

คุณสมบัติของวัตถุดิบ และอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดคุณภาพสูง

วิจิตร นามจิตร, วิพรพรรณ เหืองเม็ก, มหัทธ ทิตยวัชรณ และ บุญร่วม คิดคำ*

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

* bunruam.kh@up.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจึงวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้ แร่ลิโอนาร์ไต์ ชังข้าวโพด สารปรับปรุงดิน และมูลสัตว์ ซึ่งมีจำนวนมากในพื้นที่ จังหวัดลำปาง อันเป็นที่ตั้งของสถานประกอบการด้านการผลิตปุ๋ยที่ร่วมให้ทุนสนับสนุนการวิจัยร่วมกับโครงการทุนพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (พวอ.) เพื่อให้ได้ปุ๋ยอัดเม็ดที่มีคุณภาพดี ทำสองการทดลอง โดยการทดลองที่หนึ่ง ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ต้องการใช้ในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ด โดยนำมูลวัว ปุ๋ยหมักจากชังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง แร่ลิโอนาร์ไต์ แร่ภูเขาไฟชนิดภูเขาไฟดินเหนียวชนิดโดอะตอมไมท์ มูลไก่ และ หินฟอสเฟต มาทำการศึกษา พบว่า แร่ลิโอนาร์ไต์มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 3.34 ขณะที่วัตถุดิบชนิดอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.64-8.83 มูลวัวมีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณอินทรีย์คาร์บอน สูงที่สุดเท่ากับ 55.64 และ 32.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ มูลไก่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด สูงที่สุดเท่ากับ 1.67, 5.88 และ 3.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แร่ลิโอนาร์ไต์มีอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 58.35 การทดลองที่สอง ทำการผลิตปุ๋ยอัดเม็ด ด้วยการนำวัตถุดิบชนิดต่าง ๆ จากการทดลองข้างต้นมาผสมกันด้วยอัตราส่วนต่าง ๆ แล้วจึงทำการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่า กรรมวิธีที่ 11 ที่ใช้แร่ลิโอนาร์ไต์:ภูเขาไฟ:ปุ๋ยหมักชังข้าวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลไก่:ขี้ ผสมกันในอัตราส่วน 1:1:2:6 ตามลำดับ มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด เท่ากับ 1.11, 3.09 และ 2.31 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งจะนำไปใช้ผลิตในสายพานการผลิตของผู้ประกอบการที่ร่วมวิจัยในลำดับต่อไป

คำสำคัญ: ปุ๋ยอัดเม็ด, แร่ลีโอนาร์ไดต์, ปุ๋ยหมักจากขังข้าวโพด

บทนำ

จังหวัดลำปางเป็นพื้นที่ที่มีเหมืองถ่านหินอยู่เป็นจำนวนมากโดยจะใช้ประโยชน์จากการขุดถ่านหินลิกไนท์มาใช้เป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งในขั้นตอนการขุดจะพบชั้นดินปนถ่านหินที่เรียกว่า ลิโอนาร์ไดต์ ซึ่งเป็นส่วนที่เหลือจากการทำเหมืองแร่ และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จึงมีความสนใจในการนำลิโอนาร์ไดต์มาใช้ประโยชน์ในทางการเกษตร วิวัฒน์ โดธีรกุล และคณะ (2552) พบว่าลิโอนาร์ไดต์มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเติบโตของพืชเป็นองค์ประกอบอยู่หลายธาตุและมีในปริมาณที่สูง จึงสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารพืชบางชนิดได้ มีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (CEC) ซึ่งจะช่วยให้ดินสามารถจับยึดธาตุอาหารได้ดีขึ้น ยิ่งไปกว่านั้น ยังพบว่ามีความอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบสูงซึ่งเหมาะสมที่จะใช้สำหรับการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินได้ (สุชาดา โกษาจม และคณะ 2556) ลิโอนาร์ไดต์ยังมีสารประกอบฮิวมิกเป็นองค์ประกอบอยู่ในปริมาณสูง (Ayuso, Hermfíndez, García, and Pascual, 1996) และมีบทบาทในการเพิ่มค่าอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนให้กับดิน (Ece et al. 2007) นักวิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำลิโอนาร์ไดต์มาผสมกับวัตถุดินชนิดต่าง ๆ ได้แก่ มูลวัว มูลไก่ แร่ภูไมท์ ไดอะตอมไมท์ หินฟอสเฟต และปุ๋ยหมักจากขี้ข้าวโพด ซึ่งวัตถุดินทั้งหมดนี้มีคุณสมบัติในการปรับปรุงดินเช่นเดียวกัน โดยวัตถุดินบางชนิดอย่างเช่น มูลวัว มูลไก่ และปุ๋ยหมักจากขี้ข้าวโพดก็สามารถหาใช้ได้ง่าย อีกทั้งยังช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในการผลิตปุ๋ยได้ ประกอบกับการวิจัยในครั้งนี้เป็นไปตามความต้องการของผู้ประกอบการในพื้นที่จังหวัดลำปางมีความต้องการผลิตปุ๋ยด้วยวัตถุดินชนิดที่มีปริมาณมาก หาได้ง่าย และราคาถูก มาใช้ในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ด โดยปุ๋ยที่ผลิตได้นั้นต้องมีคุณภาพดี ดังนั้น การวิจัยนี้มีจึงวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้

วัตถุดิบอย่างแร่ลิโอนาร์ไดต์ และปุ๋ยหมักจากขี้วัวโพดเพื่อการผลิตปุ๋ยอัดเม็ดให้มีคุณภาพสูง ซึ่งคาดว่าผลการศึกษานี้จะสามารถตอบ
โจทย์ความต้องการของผู้ประกอบการด้านการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในพื้นที่ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ด

ศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ย โดยทำการสุ่มตัวอย่างของวัตถุดิบแต่ละชนิด มาวิเคราะห์คุณสมบัติของวัตถุดิบ
ทั้ง 7 ชนิด ได้แก่ ชนิดที่ 1 มูลวัว ชนิดที่ 2 ปุ๋ยหมักจากขี้วัวโพดที่หมักแบบไม่กลับกอง (ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร, 2558) ชนิดที่
3 แร่ลิโอนาร์ไดต์ ชนิดที่ 4 แร่ภูไมท์ ชนิดที่ 5 แร่ดินเหนียวไคอะตอมไมท์ ชนิดที่ 6 มูลไก่ไข่ และชนิดที่ 7 หินฟอสเฟต โดยวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH-meter ในอัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำกลั่น 1:10 (กรมวิชาการเกษตร, 2551) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ
(Organic matter) ตามวิธีของ (Walkley & Black, 1934). ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) ตามวิธีของ (Walkley & Black,
1934) ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) วัดด้วย Conductivity meter ในอัตราส่วนปุ๋ยต่อน้ำกลั่น 1:10 [6] และอัตราส่วน
คาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ในการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) โดยวิธี Kjeldahl method
ฟอสฟอรัสทั้งหมด (Total P₂O₅) วิเคราะห์โดย Spectrophotometric Molybdatevanadophosphate method ใช้กรดผสม (Perchloric
acid 69-70% : Nitric acid 69-70% อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) ในการย่อยตัวอย่าง และวัดหาปริมาณฟอสฟอรัสด้วย
Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K₂O) โดยวิธี Flame photometric method ใช้
กรดผสม (Perchloric acid 69-70% : Nitric acid 69-70% อัตราส่วน 1:1 โดยปริมาตร) ในการย่อยตัวอย่าง และวัดหาปริมาณ
โพแทสเซียมด้วย Flame photometer (กรมวิชาการเกษตร, 2551) แล้ววิเคราะห์ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)
และสัมประสิทธิ์ของการแปรผัน (Coefficient of Variation: C.V.)

2. การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้วัตถุดิบแต่ละชนิดในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์

ศึกษาชนิดและอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบที่เหมาะสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด โดยใช้วัตถุดิบในการทดลองที่ 1 มาเป็น
ส่วนผสมในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน โดยมีลำดับของชนิดและสัดส่วนของวัตถุดิบ ได้แก่ แร่ลิโอนาร์ไดต์ : ภูไมท์ : ปุ๋ยหมักขี้วัวโพด
แบบไม่กลับกอง : มูลวัว : ไคอะตอมไมท์ : หินฟอสเฟต : มูลไก่ไข่ ทำการทดลองทั้งหมด 12 กรรมวิธี (ตารางที่ 1) โดยทำการผสม
วัตถุดิบและอัตราส่วนตามกรรมวิธีทดลองด้วยเครื่องผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด (Lion1[®]) แล้วจึงเก็บตัวอย่างปุ๋ยที่ผลิตได้จากแต่ละกรรมวิธี
มาทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก เช่นเดียวกับการทดลองข้างต้น

ตารางที่ 1 แสดงชนิด และอัตราส่วนผสมของวัตถุดิบของกรรมวิธีทดลอง

กรรมวิธี	ชนิดของวัตถุดิบและอัตราส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด						
	แร่ลิโอนาร์ไดต์	ภูไมท์	ปุ๋ยหมักขี้วัวโพด	มูลวัว	ไคอะตอมไมท์	หินฟอสเฟต	มูลไก่ไข่
1	2	1	4	2	1	-	-
2	2	1	3	2	2	-	-
3	3	1	1	2	3	-	-
4	3	1	1	3	2	-	-
5	1	2	2	3	2	-	-
6	1	1	1	1	1	-	-
7	1	1	4	3	1	-	-
8	1	1	3	4	1	-	-
9	1	1	1	6	1	-	-
10	1	1	2	5	1	-	-
11	1	1	2	-	-	-	6
12	1	-	2	3	-	1	3

ผลและอภิปรายผล

1. การศึกษาคุณสมบัติของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอัดเม็ด

จากการวิเคราะห์ค่าคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีต่าง ๆ ของวัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ของลิโอนาร์ไคต์มีค่าเท่ากับ 3.34 แต่วัตถุดิบชนิดอื่น ๆ มีค่าอยู่ระหว่าง 7.64-8.83 (ตารางที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับศึกษาของ สุชาติ โกชาดม และคณะ (2556) ซึ่งได้ศึกษาลักษณะทางเคมีของลิโอนาร์ไคต์จากเหมืองแร่ลิกไนต์ในประเทศไทยและผลการวิเคราะห์ค่า pH ของลิโอนาร์ไคต์มีค่าต่ำกว่า 4 ซึ่งเป็นกรดรุนแรง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแม้อลิโอนาร์ไคต์จะมีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตร แต่จำเป็นต้องมีวิธีการปรับลดความเป็นกรดก่อนการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรหรือควรใช้วัสดุชนิดอื่นมาผสมเพื่อให้มีคุณสมบัติที่ดีขึ้น ค่าการนำไฟฟ้าของวัตถุดิบ พบว่า วัตถุดิบที่มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุดคือ มูลวัวมีค่าเท่ากับ 5.98 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และวัตถุดิบที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ หินฟอสเฟตซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.05 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ตารางที่ 2)

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนของวัตถุดิบ พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุดคือ มูลวัวมีค่าเท่ากับ 32.27 เปอร์เซ็นต์ และภูไมท์มีค่าต่ำที่สุดเท่ากับ 1.41 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่ามูลวัวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดเท่ากับ 55.64 เปอร์เซ็นต์ และภูไมท์มีอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุดเท่ากับ 2.43 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ มูลไก่มีค่าเท่ากับ 1.67 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุดิบที่มีค่าไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุดคือ หินฟอสเฟตซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุดคือ มูลไก่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 5.88 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุดิบที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดต่ำที่สุดคือ ภูไมท์ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.15 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุดคือ มูลไก่ซึ่งมีค่าเท่ากับ 3.48 เปอร์เซ็นต์ และวัตถุดิบที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำที่สุดคือ ภูไมท์มีค่าเท่ากับ 0.06 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 3) และการวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าวัตถุดิบที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนมากที่สุด คือ ลิโอนาร์ไคต์ มีค่าเท่ากับ 58.35 และวัตถุดิบที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนน้อยที่สุดคือ มูลไก่ มีค่าเท่ากับ 10.20 (ตารางที่ 3)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแร่ลิโอนาร์ไคต์ และซังข้าวโพดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่พบมากในพื้นที่ของจังหวัดลำปางนั้นยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้โดยตรง เนื่องจากคุณสมบัติบางประการที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งแตกต่างกับมูลไก่ กรณีของปุ๋ยหมักซังข้าวโพดนั้นพบว่ามีปริมาณธาตุอาหารพืชต่ำ ขณะที่แร่ลิโอนาร์ไคต์มีธาตุอาหารสูงแต่มีความเป็นกรดจัดเป็นต้น (ณรรต สมจันทร์ และ อรรณณ ฉัตรสรีรัง, 2557) ทำการปรับปรุงคุณภาพลิโอนาร์ไคต์เพื่อให้สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ เนื่องจากลิโอนาร์ไคต์มีสารฮิวมิกสูงแต่มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำ จึงยกระดับความเป็นกรด-ด่างของลิโอนาร์ไคต์โดยใช้โดโลไมต์มาทำการผสมในอัตรา 0, 5, 10 และ 15 เปอร์เซ็นต์ แล้วบ่มให้มีความชื้นที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด เป็นเวลา 28 วัน โดยใช้ค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่ากรดฮิวมิกเป็นตัวชี้วัดซึ่งพบว่าการใช้ลิโอนาร์ไคต์ผสมโดโลไมต์ในอัตราส่วน 5 เปอร์เซ็นต์ เหมาะสมที่สุดโดยมีค่ากรดฮิวมิก (51.69 เปอร์เซ็นต์) สูงที่สุด และมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสม (pH 6.14) อีกทั้งได้นำลิโอนาร์ไคต์ไปผสมกับโดโลไมต์อัตรา 0 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับหินฟอสเฟตที่อัตรา 0, 5, 7.5 และ 10 เปอร์เซ็นต์ แล้วบ่มไว้ที่ 28 วัน ที่ความชื้น 60 เปอร์เซ็นต์ ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด พบว่าลิโอนาร์ไคต์ผสมโดโลไมต์ 5 เปอร์เซ็นต์ และ หินฟอสเฟต 10 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 6.39 มีฟอสฟอรัสทั้งหมดเท่ากับ 0.97 เปอร์เซ็นต์ และมีกรดฮิวมิกเท่ากับ 42.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ลิโอนาร์ไคต์ที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้จึงมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมที่จะไปใช้ประโยชน์ในการใช้ปุ๋ยปรับปรุงดินทางการเกษตร

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

วัตถุดิบ	กรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)	อินทรีย์คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
1. มูลวัว	8.10 ± 0.96	5.98 ± 0.13	32.27 ± 0.42	55.64 ± 0.73
2. ปุ๋ยหมักจากขี้วัวโพด	8.73 ± 0.04	0.49 ± 0.00	11.24 ± 0.85	19.39 ± 1.46
3. แร่ลีโอนาร์ไดต์	3.34 ± 0.04	3.43 ± 0.07	25.13 ± 2.96	43.33 ± 5.09
4. ภูไมท์	8.64 ± 0.37	0.07 ± 0.26	1.41 ± 0.26	2.43 ± 0.44
5. ไดอะตอมไมท์	7.64 ± 0.19	0.12 ± 2.71	1.63 ± 0.26	2.81 ± 0.44
6. มูลไก่	8.17 ± 0.06	4.22 ± 0.21	16.86 ± 4.53	29.08 ± 7.81
7. หินฟอสเฟต	8.83 ± 0.38	0.05 ± 0.00	1.74 ± 0.39	3.01 ± 0.67
CV (%)	5.49	4.75	16.17	16.16

หมายเหตุ : ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของวัตถุดิบแต่ละชนิดที่นำมาผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

วัตถุดิบ	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อ ไนโตรเจน
1. มูลวัว	1.36 ± 0.04	2.40 ± 0.22	0.69 ± 0.22	23.75 ± 0.32
2. ปุ๋ยหมักจากขี้วัวโพด	0.57 ± 0.02	1.90 ± 0.28	1.03 ± 0.15	19.60 ± 2.11
3. แร่ลีโอนาร์ไดต์	0.43 ± 0.04	1.46 ± 0.23	0.33 ± 0.06	58.35 ± 1.74
4. ภูไมท์	0.07 ± 0.01	1.15 ± 0.28	0.06 ± 0.00	21.47 ± 5.16
5. ไดอะตอมไมท์	0.06 ± 0.01	1.46 ± 0.27	0.09 ± 0.03	27.80 ± 9.01
6. มูลไก่	1.67 ± 0.17	5.88 ± 0.60	3.48 ± 0.43	10.20 ± 2.98
7. หินฟอสเฟต	0.06 ± 0.02	1.50 ± 0.08	0.13 ± 0.03	29.27 ± 13.07
CV (%)	11.16	13.98	23.06	23.88

หมายเหตุ : ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การศึกษานิตและอัตราส่วนที่เหมาะสมของวัตถุดิบแต่ละชนิดในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด

มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) 2550 กำหนดให้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นของเหลวต้องมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.5-8.5 ค่าการนำไฟฟ้า ไม่เกิน 10 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร อินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนทั้งหมดไม่น้อยกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ โพแทสเซียมทั้งหมดไม่น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนไม่เกิน 20:1 เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2551)

ปุ๋ยที่ผลิตได้จากการวิจัยในครั้งนี้ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ของปุ๋ยอินทรีย์ทุกกรรมวิธีมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ระหว่าง 6.59-7.43 (ตารางที่ 4) การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า พบว่าปุ๋ยที่มีค่าการนำไฟฟ้าสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 4 ที่ได้จากการผสมแร่ลีโอนาร์ไดต์: ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:3:2 และกรรมวิธีที่ 11 แร่ลีโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลไก่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มีค่าเท่ากับ 3.13 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร และปุ๋ยที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 7 แร่ลีโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:ไดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:4:3:1 มีค่าเท่ากับ 1.92 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ตารางที่ 4)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์คาร์บอน พบว่าปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 10 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:2:5:1 มีค่าเท่ากับ 16.34 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 6 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1 มีค่าเท่ากับ 7.87 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

การวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่าปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 10 แร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:2:5:1 มีค่าเท่ากับ 28.17 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 12 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:หินฟอสเฟต:มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:2:3:1:3 มีค่าเท่ากับ 27.02 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 6 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1 มีค่าเท่ากับ 13.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4)

การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารพืช พบว่า ปุ๋ยที่มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 11 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มีค่าเท่ากับ 1.11 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าไนโตรเจนต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 6 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1 มีค่าเท่ากับ 0.36 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่าปุ๋ยที่มีค่าฟอสฟอรัสทั้งหมดสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ 9 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:6:1 มีค่าเท่ากับ 6.23 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าฟอสฟอรัสต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 6 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:1:1:1:1 มีค่าเท่ากับ 1.49 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่าปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 11 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มีค่าเท่ากับ 2.31 เปอร์เซ็นต์ และปุ๋ยที่มีค่าโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 5 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 1:2:2:3:2 มีค่าเท่ากับ 0.55 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 5)

การวิเคราะห์อัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน พบว่าปุ๋ยที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 3 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลวัว:โดอะตอมไมท์ อัตราส่วน 3:1:1:2:3 มีค่าเท่ากับ 26.67 และปุ๋ยที่มีค่าคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำที่สุดก็คือ กรรมวิธีที่ 11 ที่ได้จากการผสมแร่ลิโอนาร์ไดต์:ภูไมท์:ปุ๋ยหมักขี้วัวโพดแบบไม่กลับกอง:มูลไก่ไข่ อัตราส่วน 1:1:2:6 มีค่าเท่ากับ 12.77 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตได้

กรรมวิธี	กรด -ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์ต่อเมตร)	อินทรีย์คาร์บอน (เปอร์เซ็นต์)	อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)
1	6.86 ± 0.12	2.27 ± 0.08	9.62 ± 1.47	16.58 ± 2.53
2	6.87 ± 0.00	2.30 ± 0.08	8.99 ± 0.54	15.51 ± 0.93
3	6.59 ± 0.05	2.71 ± 0.08	10.74 ± 1.73	18.51 ± 2.98
4	6.63 ± 0.04	3.13 ± 0.13	10.96 ± 0.94	18.90 ± 1.62
5	7.16 ± 0.05	2.47 ± 0.21	7.93 ± 1.34	13.67 ± 2.31
6	7.12 ± 0.04	2.43 ± 0.14	7.87 ± 0.52	13.57 ± 0.89
7	7.01 ± 0.10	1.92 ± 0.06	13.17 ± 1.02	22.71 ± 1.76
8	7.04 ± 0.03	1.95 ± 0.02	12.38 ± 1.01	21.34 ± 1.74
9	7.01 ± 0.06	2.62 ± 0.11	10.37 ± 1.56	17.87 ± 2.68
10	7.10 ± 0.02	2.51 ± 0.10	16.34 ± 2.21	28.17 ± 3.81
11	7.20 ± 0.10	3.13 ± 0.02	14.09 ± 1.45	24.28 ± 2.50
12	7.43 ± 0.06	3.04 ± 0.07	15.67 ± 0.28	27.02 ± 0.48
CV (%)	0.95	4.08	11.19	11.19

หมายเหตุ : ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตารางที่ 5 คุณสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผลิตได้

กรรมวิธี	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	โพแทสเซียมทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	อัตราส่วนคาร์บอนต่อ ไนโตรเจน
1	0.50 ± 0.02	1.65 ± 0.00	1.24 ± 0.17	19.26 ± 3.21
2	0.40 ± 0.05	1.70 ± 0.19	1.13 ± 0.01	22.76 ± 1.75
3	0.40 ± 0.03	1.74 ± 0.07	0.93 ± 0.09	26.67 ± 3.55
4	0.43 ± 0.06	1.78 ± 0.13	0.81 ± 0.07	25.6 ± 1.54
5	0.44 ± 0.04	1.74 ± 0.15	0.55 ± 0.07	18.28 ± 3.08
6	0.36 ± 0.06	1.49 ± 0.07	0.73 ± 0.22	22.23 ± 3.35
7	0.65 ± 0.03	5.34 ± 0.46	1.21 ± 0.10	20.48 ± 2.02
8	0.68 ± 0.01	5.25 ± 0.07	1.35 ± 0.18	18.15 ± 1.34
9	0.77 ± 0.02	6.23 ± 0.25	1.87 ± 0.16	13.48 ± 2.27
10	0.82 ± 0.04	5.64 ± 0.19	2.09 ± 0.42	20.08 ± 2.14
11	1.11 ± 0.07	3.09 ± 0.19	2.31 ± 0.30	12.77 ± 1.53
12	0.92 ± 0.03	3.65 ± 0.92	2.26 ± 0.33	17.13 ± 0.44
CV (%)	6.75	10.04	15.53	12.01

หมายเหตุ : ค่า ± คือค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

แร่ลีโอเนาร์ไดต์ และซังข้าวโพดซึ่งเป็นวัตถุดิบที่พบมากในพื้นที่ของจังหวัดลำปางนั้นยังไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ได้โดยตรง เนื่องจากมีคุณสมบัติบางประการที่ไม่เป็นไปตามมาตรฐานของปุ๋ยอินทรีย์ ซึ่งแตกต่างกับมูลไก่ อย่างไรก็ตามเมื่อนำมาผสมกับวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตปุ๋ยหรือผสมกับสารปรับปรุงดิน (Soil conditioner) แล้ว จึงสามารถนำมาผลิตเป็นปุ๋ยอัดเม็ดที่มีคุณภาพได้ โดยการเปรียบเทียบกับค่าวิเคราะห์บางรายการตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร จึงคัดเลือกปุ๋ยที่ผลิตตามกรรมวิธีที่ 11 คือการนำแร่ลีโอเนาร์ไดต์: ภูมิ: ปุ๋ยหมักซังข้าวโพด: มูลไก่: มาผสมกันในอัตราส่วน 1:1:2:6 ให้เป็นปุ๋ยที่มีคุณภาพสูงที่สุดของการวิจัยในครั้งนี้ และจากผลที่ได้จะถูกนำไปใช้ในสายพานการผลิตปุ๋ยของผู้ประกอบการที่ร่วมวิจัย แล้วจึงทำการตรวจวิเคราะห์ตามเกณฑ์การขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยอินทรีย์ในเชิงการค้าเป็นลำดับต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการทุนพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรมระดับปริญญาโท (พวอ.) ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาวิจัย และขอบคุณบริษัท มณีจันทร์ อินดรัสทรี จำกัด ที่อำนวยความสะดวกและสนับสนุนสถานที่ในการวิจัย ตลอดจนคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

บรรณานุกรม

- Ayuso, M., Hernfindez, T., Garcia, C., & Pascual, J. A. (1996). Biochemical and chemical structural characterization of different organic material used as manures. *Bioresource Technology*, 57, 201-207.
- Ece, A.K., Eryigit, N., & Uysal, F. (2007). The effect of leonardite applications on climbing bean yield and the some soil properties. *Agronomy*, 6, 480-483.
- Walkley, A., & Black, C.A. (1934). An examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. *Soil Science*, 37, 29-35.
- กรมวิชาการเกษตร. (2551). คู่มือวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. กรุงเทพฯ: วิกิพรีนธ์ ออฟเซ็ท.
- ณรรต สมจันทร์ และ อรรณณ ฉัตรสีรุ่ง. (2557). การปรับปรุงคุณภาพลีโอเนาร์ไดต์สำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดิน. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร*. 37(1), 33-43.
- ธีระพงษ์ สว่างปัญญางกูร. (2561). การผลิตปุ๋ยอินทรีย์ปริมาณมากแบบไม่พลิกกลับกองวิธีวิศวกรรมแม่โจ้ 1. สืบค้นจาก <https://ka.mahidol.ac.th/ClinicTechnology/file/techBook/คู่มือการผลิตปุ๋ยหมักแบบไม่พลิกกอง%202558.pdf>
- วิวัฒน์ โตธีรกุล, พลยุทธ สุขสมิต และ จินดารัตน์ ไตรกมลธรรม. (2561). การเตรียมสารประกอบเกลืออิวเมตจากดินปนถ่านหินจากเหมืองลิกไนต์แม่เมาะจังหวัดลำปาง. สืบค้นจาก <http://www.dpim.go.th/articles/article?catid=128&articleid=701>
- สุชาดา โกชาดาม, แสงดาว เขาแก้ว, พลยุทธ สุขสมิต, คณพล จุฑามณี และ Gautier, L. (2556). การศึกษาลักษณะทางเคมีของลีโอเนาร์ไดต์จากเหมืองลิกไนต์เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (น. 243-249). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.