

ผลของการใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นสารปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินทรายจัด ในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี

รัตชล อ่างมณี^{1*} สิโรรัตน์ จันทาม²

Received : March 24, 2022

Revised : July 22, 2022

Accepted : July 24, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นสารปรับปรุงดินต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินทรายจัด ในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษาพบว่าดินในพื้นที่ศึกษาเป็นประเภทดินทรายจัด มีค่าความหนาแน่นรวม 1.58 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน 2.55 กรัม/ลบ.ซม. และมีค่าความพรุนประมาณ 41 % ไม่มีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารเนื่องจากอนุภาคส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นควอตซ์ เป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (5 %) มีอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก ค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ การศึกษาการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนโดยการผสมในแปลงทดลองที่แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 800 กิโลกรัม/ไร่ 1,600 กิโลกรัม/ไร่ และไม่ใส่เพอร์ไลต์ แต่ละกลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 3 ตัวอย่าง โดยเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์สมบัติของดินทุก ๆ 60 วัน ผลการทดลองพบว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนมีผลทำให้สมบัติของดินได้แก่ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า พอสพอร์สที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ผลการศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่าให้ค่าผลผลิตรวมสูงกว่า ดินก่อนการปรับปรุง อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = 0.000) โดยผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังของแปลงทดลองจำนวน 3 แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 64 กิโลกรัม ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่ไม่ได้รับการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 3 แปลง 46 กิโลกรัม ผลการศึกษานี้จึงสรุปได้ว่า การใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเป็นวัสดุปรับปรุงดินส่งผลต่อสมบัติทางเคมี และกายภาพของดิน ตลอดจนผลผลิตของมันสำปะหลังอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ดินทราย เพอร์ไลต์ มันสำปะหลัง วัสดุปรับปรุงดิน

¹ อาจารย์ประจำหลักสูตรการจัดการสาธารณสุข คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: rattachon@vru.ac.th

² อาจารย์ประจำหลักสูตรคณิตศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดปทุมธานี อีเมล: sirorath@vru.ac.th

* ผู้นิพนธ์หลัก อีเมล: rattachon@vru.ac.th

EFFECT OF EXPANDED PERLITE AS A SOIL AMENDMENT ON CASSAVA YIELD AND
PROPERTIES OF SANDY SOIL IN TAMBON PHANIAT, AMPHOE KHOK SAMRONG,
CHANGWAT LOPBURI

Rattachon Angmanee^{1*} Sirorath Channgam²

Abstract

The purpose of this research aimed to study the effect of expanded perlite a soil amendment on cassava yield and properties of sandy soil in Tambon Phaniat, Amphoe Khok Samrong, Changwat Lopburi. The results of soil analysis showed that the study soil was classified as sandy soil, 1.58 g/cm³ of total density, 2.55 g/cm³ of soil particle density, 41 % of total porosity. In addition, the study also found that the physical properties of soil were low nutrient holding, slightly acidic, low of available water capacity (5 % v/v), very low of organic matter and low cation exchange capacity. The study the effect of expanded perlite used as soil amendment was studied by mixing expanded perlite in the experimental plots divided into 3 groups: 800 kg/rai, 1,600 kg/rai, and without perlite. All groups consisted of three samples, collecting samples and analyzing soil properties every 60 days. The results found that the soil amendment with expanded perlite including pH, electrical conductivity, available phosphorus, available potassium, calcium and available magnesium, available water capacity significantly higher than the control soil or without soil amendment. The study on the effect of perlite on cassava yield was found that the average yield of cassava improved soil with perlite at the ratio of 1,600 kg/rai was 64 kg, which is higher than the average yield of soil improved with perlite at the ratio of 800 kg/rai was 53 kg and without perlite improved was 46 kg. The results of this study concluded that use of expanded perlite as a soil amendment significantly affects the chemical properties and physical properties as well as the yield of cassava.

Keywords: Sandy soil, Perlite, Cassava, Soil amendment

¹ Disaster Management Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: rattachon@vru.ac.th

² Applied Mathematics Program, Faculty of Science and Technology, Valaya Alongkorn Rajabhat University Under The Royal Patronage, e-mail: sirorath@vru.ac.th

* Corresponding author, e-mail : rattachon@vru.ac.th

บทนำ

ดินทรายจัด (Sandy soils) เป็นปัญหาสำคัญของประเทศไทย จากการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดินพบว่า ประเทศไทยมีพื้นที่ที่มีปัญหาดินทรายจัดประมาณ 11.7 ล้านไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561) ปัญหาดินทรายจัดนี้ กรมพัฒนาที่ดินได้ให้คำจำกัดความ หมายถึง ดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทราย หรือดินทรายปนร่วน มีอนุภาคขนาดทรายเป็นองค์ประกอบมากกว่าร้อยละ 85 มีความหนาของชั้นดินมากกว่า 50 เซนติเมตร (สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2553) ดินทรายจัดมักเกิดจากวัสดุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนเนื้อหยาบ หรือตะกอนทรายชายฝั่งทะเล พบได้ทั้งในพื้นที่ลุ่ม และพื้นที่ดอน เกิดการชะล้างพังทลายได้ง่าย ดินไม่จับตัวเป็นก้อนทำให้ไม่มีโครงสร้าง (บุรี บุญสมภพพันธ์, 2531) ส่วนใหญ่มีวัสดุต้นกำเนิดเป็นแร่ควอตซ์ทำให้มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก จึงมีธาตุอาหารน้อย โดยเฉพาะฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ มีการตอบสนองของพืชต่อปุ๋ยเคมีแย่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2540) นอกจากนั้นดินทรายจัดถ้าอยู่ในพื้นที่ดอนจะระบายน้ำเร็วเกินไปและมีการซึมซับน้ำที่เร็วมาก (เอิบ เขียวรัตน์, 2533) ความสามารถในการอุ้มน้ำและดูดซับธาตุอาหารต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ การใช้ประโยชน์เพื่อการปลูกพืชจำเป็นต้องมีการจัดการเป็นพิเศษกว่าดินทั่วไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

หินเพอร์ไลต์คือหินภูเขาไฟที่เกิดจากการเย็นตัวของลาวาอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดหินที่มีลักษณะเนื้อคล้ายแก้ว มีสีตั้งแต่เทาถึงดำ ลักษณะประกายผิวคล้ายไข (Waxy Luster) มีรอยแตกเป็นวงซ้อนเหมือนกลีบหัวหอมเกิดจากการหดตัวเมื่อหินเย็นตัว และมักพบน้ำเจือปนอยู่ในโครงสร้างในอัตราส่วนระหว่าง 2-6% (นิคม จึงอยู่สุข, 2530) มีความหนาแน่น 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร โดยประมาณ (Maxim, 2514) มีองค์ประกอบหลักเป็นแร่ในกลุ่มอลูมิเนียมซิลิเกต ในประเทศไทย หินเพอร์ไลต์สามารถพบได้ในหินภูเขาไฟตั้งแต่ยุคเทอร์เชียรีขึ้นมา (สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี, 2549) แหล่งที่พบมักอยู่ในบริเวณที่เกิดภูเขาไฟระเบิดอย่างรุนแรงมาก่อน จากการสำรวจของกรมทรัพยากรธรณีพบว่า แหล่งหินเพอร์ไลต์สามารถพบได้ในกลุ่มหินภูเขาไฟโบราณบริเวณตอนกลางประเทศ โดยเฉพาะกลุ่มหินภูเขาไฟล้านรายณ์ อำเภอสระโบสถ์ จังหวัดลพบุรี มีหินเพอร์ไลต์อยู่ปริมาณมาก มีศักยภาพในการนำมาใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมได้ (นิคม, 2530) การที่หินเพอร์ไลต์มีลักษณะเนื้อเป็นแก้ว และมีน้ำอยู่ในเนื้อหินนั้น เมื่อนำหินเพอร์ไลต์มาให้ความร้อนด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 760-1,000 องศาเซลเซียส หินเพอร์ไลต์จะเกิดการขยายตัว ทำให้น้ำที่อยู่ในเนื้อแก้วเกิดการระเหิดกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว ค่าความหนาแน่นของหินในสภาพปกติ 1,100 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร จะลดลงเหลือเพียง 30-150 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Boumrijel, 2013) ทำให้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน จะมีน้ำหนักเบา ความหนาแน่นต่ำ ไม่เป็นตัวนำความร้อน เป็นสารทนไฟ (Bastani, 2006) ป้องกันเสียง มีความสามารถดูดซับได้ดี และเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี (Chesterman, 1995) จากคุณสมบัติดังกล่าวประเทศอุตสาหกรรมพัฒนาแล้วได้ใช้หินเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย เช่น ก่อสร้าง (Yilmazer, 2005) หรือการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินในภาคการเกษตร (Nguyen, 2011)

จากปัญหาดินทรายจัดดังกล่าวนี้ สมบัติบางประการของหินเพอร์ไลต์มีความเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินทรายเพื่อแก้ปัญหาได้เป็นอย่างดี เนื่องจากหินเพอร์ไลต์ที่ผ่านการให้ความร้อนด้วยการเผาแล้วมีความพรุนสูง (Karakoc, 2012) สามารถเพิ่มการอุ้มน้ำของดินส่วนที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Abidi, 2515) ผู้วิจัยจึงได้ทดลองใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนทดลองปลูกมันสำปะหลัง ในตำบลเพนียด อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ซึ่งมีพื้นที่ส่วนใหญ่มีปัญหาดินทรายจัด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินทรายจัดที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์
2. เพื่อศึกษาผลผลิตของมันสำปะหลังในพื้นที่ดินทรายจัดที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมแปลงทดลอง

การทดลองครั้งนี้ได้จัดทำแปลงทดลอง ณ. สถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตำบลเพนียด อ.โคกสำโรง จ.ลพบุรี พิกัดภูมิศาสตร์ UTM 47P, 692344 E, 1664397 N. ตำแหน่งแสดงที่ตั้งแสดงดังภาพที่ 1 ตำแหน่งแปลงทดลองตั้งอยู่บริเวณที่ราบเชิงเขาเพนียดซึ่งเป็นภูเขาดินทรายยุคไทรแอสซิกที่ผุพังและถูกพัดพาลงมาทับถมทำให้สภาพของดินบริเวณพื้นที่ศึกษามีลักษณะหยาบ ส่วนใหญ่เป็นอนุภาคขนาดเม็ดทราย กล่าวคือมีอนุภาคขนาดทราย 85% ขึ้นไป และมีความหนาแน่นกว่า 50 เซนติเมตร สาเหตุที่บริเวณดังกล่าวมีปัญหาดินเป็นทรายจัดอย่างรุนแรงเนื่องจากลักษณะธรณีวิทยาในบริเวณพื้นที่ศึกษา เป็นหินทรายที่เกิดในยุคไทรแอสซิก (TR) ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของหมวดหินโคราช ในมหายุคมีโซโซอิก มีอายุประมาณ 245 ปี - 65 ล้านปี (อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ, 2519) หินบริเวณนี้จะเป็นหินทรายที่มีเนื้อละเอียด เป็นหินทรายเนื้อควอตซ์ ซึ่งจะมีแร่ธาตุต่ำ เมื่อมีการผุพังจึงทับถมทำให้เกิดดินที่มีลักษณะอนุภาคหยาบอยู่บริเวณดังกล่าว(กัญจน์รี ช่างน้ำ, 2555)

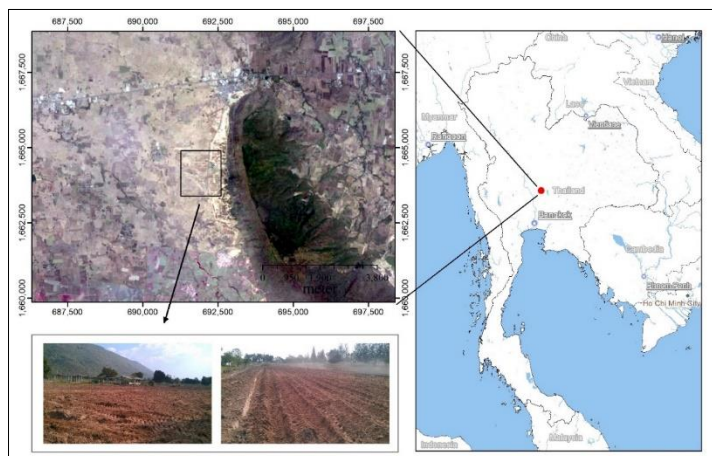
การวางแผนการทดลองใช้แบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design ; RCBD) โดยมีแปลงเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร พื้นที่ 36 ตารางเมตร แต่ละแปลงห่างกัน 1 เมตร ประกอบด้วย 3 กรรมวิธีดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ใส่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ (P5N1, P5N2, P5N3), กรรมวิธีที่ 2 ใส่เพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1,600 กิโลกรัม/ไร่ (P10N1, P10N2, P10N3) และกรรมวิธีที่ 3 ไม่ใส่เพอร์ไลต์ (CN1, CN2, CN3)

เพอร์ไลต์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากการจัดทำโดยสถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตลพบุรี ผลิตจากหินเพอร์ไลต์บริเวณอำเภอสระบุรี ที่ถูกเผาเพื่อปรับสภาพด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส

2. การวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา และผลของเพอร์ไลต์ต่อสมบัติของดินก่อนและหลังการปรับปรุง

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน (Soil texture) ด้วยการหาการกระจายขนาดอนุภาค (Particle Size Analysis) โดยแบ่งตามระบบของ United States Department of Agriculture System (USDA), ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density of Soil) หมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้วต่อปริมาตรรวมของดินทั้งหมด (กรัม/ลบ.ซม.), ความพรุน วิเคราะห์ด้วยการเก็บด้วยวิธีไม่ถูกรบกวนด้วยคอร์เก็บดินและอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง เพื่อหาอัตราส่วนน้ำหนักต่อปริมาตร, ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดินวิเคราะห์จากอัตราส่วนของมวลลอบแห้งต่อปริมาณเฉพาะดินส่วนที่เป็นของแข็งที่หาได้จากวิธีแทนที่น้ำ, ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน (available water capacity) วิเคราะห์จากความชื้นของดินที่แรงดึงบรรยากาศต่าง ๆ (Soil water retention) โดยใช้แรงดึงที่ 1/3 บรรยากาศ (33 kPa) หรือ ชิดจำกัดบน (Upper limit) หรือระดับความชื้นที่ความจุสนาม (Field Capacity, FC) และที่แรงดึงที่ 15 บรรยากาศ (1,500 kPa) หรือ ชิดจำกัดล่าง (Lower limit) หรือจุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point, PWP) และคำนวณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity, AWCA) จากผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุสนาม (FC) กับจุดเหี่ยวถาวร (PWP) หรือ $AWCA = FC - PWP$ การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ความเป็นกรดต่าง (pH), ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter; OM) , ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity; EC), ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity; CEC), ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วย

ประจุบวกที่เป็นต่าง (Base saturation percentage, %BS), ฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; Avail. P), โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; Avail. K), แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Calcium; Avail. Ca), แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Magnesium; Avail. Mg)



ภาพที่ 1 ตำแหน่ง และลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

3. การวิเคราะห์สมบัติของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน

สมบัติทางกายภาพได้แก่ ความหนาแน่นรวม (Bulk density), ความหนาแน่นของอนุภาค (Particle density), องค์ประกอบของสารด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์ (X-ray Diffraction Spectrophotometer: XRD), วิเคราะห์แร่ธาตุประกอบด้วยเทคนิคการเรืองแสงรังสีเอ็กซ์ (X-ray Fluorescence spectrophotometer: XRF)

4. ศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

เพาะปลูกหัวมันสำปะหลังในแปลงทดลองที่ได้วางแผนไว้ ให้น้ำและปุ๋ยเมื่อเริ่มเพาะปลูกเหมือนกันทุกแปลงทดลอง เป็นเวลา 300 วัน เก็บผลผลิตแต่ละแปลงโดยชั่งน้ำหนักส่วนหัวสด ของมันสำปะหลัง เปรียบเทียบแปลงทดลองที่ใช้ปริมาณเพอร์ไลต์ 5 และ 1600 กิโลกรัม/ไร่ และไม่มีการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดิน

5. วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

สถิติที่ใช้เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของตัวแปรในแต่ละแปลงคือการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และสถิติที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบความแตกต่างของกลุ่ม (Multiple comparison) ด้วยวิธี LSD (Least Significance Difference Test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลการวิเคราะห์สมบัติของดินในพื้นที่ศึกษา

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษาหรือสภาพดินก่อนการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์สามารถสรุปได้ดังนี้ ลักษณะเนื้อดินของพื้นที่ศึกษาเป็นดินทรายปนดินร่วนประกอบด้วยทราย 86.4 %

ทรายแป้ง 9.5 % และ ดินเหนียว 4.1 % มีค่าความหนาแน่นรวม 1.58 กรัม/ลบ.ซม. มีค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน 2.55 กรัม/ลบ.ซม และมีค่าความพรุนประมาณ 41 % ผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าดินในพื้นที่ศึกษาเป็นดินที่อยู่ในกลุ่มของปัญหาดินทรายจัด มีการระบายน้ำดี และไม่มีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุอาหารเนื่องจากอนุภาคส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นควอตซ์

ตารางที่ 1 สมบัติกายภาพและเคมีของดินในพื้นที่ศึกษา

สมบัติ	รายการวิเคราะห์	ผลการวิเคราะห์ดิน
กายภาพ	Sand (%)	86.4
	Silt (%)	9.50
	Clay (%)	4.10
	Classification (USDA Diagram)	Loamy Sand
	ความหนาแน่นรวม (กรัม/ลบ.ซม)	1.58
	ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (กรัม/ลบ.ซม)	2.55
เคมี	ความพรุน (%)	41.00
	ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ (v/v)	5.03%
	ค่าความเป็นกรด-ด่าง (1/5 (น้ำหนักดิน/น้ำหนักน้ำกลั่น))	6.44
	อินทรีย์วัตถุในดิน (%)	0.2
	การนำไฟฟ้าของดิน (มิลลิซีเมนต์/ซม.)	41.2
	ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน(CEC)(เซ็นติโมล/กิโลกรัม)	4.03
	ความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่างในดิน (BS : %)	138
	ปริมาณโซเดียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	441
	ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	62
	ปริมาณแคลเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	270
	ปริมาณแมกนีเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	44.3
	ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	21.34
	ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (%)	0.01

2. การวิเคราะห์สมบัติของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน

เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนที่ใช้ในการวิจัยนี้ เก็บตัวอย่างหินเพอร์ไลต์ จากบริเวณเขาจุมกแซก ตำบลนิคมชัย อำเภอกระเปาะ จังหวัดลพบุรี และนำมาปรับสภาพด้วยความร้อน จัดทำโดยสถานีวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตลพบุรี ผลิตภัณฑ์เพอร์ไลต์ที่ถูกเผาเพื่อปรับสภาพด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพ พบว่า มีค่าความหนาแน่น 975 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าความหนาแน่นของอนุภาค 2.58 กรัม/ลบ.ซม องค์ประกอบแร่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่ซิลิกา (SiO_2) ปริมาณร้อยละ 68.63, อลูมินา (Al_2O_3) ร้อยละ 15.36, โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ร้อยละ 6.34, โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ร้อยละ 5.36, เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) ร้อยละ 2.30 ส่วนที่เหลือเป็นแร่ที่มีปริมาณเล็กน้อยไม่ถึงร้อยละ 1

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบทางเคมีของหินเพอร์ไลต์จากอำเภอลำน้ำราญ จังหวัดลพบุรี

สารประกอบ	ค่าเฉลี่ย (ร้อยละ/น้ำหนัก) (% w/w)
SiO ₂	68.63
Al ₂ O ₃	15.36
K ₂ O	6.34
Na ₂ O	5.36
Fe ₂ O ₃	2.30
TiO ₂	0.70
MgO	0.21
CaO	0.09
P ₂ O ₃	0.06
SO ₃	0.01
อื่น ๆ	0.05

3. ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อสมบัติของดิน

3.1 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อความเป็นกรดต่างของดิน

การวิเคราะห์ผลของความเป็นกรดต่างจากการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนพบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าความเป็นกรดต่างระหว่าง 6.44 ซึ่งมีลักษณะเป็นกรดเล็กน้อย หลังจากการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน อัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ และ 1,600 กิโลกรัม/ไร่

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าความเป็นกรดต่างมีการเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 6.926$ และ $Sig. = 0.003$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ค่าความเป็นกรดต่างสูงกว่า ดินแปลงควบคุม 1.056 ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ให้ค่าความเป็นกรดต่างของดินน้อยกว่า ดินในแปลงควบคุม 0.0883

3.2 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อการนำไฟฟ้าของดิน

การวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้าของดินในแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าการนำไฟฟ้าของดิน 41.2 มิลลิซีเมนต์/ซม. หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้การนำไฟฟ้าของดินสูงที่สุด คืออยู่ระหว่าง 75.77-79.83 มิลลิซีเมนต์/ซม.

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 28.785$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าแปลงควบคุม 12.348 มิลลิซีเมนต์/ซม. อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินสูงกว่าแปลงควบคุม 8.257

มิลลิซีเมนต์/ชม. อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.010$) ในขณะที่ ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้การนำไฟฟ้าของดินสูงกว่าดินที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 4.091 มิลลิซีเมนต์/ชม. อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.018$) ความแตกต่างของการนำไฟฟ้าในแปลงทดลองที่ใส่เพอร์ไลต์เป็นผลโดยตรงจากปริมาณแร่ธาตุในดินที่เพิ่มขึ้นจากในตัวของเพอร์ไลต์เอง (Silber, 2010) ดังจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่องค์ประกอบในตาราง 2 ที่ประกอบด้วยโพแทสเซียมออกไซด์ โซเดียม-แมกนีเซียมออกไซด์ เหล็กออกไซด์ ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้ส่งผลต่อค่าการนำไฟฟ้าของดินโดยตรง

3.3 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน

การวิเคราะห์ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินในแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน 4.03 เซนติโมล/กิโลกรัม ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำมาก ก่อนจะมีค่าเพิ่มขึ้นหลังการไถพรวนและปรับสภาพหน้าดิน หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินสูงสุด คืออยู่ระหว่าง 4.28 – 6.6 เซนติโมล/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินก่อนการปรับปรุงดิน และหลังการปรับปรุงดินไม่แตกต่างกัน และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ และด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินไม่แตกต่างจากดินก่อนการปรับปรุง

3.4 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุงดินและหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน 21.34 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงสุด คือ 87.09 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 82.996$ และ $\text{Sig.} = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าแปลงควบคุม 12.348 อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินในแปลงควบคุม 8.257 อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.010$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินที่ปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 4.091 อย่างมีนัยสำคัญ ($\text{Sig.} = 0.018$) ปริมาณฟอสฟอรัสในดิน

ของแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่สูงกว่าแปลงควบคุม เป็นผลโดยตรงจากฟอสฟอรัสที่อยู่ในเพอร์ไลต์เอง ดังจะเห็นได้จากผลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุประกอบในตาราง 2 เพอร์ไลต์ประกอบด้วยฟอสฟอรัสไดรอกไซด์ (P_2O_5) ซึ่งเป็นผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มขึ้นโดยตรง นอกจากนั้นคุณสมบัติความพรุน และโครงสร้างที่ประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสูงทำให้เพอร์ไลต์ช่วยส่งเสริมความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินได้ดีขึ้น สามารถยืดเหนี่ยวปุ๋ยที่ใส่ในชั้นตอนเตรียมแปลงทดลองได้ดียิ่งขึ้น

3.5 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุงและหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด คือ 82.45 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 40.461$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงทดลอง 18.67 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงควบคุม จำนวน 8.89 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 9.77 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ปริมาณโพแทสเซียมในดินของแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์เป็นผลโดยตรงจากปริมาณโพแทสเซียมในตัวเพอร์ไลต์ จากข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณแร่ธาตุประกอบในตาราง 2 เพอร์ไลต์ประกอบด้วยโพแทสเซียมออกไซด์ (P_2O) เป็นส่วนประกอบโดยน้ำหนักถึงร้อยละ 6.34 การใส่เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินจึงเป็นการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมโดยตรง นอกจากนั้นคุณสมบัติความพรุน และโครงสร้างที่ประกอบด้วยช่องว่างขนาดเล็ก มีพื้นที่ผิวสูงทำให้เพอร์ไลต์ช่วยส่งเสริมความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินได้ดีขึ้น สามารถยืดเหนี่ยวปุ๋ยที่ใส่ในชั้นตอนเตรียมแปลงทดลองได้ดียิ่งขึ้น

3.6 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 441 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าแคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด คือ 675.77 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 38.439$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่า ดินในแปลงควบคุม จำนวน 23.11 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินแปลงควบคุมจำนวน 9.82 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.001$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 13.29 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ปริมาณแคลเซียมในดินของแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์เพิ่มขึ้นเป็นผลจากปริมาณแคลเซียมในตัวของเพอร์ไลต์ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลการวิเคราะห์องค์ประกอบของเพอร์ไลต์ พบว่า ประกอบด้วยแคลเซียมออกไซด์ร้อยละ 0.09 โดยน้ำหนัก อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ น้ำที่ใช้ในการชลประทานเป็นน้ำใต้ดินที่อาจมีปริมาณแคลเซียมเจือปนอยู่ เมื่อประกอบกับโครงสร้างความพรุนและพื้นที่ผิวของเพอร์ไลต์ที่สามารถจับยึดธาตุต่าง ๆ ได้ น้ำใต้ดินที่ใช้ในการชลประทานจึงอาจเป็นสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มขึ้น

3.7 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

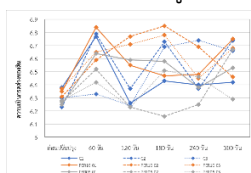
การวิเคราะห์ค่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินของแปลงทดลองต่าง ๆ ทั้งก่อนปรับปรุง และหลังปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ผลการทดลอง พบว่า ดินก่อนการปรับปรุงมีค่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน 44.3 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หลังจากการปรับปรุงดิน พบว่า ดินในแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงที่สุด คือ 82.7 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของแมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 38.439$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินในแปลงควบคุม จำนวน 23.11 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินในแปลงควบคุม จำนวน 9.82 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.001$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 13.29 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ปริมาณแมกนีเซียมในดินของแปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์สูงกว่าดินในแปลงควบคุมอย่างชัดเจน โดยแหล่งกำเนิดแมกนีเซียมตามธรรมชาติไม่พบในพื้นที่ทดลองหรือใกล้เคียงจึงมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณแมกนีเซียมที่ต่างกันนั้นมาจากเพอร์ไลต์ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของเพอร์ไลต์ พบว่า ประกอบด้วยแมกนีเซียมออกไซด์ร้อยละ 0.21 โดยน้ำหนัก นอกจากนั้นน้ำใต้ดินที่ใช้ในการชลประทานอาจมีปริมาณแมกนีเซียมเจือปนอยู่ และถูกเพอร์ไลต์จับยึดไว้จากคุณสมบัติของพื้นที่ผิวและความพรุน

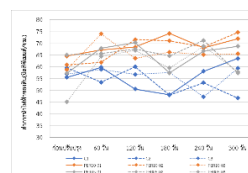
3.8 ผลของเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์

การทดสอบความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินเพื่อศึกษาปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ที่กักเก็บในดิน และพืชสามารถนำไปใช้ได้ ผลการวิเคราะห์ พบว่า ดินดั้งเดิมที่ยังไม่ได้ปรับปรุงพื้นที่ด้วยการไถพรวน และกำจัดวัชพืชมีความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดิน 5.03 % จากการทดลองผสมเพอร์ไลต์ พบว่า แปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูงสุดคือ 11.2% ซึ่งใกล้เคียงกับแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน ด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ มีค่าปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์สูงสุดคือ 11.1%

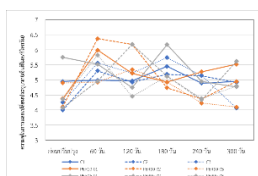
จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินในแปลงทดลองก่อนการปรับปรุงดินและหลังการปรับปรุงดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($F = 85.590$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่ม พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ของความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 3.16 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 1.70 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ในขณะที่ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 1.45 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) ผลของเพอร์ไลต์ต่อปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ พบว่า เพอร์ไลต์สามารถเพิ่มปริมาณน้ำ ในดินเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงทดลองที่ไม่ได้ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในดินจากการใส่เพอร์ไลต์ลงไปในนั้นเกิดจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ที่เข้าไปปรับโครงสร้างดินทรายที่มีลักษณะเนื้อหยาบ มีช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ทำให้ไม่สามารถดูดยึดน้ำและกักเก็บไว้ได้ด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค (Tekin, 2006) เมื่อได้รับน้ำจากฝนตามธรรมชาติ หรือการชลประทาน น้ำจะไหลระบายออกจากดินอย่างรวดเร็วตามช่องว่างดินที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ยังไม่มากเกินไปกว่าแรงดึงดูดโมเลกุลที่รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ



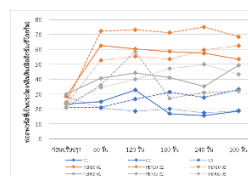
ภาพที่ 2 ความเป็นกรดต่างของดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



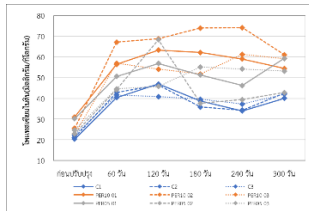
ภาพที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้าในดินหลังผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



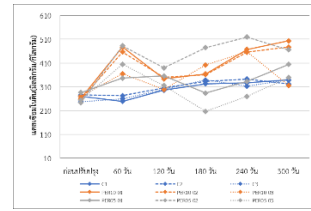
ภาพที่ 4 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินหลังผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



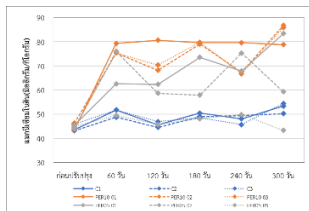
ภาพที่ 5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



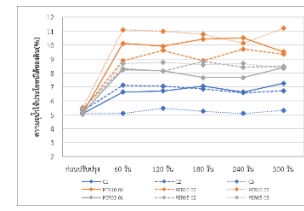
ภาพที่ 6 โฟแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



ภาพที่ 7 แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



ภาพที่ 8 แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเมื่อผสมเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน



ภาพที่ 9 ปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ของดินหลังเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน

4. ผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง

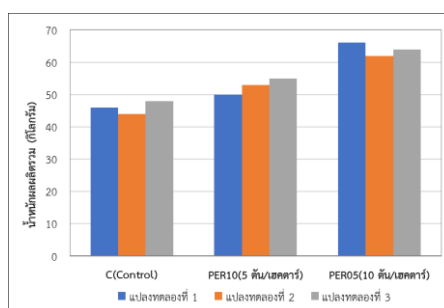
ผลการเก็บข้อมูลน้ำหนักผลผลิตของมันสำปะหลังเมื่ออายุ 300 วัน มีรายละเอียดดังตารางที่ 1 และจากการวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนาดังตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 64 กิโลกรัมต่อพื้นที่ที่ทดลอง 36 ตารางเมตร ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลผลิตมากกว่ากลุ่มแปลงทดลองที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 53 กิโลกรัม จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ส่งผลให้ผลผลิตรวมแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ ($F = 52$ และ $Sig. = 0.000$) และจากการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างกลุ่มด้วยวิธี LSD พบว่า ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าผลผลิตรวมสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 18 ตัวอย่าง อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.000$) และดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่า ผลผลิตรวมสูงกว่าดินก่อนการปรับปรุง จำนวน 6.667 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.010$) ในขณะที่ ดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ส่งผลให้ค่าผลผลิตรวมสูงกว่าดินหลังการปรับปรุงด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยอัตราส่วน 800 กิโลกรัม/ไร่ จำนวน 11.333 อย่างมีนัยสำคัญ ($Sig. = 0.001$) การเพิ่มขึ้นของผลผลิตมันสำปะหลังนี้สัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นในดิน ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม แคลเซียม นอกจากนั้นปริมาณน้ำในดินที่เพิ่มขึ้นยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มผลผลิตเนื่องจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ทำให้ดินสามารถกักเก็บน้ำไว้ได้นานไม่ไหลระบายออกไปตามช่องว่างขนาดใหญ่ และน้ำในดินยังไม่มากเกินไปจนทำให้รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้

แปลง	ดินแปลงควบคุม			เพอร์ไลต์ 800 (กิโลกรัม/ไร่)			เพอร์ไลต์ 1600 (กิโลกรัม/ไร่)		
	CN1	CN2	CN3	P5N1	P5N2	P5N3	P10N1	P10N2	P10N3
น้ำหนักผลผลิตรวม(กิโลกรัม)	46	44	48	50	53	55	66	62	64
ค่าเฉลี่ย		46			53			64	

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังที่เก็บเกี่ยวได้ (ต่อ)

แปลง	ดินแปลงควบคุม			เพอร์ไลต์ 800 (กิโลกรัม/ไร่)			เพอร์ไลต์ 1600 (กิโลกรัม/ไร่)		
	CN1	CN2	CN3	P5N1	P5N2	P5N3	P10N1	P10N2	P10N3
ดินแปลงควบคุม		-		ผลต่างค่าเฉลี่ย -18.00 เพอร์ไลต์ 800 > ดินแปลงควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = .000)			ผลต่างค่าเฉลี่ย -6.67 เพอร์ไลต์ 1600 > ดินแปลงควบคุม อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = .010)		
เพอร์ไลต์ 800 (กิโลกรัม/ไร่)		-			-		ผลต่างค่าเฉลี่ย -11.33 เพอร์ไลต์ 1600 > เพอร์ไลต์ 800 อย่างมีนัยสำคัญ (Sig. = .001)		



ภาพที่ 9 กราฟเปรียบเทียบน้ำหนักผลผลิตมันสำปะหลังแต่ละกลุ่มทดลอง

สรุป

จากศึกษาการปรับปรุงดินทรายจัดด้วยเพอร์ไลต์เพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังใน ตำบลเพนียด อำเภอกอ
สำโรง จังหวัดลพบุรี พบว่า ดินดั้งเดิมในพื้นที่ศึกษาเป็นประเภทดินทรายจัด มีค่าความหนาแน่นรวม 1.58 กรัม/ลบ.ซม.
ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน 2.55 กรัม/ลบ.ซม และมีค่าความพรุนประมาณ 41 % ไม่มีคุณสมบัติในการกักเก็บธาตุ
อาหารเนื่องจากอนุภาคส่วนประกอบส่วนใหญ่เป็นควอตซ์ เป็นกรดเล็กน้อย มีปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่ำมากเพียง
5.04 – 5.37 % เนื่องจากอนุภาคส่วนใหญ่เป็นขนาดเม็ดทราย ผลการวิเคราะห์ทางเคมี พบว่า อินทรีย์วัตถุ และธาตุ
อาหารต่าง ๆ อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก จึงมีคุณสมบัติเหมาะสมในการปลูกพืชบางชนิดเท่านั้น เนื่องจากไม่สามารถกักเก็บ
น้ำ และมีธาตุอาหาร ตลอดจนค่าการแลกเปลี่ยนประจุบวกต่ำ ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของเพอร์ไลต์จากเขาจุกเขก
ตำบลนิคมชัย อำเภอสระโบสถ์ จังหวัดลพบุรีที่นำมาปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยการเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส
พบว่า มีสมบัติทางกายภาพมีค่าความหนาแน่น 975 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร ค่าความหนาแน่นของอนุภาค 2.58 กรัม/
ลบ.ซม องค์ประกอบส่วนใหญ่ประกอบด้วยซิลิกา (SiO₂) ปริมาณร้อยละ 68.63 และอลูมินา (Al₂O₃) ร้อยละ 15.36

ผลการศึกษาการปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อน พบว่า สมบัติของดินหลังการปรับปรุง
ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง ค่าการนำไฟฟ้า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน
แคลเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน สูงกว่าดินแปลงควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ โดยสมบัติ
ของดินมีการตอบสนองต่อปริมาณเพอร์ไลต์ที่ใช้ปรับปรุงดินตั้งแต่ 800 กิโลกรัม/ไร่ และเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเพิ่ม
ปริมาณที่ใช้ปรับปรุงเป็น 1600 กิโลกรัม/ไร่ เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนสามารถเพิ่มปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์
ในดินเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงควบคุม ความชื้นที่เพิ่มขึ้นในดินเกิดจากสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ที่ปรับโครงสร้าง
ดินทรายที่มีลักษณะเนื้อหยาบ และมีช่องว่างระหว่างอนุภาคใหญ่ทำให้ไม่สามารดูดุดูดยึดนํ้าและกักเก็บไว้ได้ด้วยแรงยึด

เหนียวระหว่างอนุภาค เมื่อได้รับน้ำจากฝนตามธรรมชาติ หรือจากการชลประทาน น้ำจะไหลระบายออกจากดินอย่างรวดเร็วตามช่องว่างของดินที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนั้นสมบัติความพรุนของเพอร์ไลต์ยังมีความเหมาะสม ไม่มากเกินไปจนเกินไป แรงดึงดูดของโมเลกุลที่รากพืชต้องดูดน้ำในดินไปใช้เพื่อกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งน้ำในส่วนนี้สัมพันธ์กับน้ำที่พืชใช้ประโยชน์โดยตรง อย่างไรก็ตามผลการทดลอง พบว่า การปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ไม่มีผลต่อค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน นอกจากนั้นโครงสร้างเพอร์ไลต์ยังประกอบด้วยซิลิกา และอลูมินาซึ่งมีคุณสมบัติทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์น้อยมาก และมีความคงทนของโครงสร้างสูงทำให้ไม่ต้องใส่ทุกครั้งในฤดูเพาะปลูก

ผลการศึกษาผลของเพอร์ไลต์ต่อผลผลิตมันสำปะหลัง พบว่า มีคุณสมบัติในการเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้อย่างชัดเจน โดยผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังของแปลงทดลองจำนวน 3 แปลงที่ปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ในอัตราส่วน 1600 กิโลกรัม/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยที่ 64 กิโลกรัม/36 ตารางเมตร ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ยจากแปลงทดลองที่ไม่มีปรับปรุงดินด้วยเพอร์ไลต์ที่ให้ผลผลิตเฉลี่ยทั้ง 3 แปลง 46 กิโลกรัม/36 ตารางเมตร ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า น้ำหนักผลผลิตของกลุ่มทดลองแปลงต่าง ๆ มีความแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงสรุปได้ว่า เพอร์ไลต์มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นการศึกษาผลของเพอร์ไลต์เพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงสมบัติของดิน และการตอบสนองของน้ำในดินเพียง ซึ่งศึกษาจากดินชนิดเดียว คือ ดินทรายจัด การวิจัยต่อไปจึงควรมีการศึกษาให้ครอบคลุมถึงดินชนิดอื่น ๆ ที่มีปัญหาทางการเกษตรคล้ายคลึงกัน เช่น ดินที่มีชั้นดินตื้น หรือดินที่มีเนื้อหยาบ ตลอดจนควรมีการศึกษาค่าผลของเพอร์ไลต์ต่อการยืดเหนียวธาตุอาหารในดิน การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการผลของการใช้เพอร์ไลต์ที่ปรับสภาพด้วยความร้อนเพื่อเพิ่มผลผลิตกับพืชเพียงชนิดเดียวคือมันสำปะหลัง ควรมีการทดลองนำไปปลูกพืชโดยเฉพาะพืชที่เป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย เช่น ข้าว อ้อย ข้าวโพด ซึ่งผลการวิจัยเหล่านี้จะทำให้การประยุกต์ใช้เพอร์ไลต์สามารถนำมาใช้ประโยชน์กับประเทศอื่นเป็นการเพิ่มศักยภาพในการเกษตร และเป็นการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรแร่ธาตุในประเทศให้เกิดประโยชน์สูงสุด นอกจากนั้นควรมีการศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้เพอร์ไลต์เพื่อปรับปรุงดินทรายจัดในจังหวัดลพบุรี หรือใช้ในพื้นที่อื่นที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์หรือไม่ โดยสามารถประเมินจากระยะทางของแหล่งแร่เพอร์ไลต์ในจังหวัดลพบุรี ตลอดจนต้นทุนการขนส่งในการใช้นอกพื้นที่ และควรมีการศึกษากการปรับปรุงดินทรายด้วยเพอร์ไลต์ระยะยาวว่าส่งผลเสียต่อสมบัติของดินทางเคมี และกายภาพหรือไม่

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุนสนับสนุนจากวิจัยแห่งชาติ (วช.), ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ที่เอื้อเฟื้อห้องปฏิบัติการในการทดลอง ตลอดจนสถานีวิจัยและพัฒนาอาชีพแก่เกษตรกร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตลพบุรีที่เอื้อเฟื้อแปลงทดลอง ผู้วิจัยขอขอบพระคุณยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

กัญจน์รี ช่วงฉ่ำ. (2555). กลไกทางกายภาพ และ เคมี ของสารปรับปรุงบำรุงดินถ่านชีวมวลจากเศษวัสดุเหลือทิ้งข้าวโพดที่มีผลต่อผลผลิตและการกักเก็บก๊าซเรือนกระจกในไร่ข้าวโพด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2561). **การจัดการพื้นที่ดินทราย**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2540). **การจัดการดินและพืชเพื่อปรับปรุงดินอินทรีย์วัตถุต่ำ**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2550). **ความสำคัญของดินและปุ๋ย**. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เอิบ เขียวรัมย์. (2533). **ดินของประเทศไทย ลักษณะ การกระจาย และการใช้**. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- นิคม จิงอยู่สุข. (2530). **ประโยชน์ของหินภูเขาไฟเนื้อแก้วเพอร์ไลต์ในงานอุตสาหกรรม**. การประชุมเหมืองแร่. หน้า 133-140, กรุงเทพฯ, กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี.
- อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. (2519). **ธรณีวิทยา**. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิชย์
- สำนักทรัพยากรแร่ กรมทรัพยากรธรณี. (2549). **สมบัติของหินเพอร์ไลต์ และการใช้ประโยชน์**. กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี.
- สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (2553). **เอกสารวิชาการ เรื่อง ความเสื่อมโทรมของที่ดิน และการจัดการแก้ไข**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- บุรี บุญสมภพพันธ์. (2531). **ดินทราย**. *วารสารพัฒนาที่ดิน*, 25, 19-23.
- Abidi, S., B. Nait-Ali, Y. Joliff and C. Favotto. (2015). Impact of Perlite, Vermiculite and Cement on the Thermal Conductivity of a Plaster Composite Material: Experimental and Numerical Approaches. *Composites Part B: Engineering*, 68, 392-400.
- Bastani, D., A.A. Safekordi, A. Alihosseini and V. Taghikhani. (2006). Study of Oil Sorption by Expanded Perlite at 298.15 K. *Separation and Purification Technology*, 52(2), 295-300.
- Boumniel, I., H. Ben Amor and C. Chtara. (2013). Effect of Calcinated and Activated Perlite on Improving Efficiency of Dihydrate Process for Phosphoric Acid. *International Journal of Mineral Processing*, 125, 112-117.
- Chesterman, C.W. (1995). *Industrial Mineral and Rocks*, New York: American Institute of Mining, Metallurgical and petroleum Engineering, Inc.
- Karakoç, M.B., R. Demirboğa, İ. Türkmen and İ. Can. (2012). Effect of Expanded Perlite Aggregate on Cyclic Thermal Loading of Hsc and Artificial Neural Network Modeling. *Scientia Iranica*, 19(1), 41-50.
- Maxim L. Daniel, Ron Niebo & Ernest E. McConnell. (2014), Perlite toxicology and epidemiology – a review, *Inhalation Toxicology*. *Inhal Toxicol*, 26(5), 259-270, DOI: 10.3109/08958378.2014.881940
- Silber, A., B. Bar-Yosef, I. Levkovitch and S. Soryano. (2010). Ph-Dependent Surface Properties of Perlite: Effects of Plant Growth. *Geoderma*, 158(3-4), 275-281.
- Tekin, N., E. Kadinci, Ö. Demirbaş, M. Alkan, A. Kara and M. Doğan. (2006). Surface Properties of Poly(Vinylimidazole)-Adsorbed Expanded Perlite. *Microporous and Mesoporous Materials*, 93(1-3), 125-133.
- Yilmazer, S. and M.B. Ozdeniz. (2005). The Effect of Moisture Content on Sound Absorption of Expanded Perlite Plates. *Building and Environment*, 40(3), 311-318.