 103-108. Retrieved from http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/897

รัตนชาติ ช่วยบุดดา และ บุศรินทร์ แสวงลาภ. (2562). คู่มือวิเคราะห์ดินทางเคมีเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน. Retrieved from http://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib10134f/bib10134f.html

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2548. (2548, 30 กันยายน). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 122 ตอนพิเศษ 109 ง.

พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550. (2551, 11 มกราคม). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 125 ตอนที่ 7 ก.

ประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557. (2557, 12 กุมภาพันธ์). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 131 ตอนพิเศษ 29 ง.

ประกาศคณะกรรมการค่าจ้าง เรื่อง อัตราค่าจ้าง (ฉบับที่ 11). (2565, 19 กันยายน). ราชกิจจานุเบกษา, เล่ม 139 ตอนพิเศษ 221 ง.

วาสนา มานิช, พรพิมล สมัครสมาน และ พงษ์นาถ นาถวรานันต์. (2557). การผลิตปุ๋ยหมัก และปุ๋ยอัดเม็ดจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. Retrieved from http://www.thai-explore.net/file_upload/submitter/file_doc/9a59cfce9e6d5c71e2ee3369cb6e6525.pdf

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิจิตรา นามจิตร, วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก มนัส ทิตย์วรรณ และ บุญร่วม คิดค้า. (2562). คุณสมบัติของวัตถุดิบ และอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดคุณภาพสูง. Paper presented at the การประชุมวิชาการระดับชาติ “วลัยลักษณ์วิจัย” ครั้งที่ 11, นครศรีธรรมราช.

วิเชียร ตันติอธิมงคล, สุดใจ เกตุเดชา โอภาส เกตุเดชา และ สมควร บุญแสวง. (2548). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดจากมูลค้างคาว ตำบลโคกสะอาด อำเภอศรีเทพ จังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยาสารกำแพงแสน, *3*(3), 11-19.

วิลาวัลย์ วิเชียรนพรัตน์, สุปิยา วงศ์นนทิ และ สิริรัตน์ จันทร์มหเสถียร. (2545). ผลของการปรับปรุงดินต่อการเจริญเติบโตและธาตุอาหารในใบของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซีส และไม้พฤกษ์ในพื้นที่ดินเค็ม. . Retrieved from http://app.dnp.go.th/opac/multimedia/research/154_48.pdf

ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ ชยันต์ ภักดีไทย ศรีสุดา ทิพยรักษ์ และ วัลลีย์ อมรพล. (2555). การจัดการธาตุอาหารพืชที่เหมาะสมเพื่อการผลิตอ้อยในดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. แก่นเกษตร, *40*(พิเศษ 3), 149-158. Retrieved from https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=193.pdf&id=646&keeptrack=12

สถิระ อุดมศรี และ ขนิษฐศรี ฮุ่นตระกูล. (2540). ลักษณะเนื้อดินบนของชุดดินต่างๆในประเทศไทย. Retrieved from http://oss101.ldd.go.th/osr_data&service/OSR_PDF/TB_SSK_Distribute/D_SSK412.pdf

สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร, สมยศ เดชภิรัตนมงคล และ ธวัธชัย อุบลเกิด. (2557). ผลของปุ๋ยมูลไก่และมูลโคอัตราต่างๆต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักคาวตอง. Paper presented at the เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52: สาขาพืช, กรุงเทพฯ.

สานิตย์ สุขสวัสดิ์. (2542). อิทธิพลของสารเคมีบางชนิดที่มีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของพริกไทย. จันทบุรี: ศูนย์วิจัยพืชสวนจันทบุรี.

สายสวาท สีลอ. (2543). การวิเคราะห์หาส่วนประกอบของหินปูนและโดโลไมต์. กรุงเทพฯ: กองวิเคราะห์ กรมทรัพยากรธรณี.

สุทธวรรณ วชิรธนุศร, อรประภา เทพศิลปวิสุทธิ์ พักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์ และ สมชาย ชคตระการ. (2563). ผลของปุ๋ยมูลไก่และถ่านชีวภาพต่อสมบัติทางเคมีของดิน และการเจริญเติบโตของผักกาดหอมพันธุ์กรีนโอ๊คที่ปลูกในสภาพดินกรด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, *28*(2), 343 - 355. doi:10.14456/tstj.2020.28

สุวพันธ์ รัตนะรัต, นงลักษณ์ วิบูลสุข พิชิต พงษ์สกุล จิรพงษ์ ประสิทธิเขตร มณเฑียร จินดา และ สุรสิทธิ์ อรรถจารุสิทธิ์. (2543). ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารพืช (พิมพ์ครั้งที่ 1 ed.). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง. (2551). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. เชียงใหม่: ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. (2565). แหล่งหินอุตสาหกรรม ข้อมูลแหล่งหินเพื่ออุตสาหกรรมก่อสร้าง. Retrieved from http://www.dpim.go.th/qry-stones/quarry3.php

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	น.ส.กรบงกช วรนาถสุรงค์
วัน เดือน ปี เกิด	22 มิถุนายน 2533
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
วุฒิการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ปีการศึกษา 2556
ที่อยู่ปัจจุบัน	25/3 แขวงรัชดาภิเษก เขตดินแดง กรุงเทพฯ 10400

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY