การปรับปรุงคุณภาพลีโอนาร์ไดต์สำหรับเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ณธรรศ สมจันทร์[1*] และ อรวรรณ ฉัตรสีรุ้ง[2]
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สุเทพ เมือง เชียงใหม่ 50200

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการปรับปรุงคุณภาพลีโอนาร์ไดต์เพื่อให้สามารถใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินได้ ถึงแม้ว่าลีโอนาร์ไดต์มีสารฮิวมิก (Humic Substances) สูง แต่มีค่า pH ต่ำมาก ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการยกระดับ pH ของลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแม่เมาะโดยการใช้โดโลไมต์ ทำการผสมกับโดโลไมต์ ในอัตรา 0, 5, 10 และ 15% บ่มให้มีความชื้นที่ 60% ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด เป็นเวลา 28 วัน โดยใช้ค่า pH และ ค่ากรดฮิวมิก เป็นตัวชี้วัดผลการทดลองพบว่า การใช้ลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์ในอัตราส่วน 5% เหมาะสมที่สุด โดยมีค่ากรดฮิวมิก (51.69%) สูงที่สุด และมีค่า pH ที่เหมาะสม (pH 6.14) ส่วนอีกการทดลองหนึ่งได้ทำการศึกษาลีโอนาร์ไดต์ที่ผสมโดโลไมต์อัตรา 0 และ 5% กับหินฟอสเฟตที่อัตรา 0, 5, 7.5 และ 10 % บ่มไว้ที่ 28 วัน ที่ความชื้น 60% ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด โดยมีวัตถุประสงค์ในการยกระดับค่า pH และ %total P_2O_5 ของลีโอนาร์ไดต์โดยใช้โดโลไมต์ร่วมกับหินฟอสเฟต โดยใช้ค่า pH %Total P_2O_5 และค่ากรดฮิวมิกเป็นตัวชี้วัดหาอัตราส่วนที่เหมาะสำหรับใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน ผลการศึกษาพบว่าลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์ 5% และ หินฟอสเฟต 10 %ให้ค่า pH (6.39) %Total P_2O_5 (0.97%) สูงที่สุด และให้ค่ากรดฮิวมิก 42.37% ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ลีโอนาร์ไดต์ที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้ จึงมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมที่จะไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร

คำสำคัญ : ลีโอนาร์ไดต์ / สารฮิวมิก / เหมืองแม่เมาะ / กรดฮิวมิก / โดโลไมต์ / หินฟอสเฟต

* *Corresponding author : kasikoki.17@hotmail.com*

1 *นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์*

2 *อาจารย์ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์*

Leonardite Quality Improvement for Soil Amendment

Nathad Somchan[1*] and Arawan Shutsrirung[2]

Chiang Mai University, Suthep, Muang, Chiang Mai 50200

Abstract

Improvement of leonardite quality was performed so that the material could be used as soil amendment. Although leonardite contains high humic substances, its pH level is very low. The study therefore aimed at increasing the pH value of leonardite from Mae Moh mine. Dolomite was mixed at the rate of 0, 5, 10 and 15% and the mixture was incubated at 60% of the maximum water holding capacity for 28 days. The values of pH and %humic acid were used as the indicators. The results indicated that leonardite plus 5% dolomites was the most suitable with the highest value of humic acid (51.69%) and suitable pH value (pH 6.14). For another experiment, leonardite was mixed with dolomite at the rates of 0 and 5% plus rock phosphate at the rates of 0, 5, 7.5 and 10%, and the mixture was incubated at 60% of maximum water holding capacity for 28 days. This experiment aimed at increasing both the pH and %total P_2O_5 value of leonardite by dolomite plus rock phosphate. The values of pH, %total P_2O_5 and %humic acid were used as the indicators for suitable rate of the mixture which would be suitable as soil amendment. The results showed that leonardite mixed with 5% dolomite plus 10% rock phosphate exhibited the highest pH (6.39), and %total P_2O_5 (0.97%) and a relatively high level of humic acid (42.37%),. Therefore, improved leonardite obtained from this experiment is appropriate to be used as soil amendment.

Keywords : Leonardite / Humic Substances / Mae Moh Mine / Humic Acid / Dolomite / Rock Phosphate

* *Corresponding author : kasikoki.17@hotmail.com*

1 *Graduate student, Department of Plant Science and Natural Resource, Faculty of Agriculture.*

2 *Instructor, Department of Plant Science and Natural Resource, Faculty of Agriculture.*

1. บทนำ

ลิโอนาร์ไดต์ เป็นถ่านหินที่เกิดจากการย่อยสลายผุพังเป็นเวลานานนับพันล้านปีของซากพืชซากสัตว์ [13] สามารถพบได้จากส่วนเหลือทิ้งจากการทำเหมืองแร่ลิกไนต์ การเกิดลิโอนาร์ไดต์ตามธรรมชาติมีความเป็นไปได้อยู่ 2 ทฤษฎี คือ ทฤษฎีแรกคาดว่าเกิดขึ้นระหว่างกระบวนการการเกิดถ่านหิน (Coalification) โดยจะเกิดปะปนกับถ่านหินโดยเฉพาะในถ่านหินลิกไนต์ (Lignite) ซึ่งมีการย่อยสลายและออกซิเดชัน (Decomposition and Oxidation) เกิดร่วมด้วย และทฤษฎีที่สองคาดว่า เกิดจากการผุพังตามธรรมชาติ (Weathering and Oxidation) ของถ่านหินพีท ลิกไนต์ และซับบิทูมินัส (Sub–Bituminous) ที่ถูกยกตัวขึ้นมาในระดับตื้น (Subcrop) หรือโผล่เหนือผิวดินขึ้นมา (Outcrop) แล้วถูกออกซิไดซ์โดยอากาศตามธรรมชาติ [13] ลิโอนาร์ไดต์มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฮิวมัส (Humus) โดยเฉพาะสารฮิวมิก (Humic Substances) ซึ่งประกอบด้วย กรดฟูลวิก (Fulvic Acid) กรดฮิวมิก (Humic Acid) และฮิวมิน (Humin) [10] สารประกอบทั้ง 3 ชนิดนี้ มีสมบัติคล้ายคลึงกันในการควบคุมคุณสมบัติของดิน เช่น สามารถดูดยึด และแลกเปลี่ยนแคตไอออนได้ดี [15] ด้วยเหตุที่พบว่า ลิโอนาร์ไดต์มีปริมาณกรดฮิวมิก สูงมาก [1] จึงมีการนำเอาลิโอนาร์ไดต์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน [7] แต่เนื่องด้วยสมบัติทางเคมีบางประการของลิโอนาร์ไดต์ที่ถึงแม้จะมีสารฮิวมิก และอินทรียวัตถุสูงมาก แต่ความเป็นกรดด่าง (pH) ต่ำ (pH 4.24) [4] และปริมาณฟอสฟอรัส มีค่าต่ำมาก (ประมาณ 0.004% P_2O_5) [8] เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมัก (ประมาณ 0.37% P_2O_5) [6] นอกจากนี้มีรายงานเกี่ยวกับการใช้เถ้าลอยลิกไนต์ร่วมกับปุ๋ยหมักพบว่าเมื่อเติมเถ้าลอยลิกไนต์อัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตรา 2 ตัน/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี (16-20-0 อัตรา 40 กก./ไร่ และ 46-0-0 อัตรา 15 กก./ไร่) ส่งผลให้ผลผลิตเมล็ดข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 350 เป็น 661 กก./ไร่ และอินทรียวัตถุในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น [11] และยังพบว่า การผสมเถ้าลอย และมูลวัว อัตรา 1:1 ร่วมกับมูลไส้เดือนดิน บ่มไว้ 50 วัน ทำให้แอมโมเนียมและไนเทรตที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น [2] จะเห็นได้ว่ามีการนำเอาเถ้าถ่านหินที่มีประโยชน์ทางการเกษตรลักษณะคล้ายกับลิโอนาร์ไดต์มาใช้ร่วมกันกับวัสดุอินทรีย์เพื่อใช้ประโยชน์ต่อภาคเกษตรกรรม ซึ่งการนำเอาลิโอนาร์ไดต์มาใช้ร่วมกับวัสดุอินทรีย์ ทำการทดลองบ่ม ลิโอนาร์ไดต์ ร่วมกับปุ๋ยหมัก (pH 6.90) ในอัตราส่วน 4:6 พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณกรดฮิวมิก ในปุ๋ยหมักสูงสุดถึง 58.06 % แต่ค่า pH ของปุ๋ยหมักจะลดลง (pH 4.57) เมื่อปริมาณลิโอนาร์ไดต์เพิ่มขึ้น [6] ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการนำมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรโดยตรง และมีการศึกษาพบว่าการใช้ลิโอนาร์ไดต์ต่อวัสดุปลูก (ทราย) อัตรา 1:2 เกิดความเป็นพิษต่อมะเขือเทศเนื่องจากความเป็นกรด [8] การศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติของลิโอนาร์ไดต์ ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง และ ปริมาณฟอสฟอรัส เพื่อสามารถนำไปใช้ประโยชน์กับพืชได้โดยตรง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ใช้ลิโอนาร์ไดต์จากเหมืองถ่านหินแม่เมาะ นำมาปรับปรุงคุณภาพ โดยการปรับ pH ให้สูงขึ้นเพื่อลดความเป็นกรด ด้วยการใช้โดโลไมต์อัตราต่างๆ เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการยกระดับค่า pH ให้เหมาะสม โดยในขณะเดียวกันก็ให้มีค่า %Humic Acid สูงสุด ซึ่งลิโอนาร์ไดต์ที่ได้ปรับปรุง pH แล้วจะนำไปทดลองผสมหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการยกระดับค่าปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (%Total P_2O_5) โดยใช้หินฟอสเฟตอัตราต่างๆ เพื่อให้ลิโอนาร์ไดต์มีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรต่อไป การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงได้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่

การทดลองที่ 1 การหาอัตราของโดโลไมต์ เพื่อปรับ pH ของลิโอนาร์ไดต์

เนื่องจากลิโอนาร์ไดต์ มีความเป็นกรดจัดจึงต้องทำการปรับ pH ให้สูงขึ้นโดยใช้ปูนโดโลไมต์ (Dolomite) วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) เพื่อหาอัตราที่เหมาะสมในการใช้โดโลไมต์ปรับปรุงคุณภาพลิโอนาร์ไดต์ โดยทดลองผสมโดโลไมต์ในอัตรา 0, 5, 10 และ 15% บ่มให้มีความชื้นที่ 60% ของความสามารถในการอุ้มน้ำสูงสุด (Maximum Water Holding Capacity (MWHC)) ของลิโอนาร์ไดต์หรือลิโอนาร์ไดต์ที่ได้ผสมโดโลไมต์แต่ละอัตรา (100:0, 95:5, 90:10 และ 85:15) หมักส่วนผสมดังกล่าวที่อุณหภูมิ

ห้อง แล้วจึงทำการวิเคราะห์หาค่า pH ในวันแรกที่ผสมวัสดุ และในวันที่ 7,14 และ 28 วันหลังการบ่มโดยใช้ pH Meter โดยอัตราส่วนของวัสดุผสมต่อน้ำคือ 1:10 [9] นอกจากทำการวัดค่า pH แล้วได้ทำการวิเคราะห์หาค่ากรดฮิวมิก ของวัสดุผสมแต่ละอัตราในวันที่ 28 ของการบ่มวัสดุผสมโดยนับตั้งแต่วันที่เริ่มบ่มวัสดุทดลองด้วย ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่าง 1 กรัม โดยการสกัดใช้สารละลายผสม 0.5 M NaOH ต่อ 0.15 M $Na_4P_2O_7$ อัตรา 1:1 ปริมาณ 25 ml ทำการเขย่า 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมา Centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 นาที กรองแยกเอาตะกอนทิ้งไป เก็บสารละลายที่กรองได้ 20 มล. มาปรับ pH ให้เป็น 2 ด้วย HCl 6M 4 มล. ตั้งทิ้งไว้ในตู้เย็น 4 °C 12 ชั่วโมง เพื่อให้กรดฮิวมิกตกตะกอน ทำการแยกตะกอนโดยการ centrifuge ที่ 5,000 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 12 นาทีอีกครั้ง นำตะกอนกรดฮิวมิกที่ได้มาอบที่ 55-60 °C จนกว่าจะแห้งสนิท ซึ่งวิธีการนี้ดัดแปลงจาก Deborah and Burba [3]

การทดลองที่ 2 การหาอัตราการใช้หินฟอสเฟตเพื่อเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสในลิโอนาร์ไดต์

การปรับปรุงคุณภาพลิโอนาร์ไดต์โดยการใช้หินฟอสเฟตนั้นสาเหตุหลักมาจากการที่ลิโอนาร์ไดต์มีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่น้อยมาก (0.004%) [8] เมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยหมัก (0.37%) [6] จึงต้องทำการปรับเพิ่มฟอสฟอรัสโดยใช้หินฟอสเฟต ซึ่งมี %Total P_2O_5 10.02% และ Available P 0.006% เพื่อให้ปริมาณฟอสฟอรัสในลิโอนาร์ไดต์อยู่ในมาตราฐานเดียวกันกับปุ๋ยหมัก(ไม่น้อยกว่า 0.5% P_2O_5) [9] วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design ใช้หินฟอสเฟตอัตรา 0, 5, 7.5, 10 % และใช้โดโลไมต์อัตรา 0, 5 % ผสมกับลิโอนาร์ไดต์ ทำการบ่มส่วนผสมตามอัตราให้มีความชื้นที่ 60% ของ MWHC ของลิโอนาร์ไดต์หรือลิโอนาร์ไดต์ที่ได้ผสมหินฟอสเฟต โดยมี 8 ตำรับทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

ตำรับที่ 1 ลิโอนาร์ไดต์ 100% + โดโลไมต์ 0% + หินฟอสเฟต 0% (ตำรับควบคุม)

ตำรับที่ 2 ลิโอนาร์ไดต์ 95% + โดโลไมต์ 0% + หินฟอสเฟต 5%

ตำรับที่ 3 ลิโอนาร์ไดต์ 92.5% + โดโลไมต์ 0% + หินฟอสเฟต 7.5%

ตำรับที่ 4 ลิโอนาร์ไดต์ 90% + โดโลไมต์ 0% + หินฟอสเฟต 10%

ตำรับที่ 5 ลิโอนาร์ไดต์ 95% + โดโลไมต์ 5% + หินฟอสเฟต 0%

ตำรับที่ 6 ลิโอนาร์ไดต์ 90% + โดโลไมต์ 5% + หินฟอสเฟต 5%

ตำรับที่ 7 ลิโอนาร์ไดต์ 87.5% + โดโลไมต์ 5% + หินฟอสเฟต 7.5%

ตำรับที่ 8 ลิโอนาร์ไดต์ 85% + โดโลไมต์ 5% + หินฟอสเฟต 10%

ทำการวิเคราะห์หาค่า pH โดยใช้ pH meter โดยอัตราส่วนของวัสดุผสมต่อน้ำคือ 1:10, %Total P_2O_5 โดยใช้ตัวอย่าง 0.5 g สกัดด้วย $HClO_4$ 70-72% 10 มล. วัดความเข้มข้นโดย spectrophotometer ที่คลื่น 420 nm [9] และ Available P โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II [12] ในวันแรกที่ผสม และ 28 วันหลังการบ่ม และในวันที่ 28 จะทำการวิเคราะห์หา %Humic Acid ของวัสดุผสมทุกตำรับ โดยทำการวิเคราะห์จากตัวอย่าง 1 กรัม โดยการสกัดใช้สารละลายผสม 0.5 M NaOH ต่อ 0.15 M $Na_4P_2O_7$ อัตรา 1:1 ปริมาณ 25 มล. [3]

3. ผลการทดลอง

การศึกษานี้ใช้ลิโอนาร์ไดต์จากเหมืองแร่ถ่านหินแม่เมาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งมีกรดฮิวมิก 57.96%, pH 2.82 และ Total P_2O_5 0.04% จะเห็นได้ว่าลิโอนาร์ไดต์จากแม่เมาะมีกรดฮิวมิกอยู่สูง แต่มี pH ต่ำมากและมี %Total P_2O_5 อยู่ต่ำ เช่นกัน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของลิโอนาร์ไดต์จากเหมืองแร่ถ่านหินแม่เมาะ จังหวัดลำปาง

แหล่ง	pH (1:10)	OM (%)	Total N (%)	C/N ratio	Total P_2O_5(%)	Total K_2O(%)	Ca (%)	Mg (%)	%Humic acid
แม่เมาะ	2.82	30.80	0.54	33.22	0.04	1.66	2.03	0.55	57.96

จากการทดลองที่ 1 หลังจากบ่มลิโอนาร์ไดต์และโดโลไมต์ในอัตราที่กำหนดเป็นเวลา 28 วัน พบว่าลิโอนาร์ไดต์ ที่ผสมโดโลไมต์ในอัตรา 5, 10, 15 % มีค่า pH ที่เพิ่มขึ้นตามอัตราโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้น (pH 6.14, 6.69, 6.89 ตามลำดับ) และมีค่า pH สูงและแตกต่างจาก ตำรับควบคุม (pH 2.81) อย่างชัดเจน โดยการผสมโดโลไมต์อัตรา 15% ให้ค่า pH สูงสุด และแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ pH มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในวันแรกถึงวันที่ 14 นับจากวันที่เริ่มบ่มและมีแนวโน้มคงที่จากการบ่มหลังวันที่ 14 เป็นต้นไป ยกเว้น ตำรับควบคุม (LD+D 0%) มีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่วันแรกที่เริ่มบ่มจนถึงวันที่ 28 ของการบ่ม (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่า pH ของลิโอนาร์ไดต์และลิโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์บ่มไว้ตั้งแต่ 0-28 วัน และ % กรดฮิวมิก บ่มไว้ที่ 28 วัน

ตำรับทดลอง	0 วัน	7 วัน	14 วัน	28 วัน	%HA
1. LD+D 0% (control)	2.88d	2.87d	2.87d	2.81d	57.11a
2. LD+D 5%	5.63c	5.70c	6.18c	6.14c	51.69a
3. LD+D 10%	6.36b	6.48b	6.74b	6.69b	42.80b
4. LD+D 15%	6.64a	6.68a	6.92a	6.89a	38.24b
f-test	*	*	*	*	*
C.V. (%)	1.17	0.75	0.84	0.59	7.41

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

LD = ลิโอนาร์ไดต์, D = โดโลไมต์, HA = กรดฮิวมิก

หลังจากบ่มลิโอนาร์ไดต์ และโดโลไมต์ในอัตราที่กำหนดเป็นเวลา 28 วัน พบว่าลิโอนาร์ไดต์ที่ผสมโดโลไมต์ในอัตรา 5, 10, 15 % พบว่ามีค่ากรดฮิวมิก ลดลงจากตำรับควบคุม (55.89%) (ตารางที่ 2) โดยลดลงตามอัตราโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้น (51.69, 42.80, 38.24% ตามลำดับ) และการผสมโดโลไมต์อัตรา 5% มีค่ากรดฮิวมิก สูงสุดคือ 51.69%

เมื่อพิจารณาค่า pH และ กรดฮิวมิก หลังจาการบ่มลิโอนาร์ไดต์และโดโลไมต์ในอัตราที่กำหนดเป็นเวลา 28 วันแล้ว พบว่าการใช้โดโลไมต์ที่อัตรา 5% มีความเหมาะสมที่สุด ในการนำมาใช้ในการทดลองที่ 2 ต่อไป และเนื่องจากมีค่ากรดฮิวมิกที่สูง (51.69%) และมีความเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.14) เท่านั้น และเมื่อนำไปใช้ทางการเกษตรก็ไม่เป็นอันตรายต่อพืชเช่นกัน

จากการทดลองที่ 2 หลังจากบ่มลิโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์และหินฟอสเฟตในอัตราที่กำหนดเป็นเวลา 28 วัน พบว่า ลิโอนาร์ไดต์ที่ผสมโดโลไมต์ในอัตรา 5% และหินฟอสเฟตอัตรา 5, 7.5, 10 % มีค่า pH เพิ่มสูงขึ้นตามอัตราหินฟอสเฟตที่สูงขึ้น โดยลิโอนาร์ไดต์ ที่ผสมโดโลไมต์ในอัตรา 5% และหินฟอสเฟตอัตรา 10% ให้ค่า pH สูงสุด (6.39) (ตารางที่ 3) และพบว่าค่า Total P_2O_5 และ Available P มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอัตราหินฟอสเฟต (5, 7.5 และ 10%) ที่ผสมกับลิโอนาร์ไดต์และโดโลไมต์ 5% (0.52, 0.82, 0.97 % และ 212, 291, 400 mg/kg

ตามลำดับ) (ตารางที่ 4 และ ตารางที่ 5) แต่ลิโอนาร์ไดต์ที่ผสมหินฟอสเฟตอัตรา 10% (โดโลไมต์ 0%) เพียงอย่างเดียวมีค่า Available P (612, 813 และ 1098 mg/kg ตามลำดับ) (ตารางที่ 5) สูงกว่าค่า Available P ของลิโอนาร์ไดต์ที่ผสมโดโลไมต์ในอัตรา 5 % และหินฟอสเฟตอัตรา 10 % (212, 291 และ 400 mg/kg ตามลำดับ) (ตารางที่ 5) การที่ไม่ผสมโดโลไมต์ถึงจะมีค่า Available P สูงกว่าแต่มีค่า pH ที่ต่ำมาก (3.14, 3.23 และ 3.29 ตามลำดับ) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่า pH ของลิโอนาร์ไดต์และลิโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์และหินฟอสเฟต บ่มไว้ที่ 0 วัน และ 28 วัน

โดโลไมต์ (%)	หินฟอสเฟต (%)				เฉลี่ย
	0	5	7.5	10	
			0 วัน		
0	2.84h	3.16g	3.25f	3.33e	3.15
5	5.77d	5.90c	6.13b	6.21a	6.00
เฉลี่ย	4.31	4.53	4.69	4.77	
$LSD_{0.05}$	D = 0.0207*	P = 0.0292*	D*P= 0.0413*		
	C.V.(%) = 0.52				
			28 วัน		
0	2.75h	3.14g	3.23f	3.29e	3.10
5	6.05d	6.22c	6.33b	6.39a	6.25
เฉลี่ย	4.40	4.68	4.78	4.84	
$LSD_{0.05}$	D = 0.0225*	P = 0.0319*	D*P= 0.0451*		
	C.V.(%) = 0.55				

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

D = โดโลไมต์, P = หินฟอสเฟต

ตารางที่ 4 ค่า % Total P_2O_5 ของลีโอนาร์ไดต์และลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์และหินฟอสเฟต บ่มไว้ที่ 0 วัน และ 28 วัน

โดโลไมต์ (%)	หินฟอสเฟต (%)				เฉลี่ย
	0	5	7.5	10	
			0 วัน		
0	0.02	0.52	0.75	0.94	0.56
5	0.02	0.50	0.71	0.95	0.54
เฉลี่ย	0.02d	0.51c	0.73b	0.94a	
$LSD_{0.05}$	D = ns	P = 0.026*	D*P = ns		
	C.V.(%) = 3.81				
			28 วัน		
0	0.03	0.52	0.71	0.95	0.55
5	0.04	0.52	0.82	0.97	0.59
เฉลี่ย	0.03d	0.52c	0.77b	0.96a	
$LSD_{0.05}$	D = ns	P = 0.0558*	D*P = ns		
	C.V.(%) = 7.91				

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

D = โดโลไมต์, P = หินฟอสเฟต

ตารางที่ 5 ค่า Available P (mg/kg) ของลิโอนาร์ไดต์และลิโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์และหินฟอสเฟต บ่มไว้ที่ 0 วัน และ 28 วัน

โดโลไมต์ (%)	หินฟอสเฟต (%)				เฉลี่ย
	0	5	7.5	10	
			0 วัน		
0	17f	679c	1099b	1464a	815
5	7f	195e	253e	397d	213
เฉลี่ย	12	437	676	931	
$LSD_{0.05}$	D = 29.885*	P = 42.263*	D*P= 59.77*		
	C.V.(%) = 6.64				
			28 วัน		
0	19g	612c	813b	1098a	635
5	10g	212f	291e	400d	228
เฉลี่ย	15	412	552	749	
$LSD_{0.05}$	D = 25.595*	P = 36.197*	D*P= 51.191*		
	C.V.(%) = 6.77				

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

D = โดโลไมต์, P = หินฟอสเฟต

เมื่อพิจารณาค่ากรดฮิวมิกหลังจากการบ่มลิโอนาร์ไดต์ผสมกับโดโลไมต์และหินฟอสเฟตในอัตราที่กำหนดเป็นเวลา 28 วันแล้ว พบว่าการบ่มลิโอนาร์ไดต์ผสมกับโดโลไมต์ 0% และหินฟอสเฟต 0% ให้ค่ากรดฮิวมิก (56.22%) สูงที่สุด (ตารางที่ 6) แต่เมื่อพิจารณาค่า กรดฮิวมิกร่วมกับค่า pH และ Total P_2O_5 พบว่าอัตราที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน คือ การบ่มลิโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์ 5 % และ หินฟอสเฟต 10 % ให้ค่า pH 6.39 (ตารางที่ 3), Total P_2O_5 0.97% (ตารางที่ 4) และ ค่ากรดฮิวมิก 42.37% (ตารางที่ 6) ซึ่งทำให้ลิโอนาร์ไดต์ ที่ได้รับการปรับปรุงนี้มีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสม ที่จะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน

ตารางที่ 6 ค่า % กรดฮิวมิก (Humic Acid) ของลิโอนาร์ไดต์และลิโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์และหินฟอสเฟต บ่มไว้ที่ 28 วัน

โดโลไมต์ (%)	หินฟอสเฟต (%)				เฉลี่ย
	0	5	7.5	10	
0	56.22a	53.54b	50.31c	50.23c	52.58
5	50.29c	49.61c	42.51d	42.37d	46.20
เฉลี่ย	53.25	51.58	46.41	46.30	
$LSD_{0.05}$	D = 1.0723*	P = 1.5165*	D*P = 2.1447*		
	C.V.(%) = 2.48				

* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

D = โดโลไมต์, P = หินฟอสเฟต

4. วิจารณ์ผล

ลิโอนาร์ไดต์มีสารฮิวมิก ค่อนข้างสูงจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้โดยทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้นและทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น แต่จากรายงายการวิจัยพบว่าลิโอนาร์ไดต์มีปริมาณฟอสฟอรัสค่อนข้างต่ำ และมีความเป็นกรดรุนแรง การใช้ลิโอนาร์ไดต์ในอัตราที่สูง (1:2) มีผลเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศเนื่องจากความเป็นกรด [8] การใช้ลิโอนาร์ไดต์ผสมในปุ๋ยหมักในอัตรา 4:6 สามารถเพิ่มค่ากรดฮิวมิกในปุ๋ยหมักได้ประมาณ 5 เท่า แต่ค่า pH จะลดลงจาก 6.90 เหลือเพียง 4.57 ซึ่งไม่เหมาะสมในการนำไปใช้กับพืช [6] จากการศึกษาครั้งนี้ได้ทดลองผสมโดโลไมต์ในอัตราส่วนต่างๆ ในการปรับ pH ของลิโอนาร์ไดต์พบว่าค่า pH จะเพิ่มขึ้นตามอัตราของโดโลไมต์และมีค่า pH ที่เหมาะสมกับพืชทุกอัตรา โดยที่อัตราที่ 5% เป็นอัตราที่ต่ำที่สุดที่ให้ค่า pH ที่เหมาะสม และยังมีค่ากรดฮิวมิกสูงที่สุดด้วย (51.69%) (ตารางที่ 2) เมื่อนำผลที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาศึกษาต่อในการทดลองที่ 2 ซึ่งผสมกับหินฟอสเฟตอัตราต่างๆ พบว่าโดโลไมต์ทำให้ค่าเฉลี่ยของ Available P ลดลง แต่เมื่ออัตราที่ไม่มีการผสมโดโลไมต์ค่าเฉลี่ยของ Available P จะมีค่าเพิ่มขึ้นมากกว่าสองเท่า (ตารางที่ 5) เนื่องจาก $CaCO_3$ หรือ $MgCO_3$ ที่อยู่ในโดโลไมต์ทำปฏิกิริยากับฟอสเฟตได้ดีและรวดเร็ว แล้วเกิดเป็นสารแคลเซียมหรือแมกนีเซียมฟอสเฟตที่ไม่ละลายหรือละลายน้ำได้ยาก และในสภาพที่เป็นกรดที่มีแคตไอออนของเหล็กและอะลูมินัม จะทำปฏิกิริยากับฟอสเฟต เกิดเป็นเหล็กฟอสเฟตหรืออะลูมินัมฟอสเฟตที่ไม่ละลายหรือละลายน้ำได้ยาก เช่นกัน [5] และพบว่าโดโลไมต์มีส่วนประกอบของ $CaCO_3$ 46.1% และ $MgCO_3$ 43.3% ซึ่งมีพื้นที่ผิวในการดูดยึดฟอสเฟตเข้าไปในโครงสร้างถึง 52.4 m^2/g และตกตะกอนเป็นแคลเซียมและแมกนีเซียมฟอสเฟต [14] ถึงแม้ว่าในการปรับปรุงลิโอนาร์ไดต์โดยการผสมโดโลไมต์และหินฟอสเฟต จะทำให้ค่า pH และ Total P_2O_5 สูงขึ้นตามอัตราส่วนผสมที่สูงขึ้น แต่ก็ทำให้ค่ากรดฮิวมิกลดลงตามอัตราที่สูงขึ้นด้วย แม้อัตราที่ผสมโดโลไมต์ 5% กับหินฟอสเฟต 10% เป็นอัตราที่สูงสุด ที่ให้ค่า pH 6.39 (ตารางที่ 3) และ total P_2O_5 0.97% (ตารางที่ 4) สูงที่สุด แต่ก็ให้ค่ากรดฮิวมิก 42.37% (ตารางที่ 6) ต่ำที่สุด เมื่อพิจารณาค่า กรดฮิวมิกที่ได้เปรียบเทียบกับค่ากรดฮิวมิกที่พบในปุ๋ยหมัก (11.40%) [6] ยังถือว่าอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ซึ่งทำให้ลิโอนาร์ไดต์ที่ได้รับการปรับปรุงตามอัตราดังกล่าวมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดิน ซึ่งพบว่าการใช้ลิโอนาร์ไดต์ต่อวัสดุปลูก (ทราย) ที่อัตรา 1:3 มีผลทำให้ความสูงของต้นมะเขือเทศสูงขึ้น 40% น้ำหนักสดของต้นและรากเพิ่มขึ้น 134% และ 82% และน้ำหนักแห้งของต้นและรากมะเขือเทศเพิ่มขึ้น 133% และ 400% [8]

5. สรุป

ผลการศึกษาการใช้โดโลไมต์อัตรา 0, 5, 10 และ 15% ผสมกับลีโอนาร์ไดต์และทำการบ่มไว้ที่ 28 วัน ที่ความชื้น 60% ของ MWHC วัสดุผสมมีความเป็นกรดด่าง (pH) เพิ่มขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยการใช้โดโลไมต์ที่อัตราส่วน 15% ให้ค่า pH สูงสุด (pH 6.89) และแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของ pH มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นในวันแรกถึงวันที่ 14 นับจากวันที่เริ่มหมักและมีแนวโน้มคงที่ จากการหมักหลังวันที่ 14 เป็นต้นไป ยกเว้น ตำรับควบคุม (LD+D 0%) มีแนวโน้มคงที่ตั้งแต่วันแรกที่เริ่มหมัก และพบว่าค่ากรดฮิวมิกมีแนวโน้มลดลงเมื่ออัตราส่วนของโดโลไมต์ที่เพิ่มขึ้น อัตราส่วนผสมของโดโลไมต์ที่ 5% มีค่ากรดฮิวมิกสูงที่สุด (51.69%) และมี pH ที่ไม่เป็นกรดรุนแรงมากนัก (pH 6.14) และผลการศึกษาการใช้โดโลไมต์และหินฟอสเฟตอัตราต่างๆ ผสมกับลีโอนาร์ไดต์ บ่มไว้ที่ 28 วัน ที่ความชื้น 60% ของ MWHC วัสดุผสมให้ค่า pH และ Total P_2O_5 มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามอัตราของโดโลไมต์และหินฟอสเฟตที่เพิ่มขึ้น โดยลีโอนาร์ไดต์ผสมโดโลไมต์ 5% และ หินฟอสเฟต 10% ให้ค่า pH (6.39) และ Total P_2O_5 (0.97%) สูงที่สุด และให้ค่ากรดฮิวมิก 42.37% ซึ่งอยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง ลีโอนาร์ไดต์ที่ได้ปรับปรุงแล้วนี้จึงมีสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมที่จะไปใช้ประโยชน์ในการใช้เป็นวัสดุปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร และ/หรือ นำไปใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพสูงขึ้นต่อไปได้

6. เอกสารอ้างอิง

1. Akinremi, O. O., Janzen, H. H. R. L., Lemke, F. J., and Larney, F. J., 2000, "Response of Canola, Wheat and Green Bean to Leonardite Addition", *Canadian Journal of Soil Science Vol. 80*, pp. 437-443.

2. Basu, M., Pande, M., Bhadoria, P. B. S. and Mahapatra, S. C., 2009, "Potential Fly-Ash Utilization in Agriculture: A Global Review", *Progress in Natural Science*, Vol. 19, pp. 1173-1186.

3. Deborah, P.D. and Burba, P., 1999, "Extraction Kinetics and Molecular Size Fractionation of Humic Substances from Two Brazilian Soils", *Journal of the Brazilian Chemical Society: Vol. 10*, pp. 146-152.

4. Ece, A., Saltali, K., Eryigit, N., and Uysal, F., 2007, "The Effect of Leonardite Application on Climbing Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) Yield and Some Soil Properties", *Journal of Agronomy*: Vol. 6, pp. 480-483.

5. Faculty Staff Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University., 2001, *Introduction to Soil Science*, 9th Edition, Kasetsart University, pp. 297-303. (In Thai)

6. Inthajak, J., 2012, *Use of leonardite for improving compost quality and kale yield*, Research Papers's Master of Science, Faculty of Agriculture. Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand. 83 pages. (In Thai)

7. Kalaitzidis, S., Papazisimou, S., Giannoli, A., Bouzinos, A. and Christanis, K., 2003, *Fuel,* Vol. 82, pp. 859-861.

8. Pertuit Jr., A. J., Dudley, J. B. and Toler, J. E., 2001, "Leonardite and Fertilizer Levels Influence Tomato Seedling Growth", Clemson University, Clemson, SC 29634-0375, *Hort Science*, Vol. 36, pp. 913-915.

9. Researchers of Agricultural Production Science Research and Deverlopment, Department of Agriculture, Ministry for Agriculture and Cooperatives., 2005, "Manaul Analysis of Organic Fertilizers", *Proceeding No. 14/2005 of Department of Agriculture, Ministry for Agriculture and Cooperatives*, 1st Edition, Print Quick Printing Press, Bangkok, 45 pages. (In Thai)

10. Schnitzer, M. and Khan, M. U., 1972, *Humic Substances in the Environment*, Marcel Dekker, New York.

11. Siriratpiriya, O., Meansangk, S. and Ratchaburi, R., 2006, "Values of Lignite Fly Ash and Rice Straw Compost in Rice Cultivation", *Proceedings*

of 44th Kasetsart University Annual Conference : Plants, Bangkok, pp. 232-239. (In Thai)

12. Siwasin, N., 1984, *Laboratory of soil and plant anslysis*, Department of Soil Science and Conservation Sciences. Faculty of Agriculture. Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand, pp. 73 -77. (In Thai)

13. Tothirakun, W., Suksamiti, P., and Tokamondharm, J., 2009, "Preparation of Humate Salt Compounds from Lignite Coal Soil in Mae Moh Mine Lampang", *Research Papers of Primary Industries and Mines Office Region 3 (North)*, Department of Primary Industries and Mines, Ministry of Industry, 67 pages. (In Thai)

14. Veskimae, H., Kuusik, R. and Veiderma, M., 1997, "Phosphorus Removal Form Solutions by Carbonaceous Wastes", *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*, Chemistry, Vol. 46/1-2, pp. 21-30.

15. Wiwatwongwana, P., 2003, *Soil Chemistry*, Chiang Mai Pimsoey Limited, Chiang Mai, Thailand, 273 pages. (In Thai)